



Universidade de Aveiro - Departamento de Ambiente e Ordenamento
2016

**LEANDRO HENRIQUE
PINTO DANTAS**

Carregamento de Veículos Elétricos Através de Energia Fotovoltaica



**LEANDRO HENRIQUE
PINTO DANTAS**

**Carregamento de Veículos Elétricos
Através de Energia Fotovoltaica**

Relatório de Estágio Curricular apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Sistemas Energéticos Sustentáveis, realizada sob a orientação científica do Doutor Fernando José Neto da Silva e do Doutor José Paulo Oliveira Santos, Professores auxiliares do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho a minha mãe e família por todo apoio e estímulo, os quais me encorajaram a ultrapassar todos os obstáculos.

o júri

Presidente

Prof. Doutor Manuel Arlindo Amador de Matos

Professor Auxiliar do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

Arguente

Prof. Doutora Margarida Isabel Cabrita Marques Coelho

Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Orientador

Prof. Doutor Fernando José Neto da Silva

Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador, Professor Doutor Fernando José Neto da Silva, por compartilhar seus conhecimentos, pela disponibilidade, apoio, paciência, motivação e pelas sugestões que enriqueceram este projeto.

À equipa da MAGNUM CAP pela oportunidade de participar desta evolução tecnológica.

Aos meus amigos, que sempre me incentivaram a fazer o melhor neste projeto.

À minha mãe e família pela paciência e compreensão.

palavras-chave

veículos elétricos, carregamento elétrico, fotovoltaico

Resumo

Neste projeto são apresentadas as tecnologias dos veículos elétricos, os sistemas de carregamento e a geração de energia elétrica por sistemas fotovoltaicos. Foi efetuado o dimensionamento e instalação de um sistema fotovoltaico de geração de energia elétrica, o qual reduziu os impactos ecológicos e financeiros do consumo energético da empresa MAGNUM CAP, entidade acolhedora deste projeto. Esta empresa desenvolve carregadores para veículos elétricos e tem como objetivo manter sua frota de veículos elétricos com carregamento 100% solar. Com os requisitos da empresa, foram analisados três perfis de consumo, cada um com e sem o apoio do sistema fotovoltaico, os quais serviram de parâmetro de entrada para seis cenários de simulação no programa computacional HOMER, que é uma ferramenta para simulação de sistemas de geração de energia elétrica. Nos três cenários com sistema fotovoltaico houve significativa redução dos consumos junto à Rede Elétrica de Serviço Público, que ultrapassaram os 85% de redução, gerando redução nos custos energéticos e nas emissões indiretas da empresa. A importância destas aplicações está baseada na possibilidade de reduzir, ainda mais, nossa dependência de alguns sectores energéticos internacionais, nossos consumos e impactos ambientais.

keywords

electric vehicles, electric charge, photovoltaic

Abstract

This project presents the technologies of the electric vehicles, the charging systems and the generation of electric energy by photovoltaic systems. This project was the design and installation of a photovoltaic system for electricity generation, which reduced the financial and environmental impacts of energy consumption of MAGNUM CAP, the hosting organization of this project. This company develops chargers for electric vehicles and aims to maintain its fleet of electric vehicles with 100% solar charging. With the company requirements, three consumption profiles were analyzed, each with and without the support of the photovoltaic system, which served as input parameters for six simulation scenarios in the HOMER software, which is a tool for simulation of electric power generation systems. In the three scenarios with photovoltaic system, there was a significant reduction in consumption at the Public Utility Electricity Network, which exceeded 85% of the reduction, generating a reduction in energy costs and indirect emissions of the company. The importance of these applications is based on the possibility of reducing, even more, our dependence on some international energy sectors, our consumption and environmental impacts.

Índice

Índice	i
Lista de Figuras	v
Lista de Tabelas.....	vii
Abreviaturas.....	ix

CAPÍTULO 1

1. Introdução	1
1.1. Objetivos.....	2
1.2. Enquadramento	3
1.3. Energia Elétrica	5
1.4. Produção de Energia Elétrica por Sistema Fotovoltaico.....	6
1.5. Geração Fotovoltaica Integrada em Edifícios – BIPV	9
1.6. Energia nos Transportes	10
1.7. Portugal nos Indicadores Energéticos da UE	15

CAPÍTULO 2

2. Veículos Elétricos e Tecnologias para sua Aplicação	17
2.1. Veículos Elétricos Rodoviários	17
2.2. Tecnologias para eletrificação de veículos rodoviários	21
Detalhamento dos diferentes tipos de Veículos Elétricos:.....	23
2.3. Veículos Elétricos e Híbridos: Mercado Europeu	32
2.4. Veículos Elétricos: Mercado Português.....	39

CAPÍTULO 3

3. Carregadores e Desenvolvimento Tecnológico	45
3.1. Carregadores – Estações de Carga	45
3.1.1. Contextos de utilização:.....	45
3.1.2. Tecnologias e seus “MODOS” de carregamento	46
3.2. Empresa de acolhimento técnico – MAGNUM CAP.....	48
3.3. Carregadores MAGNUM CAP.....	49
Sistema de Armazenamento de Energia no VE – V2G.....	50
3.4. Sistema de Abastecimento Público – MOBI.E	50
3.5. Sistemas similares ao abordado neste projeto.....	51

CAPÍTULO 4	
4. Instalação dos Equipamentos na Empresa	55
Sistema Fotovoltaico	55
4.1. Equipamentos	55
4.1.1. Painéis solares fotovoltaicos	55
4.1.2. Caixa de Junção	56
4.1.3. Inversor.....	57
4.1.4. Características de cablagem de conexão do inversor ao quadro de mecanismos de proteção (CA):.....	60
4.1.5. Contador Bidirecional (Medidor) e Contador de produção elétrica após o inversor.	60
4.1.6. Analisador de Consumo do Edifício.....	60
CAPÍTULO 5	
5. Legislação sobre Unidades Produtoras PV e sua Remuneração	61
5.1. Legislação	61
5.1.1. Registro	61
5.1.2. Pedido de inspeção	61
5.1.3. Taxas.....	62
5.1.4. Certificado de Exploração.....	62
5.1.5. Seguro	62
5.2. Remuneração da eletricidade fornecida à RESP	63
CAPÍTULO 6	
6. Metodologia, Modelação e Simulação	65
6.1. Metodologia.....	65
6.2. Modelação e Simulação	66
6.2.1. Dados da RESP e Consumos do Edifício.....	66
6.2.2. Dados de Entrada no Simulador.....	67
CAPÍTULO 7	
7. Resultados das Simulações e Observações	75
7.1. Resultados	75
7.1.1. Cenário 1: Somente edifício sem sistema solar.....	75
7.1.2. Cenário 2: Somente edifício com sistema solar.....	76
7.1.3. Cenário 3: Somente carga dos veículos sem sistema solar	78

7.1.4.	Cenário 4: Somente carga dos veículos com sistema solar	78
7.1.5.	Cenário 5: Consumo total: Edifício e cargas sem sistema solar	80
7.1.6.	Cenário 6: Consumo total: Edifício e cargas com sistema solar	81
7.2.	Comparação entre Cenários	83
	Cenários 1 e 2: Somente edifício, sem e com sistema solar.....	83
	Cenários 3 e 4: Carga dos veículos, sem e com sistema solar.....	84
	Cenários 5 e 6: Consumo Total, sem e com sistema solar.	84
7.3.	Análise dos Resultados.....	85
7.4.	Optimização da produção com rastreador solar.....	86
CAPÍTULO 8		
8.	Observações Finais Sobre o Projeto e o Mercado	87
CAPÍTULO 9		
9.	Conclusões.....	89
CAPÍTULO 10		
10.	Perspectivas de Desenvolvimento Futuro.....	91
Bibliografia.....		93
Anexo 1		
Anexo 1.	Informações técnicas dos painéis fotovoltaicos.....	101
Anexo 2		
Anexo 2.	Informações técnicas do inversor.....	103
Anexo 3		
Anexo 3.	Informações técnicas do analisador de consumo do edifício	105

Lista de Figuras

FIGURA 1-1 – SISTEMA SOLAR CONECTADO A REDE	7
FIGURA 1-2 – SISTEMA SOLAR SEM CONEXÃO A REDE	7
FIGURA 1-3 – CONSUMO ENERGÉTICO E SUAS INFLUÊNCIAS	10
FIGURA 1-4 – ENERGIA ACUMULADA EM ALGUNS COMBUSTÍVEIS EM MJ/KG	11
FIGURA 1-5 – DISTÂNCIA PERCORRIDA NO TRANSPORTE DE UMA TONELADA COM APENAS 1 KWH DE ENERGIA	12
FIGURA 1-6 – GAMA DE EMISSÕES POR PASSAGEIRO-KILÓMETRO PARA DIFERENTES MODOS DE TRANSPORTE	12
FIGURA 1-7 – EMISSÕES DE CO _{2e} POR PASSAGEIRO KILÓMETRO, POR TIPO DE TRANSPORTE (gCO _{2e} /PKM)	13
FIGURA 1-8 – EMISSÕES DE CO ₂ AO LONGO DO CICLO DE VIDA ÚTIL DE DIFERENTES VEÍCULOS	14
FIGURA 2-1 – VEÍCULO ELÉTRICO ELEKTROMOTE - SIEMENS & HALSKE, 1882	17
FIGURA 2-2 – SCHIEMANN TROLEIBUS O-BUS - SIEMENS & HALSKE, 1901	18
FIGURA 2-3 – THOMAS PARKER NO SEU VEÍCULO ELÉTRICO – ~ 1884	18
FIGURA 2-4 – PRIMEIRO HÍBRIDO MODERNO O TOYOTA 800 GT <i>HYBRID</i> – 1977	19
FIGURA 2-5 – GENERAL MOTORS EV1, O PRIMEIRO VE MODERNO FABRICADO EM MASSA – 1996	19
FIGURA 2-6 – TOYOTA PRIUS DA 1ª GERAÇÃO E CHEVROLET VOLT	20
FIGURA 2-7 – SISTEMA MOTRIZ DE UM VEÍCULO AUTOMOTOR	22
FIGURA 2-8 – APRESENTAÇÃO BÁSICA DE UM TROLEIBUS	24
FIGURA 2-9 – TESTES EM AUTOESTRADA SUECA – SIEMENS & SCANIA, 2016	25
FIGURA 2-10 – SISTEMA “ <i>OPPORTUNITY CHARGING BUS</i> ” – SIEMENS E VOLVO – 2016	26
FIGURA 2-11 – ESQUEMA TÉCNICO DE UM HÍBRIDO EM SÉRIE	27
FIGURA 2-12 – ESQUEMA TÉCNICO DE UM HÍBRIDO EM PARALELO	27
FIGURA 2-13 – ESQUEMA TÉCNICO DE UM HÍBRIDO SÉRIE E PARALELO	28
FIGURA 2-14 – SISTEMA “ <i>E-BIO FUEL CELL</i> ”, QUE UTILIZA CÉLULA COMBUSTÍVEL PARA GERAR ENERGIA ELÉTRICA	31
FIGURA 2-15 – VENDA DE VEÍCULOS ELÉTRICOS 2013 A 2015	33
FIGURA 2-16 – PARTICIPAÇÃO DA VENDA DOS CARROS DE BAIXAS EMISSÕES DE CO ₂ NA EU	33
FIGURA 2-17 – CUSTOS NA PRODUÇÃO DOS EV, PHEV E <i>FUEL CELL</i>	34
FIGURA 2-18 – FRAÇÃO DO MERCADO DE HÍBRIDOS CONVENCIONAIS NA UE, POR MARCA	35
FIGURA 2-19 – MERCADO DE VE E PHEV, EXCLUINDO HÍBRIDOS CONVENCIONAIS, POR MARCA	36
FIGURA 2-20 – PARTICIPAÇÃO NAS VENDAS DE VE, POR MODELO, NA UE DE 2010 A 2013	36
FIGURA 2-21 – FRAÇÃO DE VENDA DE VEÍCULOS A GÁS NATURAL NA UE, POR MARCA	37
FIGURA 2-22 – VENDA MUNDIAL DE PHEV E EV – 2012	38
FIGURA 3-1 – SMARTFLOWER E SUA SEQUÊNCIA AUTOMÁTICA DE ABERTURA, RASTREAMENTO SOLAR E RECOLHA	52
FIGURA 3-2 – “SMARTFLOWER POP-E” COM DOIS SISTEMAS DE CARGA, E-BICICLETAS E VE DE ATÉ 22KW	53
FIGURA 3-3 – INCH - ESTAÇÃO SOLAR DE CARREGAMENTO RÁPIDO DE VEÍCULOS ELÉTRICOS DA ENFORCE	54
FIGURA 4-1 – CURVA DE EFICIÊNCIA DO INVERSOR TRIO 27,6kW	59
FIGURA 4-2 – DIMENSIONAMENTO DO CABO CA	60
FIGURA 6-1 – CONSUMOS MÉDIOS MENSIS POR UM ANO, NA MAGNUM CAP	66
FIGURA 6-2 – EQUIPAMENTOS A CONSIDERAR NA ENTRADA DE DADOS DO HOMER	67
FIGURA 6-3 – ENTRADA DE DADOS DO SISTEMA FOTOVOLTAICO PV NO HOMER	68
FIGURA 6-4 – ENTRADA DE DADOS DOS INVERSORES NO HOMER	69
FIGURA 6-5 – MAPA DE TARIFAS NO HOMER	71
FIGURA 6-6 – ENTRADA DE DADOS DAS EMISSÕES DA REDE RESP NO HOMER	72
FIGURA 6-7 – CONSUMO ANUAL DA MAGNUM CAP, COM FAIXA DIÁRIA E PICO DE CONSUMO MENSAL	73
FIGURA 6-8 – CONSUMO DIURNO PARA CARGA DOS VE DE ACORDO COM O <i>LOAD BALANCE SOLAR</i>	74
FIGURA 7-1 – MAPA DO SISTEMA REAL INSTALADO, CONSUMO DO EDIFÍCIO MAIS CARGAS DOS VE	81

Lista de Tabelas

TABELA 4-1 - CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO INVERSOR.....	58
TABELA 6-1 – CUSTOS APROXIMADOS DOS INVERSORES UTILIZADOS NA SIMULAÇÃO DO HOMER (€)	69
TABELA 6-2 – CUSTOS COM A RESP, TAXAS E CUSTO ENERGÉTICO (€).....	70
TABELA 6-3 – CICLO HORÁRIO DIÁRIO PARA BTE E BTN	70
TABELA 6-4 – PREÇO FINAL MÉDIO OMIE PARA PORTUGAL EM 2015	71
TABELA 6-5 – ANÁLISE ENERGÉTICA DAS CARGAS DOS VEÍCULOS ELÉTRICOS DA MAGNUM CAP	73
TABELA 7-1 – RESULTADOS: SOMENTE EDIFÍCIO SEM SISTEMA SOLAR	75
TABELA 7-2 – EMISSÕES: SOMENTE EDIFÍCIO SEM SISTEMA SOLAR	76
TABELA 7-3 – CINCO MELHORES RESULTADOS: SOMENTE EDIFÍCIO COM SISTEMA SOLAR	76
TABELA 7-4 – RESULTADOS: SOMENTE EDIFÍCIO COM SISTEMA SOLAR	77
TABELA 7-5 – EMISSÕES: SOMENTE EDIFÍCIO COM SISTEMA SOLAR	77
TABELA 7-6 – RESULTADO: SOMENTE CARGA DOS VE SEM SISTEMA SOLAR	78
TABELA 7-7 – EMISSÕES: SOMENTE CARGA DOS VE SEM SISTEMA SOLAR	78
TABELA 7-8 – CINCO MELHORES RESULTADOS: CARGAS VE COM SISTEMA SOLAR	79
TABELA 7-9 – RESULTADOS: CARGA VE COM SISTEMA SOLAR (<i>LOAD BALANCE SOLAR</i>).....	79
TABELA 7-10 – EMISSÕES: CARGA DOS VE COM SISTEMA SOLAR.....	80
TABELA 7-11 – RESULTADO: CONSUMO TOTAL SEM SISTEMA SOLAR	80
TABELA 7-12 - EMISSÕES: CONSUMO TOTAL SEM SISTEMA SOLAR.....	81
TABELA 7-13 – CINCO MELHORES RESULTADOS: CONSUMO TOTAL COM SISTEMA SOLAR.....	82
TABELA 7-14 – RESULTADOS: CONSUMO TOTAL COM SISTEMA SOLAR.....	82
TABELA 7-15 – EMISSÕES: CONSUMO TOTAL COM SISTEMA SOLAR.....	83
TABELA 7-16 – CUSTOS E REDUÇÃO DOS CUSTOS PARA CADA PROJETO	85

Abreviaturas

ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis do Brasil

BEV – Battery Electric Vehicle

BIPV – Building Integrated Photovoltaics

CA ou AC – Corrente Alternada

CC ou DC – Corrente Contínua

CCS – Combined Charging System

CT – Sensor de Corrente Elétrica

CUR – Comercializador de Último Recurso

CVT – Continuously variable transmission

DGEG – Direção-Geral de Energia e Geologia

DMFC – Direct-Methanol Fuel Cell

EDP – Energias de Portugal

ENEL – Ente Nazionale per l'energia Elettrica

ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos

EUA – Estados Unidos da América

FCell – Células de Combustível

FCEV – Fuel Cell Electric Vehicle

FCV – Fuel Cell Vehicle

GEE – Gases de Efeito Estufa

HFCEV – Hydrogen Fuel Cell Electric Vehicle

ICCT – The International Council on Clean Transportation

IEA – International Energy Agency

IMFC – Indirect Methanol Fuel Cell

MPPT – Maximum Power Point Tracking

NREL – National Renewable Energy Laboratory

OMIE – Organização do Mercado Ibérico de Energia

PEM – Polymer Electrolyte Membrane

PHEV – Plug-in Hybrid Electric Vehicle

PIB – Produto Interno Bruto

pkm – Passageiro por quilómetro

PPC – Paridade do Poder de Compra

PREDIT – Programme de Recherche et D’Innovation dans Les Transports Terrestres

PV – Photovoltaic

RESP – Rede Elétrica de Serviço Público – RESP

SAM – System Advisor Model

SERUP – Sistema Eletrónico de Registro de Unidades de Produção

SI – Sistema Internacional

SOFC – Solid Oxide Fuel Cell

UE ou EU – União Europeia

UP – Unidade de Produção

UPAC – Unidade de Produção para Autoconsumo

UPP – Unidade de Pequena Produção

V2B – Vehicle to Building

V2G – Vehicle to Grid

Vdc – Tensão em corrente contínua

VE ou EV – Veículo elétrico

Voc – Tensão de circuito aberto

ZE – Zero Emissions

ZER – Zona de Emissões Reduzidas

CAPÍTULO 1

1. Introdução

No âmbito do estágio curricular do Mestrado em Sistemas Energéticos Sustentáveis, procedeu-se um projeto de implementação de um sistema de carregamento de veículos elétricos por meio de energia elétrica gerada por painéis fotovoltaicos. Este projeto segue especificações para o sistema fotovoltaico determinadas pelo Decreto-Lei n.º 153/2014, de 20 de outubro e pelas Portarias n.ºs 14/2015 e 15/2015, ambas de 23 de janeiro.

Este projeto visa a análise da Geração Fotovoltaica Integrada em Edifícios – BIPV (*Building Integrated Photovoltaics*) em conjunto com os sistemas de carregamento dos veículos elétricos. Um dos objetivos da MAGNUM CAP, a partir deste projeto, é analisar a viabilidade de um sistema de gestão de carregamento de veículos elétricos, uma vez que o consumo da energia produzida pelos painéis solares deve seguir um sistema de prioridades, onde veículos com utilização intensa devem ter preferência no carregamento e o sistema de carregamento dos veículos deve ter consumo prioritário em relação ao do edifício.

Este estudo tem grande importância na análise do carregamento de veículos elétricos, uma vez que não é possível a aplicação direta da energia elétrica em corrente contínua, produzida pelos painéis fotovoltaicos. Mesmo com a utilização de um inversor *off-grid* ocorrem oscilações na potência do sistema de acordo com a intensidade solar do local, condições ambientais e pelo sombreamento causado por nuvens. No momento das oscilações, há uma queda na produção do inversor, provocando uma falha que interrompe a carga do veículo elétrico, tendo que se reiniciar todo o processo de carga.

Sendo assim, os sistemas devem inicialmente ter apoio da rede elétrica local.

O projeto auxiliará a MAGNUM CAP no desenvolvimento de um sistema de carregamento 100% solar para veículos elétricos e reduzir os consumos de sua unidade fabril perante a Rede Elétrica de Serviço Público – RESP.

A situação energética atual também é apresentada, demonstrando-se que em países como Portugal, os veículos elétricos possuem baixos níveis de emissões indiretas, devido à alta capacidade de geração elétrica por fontes renováveis em oposição a países que possuem sua matriz energética baseada em combustíveis fósseis, como o carvão.

1.1. Objetivos

Constituem objetivos deste trabalho:

Dimensionar e instalar um sistema de geração de energia elétrica utilizando painéis fotovoltaicos.

Utilizar a energia gerada em um sistema de carregamento de veículos elétricos como também fornecer energia ao edifício.

A partir das formas de carregamento existentes, verificar a potencialidade económica do projeto e o impacto de redução no consumo à RESP – Rede Elétrica de Serviço Público.

Verificar as emissões indiretas no consumo de energia elétrica na RESP e sua redução com o sistema fotovoltaico.

Desenvolver um planeamento de cargas e necessidades, para alcançar um sistema de carregamento 100% solar.

1.2. Enquadramento

O mercado energético sempre sofreu e sofrerá mudanças ao longo dos anos, desde a idade da pedra até o futuro. Nós fazemos parte de um pequeno trecho dessa história mas cada ação reflete-se no nosso tempo e no futuro. As atividades humanas são altamente dependentes do uso de diversas formas e fontes de energia para realizar trabalhos.

A famosa frase do “pai” da química moderna, Antoine Laurent Lavoisier, que dizia *“Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma”*, chega a ser animadora mas as transformações na natureza podem ser lentas.

Energia tem diversas vertentes e significados, podemos resumi-las neste estudo como a conversão de um tipo de energia em outro tipo de energia útil, seja a energia elétrica ou a energia necessária para movimentar um objeto, neste caso um veículo.

As mudanças e escolhas de como utilizar as fontes de energia são realizadas pelas comunidades, dependendo de suas culturas, costumes, localização geográfica e da influência de seus governantes, que nem sempre verificam os impactos ecológicos e financeiros dessas escolhas.

Um exemplo de uma forma de escolha de energia no nosso dia-a-dia é como aquecemos as águas quentes sanitárias. Na Europa é comum o uso das caldeiras ou esquentadores de água a gás ou lenha, enquanto em países da América do Sul é comum utilizar esquentadores elétricos ou os chuveiros elétricos. O uso de esquentadores a gás também existe, porém, em número insignificante comparado ao sistema elétrico e normalmente em usos comerciais como hotéis.

Um exemplo simples de como alterar a escolha da fonte de energia pelo desenvolvimento tecnológico foi a substituição do frigorífico a querosene ou gás engarrafado pelo frigorífico elétrico.

Esta tecnologia com motor térmico foi alterada para um motor elétrico. Os frigoríficos a querosene foram fabricados até por volta de 1960 e podem ainda ser encontrados em locais sem acesso a energia elétrica.

Existem diversas formas de energia, as quais incluem a energia mecânica, térmica, química, elétrica, radiante e atômica, sendo todas passíveis de conversão. As formas de energia vêm de recursos classificados como renováveis e não renováveis.

O conceito de renováveis é baseado na escala humana de eventos e se a fonte pode ser renovada naquele período.

Combustíveis fósseis são o senso comum de recurso energético não-renovável, pelo fato de as reservas de petróleo e gás natural necessitarem de milhões de anos para serem auto renovadas.

Inversamente a madeira, como biomassa, é uma fonte de energia renovável, desde que as condições sejam adequadas para esta renovação. Devido a velocidade da ocorrência de desmatamento e destruição do ecossistema, em algumas regiões, a biomassa pode ser considerada como uma fonte não renovável de energia. [1]

Neste projeto será abordada a estratégia de utilizar um sistema de geração solar fotovoltaica, substituindo a RESP na carga de Veículos Elétricos, que por sua vez substituem veículos convencionais.

A importância destas aplicações, mesmo que individuais, é baseada na possibilidade de reduzir nossos consumos e impactos ambientais de uma maneira local, como também reduzir a dependência de alguns sectores energéticos e de outros países.

Os novos sistemas bidirecionais de carga e descarga de veículos elétricos utilizam os veículos como uma rede de armazenamento de energia elétrica, a qual pode ser utilizada em horas de ponta ou em avarias ou emergências na rede de distribuição.

Este sistema bidirecional entra em um conceito de redução da utilização das centrais termoeletricas nos horários de ponta, as quais consomem combustíveis fósseis como o carvão.

Atualmente é utilizado o sistema de armazenamento por bombagem de água em centrais hidroelétricas, mas há uma grande perda de energia pelas redes de distribuição.

Estudos avançados estão sendo realizados por universidades e cientistas sobre o impacto do maior número de VE's na rede elétrica, com e sem Parques Fotovoltaicos e também sobre o controle inteligente das cargas e armazenamento da energia gerada, o sistema *smart-grid*.

Este modelo energético contribui para um futuro dos veículos elétricos associado às fontes renováveis de energia. As condições climáticas em que vivemos viabilizam as escolhas e necessidades por sistemas sustentáveis e renováveis.

1.3. Energia Elétrica

A energia elétrica é a mais marcante forma de energia no nosso dia-a-dia. Para a maioria das pessoas quando falamos em energia, falamos de energia elétrica.

A existência da energia elétrica já era de conhecimento público desde o século XVIII, contudo, sua incorporação no dia-a-dia e no processo produtivo não foi tarefa simples. [2]

O progresso mundial no uso da eletricidade foi impulsionado pelo surgimento de tecnologias para distribuição, que se desenvolveu rapidamente graças à procura crescente de indústrias, mas sua primeira aplicação deu-se na iluminação pública. Os primeiros sistemas de distribuição foram instalados no final do século XIX na Inglaterra, França, Itália e no Brasil. A expansão dos serviços de energia e, conseqüentemente, dos sistemas de distribuição deveu-se, principalmente, à necessidade da disseminação da iluminação pública. [2]

Thomas Edison inventou e foi responsável pela disseminação da corrente elétrica nos EUA, porém, ele era inventor de sistemas em corrente contínua, passando a ser a distribuição por corrente contínua o sistema padrão nos EUA. Esse sistema era mais seguro e trazia muitas vantagens, principalmente um fácil armazenamento em baterias, quais sistemas de armazenamento também eram desenvolvidos por ele. Com o passar dos anos houve a invenção do sistema de geração e transmissão de corrente alternada pelo inventor Nikola Tesla.

A distribuição por corrente contínua foi substituída pela distribuição por corrente alternada, causando também, um atraso no desenvolvimento de sistemas de cargas de baterias e no uso dos veículos elétricos individuais.

Atualmente a principal barreira à utilização de energia elétrica é o seu custo e sua produção, que causam forte impacto ao meio ambiente, dependendo do seu método de produção, ou melhor, conversão.

É comum o uso de centrais térmicas a carvão ou centrais de grupos geradores a Gasóleo em países menores, remotos ou ilhas.

Países onde as bacias hidrográficas são extensas e onde é possível instalar barragens hidrelétricas, possuem uma energia com custo inferior a países em que a produção elétrica depende da queima de combustíveis fósseis, como o carvão mineral e o petróleo.

O custo da energia elétrica é calculado com base nos meios de conversão de energia em energia elétrica, mas depende em grande parte das políticas internas e externas de cada país.

1.4. Produção de Energia Elétrica por Sistema Fotovoltaico

Neste projeto será abordada a utilização de energia solar que será convertida em energia elétrica pelo efeito fotovoltaico.

A palavra Fotovoltaico vem do grego *phos / foto*, luz em grego e *-voltaico*, que vem do SI Volt, em honra ao físico italiano Alessandro Volta.

Este efeito é produzido utilizando uma pequena superfície composta de material semicondutor, chamada célula fotovoltaica, ou um arranjo de centenas destas células, denominado painel fotovoltaico.

A descoberta deste efeito ocorreu em 1839 por Alexandre Edmond Becquerel, mas o maior desenvolvimento e aplicação desta tecnologia deu-se no século seguinte, com os esforços promovidos quer por empresas de telecomunicação, buscando fontes de energia para equipamentos em locais remotos, quer pela indústria aeroespacial, onde veículos espaciais e satélites necessitavam de uma fonte de energia adequada para sua longa permanência no espaço.

Outro catalisador para o desenvolvimento das técnicas de utilização da energia solar foi a crise energética de 1973, com a busca por alternativas ao petróleo. [3]

Existem basicamente dois tipos de aplicações fotovoltaicas: as conectadas à RESP e as autônomas ou isoladas, estas podendo ser até móveis. Ambos os sistemas têm suas vantagens e desvantagens.

No sistema conectado à rede, também chamado de *On-Grid*, há a necessidade de possuir um inversor, o qual converterá a energia de corrente contínua - CC fornecida pelos painéis fotovoltaicos em corrente alternada - CA. Neste sistema há sempre a garantia de possuir energia elétrica, mesmo no período noturno, uma vez que há o suporte da RESP. [4]

O uso de baterias para armazenar a energia gerada no período diurno pode ser útil para o período noturno. Dependendo das leis locais ou do tipo de contrato com a RESP, pode ser possível vender o excesso de energia ou gerar créditos de desconto na fatura. [4]

Na figura 1-1 é apresentado um esquema básico de como funciona o sistema conectado à rede.

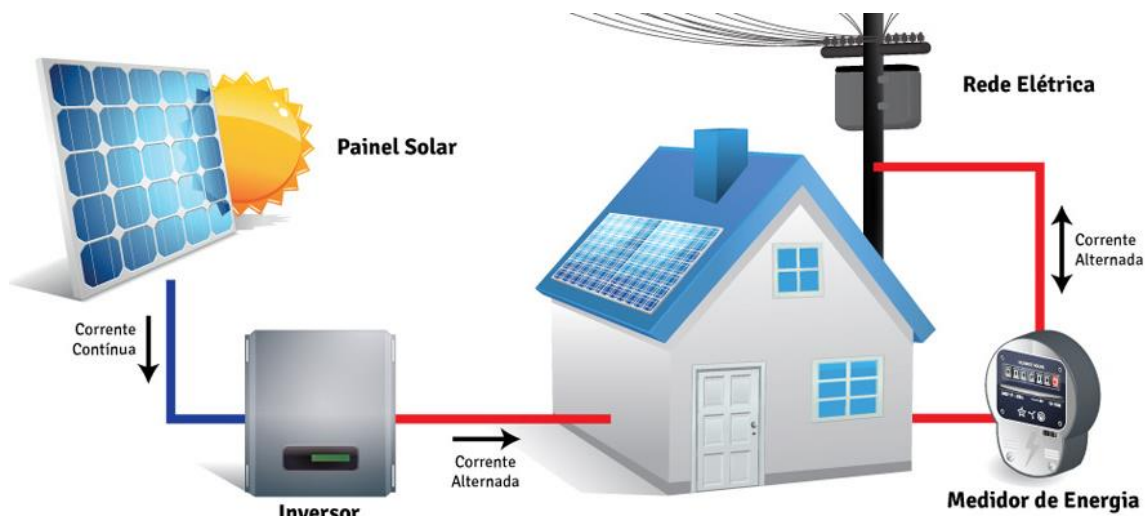


Figura 1-1 – Sistema solar conectado a rede [4]

Outro método é o sistema isolado, qual não tem conexão com a RESP. Este método mostra-se mais indicado ou pode ser uma das únicas alternativas para sistemas em locais isolados, sem acesso à rede elétrica ou de difícil acesso para grupos geradores a Gasóleo, devido à manutenção e à dificuldade de abastecimento de combustível.

Na figura 1-2 é apresentado um sistema básico sem conexão à rede, onde podemos ver um controlador ou retificador de carga que filtra a corrente elétrica que alimenta os equipamentos consumidores. Como forma de segurança ou para momentos de baixa intensidade solar ou períodos noturnos, pode utilizar-se um banco de baterias para armazenamento da energia gerada. Com o uso da bateria o sistema possui uma especificação segura para a instalação de um inversor com o objetivo de aplicar equipamentos de CA.

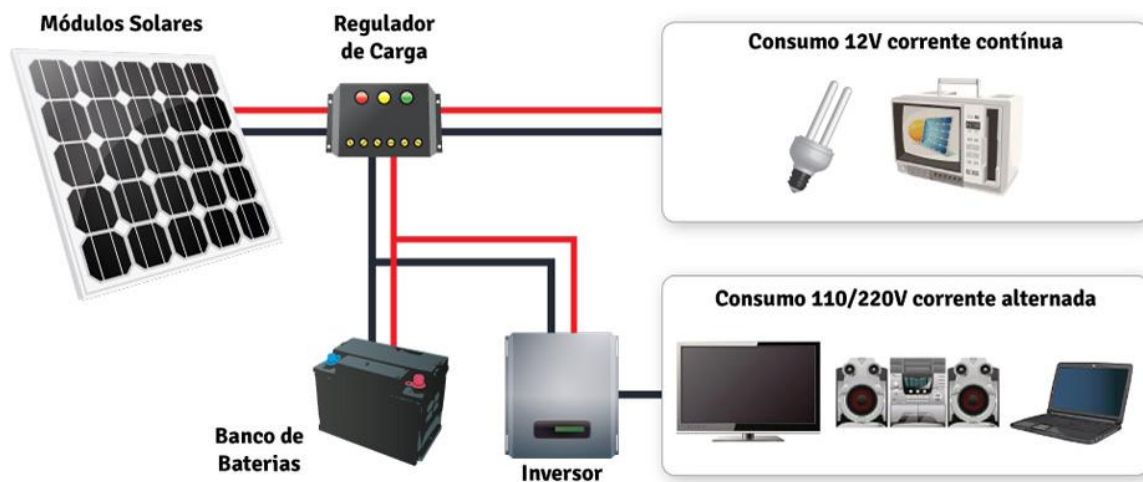


Figura 1-2 – Sistema solar sem conexão a rede [4]

O sistema isolado não necessita de alguns equipamentos e dispositivos de proteção para conexão com a rede. Normalmente, não é necessário seguir normas ou leis, como na instalação conectada à RESP e normalmente, não há custos fiscais.

Em 2014/15, houve em Portugal, a implementação de uma taxa por possuir equipamentos instalados e uma taxa para inspeções ocasionais. Essa taxa, estabelecida pelo Decreto-Lei nº 153/2014, de 20 de outubro, foi regulamentada na Portaria nº 14/2015, de 23 de janeiro.

A taxa é cobrada para sistemas isolados a partir de 1,5 kW de potência e para sistemas conectados à RESP com qualquer potência.

Nos sistemas isolados entre 200 W e 1,5 kW não é necessário fazer o registo mas apenas uma comunicação ao SERUP – Sistema Eletrónico de Registo de Unidades de Produção e caso a potência seja inferior a 200 W, não há taxa nem necessidade de registo do sistema. Potências superiores a 1,5 kW também entram no âmbito da necessidade de um seguro de responsabilidade civil.

A energia fotovoltaica é uma forma de geração com baixo impacto ambiental e é uma das maneiras mais fáceis e possíveis de geração de energia elétrica, uma vez que utiliza a conversão da energia solar que está presente em todo o planeta, sendo possível instalar uma mini central elétrica em edifícios e residências.

Desde o início do uso da energia elétrica, esta foi aplicada nos transportes, seja por comboio, *trolley* ou carro. Com o tempo algumas aplicações obtiveram êxito e outras utilizaram diferentes tecnologias, normalmente com recursos a combustíveis fósseis.

O desenvolvimento e aprimoramento das tecnologias existentes tem provocado fortes reduções nos custos da geração fotovoltaica. Em 2016 houve um recorde de menor valor de venda de energia gerada por uma central fotovoltaica. Uma empresa espanhola ganhou um contrato de venda de energia elétrica de uma central PV de 120 MW por 25,42 €/MWh, o recorde anterior era de 26,12 €/MWh em Dubai. [5]

Este novo recorde é o menor valor de energia já cobrado para qualquer tipo de energia renovável e quase metade do valor de venda de energia gerada por carvão no mesmo leilão de energia. [5]

1.5. Geração Fotovoltaica Integrada em Edifícios – BIPV

A Geração Fotovoltaica Integrada em Edifícios – BIPV (*Building Integrated Photovoltaic*) está a incorporar-se de forma crescente como fonte de energia elétrica principal ou secundária nos novos edifícios domésticos e industriais e inclusive em outros elementos e construções arquitectónicas. A instalação com células fotovoltaicas integradas são também comuns neste tipo de integração.

Muitas instalações fotovoltaicas encontram-se com frequência situadas nos edifícios, normalmente, situam-se sobre um telhado já existente, ou integram elementos da própria estrutura do edifício. Em 2010, mais de 80% dos 9000 MWp de sistemas fotovoltaicos na Alemanha, eram instalados sobre telhados. [6]

Alternativamente, um sistema fotovoltaico também pode ser montado fisicamente separado do edifício mas conectado à instalação eléctrica do mesmo.

Segundo um estudo publicado em 2011, imagens térmicas demonstraram que painéis solares instalados com uma brecha entre o telhado e as costas do painel, permitem a circulação de ar, proporcionando um efeito de refrigeração passiva nos edifícios durante o dia e ajudam a manter o calor durante a noite. [6]

A energia solar fotovoltaica em telhados pode contribuir significativamente para satisfazer a procura de eletricidade das cidades. O potencial técnico da energia solar fotovoltaica instalada nas coberturas e telhados permitiria satisfazer até 32% da procura urbana de eletricidade e 17% da procura mundial total de eletricidade em 2050, no cenário de estudos da Agência Internacional de Energia - IEA. [7]

Tendo em conta a concorrência com outras soluções alternativas de produção de energia, cerca de 5% das necessidades urbanas de eletricidade seriam cobertas com uma boa relação custo-eficiência pela energia solar fotovoltaica em 2050 no cenário da IEA. [7]

O potencial da energia solar fotovoltaica urbana é maior nas cidades pequenas devido à sua menor densidade. Todavia, essas pequenas cidades encontram-se frequentemente menos preparadas para realizar esse potencial investimento. Nesse contexto, os governos nacionais e regionais podem desempenhar um papel decisivo, apoiando essas cidades a suprir a falta de informação, de recursos financeiros e de perícia, assim como a capacidade de governação limitada. [7]

1.6. Energia nos Transportes

A relação de energia e transporte é direta, mas sujeita a diferentes interpretações de acordo com os diferentes modos de transporte, cada um possuindo sua aplicação e nível de performance. [8]

Para poder perceber o impacto da energia dos combustíveis nos transportes e sua eficiência, é necessário avaliar o consumo de energia, que será dividido em quatro fatores de influência. (Figura 1-3) [9]

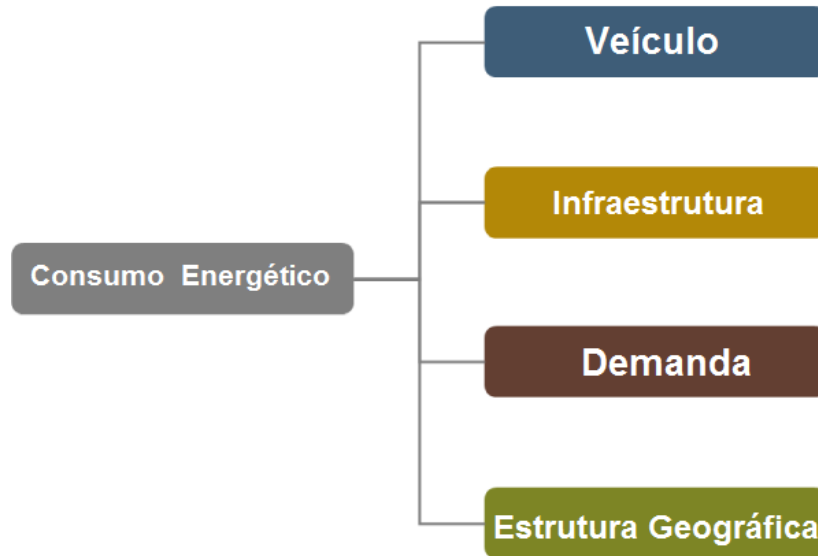


Figura 1-3 – Consumo energético e suas influências [9]

Consumo Energético e suas influências:

- Veículo: Tipo de veículo, sua eficiência energética e do seu combustível;
- Infraestrutura: Correlacionado com eficiência no transporte;
- Demanda: Relacionado com a económica e custo com o combustível;
- Estrutura geográfica: Distribuição das atividades e rotas.

Os consumos de energia nos transportes estão também relacionados com fatores externos ao veículo em si. Pensamos em economia e redução de emissões e logo pensamos no tipo de veículo e no combustível utilizado mas a estrutura dos transportes locais, custos, organização e bom senso na sua utilização, ocupam uma grande parcela deste impacto.

A energia necessária para a locomoção ou transporte pode ser apresentada de diversas maneiras, mas deve manter-se um ponto de referência desta energia para melhor apresentar o impacto do consumo na escolha do método de transporte.

Na figura 1-4 é possível verificar o conteúdo de energia armazenado (MJ/kg) em diversos combustíveis e na bateria de lítio. [10]

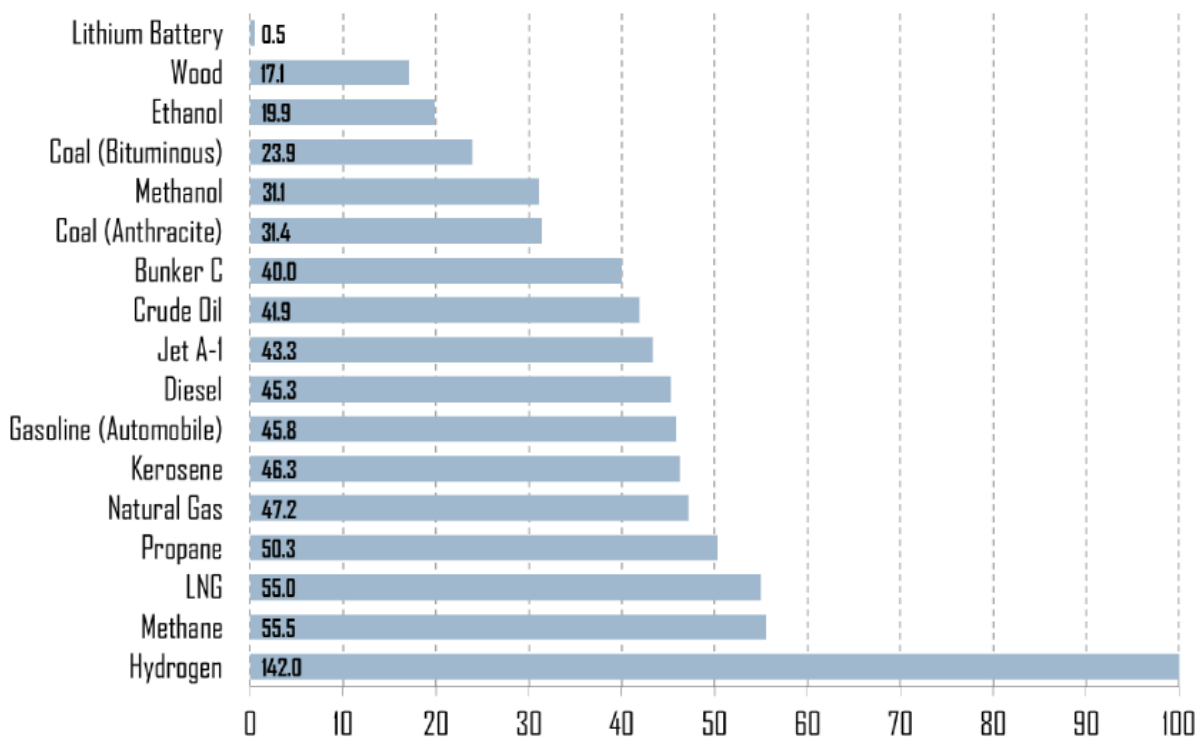


Figura 1-4 – Energia acumulada em alguns combustíveis em MJ/kg [10]

Todos os combustíveis possuem um teor de energia, normalmente designado por MJ, o qual pode ser comparado com a massa deste combustível, criando um método de comparação entre os combustíveis de MJ/kg.

A quantidade de energia nos combustíveis pode ser um fator importante mas depende do custo deste combustível e da tecnologia existente para sua utilização. O hidrogénio ainda não possui uma estrutura física de armazenamento e distribuição adequada, criando várias barreiras para sua utilização que ainda são somadas aos meios de produção.

A tecnologia deve ser relacionada com o tipo de transporte e a energia utilizada neste transporte, independente do tipo de combustível. Para isso podemos manter um consumo fixo de energia e verificar qual a distância percorrida por cada tipo de transporte.

Um exemplo é o transporte de cargas que possui vários modos, aéreo, terrestre e marítimo, cada um com seu nível de performance energética. O modo aéreo de transporte de cargas é suportado por um mercado de produtos de valores elevados, com entregas rápidas que compensam os custos. [11]

Nos demais meios de transporte fica mais clara a comparação de energia, já que ambos possuem um mercado similar de carga, com cargas de valores similares. Um estudo mais aprofundado deste consumo de energia ainda pode ser realizado dentro de cada modo de transporte, levando em conta a tecnologia do equipamento ou ainda a velocidade média do transporte, a qual possui impacto direto no consumo de combustível e na viabilidade econômica do transporte ou dos custos pelo transporte em curto prazo.

Na figura 1-5 é possível verificar a distância percorrida para transportar uma tonelada de carga com apenas 1 kWh de energia. A maior distância é realizada pelo transporte marítimo, enquanto a menor seria com o transporte aéreo.[11]

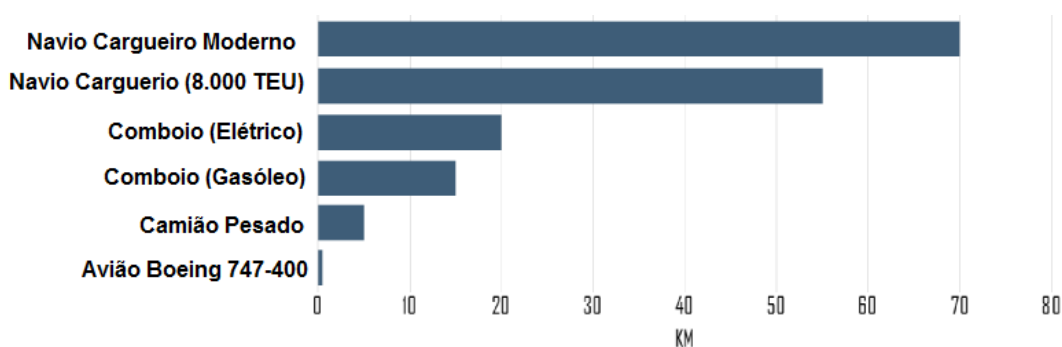


Figura 1-5 – Distância percorrida no transporte de uma tonelada com apenas 1 kWh de energia [11]

As emissões de gases de efeito estufa – GEE variam de acordo com o modo de transporte, tipo de combustível e normas de emissões seguidas no projeto do equipamento, no caso dos veículos rodoviários europeus, a norma Euro.

Na figura 1-6 é possível verificar as gamas de emissões de GEE para diferentes modos de transporte. Esta diferença é apresentada pelas emissões por passageiro-quilômetro. [12]

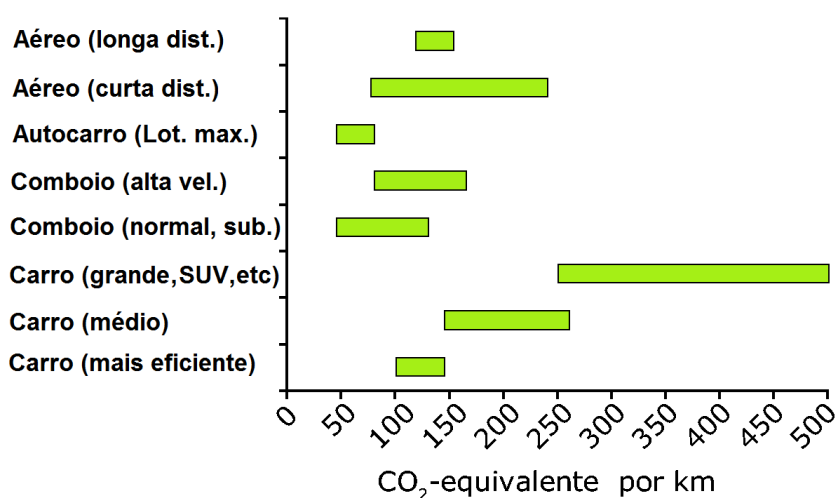


Figura 1-6 – Gama de emissões por passageiro-quilômetro para diferentes modos de transporte [12]

As emissões de CO_{2e} por passageiro quilómetro (gCO_{2e}/pkm), para vários meios de transporte, incluindo a energia gasta indiretamente e durante a produção de cada veículo foram calculadas pela ONG “Shrink That Footprint”. [13]

Para um resultado mais realista, foram utilizados valores de carga médios e ocupações de 1,6 passageiros para os veículos e 1 para motocicletas. O consumo do veículo elétrico foi considerado 20 kWh/100km. [13]

Os veículos elétricos apresentados são abastecidos pela rede elétrica norte americana, causando impactos ambientais diferentes do carregamento do veículo elétrico em países com base energética renovável e por meio de sistemas fotovoltaicos. O autocarro escolar (EUA) também apresenta consumos diferentes de um autocarro local por possuir uma legislação específica para o desenvolvimento, construção e operação destes veículos nos Estados Unidos da América.

Toda esta análise de emissões está representada na figura 1-7, adaptada do original.

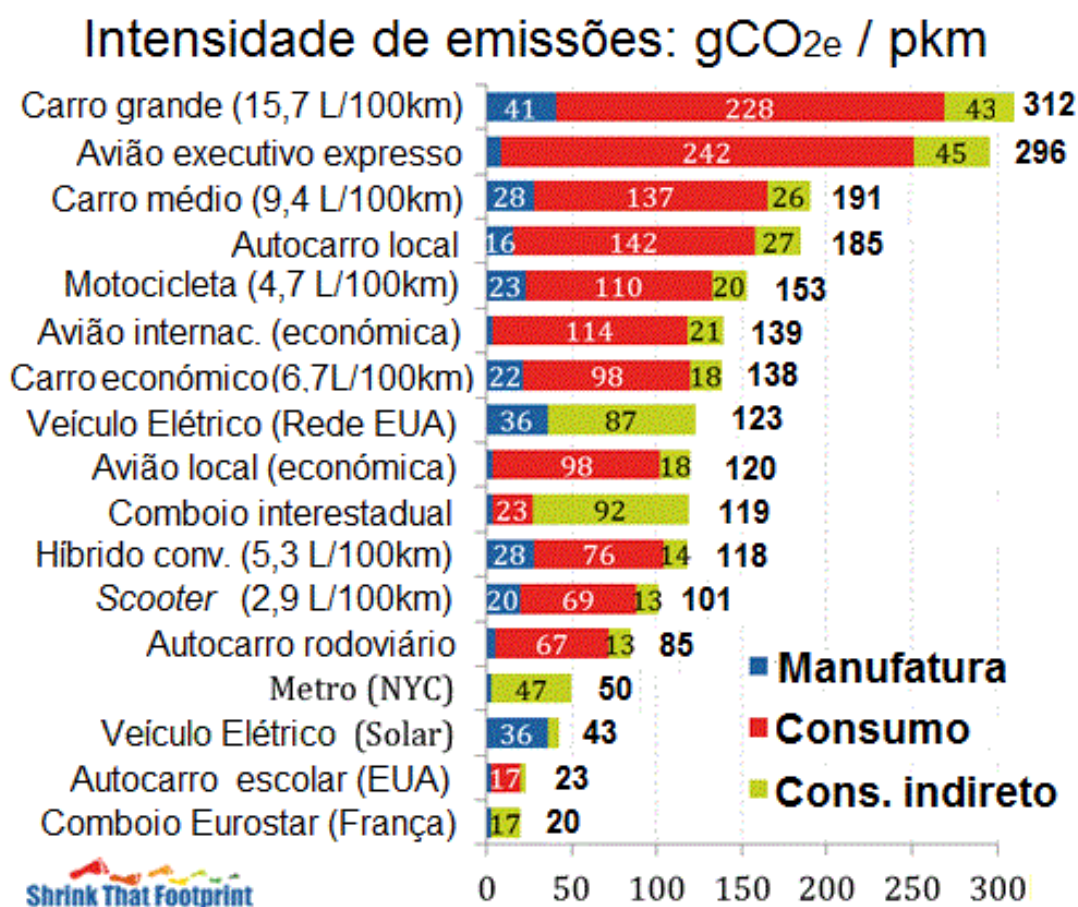


Figura 1-7 – Emissões de CO_{2e} por passageiro quilómetro, por tipo de transporte (gCO_{2e}/pkm) [13]

A figura 1-8 mostra uma análise das emissões de CO₂ no ciclo de vida dos veículos automotores demonstrando o impacto do tipo de combustível nestas emissões. Esta análise levou em consideração três métodos de geração de energia elétrica: por fontes renováveis, pelo modelo energético europeu e por uma central termoeleétrica utilizando somente carvão mineral. [14]

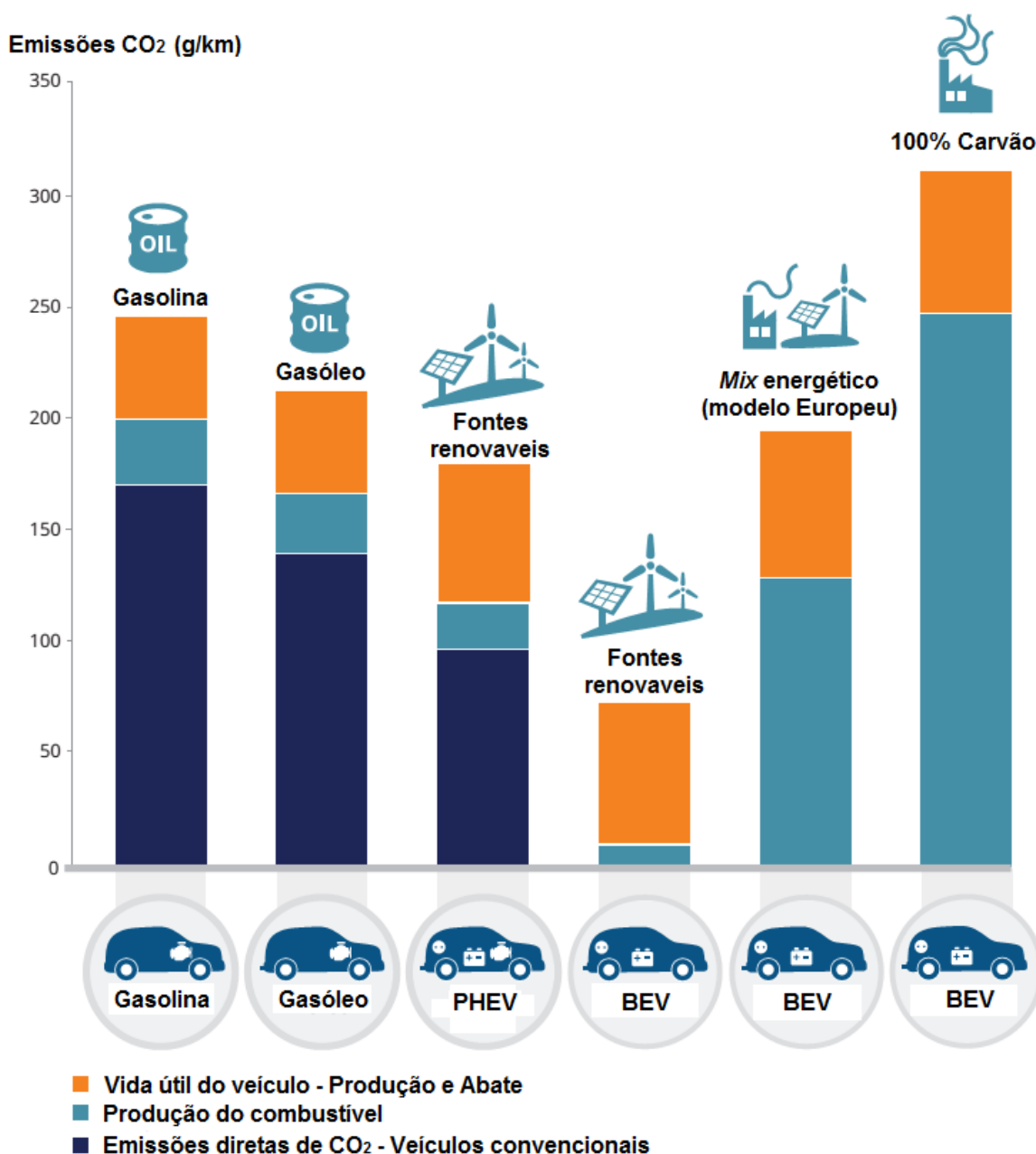


Figura 1-8 – Emissões de CO₂ ao longo do ciclo de vida útil de diferentes veículos [14]

1.7. Portugal nos Indicadores Energéticos da UE

Indicadores energéticos, de transporte e meio ambiente de 2015, publicados pelo EUROSTAT, demonstram a posição de Portugal no sector energético em comparação com outros países da União Europeia. [15]

Para uma base de comparação económica é calculado o PPC (Paridade do Poder de Compra), que é uma referência artificial comum de unidade monetária, que elimina a diferença de preços entre os países. Com um PPC pode-se comprar o mesmo volume de bens ou serviços em todos os países.

A partir desta comparação podemos verificar que em relação ao custo de outros bens e serviços, o custo mais elevado da energia elétrica para consumidores finais em residências ocorre na Alemanha, Chipre e Portugal, enquanto os menores custos se verificam na Finlândia, Luxemburgo e Suécia.

Para consumidores residenciais de gás natural, os preços mais elevados, no segundo semestre de 2014 ocorreram na Suécia, Portugal e Espanha. Os países com menores preços foram Roménia, Hungria e Bulgária. Para os consumidores industriais, no mesmo período, os maiores preços ocorreram na Finlândia, Portugal e Grécia.

A produção de Energia a partir de fontes renováveis nos 28 países da UE, aumentou 72,5% desde 2004 até 2013. As fontes de energia foram, quase que exclusivamente, renováveis no consumo energético em Chipre e Malta (100%), Letónia (99,7%), Portugal (97,5%) e Lituânia (91,1%).

Os países com os menores índices de geração a partir de fontes renováveis foram a Holanda (6,2%), Reino Unido (7,7%), Polónia (12,1%) e República Checa (12,2%).

Em 2012, Portugal estava na lista dos países com a maior quota de transportes terrestres realizada por sistema rodoviário, cerca de 90%, juntamente com Irlanda, Grécia, Espanha e Luxemburgo.

Em 2013, uma média de 0,40% do PIB foi gasto em proteção ambiental pelas indústrias no EU-28. Este índice normalmente está entre 0,21% e 0,75% nos Estados Membros. Abaixo desta média estão Portugal em 2013, Chipre em 2012 e França em 2007 e acima da média está Polónia, República Checa e Roménia.

CAPÍTULO 2

2. Veículos Elétricos e Tecnologias para sua Aplicação

2.1. Veículos Elétricos Rodoviários

Veículo elétrico é um tipo de veículo que tem sua mobilidade assegurada por meio de motores elétricos. Um veículo elétrico é composto por um sistema primário de energia, um ou mais motores elétricos e um sistema de acionamento e controle de velocidade ou binário. Os VE's, segundo seus fabricantes, fazem parte do grupo denominado “veículos de emissões zero”, não emitindo, localmente, quaisquer gases nocivos e ruídos consideráveis para o ambiente.

Em 1881 a Siemens desenvolveu um sistema elétrico aéreo, que entrou em testes em 29 de abril de 1882 com o veículo elétrico chamado de Elektromote, que foi desenvolvido pela “Siemens & Halske”, com um sistema de catenária (também conhecido como pantógrafo). Este projeto visava o desenvolvimento de um modo de transporte para um número maior de pessoas, portanto, sendo este o início do troleibus. [16 - 17]

Na mesma época ocorreu o aumento da eletrificação dos *trolleys*, anteriormente puxados por cavalos e o aumento no mercado dos veículos elétricos individuais, portanto houve uma revolução elétrica no transporte, mas que reduziu o interesse neste autocarro elétrico, o troleibus. [18]

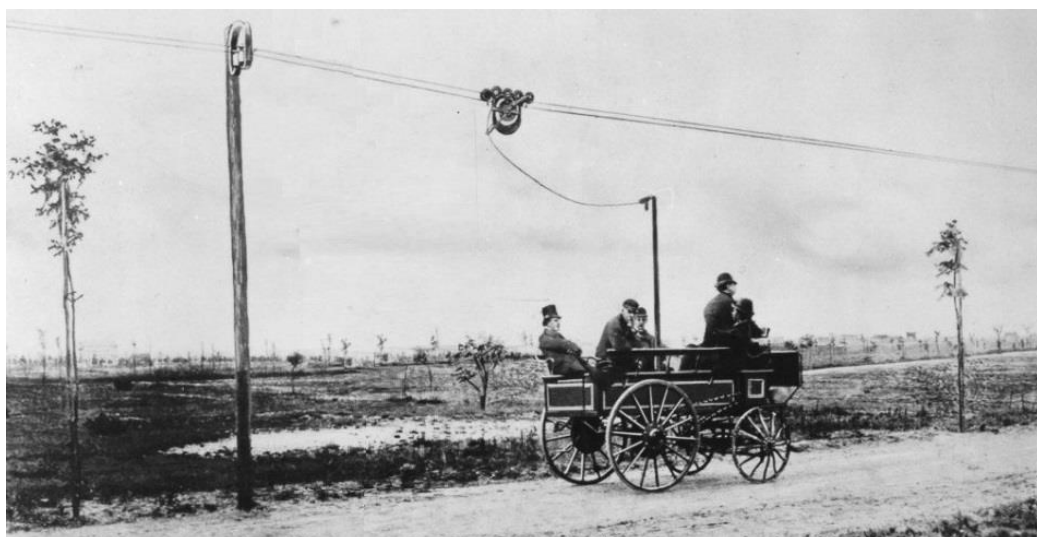


Figura 2-1 – Veículo elétrico Elektromote - Siemens & Halske, 1882 [17]

Em 1900, o engenheiro Max Schiemann, em parceria com a Siemens e Halske, iniciou o projeto de um novo Elektromote, melhorando os sistemas de catenárias,

os motores e tornou o veículo mais confortável. Em 10 de julho de 1901, entrou em operação o primeiro troleibus o O-Bus, implantando assim a primeira linha de troleibus para transporte público em Bielathal, Alemanha. Em 1920 o troleibus tornou-se, mundialmente, o mais popular veículo elétrico. [18]



Figura 2-2 – Schiemann Troleibus O-bus - Siemens & Halske, 1901 [16]

O primeiro modelo de veículo elétrico individual, sem uso de trilhos, de real produção comercial foi desenvolvido pelo inventor Thomas Parker em Londres em 1884 e possuía um sistema próprio de alta capacidade de recarga das baterias. [19] Na figura 2-3 é possível ver Thomas Parker no seu veículo elétrico (terceiro homem da esquerda para direita). O invento dele ocorreu um ano antes do alegado e patenteado primeiro veículo da história de Karl Benz em 1885. [20]



Figura 2-3 – Thomas Parker no seu veículo elétrico – ~ 1884 [20]

Os veículos elétricos tinham diversas vantagens frente aos veículos a combustão, dentre elas, o baixo ruído e a facilidade de arranque. Porém, em 1897 Hiram Percy inventou o silenciador para o escape dos veículos a combustão e em 1912 Charles Kettering inventou o motor de arranque. Evidenciando assim as desvantagens dos VE's como a reduzida autonomia e o maior valor de aquisição.

Por volta de 1935, toda a produção de VE's individuais deixou de existir. [21]

Em 1976 o governo francês lança o programa PREDIT para pesquisa e desenvolvimento de VE.

A Toyota lança em 1977, o Toyota 800 – GT o primeiro híbrido com tecnologia moderna e base da atual tecnologia. [22]



Figura 2-4 – Primeiro híbrido moderno o Toyota 800 GT Hybrid – 1977 [22]

Em 1996, a General Motors produziu o GM EV1, o primeiro VE fabricado em massa, qual foi comercializado em forma de *leasing*. [21]



Figura 2-5 – General Motors EV1, o primeiro VE moderno fabricado em massa – 1996 [23]

No Japão em 1997, a Toyota inicia a venda do primeiro veículo híbrido, em escala comercial, o Prius. Logo no primeiro ano de produção 18.000 unidades são vendidas. Em 2010 é lançado o EV Nissan LEAF. Já em 2011 é alcançado o número histórico de 50.000 VE no mundo.

Nos EUA o PHEV Chevrolet Volt vende melhor que metade dos modelos comercializados no mercado americano.



Figura 2-6 – Toyota Prius da 1ª Geração e Chevrolet Volt [19]

Com o aumento do número de modelos de VE no mercado e a melhor aceitação do consumidor, o número de VE no mundo ultrapassa os 180.000 em 2012. [21]

Hoje, a fabricante de veículos elétricos mais famosa é a TESLA, que se dedica somente ao desenvolvimento de VE, aliado a alta tecnologia embarcada, que normalmente está associada a outras grandes empresas. Os VE da TESLA, possuem o *Autopilot*, um sistema de piloto automático, que não mantém apenas a velocidade automaticamente, mas freia, troca de faixa, faz conversões, lê e grava as placas de trânsito e de velocidade, estaciona e sai de garagens sozinho.

Há atualmente veículos elétricos com autonomies que podem chegar a 600 km, o que é similar a alguns veículos com motores a combustão. Além dos veículos elétricos, também os veículos híbridos têm um crescimento muito representativo no mercado.

2.2. Tecnologias para eletrificação de veículos rodoviários

Existem várias tecnologias para alimentar os motores dos Veículos Elétricos, fazendo com que os Veículos Elétricos sejam divididos em alguns grupos:

- Puro Elétrico ou 100% Elétrico por baterias (EV ou BEV): utiliza energia elétrica armazenada em baterias no próprio veículo, tecnicamente chamado de BEV - *Battery Electric Vehicle*, as quais são recarregadas por fonte externa ao VE.

- Elétrico por Pantógrafo (Catenária): Tecnologia que mantém o veículo conectado à rede elétrica por meio de hastes, chamadas de *troles* e um conector ou gancho que encosta em cabos elétricos, normalmente instalados acima do veículo de maneira fixa na via. Estes veículos normalmente não possuem baterias para locomoção, porém, já há sistemas que possuem baterias ou sistemas híbridos a gásóleo ou célula combustível, podendo manter a mobilidade em trechos sem cabos aéreos.

- Híbridos: possuem motores elétricos, motor a combustão e baterias para armazenamento de energia elétrica gerada pelo motor a combustão e pela regeneração nas frenagens.

- Híbridos Plug-in (PHEV): são veículos híbridos com auxílio de sistema de recarga das baterias por fonte externa ao veículo.

- Células de Combustível (FCell, FCV ou FCEV): utilizam células de combustível para gerar energia para as baterias e diretamente para os motores elétricos. Estas células realizam a combustão química do hidrogénio ou gás natural.

Para melhor entender a diferença dos VE's para os veículos convencionais é necessário entender o funcionamento básico do sistema motriz de um veículo.

Todo veículo automotor, independente da tecnologia e do combustível, necessita de um sistema motriz, constituído por:

- Motor: realizará a conversão do combustível em energia mecânica e é responsável por toda a força primária disponibilizada para o movimento do veículo. Normalmente as fontes de energia são combustíveis fósseis líquidos ou gasosos ou biocombustíveis que ficam armazenados em um depósito no próprio veículo.

- Embraiagem ou correias: protegem o motor de impactos e são utilizados para conectar ou desconectar o motor ao restante do sistema, podendo assim transmitir a energia mecânica por meio de rotações de um eixo ao restante do sistema.

- Transmissão: é responsável por converter as rotações do motor e seu binário em outras rotações e binários, fazendo com que um motor possa entregar diversas velocidades de rotação e forças para o sistema, por meio de sincronia de engrenagens. Existem basicamente três modelos de transmissões, as automáticas, onde o sistema realiza o controle automático dos engates de acordo com o regime de trabalho; as manuais, cujo operador controla por meio de uma ou mais alavancas (normalmente até três) os regimes de transmissão da rotação do motor e por fim um sistema automático mas sem engate por engrenagens (CVT) que utiliza o deslizamento de uma correia especial entre dois cones com um fluido, esse sistema mantém o motor normalmente em rotações contínuas, somente alterando para dispensar mais ou menos força.

- Diferencial: sistema mecânico responsável por dividir a rotação, recebida da transmissão, para duas rodas motrizes. Este sistema permite que o veículo faça curvas, portanto a roda que está dentro da curva recebe menos rotações, podendo rodar menos enquanto a roda que está fora, recebe mais rotações, podendo rodar mais, diminuindo o esforço do sistema e a tentativa do veículo de continuar em trajetória retilínea durante uma curva. Este sistema é comum nos veículos de tração traseira ou dianteira, mas caso o veículo possua tração em mais de um eixo, o sistema passa a ser integral 4x4, 6x6, etc, para isso é necessário um diferencial central que distribui as rotações para cada diferencial existente em cada eixo.

A figura 2-7 descreve sumariamente um sistema motriz de um veículo automotor, sem considerar a fonte de energia para o motor, qual pode ser o tanque de combustível ou o banco de baterias no caso do VE. [24]

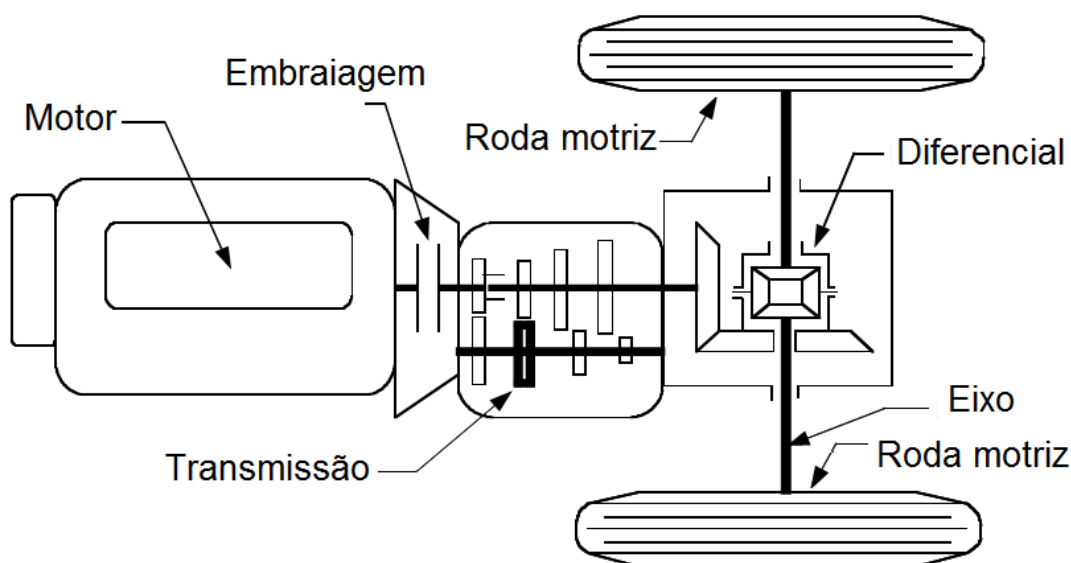


Figura 2-7 – Sistema motriz de um veículo automotor [24]

Detalhamento dos diferentes tipos de Veículos Elétricos:

Veículo Puramente Elétrico – BEV e VE:

O veículo elétrico padrão possui um motor elétrico e não um motor de combustão interna e a energia utilizada neste motor é a energia elétrica, armazenada em um banco de baterias o qual substitui o tanque de combustível.

A simplicidade deste sistema gera benefícios, principalmente aos seus proprietários pela baixa manutenção e baixo nível de ruído, quase nulo.

Os benefícios desta simplicidade mecânica são limitados pela sua fonte de energia, principalmente pelo modo de armazenamento. A energia é armazenada em várias baterias, todas interconectadas em um banco ou *pack* de baterias. Nos últimos anos a tecnologia das baterias tem evoluído muito, mas alguns problemas ainda persistem, como o peso, o custo, a durabilidade e a capacidade de armazenamento, a qual é responsável pela autonomia do veículo. Esta última desvantagem tem vindo a ser rapidamente reduzida com os novos *pack's* de maior carga e autonomia.

A energia armazenada nas baterias depende de um carregador, que pode ser externo (*off-board*) ou interno (*on-board*). Ambos os métodos de carregamento necessitam de um retificador, que converte a corrente alternada da rede elétrica padrão para corrente contínua utilizada nas baterias. Erroneamente a maioria das pessoas descreve que o VE tem um inversor para carga das baterias mas este dispositivo converte CC em CA. O inversor que o VE possui é para converter a energia de CC das baterias em CA utilizada no motor elétrico, caso o VE possua motor de CA.

Da mesma forma que o veículo convencional é dependente de postos de abastecimento, o VE é dependente de pontos elétricos de carregamento. Qualquer casa pode ser um posto de abastecimento, porém, quanto mais simples o sistema em termos de intensidade de corrente, mais lenta será a carga do veículo.

Para melhorar este processo, o motor elétrico utilizado também funciona como um gerador de energia elétrica, o travão regenerativo. No momento que o veículo desacelera ou trava, gera energia, podendo aumentar muito a autonomia do VE. Este sistema acaba por ser mais eficiente se o seu condutor for mais atento às decisões de arranque e travagem.

Uma maneira de aumentar a autonomia dos VE é possuir um *kit* normalmente chamado de extensor de autonomia. Este sistema vem instalado de fábrica e

baseia-se num mini grupo gerador a gasolina no veículo. O sistema pode, em média, aumentar 100km de autonomia, porém não consegue carregar a bateria e nem aumentar a potência do veículo, já que é um sistema simples e pequeno.

Uma nova tecnologia na Dinamarca e no Brasil, visa utilizar as células combustíveis como um extensor de autonomia, utilizando metanol e etanol. Este tópico será desenvolvido adiante.

Os veículos elétricos utilizam tipicamente entre 0.1 a 0.23 kWh/km. Aproximadamente metade do consumo energético do VE é devido à ineficiência do processo de carga das baterias. [25]

Veículo Elétrico com Sistema de Catenárias – Pantógrafo

Um sistema de veículos elétricos que não depende do armazenamento de energia é o sistema que utiliza catenárias de cabos superiores, também chamado de pantógrafos, a partir do qual recebe a energia elétrica por duas hastes, chamadas de *troles*. Este sistema é habitualmente utilizado em troleibus, *trolley* elétrico e comboios elétricos.

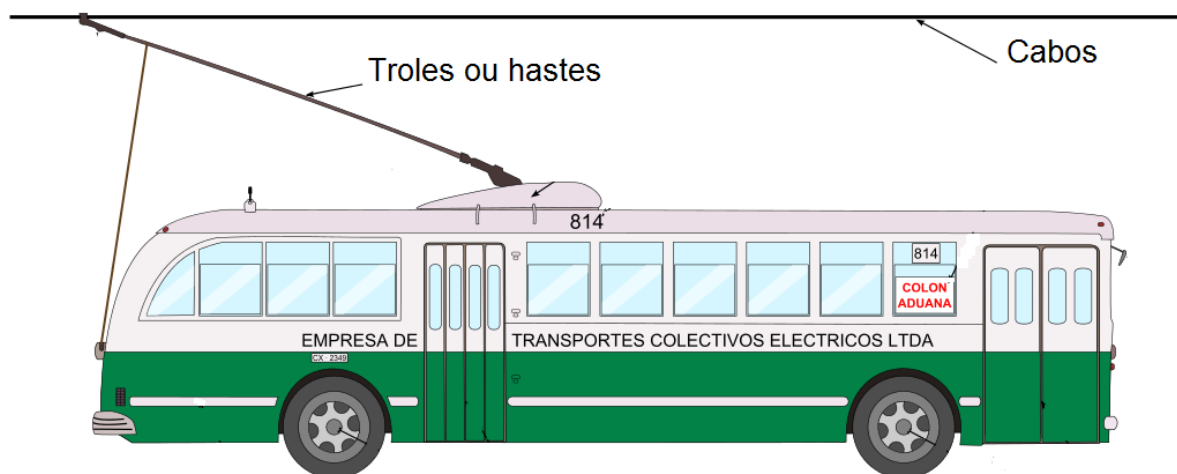


Figura 2-8 – Apresentação básica de um Troleibus [26]

Atualmente algumas grandes empresas do sector de produtos elétricos e montadoras estão realizando pesquisas para utilizar esta tecnologia em autoestradas, fazendo com que os camiões tenham um sistema similar ao dos trens e comboios elétricos, podendo estes serem elétricos ou híbridos.

Na Suécia, o governo disponibilizou uma autoestrada para que a Siemens, inventora do troleibus, e a Scania, uma das maiores montadoras de caminhões do mundo, pudessem testar esses novos caminhões, que operam em modo 100% elétrico até os 90 km/h. O sistema de *troles* abaixa automaticamente, desligando-se da rede elétrica caso o veículo necessite de fazer uma ultrapassagem ou de mudar de faixa. [27]



Figura 2-9 – Testes em autoestrada sueca – Siemens & Scania, 2016 [27]

Esse sistema apresenta vantagens por não haver consumo da bateria e ainda por este ser recarregável em movimento. No caso de transportes pesados em autoestrada, este acaba por ser um sistema mais convidativo do que um sistema por baterias, pelo menos na situação atual de tecnologia. As empresas alegam que a eficiência deste sistema também é realizada pelo caminhão, já que utiliza um motor elétrico, que é muito mais eficiente do que um motor a combustão.

A eficiência dos motores a combustão interna não passa de 40%. Com a necessidade do câmbio, a energia entregue à roda é menor ainda. Os motores elétricos têm mais de 90% de eficiência. Em conjunto com um bom inversor (também 90% de eficiência), a eficiência total do conjunto pode ser de 81%. [28]

Outro projeto, também da Siemens mas com a Volvo, desenvolveu um novo autocarro elétrico, ou híbrido a gásóleo, já em uso em alguns países como Alemanha, Luxemburgo e Brasil. Tem diversas vantagens incluindo a condução 100% elétrica previamente configurada por zonas. Um sistema de gestão identifica a zona atual que o VE está e automaticamente circula 100% elétrico, como um centro de restrição ZER – Zona de Emissões Reduzidas.

Este sistema possui um carregamento rápido, cerca de 3 a 6 minutos, com potência de 150kW ou 300kW, via um carregador aéreo fixo a um poste, um pantógrafo invertido. Diferente do troleibus que possui as hastes que entram em contato com os cabos fixos na via, este novo sistema possui as hastes no carregador, que ao identificar o autocarro, descem e entram em contato com o teto do autocarro realizando a carga durante uma paragem de autocarros ou na paragem final. [29 – 31]

O sistema de carga foi batizado de “*Opportunity Charging Bus*”. [32]

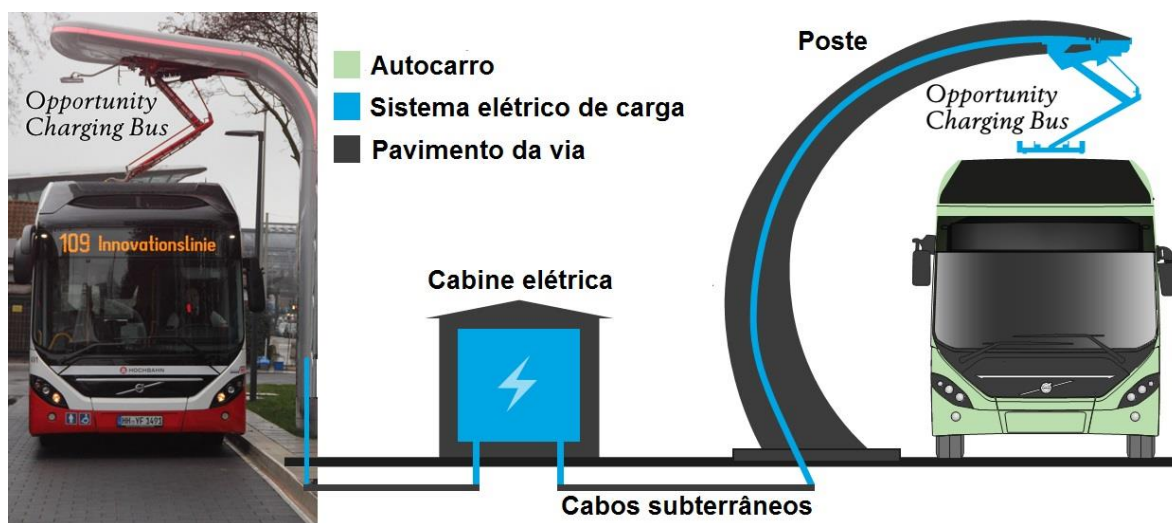


Figura 2-10 – Sistema “*Opportunity Charging Bus*” – Siemens e Volvo – 2016 [32]

Nos transportes coletivos há inúmeros estudos experiências, protótipos e aplicação de tecnologias.

Os sistemas por pantógrafos, os troleibus, ainda são os mais utilizados e são 100% elétricos.

Veículos Híbridos Elétricos

Os veículos híbridos são veículos com duas fontes de energia, energia de combustíveis fósseis e energia elétrica.

O sistema em série utiliza um motor convencional acoplado a um gerador de CA. Este sistema torna-se um grupo gerador de CA, necessitando de um retificador para converter a energia para CC e carregar as baterias ou utilizar esta CC diretamente no “Controlador do Motor”, o qual controla e fornece energia elétrica para o motor de tração do veículo. [24]

Híbrido em Série

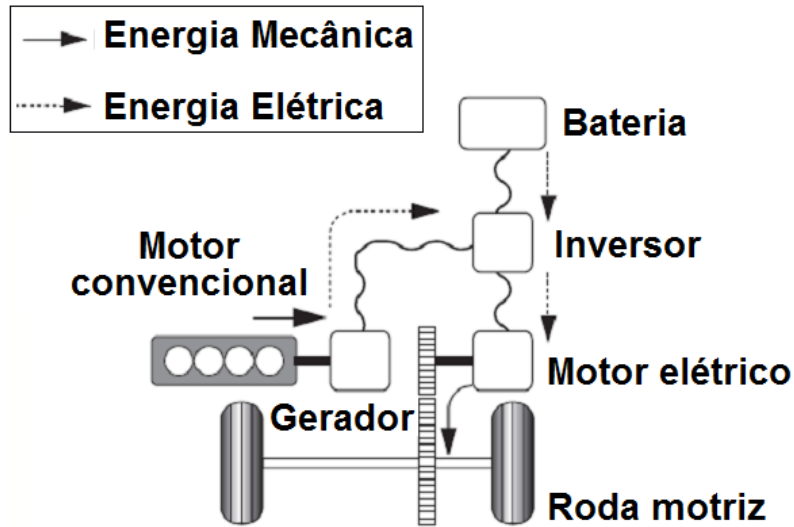


Figura 2-11 – Esquema técnico de um Híbrido em Série [22]

No sistema em série o motor convencional somente gera energia elétrica, que posteriormente é gerenciada pelo veículo se vai ser diretamente utilizada ou não, como também controla se o motor convencional deve permanecer ligado ou não. A desvantagem deste sistema é a obrigatória conversão da energia mecânica em elétrica que é reconvertida em mecânica. [24]

O segundo sistema é o paralelo, que possui conexão mecânica direta para o sistema de tração, tanto pelo motor a combustão quanto pelo motor elétrico.

Híbrido em Paralelo

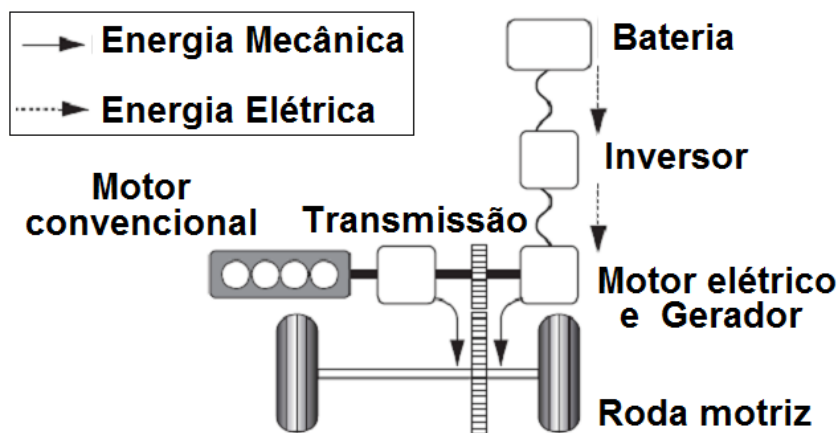


Figura 2-12 – Esquema técnico de um Híbrido em Paralelo [22]

No sistema híbrido em paralelo existem diversas tecnologias e aplicações de conceitos, todas focando na junção e controle de duas fontes de energia. Normalmente este conceito utiliza sistemas de conexão mecânica, como planetárias, possuindo uma transmissão para cada motor ou uma para ambos.

Uma das formas de aplicação deste sistema é manter os dois motores em sistemas mecânicos separados, podendo ser o motor convencional exclusivamente no eixo dianteiro e o motor elétrico no eixo traseiro, como utilizado no Citroen DS5 Diesel Híbrido4.

Há ainda a junção do sistema em série e paralelo, normalmente utilizado em veículos da montadora Toyota e sua subsidiária de luxo a Lexus. [22]

Este sistema duplo utiliza um gerador acoplado ao motor de combustão, gerando mais energia, ao mesmo tempo que também fornece força mecânica para o sistema de tração por meio de uma engrenagem planetária de duplo acoplamento. A esta engrenagem também está conectado mecanicamente um pequeno motor elétrico.

Neste sistema o motor elétrico não precisa de ser muito potente, já que sempre haverá a substituição imediata pelo motor a combustão, sempre que necessário. Também é possível optar por meio de um botão ou configuração, manter o veículo 100% elétrico ou manter o motor convencional ativo para carregar as baterias. [22 – 24]

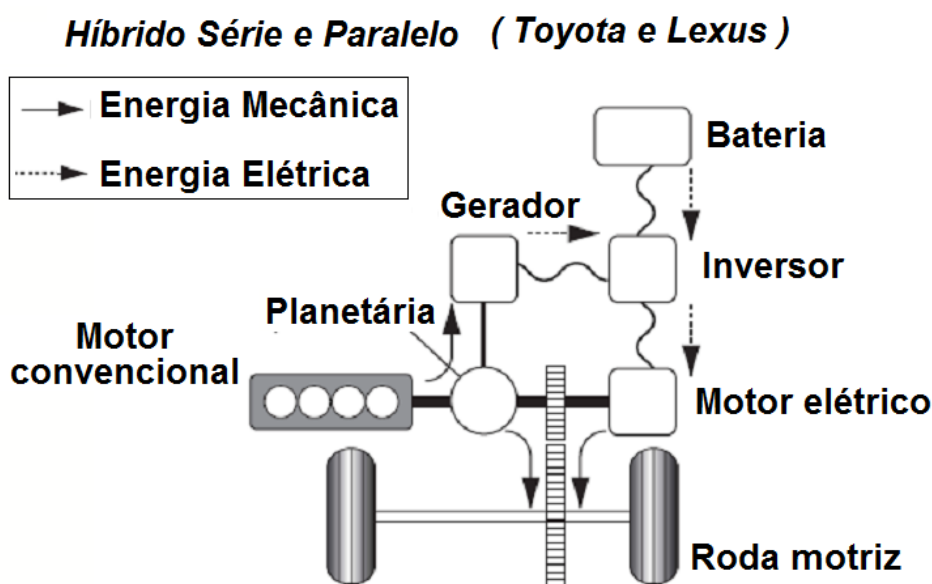


Figura 2-13 – Esquema técnico de um Híbrido Série e Paralelo [22]

Outra tecnologia é um sistema simples, chamado em inglês de “*Mild Hybrid*”, ou seja, híbrido leve ou micro híbrido. Este sistema utiliza um pequeno motor elétrico, que auxilia o motor convencional, reduzindo o consumo de combustível, principalmente em modo urbano. Neste “*Mild Hybrid*” não é possível a sua utilização em modo 100% elétrico, porém, é um grande auxílio para veículos com sistema “*Start-Stop*”. Este sistema desliga o motor automaticamente quando o veículo está inoperante, como em um semáforo vermelho ou trânsito intenso e religa-o automaticamente quando o travão é libertado. O sistema “*Start-Stop*” requer muita energia para o arranque, porém, este mini motor auxilia o arranque do motor à combustão. [24]

Veículos Híbridos Elétricos Plug-in – PHEV

Estes veículos possuem a tecnologia dos híbridos convencionais, porém, possuem baterias melhores e um sistema de carregamento das baterias por fonte externa ao veículo, da mesma forma que um veículo 100% elétrico.

O PHEV tem a vantagem de ser um híbrido e também um VE, utilizando melhor o banco de baterias e as vantagens económicas do carregamento de energia elétrica, em casa ou em carregadores públicos.

As baterias de maior capacidade de armazenamento causam impacto nas autonomias. Os PHEV circulam em modo VE, mais 20 a 50 km, comparados aos híbridos convencionais, que fazem por volta de 2 a 5 km em modo VE.

Veículos a Célula Combustível – FCV ou FCEV

Os veículos a célula combustível, FCell, FCV ou FCEV (“*fuel cell vehicle*” ou “*fuel cell electric vehicle*”), são veículos elétricos, similares aos híbridos, contudo possuem uma célula combustível e não um motor a combustão.

Em contraste com o sistema de baterias químicas dos EV, uma célula de combustível gera energia elétrica continuamente e enquanto houver combustível. Esta energia pode ser armazenada, como também utilizada diretamente pelo veículo. [24]

Comparado com um BEV, o FCEV tem a vantagem de possuir uma alta autonomia sem a necessidade de um longo período de carga. O FCEV também possui uma alta eficiência energética e baixíssimo nível de emissões, pela conversão direta da energia livre de um combustível em energia elétrica, sem necessidade da combustão. [24]

Há diversos tipos e tecnologias de células combustíveis, algumas viáveis de serem utilizadas em automóveis e outras não, devido à alta temperatura de trabalho ou à necessidade de conservar o combustível a baixas temperaturas.

O combustível mais utilizado é o Hidrogénio, mas dependendo da célula é possível utilizar gás natural ou outros combustíveis gasosos. Há células que podem utilizar combustíveis líquidos como o etanol (álcool etílico) na célula SOFC – *Solid Oxide Fuel Cell*; e o metanol (álcool metílico), chamadas de DMFC – *Direct-Methanol Fuel Cell*, que são uma subcategoria da célula de membrana polimérica PEM. Há também a IMFC – *Indirect Methanol Fuel Cell*.

Veículos FCEV a Metanol e Etanol

Uma das maiores barreiras no uso do hidrogénio é a produção, o armazenamento e distribuição deste combustível.

O metanol possui uma densidade energética maior que o hidrogénio comprimido e quinze vezes mais que uma bateria de iões de lítio. [33]

Os veículos com esta aplicação podem ser chamados VE com extensor de autonomia ou FCEV.

Em setembro de 2015 foi inaugurado, na Dinamarca o primeiro posto de abastecimento de metanol para VE com sistema de célula combustível. Na Europa, a empresa Serenergy desenvolveu um sistema extensor de autonomia que pode ser instalado em qualquer VE. Segundo a empresa, um tanque de metanol pode fazer um VE ter uma autonomia de até 800 km, com custos inferiores ao sistema a gasolina. Um dos principais veículos de testes é um Fiat 500 elétrico. [34 – 35]

A Serenergy alega que aumentar a autonomia do VE com base no metanol é um sistema de transição do sistema atual energético sem necessitar de uma revolução na infraestrutura energética. E que o metanol possui várias formas de produção, inclusive com a reciclagem de resíduos, podendo ser considerado um combustível de fontes renováveis. O bio metanol é diluído em água, 60% para 40% de água, não possuindo os riscos de corrosão do metanol puro, sendo considerado, pela empresa, mais seguro que a gasolina e o gasóleo. [36]

Já a Nissan apostou, em junho de 2016, no sistema de geração de hidrogénio, no próprio veículo utilizando 100% de etanol ou uma mistura de etanol (55%) e água (45%), que passa pelo processo de reforma catalítica. O sistema utiliza uma célula do tipo SOFC. [37]

De acordo com a Nissan esta tecnologia, com etanol, é pela primeira vez utilizada em automóveis, chamada de “*e-Bio Fuel-Cell*”. A célula SOFC, utilizada no veículo, pode receber vários tipos de combustíveis, como o etanol e o gás natural, dois sistemas comumente utilizados no Brasil. [38 – 39]

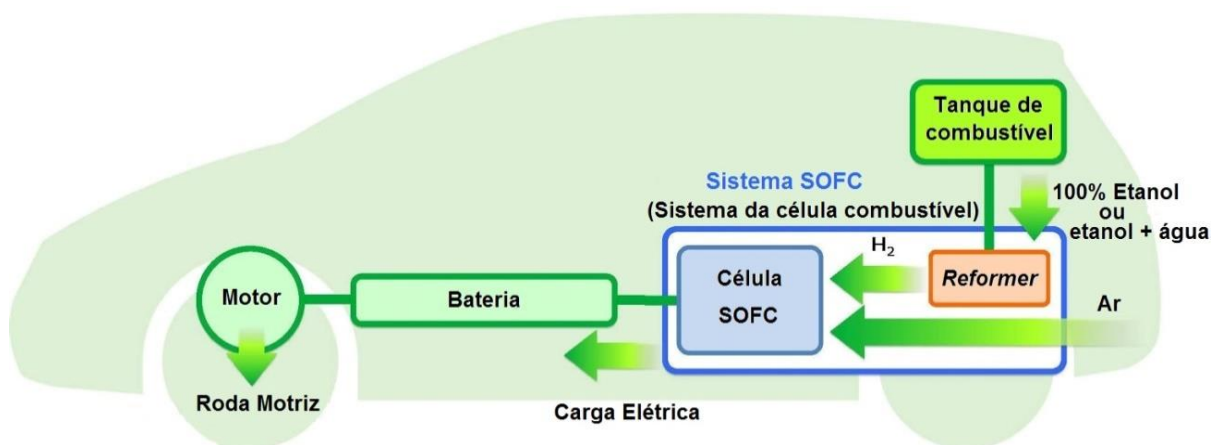


Figura 2-14 – Sistema “*e-BIO Fuel Cell*”, que utiliza célula combustível para gerar energia elétrica [39]

Esse novo sistema tem sido estudado pela “Nissan do Brasil”, na sua fábrica do Rio de Janeiro e nas ruas de São Paulo e na fábrica do parceiro tecnológico de VE a “Renault do Brasil”, no Paraná. A localização geográfica para os testes é válida já que o Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de etanol.

O “*e-Bio Fuel-Cell*” não é considerado um sistema sem emissões mas de emissões nulas, já que é baseado em um combustível de fontes renováveis, o álcool etílico da cana-de-açúcar. As emissões são consideradas nulas devido ao “Ciclo Neutro de Carbono”, onde o dióxido de carbono liberado é neutralizado pelo processo de cultivo da planta. [40]

O veículo de testes é uma carrinha de passageiros, a e-NV200 (e-Evalia) que possui uma bateria de íons de lítio de 24kWh, com autonomia EV de até 160km, já com a célula SOFC com uma potência de 5 kW e um tanque de 30 litros de bioetanol, é possível alcançar os 600 km de autonomia.

A Nissan explica que este é um caminho para difundir a tecnologia e o mercado dos VE’s. É uma melhor abordagem a mercados que necessitam de maiores autonomies e independência de um sistema de carregamento específico para VE’s. [41]

A Nissan pretende comercializar este novo sistema em 2020 como parte dos esforços para o desenvolvimento de veículos de baixas emissões. [42]

2.3. Veículos Elétricos e Híbridos: Mercado Europeu

Este subcapítulo utiliza como base um estudo interno da ANP – Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis do Brasil e os estudos do ICCT – The International Council on Clean Transportation, os quais utilizaram diversos estudos e análises da Agência Internacional de Energia – IEA e outras estatísticas europeias para montar um relatório de estudo temático sobre a Eficiência Energética no Setor de Transportes Rodoviários da União Europeia.

O mercado europeu de automóveis possui algumas particularidades em relação aos mercados asiático, norte-americano e dos países em desenvolvimento, em função de preços de combustíveis significativamente superiores aos da América do Norte. O mercado europeu é dominado há muito tempo por veículos pequenos e eficientes, movidos a gásóleo, em sua maioria.

O bom desempenho dos veículos a gásóleo, mais eficientes que os veículos a gasolina, tem sido também uma barreira à entrada dos veículos híbridos e elétricos nos mercados europeus. A introdução da tecnologia dos híbridos foi mais rápida nos EUA, em função do grande ganho em termos de consumo de combustível dos híbridos em relação aos veículos grandes e ineficientes, a gasolina, que historicamente dominaram o mercado norte-americano.

A maior parte dos veículos novos europeus ainda é movida por motores a gásóleo. Em 2014, Os veículos a gásóleo responderam por 55% dos novos registos, os carros a gasolina responderam por 42%, enquanto todas as outras tecnologias juntas (híbridos, convencionais ou PHEV, elétricos, movidos a gás natural e a etanol) responderam por apenas 3%. [43]

Os híbridos e elétricos contabilizam 1,4% dos registos em 2014; na Holanda, país membro da UE com a maior frota, as vendas contabilizam apenas 3,7%, menor do que nos anos anteriores (2007 a 2013), que se alcançaram 4,5% do total das vendas de veículos novos para passageiros. Esta proporção anómala no país deve-se aos altos incentivos financeiros dados pelo governo e que tiveram início em 2007, mas que foram reduzidos em 2014. [44]

Em 2016, a Agência Europeia do Ambiente, publicou um estudo que demonstra que há um aumento significativo na utilização da mobilidade elétrica na Europa, em grande parte pelo aumento nas vendas de bicicletas elétricas. No caso do VE é analisado que os preços de aquisição ainda são elevados, este custo é aliviado pelo custo reduzido de operação do VE. Numa utilização intensa o VE possui pontos positivos comparados a um veículo convencional, razão pela qual o VE está sendo utilizado por empresas e sistemas de *Car Sharing*, similares ao aluguer de veículos. [14]

Na figura 2-15 é possível verificar o número de vendas dos VE's e PHEV's na UE e na Noruega a qual possui o maior número de vendas da Europa.

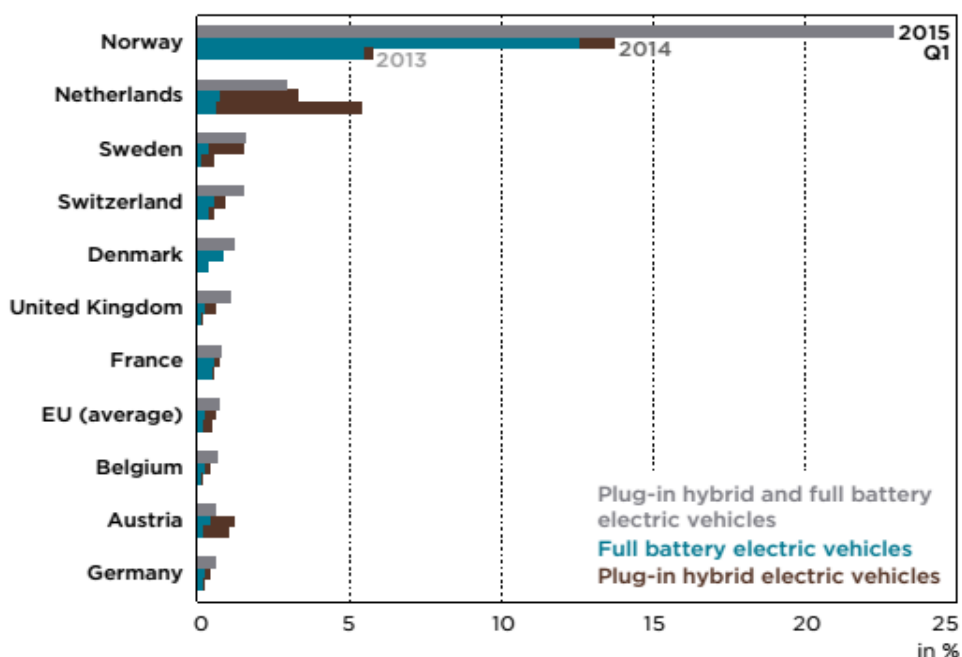


Figura 2-15 – Venda de Veículos Elétricos 2013 a 2015 [44]

Em 2010, 60% dos carros novos comercializados na UE emitiam menos que 140 gCO₂/km, e 30% emitiam menos do que 120 gCO₂/km. A participação dos carros com emissões entre 100 e 120 gCO₂/km cresceu 25 pontos percentuais em quatro anos. Cabe mencionar que um veículo híbrido emite, em média, 97 gCO₂/km. As participações dos carros, por classes de emissões, no mercado europeu são mostradas na figura 2-16. [43]

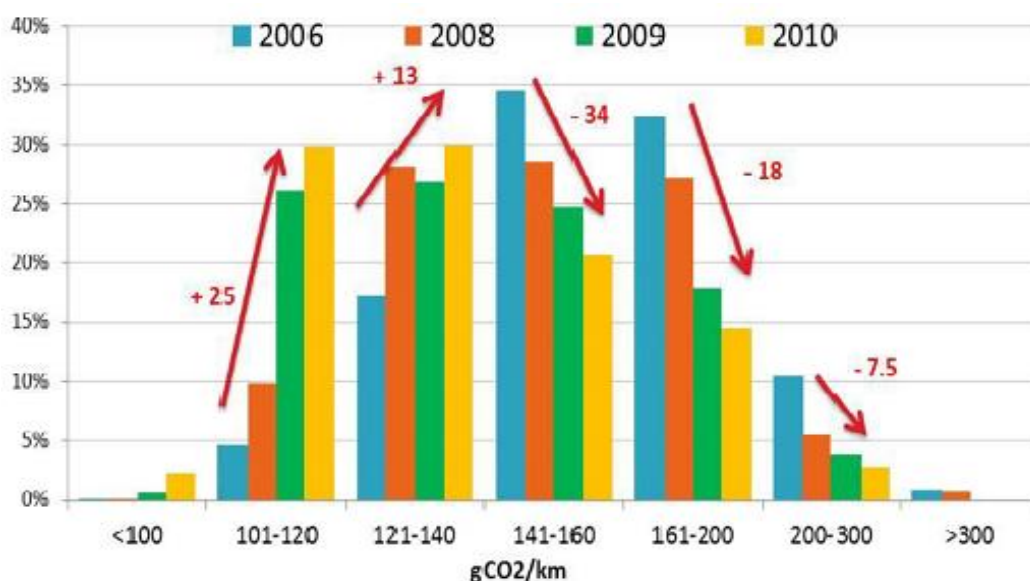


Figura 2-16 – Participação da venda dos carros de baixas emissões de CO₂ na UE [43]

De acordo com dados da Agência Internacional de Energia, em 2012, pela primeira vez, o número de veículos elétricos vendidos em todo o mundo superou as 100.000 unidades. [43]

Assim como nos Estados Unidos, a tecnologia de propulsão elétrica está ainda em fase de consolidação na Europa. O elevado preço desses veículos em relação aos de motorização convencional e a falta de uma infraestrutura consolidada para o carregamento das baterias, permanecem como os principais entraves ao desenvolvimento deste nicho de mercado.

Na figura 2-17 é possível observar os custos de produção e desenvolvimento, em 2015, de diferentes tipos de veículos elétricos, híbridos e de célula de combustível e suas autonomies. O custo com as baterias domina o valor do produto assim como a célula de combustível. [44]

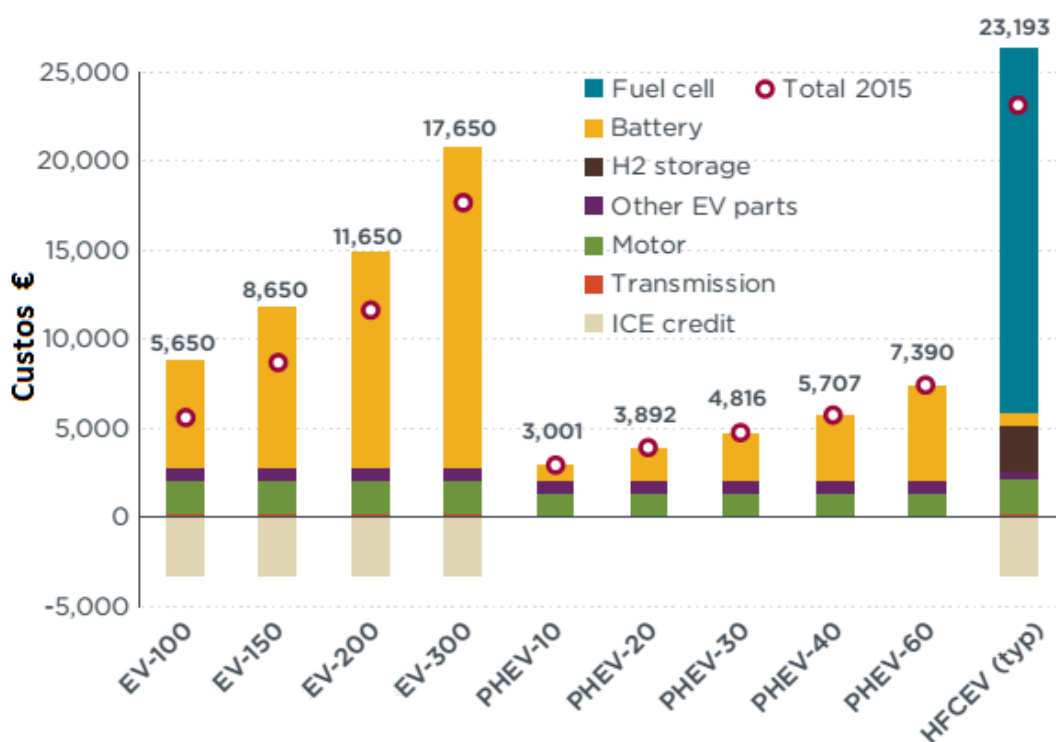


Figura 2-17 – Custos na produção dos EV, PHEV e Fuel Cell [44]

Cada marca de veículo possui um foco tecnológico nos seus produtos, gerando um domínio de mercado de acordo com este foco.

A predominância de mercado é diretamente representada por cada marca e seu foco tecnológico. A Nissan e a Renault com foco em VE possuem mais vendas em comparação com outras marcas, a Toyota tem o maior mercado de híbridos e a Fiat, o maior mercado de combustíveis alternativos o qual na Europa é o gás natural.

Na tecnologia de Híbrido e PHEV a marca mais conhecida e com o maior número de vendas é a Toyota e sua subsidiária a Lexus, seguida por empresas alemãs com veículos considerados de luxo, de valores altos onde a tecnologia híbrida é só mais um elemento tecnológico e não o foco do veículo.

Em 2012, a Toyota vendeu 110.000 veículos híbridos na Europa, contabilizados os modelos convencionais e os PHEV, o que correspondeu a 65% do mercado de veículos híbridos. Cerca de 20% dos carros da marca vendidos na Europa contam com este tipo de tecnologia. [43]

Atualmente a Lexus é a empresa com a maior gama de híbridos, já que todos os seus modelos possuem versões híbridas, incluindo PHEV e é a pioneira de híbridos em SUV's e veículos de luxo, iniciando suas vendas de híbridos em 2005. Em Portugal, no 1º trimestre de 2016, 94% dos modelos Lexus vendidos foram híbridos. [22, 45]

Na figura 2-18, a Toyota é apresentada com grande diferença na fração de mercado para veículos híbridos, excluindo PHEV. [44]

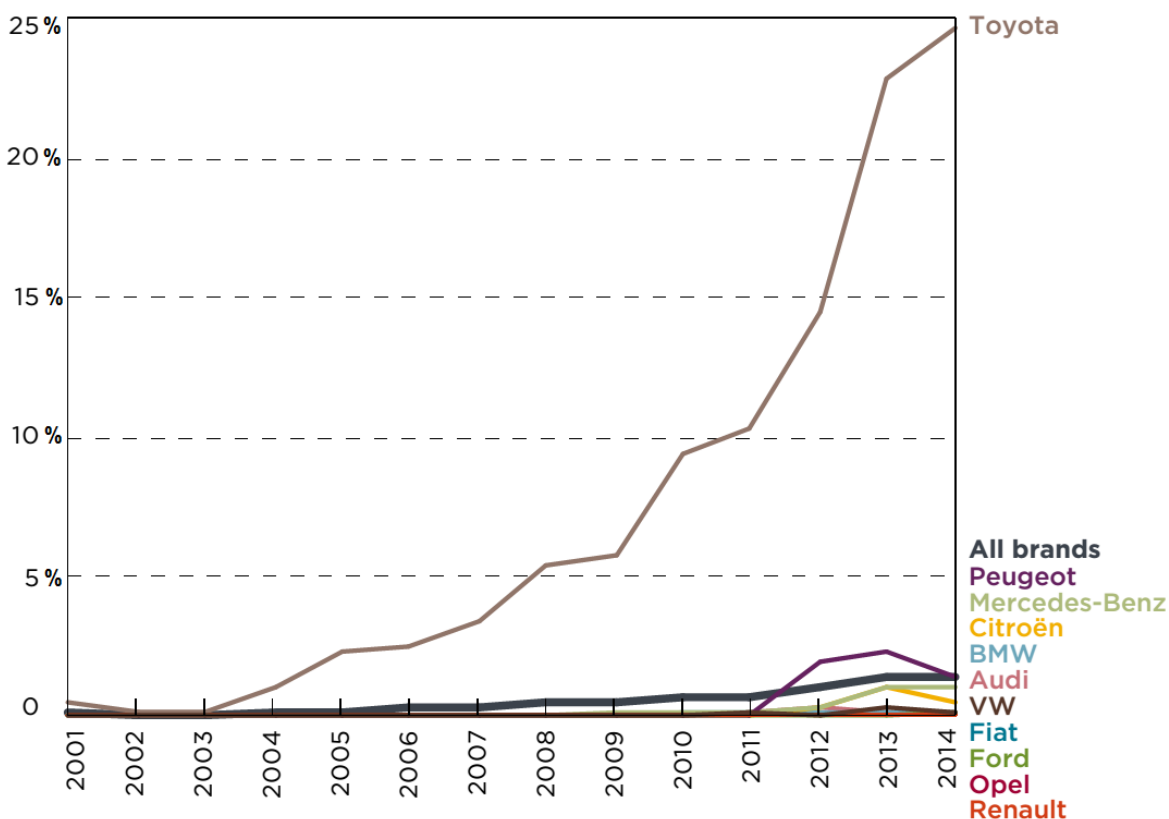


Figura 2-18 – Fração do mercado de Híbridos convencionais na UE, por marca [44]

Na figura 2-19 temos a participação de mercado dos veículos elétricos e híbridos PHEV, excluindo os híbridos convencionais. [44]

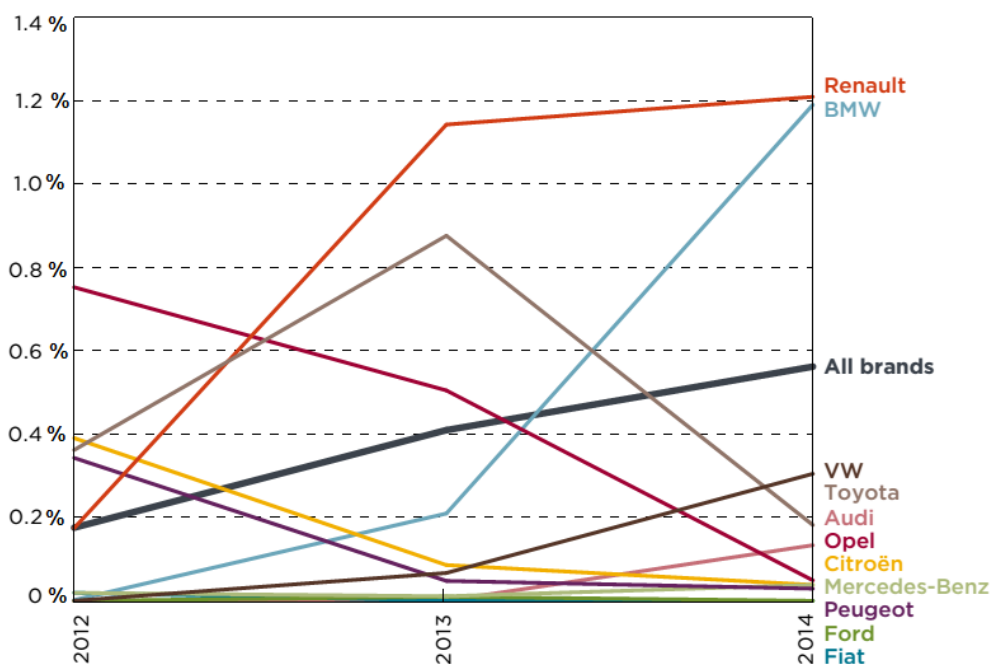


Figura 2-19 – Mercado de VE e PHEV, excluindo Híbridos convencionais, por marca [44]

Considerando os veículos elétricos e os modelos híbridos *Plug-in* (PHEV), as marcas que focam nos modelos elétricos detêm a maior parte das vendas. A Toyota domina as vendas de híbridos convencionais, iniciando aos poucos, no mercado PHEV.

Se considerarmos o período de 2010 a 2013 de VE's os veículos da parceria Nissan e Renault são os mais vendidos, seguidos pelo trio de veículos idênticos, que compartilham o mesmo bloco e tecnologia, quais são fabricados e desenvolvidos pela Mitsubishi e também vendidos com pequenas modificações pela Citroën e Peugeot, conforme figura 2-20. [43]

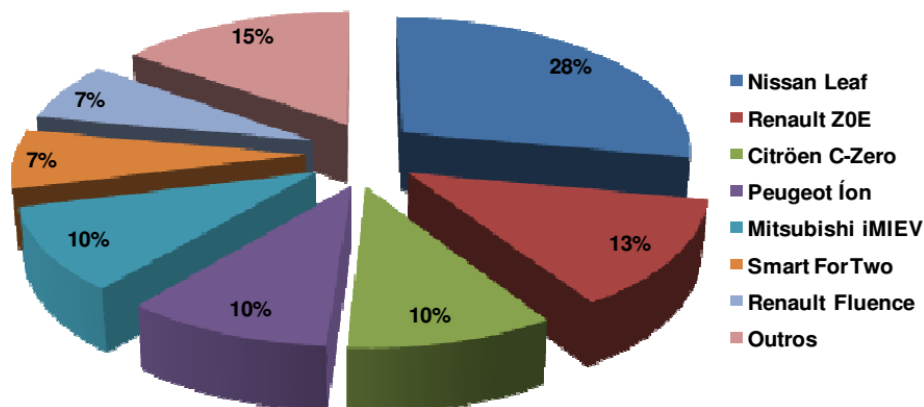


Figura 2-20 – Participação nas vendas de VE, por modelo, na UE de 2010 a 2013 [43]

Um fato que demonstra a fração de vendas de acordo com o foco tecnológico das marcas é o caso da Fiat, com o grande conhecimento tecnológico para combustíveis alternativos, o qual na Europa foi escolhido o Gás Natural. A Fiat lidera o mercado desta tecnologia, conforme figura 2-21. [44] Nos EUA a Fiat comercializa o EV 500e mas sem perspectivas de vendas na Europa.

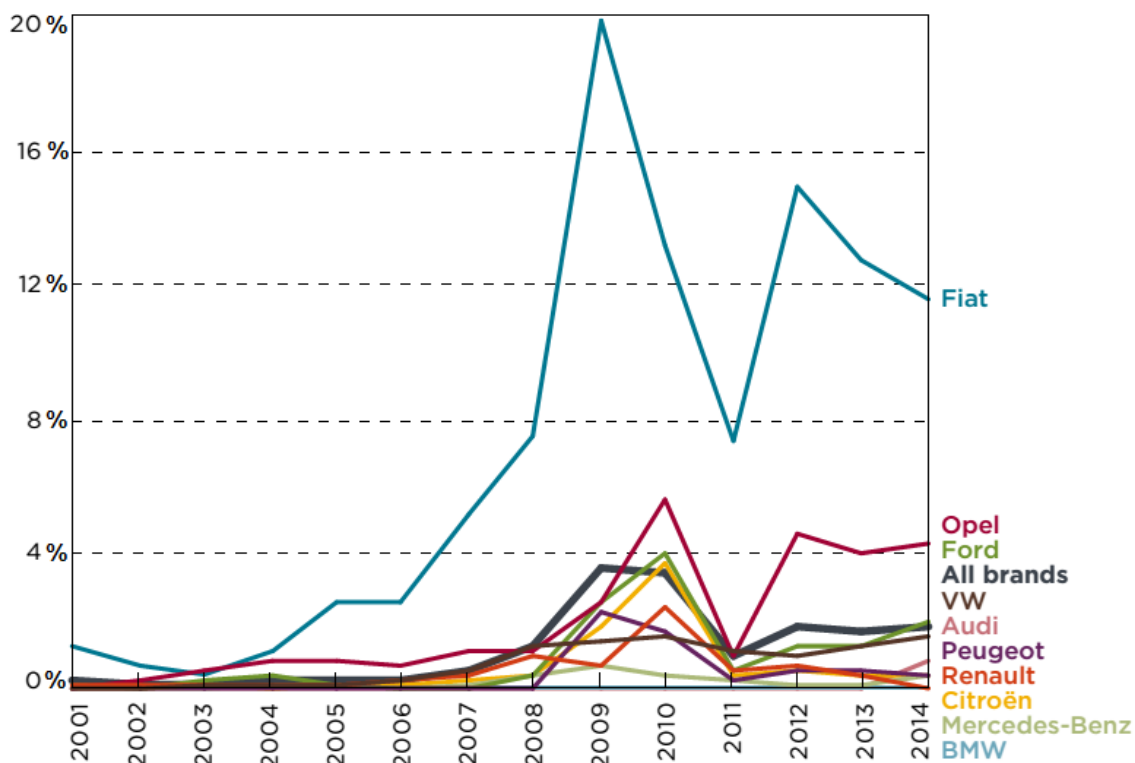


Figura 2-21 – Fração de venda de veículos a gás natural na UE, por marca [44]

Nas marcas *premium*, como a Tesla, a evolução tem sido contínua, tanto ao nível dos veículos, com potências maiores, como da rede europeia de postos de abastecimento, com carregamentos gratuitos. Teoricamente é possível viajar por todos os países do norte da Europa com energia gratuita, devido à grande rede de postos de carga da Tesla, os *Superchargers*. Quem tem disponibilidade para pagar cerca de €100 mil por um modelo Tesla (novo), sabe que sua autonomia permite uma circulação “sem restrições”, sendo possível utilizar estes veículos em circulação urbana ou em viagens longas. [46]

Atualmente poucas empresas fabricam veículos híbridos com motorização a gásóleo, o que se deve ao maior custo do motor a gásóleo comparado ao gasolina. Também os mercados que absorvem a maior parte dos veículos híbridos, no caso os Estados Unidos, utilizam mais a gasolina que o gásóleo, desincentivando as montadoras a investir nesta tecnologia.

A Citroën com a linha de veículos de luxo DS possui um motor híbrido a gásóleo partilhado com a Peugeot, também aplicado em um veículo topo de gama. Em ambas as aplicações a tecnologia permanece Híbrida convencional com perspectivas sistema PHEV-Diesel somente em 2020 ou 2030. A Volvo já lançou no mercado os novos modelos gásóleo híbridos PHEV.

Na figura 2-22 é possível ver como a parcela de venda de veículos PHEV nos EUA é muito superior à venda de veículos puramente elétricos VE. Já no Japão os VE tem a maior parcela. A comparação demonstra como os consumidores japoneses preferem adquirir um veículo elétrico e não o PHEV (gasolina), demonstrando que há mais benefícios no VE. Já nos EUA, a redução de consumo nos PHEV já é uma grande vantagem e não altera a utilização rotineira da gasolina, necessária nos grandes percursos.

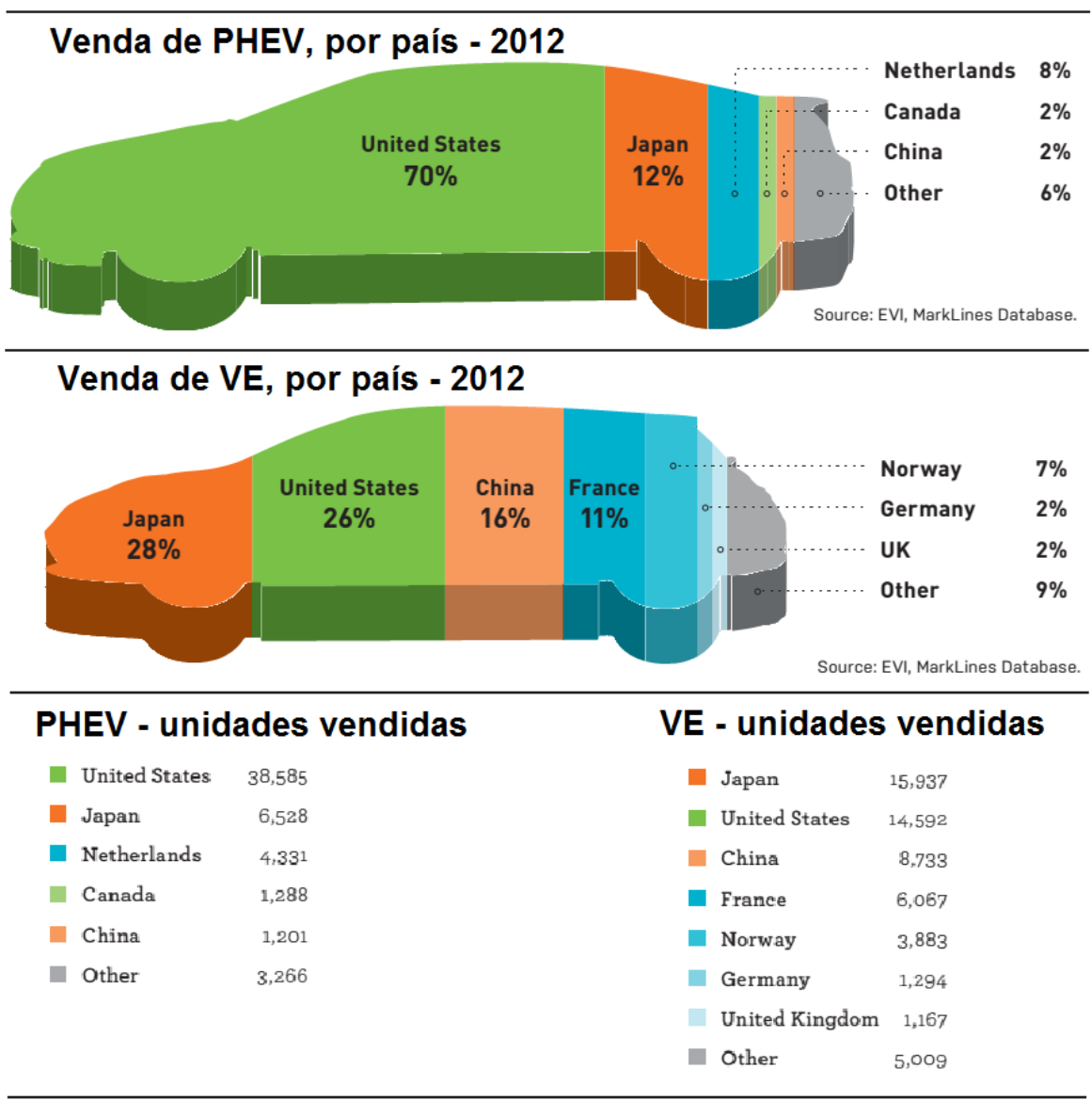


Figura 2-22 – Venda mundial de PHEV e EV – 2012 [21]

A Nissan divulgou uma interessante comparação de hábitos de condução dos proprietários do LEAF com os condutores de veículos com motor a combustão. Os números indicam que ao volante do LEAF os seus proprietários percorrem uma média de 16.588 km/ano, contra os 11.539 km/ano, realizados pelos condutores de veículos a combustão. [47]

Segundo a Nissan, os condutores de veículos a gasóleo ou gasolina fazem uma média semanal de 208 km, enquanto a média europeia do LEAF situa-se nos 319 km. Estes dados foram obtidos graças à aplicação “*Carwings*”, onde 54% dos donos do LEAF estão registados e podem enviar as suas estatísticas. [47]

O interessante desta pesquisa da Nissan é que demonstra que os condutores de veículos convencionais possuem uma média semanal de quilómetros próxima da autonomia da maioria dos VE's do mercado, salientando, ainda, que os condutores de VE conduzem quase o dobro de quilómetros.

2.4. Veículos Elétricos: Mercado Português

Em Portugal os Veículos Elétricos e Híbridos obtiveram um crescimento representativo devido aos incentivos fiscais. Porém, com as mudanças de governo em 2015 alguns incentivos estão recebendo propostas de redução.

Perante os veículos convencionais as vendas de carros elétricos ainda são muito reduzidas em Portugal, mas há cada vez mais empresas e particulares a escolher veículos “amigos” do ambiente. Entre janeiro e outubro de 2015 foram vendidos 422 carros elétricos, mais 273 do que no período homólogo do ano anterior, o que representa um crescimento de 183%. No total, é estimado que circulem no país cerca de 1.180 veículos elétricos (em 2015), o que continua a ser um número muito pouco expressivo no universo dos 5,7 milhões de automóveis que existem em Portugal. Num momento em que se discutem em Paris as alterações climáticas, os automóveis elétricos apresentam-se como uma alternativa para reduzir as emissões de gases com efeito de estufa. Esta foi, inclusive, a melhor opção de mobilidade escolhida pelos organizadores da Cimeira do Clima de Paris (COP21). [48]

Os dados fornecidos pela Associação Automóvel de Portugal (ACAP), revelam que, no segmento dos híbridos convencionais, as vendas estão consideravelmente acima dos valores registados nos elétricos. De janeiro a setembro de 2015 foram comercializados 2.319 carros, contra 1.301 em todo o ano passado – um aumento de 78%. Dentro deste segmento, a preferência pelos híbridos deve-se à polivalência de utilização, que tanto pode ser em modo elétrico dentro de uma cidade ou vila, como pode ser em propulsão convencional numa

viagem em estrada, pois não são limitados a uma fonte de energia, aumentando sua autonomia perante os elétricos puros. Os híbridos permitem uma utilização idêntica à dos automóveis com motores a gasolina ou Gasóleo.

Entre janeiro e setembro de 2016 foram vendidos 3567 veículos híbridos e elétricos, que representam 1,9% do mercado automotivo português. Desta parcela do mercado, a maioria das vendas foi de híbridos convencionais, com 1714 veículos, seguido pelos híbridos PHEV com 715, pelos VE's com 587, pelos híbridos convencionais a gasóleo com 526 e pelos elétricos *Plug-in* com extensor de autonomia, com 25 veículos vendidos. [49]

Os portugueses estão a aderir cada vez mais aos carros elétricos e híbridos, mas a um ritmo muito mais lento que a maioria dos países europeus, sendo que há casos extremos como a Noruega, a Dinamarca e a Suécia onde já se vendem mais elétricos que veículos com motor a combustão.

Em setembro de 2016, a Carris e a CaetanoBus estabeleceram um protocolo de cooperação para testes em condições reais de operação do autocarro elétrico “e.City Gold” na cidade de Lisboa. O veículo estará ao serviço da Carris, entre outubro e dezembro, nas carreiras 706 e 758. O teste irá decorrer na sequência da assinatura do protocolo de cooperação entre as duas empresas, denominado “Autocarro Elétrico na cidade de Lisboa”, numa sessão que contou com a presença do Secretário de Estado Adjunto e do Ambiente, José Mendes. Dotado de um sistema de propulsão 100% elétrico, o protótipo tem uma autonomia para 80 km e tempo de carregamento de 30 minutos. Ainda assim, de acordo com as necessidades do cliente, a autonomia do “e.City Gold” pode chegar aos 200 km, desde que instalado um conjunto de baterias adicionais. Esta iniciativa tem como objetivo a promoção de uma mobilidade urbana mais sustentável em Lisboa e o incentivo à política de redução de emissões nos transportes. [50]

A iniciativa de adicionar autocarros elétricos à frota portuguesa é muito importante, porém, deve-se lembrar que uma infraestrutura elétrica e de autocarros do tipo troleibus existe em Portugal desde 1959. Agora só utilizada em Coimbra, já que cidades como Braga e Porto os descartaram em 1997. A Espanha possui um serviço semelhante mas em corredor viário separado dos veículos convencionais. [26, 51 – 53]

Na Europa as autonomias dos VE's são reconhecidas como baixas, em grande parte pelo uso maciço de veículos a gasóleo que possuem autonomias de 1.000km ou mais.. Em vários mercados não europeus é mais comum o uso de veículos a gasolina, que são mais baratos e de fácil manutenção, apesar de autonomias de 400km a 600km.

Os mercados que mais utilizam gasolina, optaram por estes veículos devido aos custos, conforto e baixas emissões: dentro destes três exemplos podemos citar a suavidade do trabalho do motor a gasolina perante um motor a gasóleo, além do menor nível de ruídos e de emissões.

Com a atual tecnologia estas desvantagens dos veículos a gasóleo já não existem mas continuam a causar um impacto negativo no mercado.

O impacto negativo causado pelos antigos veículos a gasóleo nestes mercados causou, atualmente, uma rápida adaptação para a utilização dos VE's e híbridos. A diferença nas autonomias do veículo a gasolina e o VE não são tão expressivas e o VE passou a ser um veículo mais confortável e de menor custo de operação e manutenção.

Numa visão automobilística do mercado de VE, em termos de autonomia e abastecimento de energia, este comporta-se como um veículo convencional dos anos 50 aos 90: é potente mas possui um sistema limitado de autonomia, é útil para alguns mas não para todos, possui forte dependência de postos de abastecimento, que por sua vez são escassos, principalmente em estradas e no interior do país. O VE tem custo de aquisição elevado e pouca divulgação, o que pode dificultar a decisão de adquiri-lo.

Esta realidade está mudando, devagar, mas tecnologicamente, em passos largos. As novas tecnologias vem aumentando a eficiência do sistema e facilitando o aumento direto e indireto da autonomia do VE, mesmo que hoje seja um investimento arriscado ou caro para uma grande maioria.

Em Portugal, existem alguns incentivos para a aquisição de veículos elétricos. O Governo da República deliberou conceder alguns benefícios fiscais para quem adquirir este género de veículos. Todavia, com a mudança de governo, alguns desses benefícios não estão mais em vigor, alegadamente devido às medidas de austeridade que são aplicadas ao país.

Medidas de promoção da aquisição de Veículos Elétricos

Incentivo para abate

O incentivo à aquisição de um carro eléctrico pode chegar a 2.250 euros no caso de uma aquisição de um carro eléctrico novo, desde que seja entregue um veículo convencional com mais de 10 anos para abate por fim de vida (Art.º 38.º do DL 39/2010, de 26 de Abril)

Esta redução do incentivo teve como valor inicial os 6.500€ em 2014, 5.000€ em 2015, 2.250€ em 2016 e 1.125€ para 2017.

Iisenção de IVA e IUC

Os veículos eléctricos estão isentos do pagamento quer do Imposto Automóvel, quer do Imposto Único de Circulação (Lei n.º 22-A de 2007).

É permitida aos sujeitos passivos a dedução do IVA nas despesas relativas à aquisição, fabrico, importação, locação e à transformação em viaturas eléctricas, desde que o seu custo de aquisição não exceda os 62.500€. Não há deduções de IVA relativo aos gastos com a utilização do veículo. [54]

Estas regras devem ser revistas, já que algumas isenções podem ser aplicadas somente para compras empresariais e não particulares.

Deduções fiscais para empresas

As despesas com Veículos Eléctricos estão isentas da tributação autónoma que se aplica aos veículos de empresas. Esta isenção não se aplica nem no caso de veículos híbridos nem no caso de motores de combustão (Artigo 88.º do Código do Imposto sobre o Rendimento das Pessoas Colectivas).

Depreciação de Veículos Eléctricos para efeitos fiscais - O Código do IRC prevê um aumento da taxa de depreciação permitida para VE's face aos veículos convencionais (Artigo 34.º do Código do Imposto sobre o Rendimento das Pessoas Colectivas e Artigo 1.º da Portaria n.º 467/2010 de 7 de Julho)

Montadoras e modelos de veículos comercializados em Portugal

Renault (Modelos *ZE – Zero Emissions* - Todos VE)

- Zoe, Twizy, Kangoo e Fluence (fora de linha).

Nissan (Modelos *Zero Emissions* - Todos VE)

- LEAF, e-Evalia (e-NV200 para até 7 passageiros) e o e-NV200 (furgão).

Mitsubishi

- i-MIEV (VE) e Outlander 4WD (PHEV).

Citroën – DS

- C-Zero Full Electric (VE), Berlingo Full Electric (VE), DS5 Diesel Hybrid4 (híbrido Gasóleo convencional, 4WD e modo VE) e todos os 14 modelos com motores e-HDI são microhíbridos Gasóleo com sistema *Start-&-Stop*.

Peugeot

- iON (VE), Partner Electric (VE), 508 SW RXH Hybrid4 Diesel Híbrido.

Kia

- Soul EV (VE).

Mercedes Benz – Smart

- Smart, Classe B e SLC AMG Electric Drive (VE's), Classe E (PHEV), Classe S (PHEV) e Classe GLC e-4MATIC (PHEV).

BMW

- i3 (VE), i8 (PHEV), X5 xDrive40e (PHEV), 330e (PHEV), 225xe (PHEV) e 740e (PHEV).

Toyota

- Prius Plug-in (PHEV), e outros modelos híbridos convencionais: Yaris , Auris, Auris Touring Sports SW, Prius, Prius+, Rav4 e C-HR.

Lexus

- Possui motorização híbrida em todos os modelos comercializados em Portugal, sendo alguns já PHEV.
- Modelos: CT, GS, IS, LS, RC, LC, NX e RX.

Audi

- A3 e-tron (PHEV).

Opel

- Ampera com extensor de autonomia a gasolina (VE) – Atualmente fora de venda em Portugal.

Volkswagen

- e-up (VE), e-Golf (VE) e Golf GTE (PHEV).

Volvo

- V60 AWD Diesel (PHEV) e XC90 FWD (PHEV).

Honda

- NSX Híbrido Desportivo 4WD “*New Sports eXperience*” (venda oficial) e Civic híbrido (importação não oficial).

Tesla (Todos VE)

- Model S e Roadster (importação não oficial)

Rimac (Todos VE)

- Concept ONE e Concept S (importação não oficial)

Fiat

- Fiat 500e (VE) (importação não oficial)

Marcas e modelos de VE's que não necessitam de carta de condução para veículos ligeiros não foram incluídos nesta lista, exceto o Renault Twizy.

CAPÍTULO 3

3. Carregadores e Desenvolvimento Tecnológico

3.1. Carregadores – Estações de Carga

Os carregadores são equiparáveis às bombas de combustíveis (gasolina, gasóleo ou GNV/GPL) utilizadas para os veículos convencionais a combustão.

As estações de carga para veículos elétricos e híbridos *plug-in* são dispositivos com equipamentos de carregamento elétrico para as baterias dos veículos. Estes equipamentos são projetados para disponibilizar uma carga mais rápida do que um sistema simples residencial.

Com a expansão do mercado de veículos elétricos e híbridos PHEV há a necessidade de uma rede pública de dispositivos de carregamento rápido.

3.1.1. Contextos de utilização:

Os equipamentos de carga, denominados de carregadores, podem ser descritos em quatro contextos.

- 1- **Carregador Residencial** – O veículo utiliza um carregador simples e mantém o veículo a carregar durante a noite, este equipamento normalmente não possui necessidade de autenticação de usuário e contador de consumo.
- 2- **Carregadores em Estacionamentos Públicos** – Tem o objetivo de carregar os veículos estacionados em espaços públicos. Os carregadores podem ser de carga lenta ou rápida. O carregamento pode ser gratuito ou pago.
- 3- **Carregamento rápido em locais públicos** – Carregadores com potências elevadas e que realizam em cerca de 30 minutos carga suficiente para rodar 100 km. São normalmente instalados em áreas de serviços em autoestradas ou em regiões metropolitanas.
- 4- **Troca de baterias ou carregamento muito rápido** – Possibilita um rápido carregamento elétrico do veículo. Este sistema requer uma logística e estrutura para armazenamento e carregamento das baterias. É necessária também a participação dos fabricantes dos VE's com projetos que facilitem a troca das baterias.

3.1.2. Tecnologias e seus “MODOS” de carregamento

As tecnologias dos carregadores seguem a Norma IEC 61851-1 e são denominadas como “MODO” de carregamento e estão divididas em quatro tipos:

- MODO 1 – Aplicado em sistemas monofásicos ou trifásicos de até 16A, não há necessidade de controle electrónico. Na Europa é proibida a utilização em veículos eléctricos de quatro rodas com exceção do Renault Twizy o qual possui um cabo fixo no próprio veículo para esse MODO que utiliza uma tomada residencial. O sistema deve estar corretamente aterrado, porém, não há nenhum dispositivo que identifique o real aterramento do sistema sendo este um dos principais fatores da proibição deste sistema em diversos países

- MODO 2 – Aplicado em instalações monofásicas e trifásicas de até 32A, utiliza uma tomada de energia eléctrica do tipo residencial, porém, há um controle electrónico e dispositivos de proteção para o sistema, normalmente instalado no conector do cabo. Este sistema localiza-se, normalmente, dentro de uma espécie de caixa no cabo de conexão do VE, utilizado na tomada residencial e detecta se realmente o veículo está conectado e se há aterramento do sistema para então iniciar o carregamento.

- MODO 3 – Aplicado em instalações monofásicas e trifásicas de até 80A, sendo o carregamento limitado a 32A com conectores do Tipo 2. O sistema de carregamento é instalado no local, normalmente denominado como carregador de parede – *Wall Box Charger*. O sistema eléctrico para este carregador é exclusivo e assim pode garantir uma maior corrente de forma segura ao sistema de carregamento, como também ser dimensionado para trabalhar dentro da potência contratada do local. Este sistema também garante a comunicação entre o carregador e o veículo eléctrico, confirmando ao sistema do veículo os limites de corrente e de potência disponíveis.

- MODO 4 – Sistema de carregamento instalado no local e com instalação eléctrica dedicada, este sistema utiliza um carregador mais complexo e que disponibiliza um carregamento diretamente em corrente contínua ao veículo eléctrico, evitando perdas ou lentidão do sistema de inversão de corrente do veículo eléctrico. Possui um sistema de proteção e de comunicação entre o carregador e o VE que permite a

otimização do sistema para cada modelo de veículo. Dentro do MODO 4 existem três modelos principais de sistemas utilizados pela indústria automobilística:

- CHAdeMO;
- COMBO (CCS);
- Tesla Supercharger.

CHAdeMO – “*CHArge de Move*”, também é similar a uma expressão japonesa que significa – Vamos tomar chá? – ambas as explicações para o nome CHAdeMO remetem ao fato de que será uma breve pausa para carregar as baterias do veículo. As empresas Tokyo Electric Power Company, Nissan, Mitsubishi e Fuji Heavy Industries fundaram a associação CHAdeMO e posteriormente a Toyota também ingressou como membro. Este sistema pode operar com tensões em corrente contínua até 500V e correntes de 125A.

A sua desvantagem é operar somente em corrente contínua, necessitando de outra tomada, conector e cabos para carregamentos em corrente alternada.

Este sistema é utilizado pela maioria das montadoras japonesas e coreanas, além das montadoras europeias que trabalham em parceria com a associação CHAdeMO, como a Citroën e a Peugeot que comercializam sob suas marcas o VE da Mitsubishi i-MiEV.

COMBO – “*Combined Charging System*” - CCS – É um sistema mais recente que o CHAdeMO, possuindo melhorias e sendo utilizado pelos fabricantes Europeus e Americanos. A sua principal característica é possuir um conector que pode ser utilizado para sistemas de Corrente Alternada ou Contínua, enquanto o CHAdeMO somente é utilizado para CC. A carga da bateria pode ter uma potência de 43kW em CA e até 200kW em CC.

Tesla Supercharger – É um sistema da Tesla Motors que possui uma potência de carregamento de 120kW em CC. Este sistema utiliza os mesmos pinos de conexão CC para CA.

3.2. Empresa de acolhimento técnico – MAGNUM CAP

A MAGNUM CAP foi fundada em 2010 em Aveiro e é uma das principais empresas portuguesas de produção de equipamentos para distribuição, armazenamento e gestão de energia, sendo líder em Portugal na fabricação de soluções de carregamento de veículos elétricos.

A área da mobilidade elétrica representa atualmente mais de 60 por cento da atividade da empresa, e mais de 80 por cento do seu orçamento de investigação e desenvolvimento. Os seus produtos são comercializados em 30 países, com destaque para o Brasil, Croácia, Espanha, França, Itália, Macau e Polónia. Refira-se que a MAGNUM CAP foi a empresa eleita para carregar os veículos elétricos mais rápidos do mundo, o Volar-e e o Rimac Concept One, tendo sido igualmente escolhida, desde 2015, para carregar o primeiro veículo eléctrico a participar no Rali Dakar. [55]

Atualmente a empresa desenvolve e produz carregadores V2G (*Vehicle-to-Grid*) demonstrando o potencial uso das energias renováveis e da aplicação dos veículos elétricos no sistema energético, mesmo quando não estão em movimento.

Houve participação em diversas tarefas, com aprendizagem e aprofundamento de conhecimentos técnicos em sistemas de energia e engenharia.

Na empresa foram instalados os equipamentos referentes ao projeto, sistema solar e de carregamento dos VE, houve também auxílio à empresa em alguns projetos quanto ao desenho dos carregadores e estruturas.

Em campo, foram conhecidos clientes e empresas parceiras em visitas, instalações e manutenções, tendo havido oportunidade para perceber as dúvidas dos usuários e novos usuários quanto às instalações elétricas, potência contratada e período de carga para cada modelo de VE.

Foram conduzidos diversos modelos de VE, inclusive em viagens longas, como Aveiro-Lisboa, onde no trajeto, foi apresentado o veículo e sua tecnologia a muitas pessoas. Por diversas vezes houve a necessidade de parar em carregadores públicos, na grande maioria, avariados. Foi impossível o carregamento em alguns locais, devido ao estacionamento irregular de veículos convencionais.

3.3. Carregadores MAGNUM CAP

A MAGNUM CAP desenvolve e comercializa os carregadores do MODO 3, MODO 4 e V2G.

A empresa é a principal fornecedora de sistemas residenciais de carregamento para soluções de mobilidade elétrica da EDP, como também é a principal fornecedora de carregadores para os clientes Renault na compra de um VE novo.

Dentre os modelos há opções que limitam o carregamento ao limite da potência contratada do edifício e ainda verificam a disponibilidade de energia no edifício, dando assim prioridade para o consumo do edifício.

Desta forma o veículo é carregado respeitando o limite de potência contratada e o consumo do edifício, sendo esta diferença atualizada em tempo real.

Também é possível programar o horário de carga, podendo configurar o equipamento para carregar as baterias do veículo elétrico nos momentos de menor custo da energia elétrica, uma ótima opção para locais com contratos bi-horários. Esta opção pode ser utilizada para qualquer veículo reduzindo a necessidade de possuir um veículo de maior custo e categoria tecnológica.

Com base nestes modelos e na limitação de potência e flutuação do sistema do carregador, poderá ser desenvolvido um sistema de gestão de carga e produção de energia elétrica proveniente do sistema fotovoltaico, otimizando o carregamento dos veículos de forma 100% solar e ainda disponibilizando energia para o edifício, liberando em último caso, o excedente para venda à RESP.

Com o objetivo de gerir o carregamento conforme a geração fotovoltaica, foi realizada a configuração de um *pré-Load Balance Solar*, trabalhando com os equipamentos e códigos já utilizados pela empresa. Foram alterados os códigos de carga ao ponto de o carregador verificar se a carga do veículo consumia ou não energia da RESP.

Durante um arranque de 15A, o sistema verificava o consumo e caso não consumisse da RESP a carga continuaria até ao máximo de 32A (22 kW) de potência, mas se consumisse da RESP, a carga era pausada e após um determinado tempo o teste era repetido. Porém, alguma falha no código causava por vezes, o arranque imediato da carga no segundo teste, após o período de espera em pausa.

Sistema de Armazenamento de Energia no VE – V2G

A MAGNUM CAP está desenvolvendo e comercializando os carregadores V2G. Esta tecnologia foi difundida pela Nissan com base em uma alteração do protocolo CHAdeMO. A MAGNUM CAP é a fornecedora oficial, na Europa, desta tecnologia para a Nissan, ENEL e Nuve.

Os VE da Nissan, normalmente os de 2015 em diante, já possuem de série esta alteração no sistema, podendo ser possível carregar o VE com energia da rede ou descarregá-lo para a rede, sendo possível diminuir os consumos de um edifício ou casa, ou manter uma casa isolada com energia elétrica proveniente do veículo. Neste caso o VE passa a ser um meio de armazenamento de energia elétrica, substituindo grupos geradores em situações de falta de rede ou emergências.

Os modelos V2G da MAGNUM CAP são para uma utilização comercial e não para clientes residenciais, sendo mais robustos. Por essa razão o desenvolvimento, por enquanto, não visa uma aplicação autónoma, necessitando de energia da RESP para seu funcionamento.

O novo sistema bidirecional de carga e descarga (V2G) poderá integrar-se neste projeto, onde um VE poderá ser utilizado para armazenamento de energia, absorvendo a produção em excesso e podendo fornecer energia ao edifício em períodos de maior consumo. O VE pode fornecer energia “limpa” a uma residência no período noturno após passar o dia em um estacionamento empresarial com sistema de carga solar.

O sistema V2G também visa um novo modelo energético, que utiliza os veículos elétricos como uma rede de armazenamento de energia elétrica, a qual pode ser utilizada em horas de ponta ou em falhas e emergências na rede de distribuição, diminuindo o uso dos combustíveis fósseis para centrais de geração de energia em horário de ponta.

3.4. Sistema de Abastecimento Público – MOBI.E

Em Portugal foi constituída a MOBI.E, uma entidade gestora da mobilidade elétrica, que tem diversos pontos de carregamento para veículos elétricos distribuídos pelo país.

A MOBI.E foi criada em 2008 e teve a necessidade de desenvolver os *softwares* e equipamentos necessários para o desenvolvimento do sistema de gestão dos carregadores.

A empresa tem um modelo de negócio aberto e que visa integrar diversos sistemas e tecnologias utilizadas em diferentes partes do mundo, sempre buscando obter um ótimo padrão de comunicação interno e externo, buscando um sistema que possa ser implementado em qualquer lugar do mundo. [56]

Em 2014, o Governo adotou duas medidas estruturais para acelerar a introdução dos carros eléctricos no país. Uma delas foi a alteração do quadro legal da mobilidade eléctrica, facilitando a instalação de pontos de carregamento em espaços privados, como edifícios, condomínios e centros comerciais, e promovendo a concorrência nesse mercado. [57]

Atualmente, existem cerca de 1300 postos de carregamento normal e 50 de carregamento rápido. Os dispositivos de carregamento rápido estão situados em rodovias e locais de conexão entre grandes municípios garantindo carregamentos de emergência. [58]

3.5. Sistemas similares ao abordado neste projeto

Atualmente, há a necessidade de uma gestão de energia e geração de energia eléctrica por meios sustentáveis e renováveis.

Algumas empresas e governos vêm desenvolvendo estudos e produtos com estes objetivos. Os avanços tecnológicos nos sistemas fotovoltaicos estão acontecendo mas de forma ainda lenta.

Avanços tecnológicos vêm acontecendo, mais rapidamente, no segmento de veículos eléctricos e no armazenamento de energia eléctrica em baterias veiculares e em baterias “*on e off-grid*”.

Num contexto geral há pouca pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias por parte das empresas comercializadoras de carregadores para veículos eléctricos, já que poucas empresas realmente desenvolvem carregadores. Em Portugal a MAGNUM CAP, é uma das poucas exceções que realiza este desenvolvimento. Neste período de estágio curricular, todo o processo de carga dos VE foi desenvolvido pela empresa MAGNUM CAP, conforme indicado pela empresa, que não visava utilizar equipamentos de gestão já desenvolvidos no mercado. As únicas exceções tecnológicas foram o inversor e o sistema de painéis fotovoltaicos.

As demais empresas portuguesas costumam comprar tecnologias e equipamentos prontos e instalam-nos nos carregadores. Algumas adquirem

produtos prontos da Siemens, que por sua vez pode adquirir módulos electrónicos e eléctricos já prontos de um outro fornecedor, fazendo assim a montagem de componentes e não propriamente o desenvolvimento total da tecnologia. Este modo de operação acaba por não gerar um avanço tecnológico no sistema, sendo este avanço muitas vezes realizado por pequenas e médias empresas em parceria com universidades e fabricantes de veículos.

No momento as fabricantes que mais realizam parcerias e desenvolvem novas tecnologias são a Nissan, a Mitsubishi, a BYD e a Tesla.

No ramo de tecnologias similares às estudadas neste projeto, a Smartflower foi a pioneira a trazer ao mercado uma solução de geração fotovoltaica em um sistema único, produzindo o “smartflower POP”, que é uma solução integrada de geração fotovoltaica. [59]

O sistema possui painéis solares fotovoltaicos instalados numa estrutura com rastreamento solar em 2 eixos, podendo alcançar um grau de fornecimento de energia solar de 60%, enquanto uma instalação fixa alcança apenas 30%. Esta estrutura baseia-se numa flor “Girassol”, portanto ela segue o sol e se recolhe durante a noite ou sob fortes tempestades e rajadas fortes de vento. Os painéis em forma de pétalas se sobrepõem e automaticamente se encaixam atrás do suporte principal (Figura 3-1).



Figura 3-1 – Smartflower e sua sequência automática de abertura, rastreamento solar e recolha [59]

Além destas vantagens o equipamento ainda vem com inversor integrado à sua base e demais itens necessários para a instalação, sendo um sistema já pronto para ser utilizado e de fácil instalação.

Após este lançamento, foram criados novos modelos, “on e off-grid”, com sistema de armazenamento em baterias (smartflower POP+) e a mais nova, a “smartflower POP-e” que possui todo o sistema padrão e dois sistemas de carga para veículos eléctricos, um para bicicletas ou carga lenta e outra tomada de até 22 kW para VE, conforme figura 3-2. [60]



Figura 3-2 – “Smartflower POP-e” com dois sistemas de carga, e-bicicletas e VE de até 22kW [60]

Algumas empresas desenvolveram sistemas conjugados, similar ao resultado deste projeto, onde um sistema de carregamento de VE está diretamente instalado numa rede com sistema fotovoltaico.

Os sistemas de carga com corrente alternada são mais fáceis de utilizar, quando falamos de um sistema simples o controlo é baseado numa comunicação com o VE o qual informa o quanto ele pode requerer da rede. Quando o objetivo é controlar todo o processo e também manter meios de armazenamento de energia, a corrente alternada torna-se complexa e a corrente contínua é utilizada.

Com um sistema de corrente contínua é possível realizar o carregamento mais rápido de um VE. Porém, no VE é utilizado outro sistema de carga, independente do modo CA e com um grau de complexidade superior. O carregador externo também é um equipamento mecanicamente mais detalhado. Esta complexidade do modo de carga em CC dificulta o desenvolvimento de produtos neste sector.

Em agosto de 2016 a empresa portuguesa ENFORCE, obteve patente nos Estados Unidos da América de sua estação de carregamento rápida para VE por meio de sistema fotovoltaico, batizada de InCh. A empresa também possui patentes pendentes desde 2012 em 38 países na Europa. [61]

A solução estrutural do sistema visa ser de fácil uso para qualquer utilizador e não requer nenhum apoio técnico local. A cobertura é baseada em uma folha de árvore, remetendo à fotossíntese e serve para a instalação dos painéis e para proteger o VE do sol, uma vantagem para o sistema de climatização que pode permanecer ativo enquanto o VE recarrega.



Figura 3-3 – InCh - Estação Solar de Carregamento Rápido de Veículos Elétricos da ENFORCE [62]

Este sistema pode recarregar um VE em 30 minutos e tem alta eficiência energética devido às poucas perdas, já que é um sistema integrado. Um foco deste projeto foi diminuir o impacto da baixa autonomia e do longo período de carga de um VE, criando assim um equipamento viável e sustentável de ser adquirido por empresas e até postos de combustíveis convencionais. [62]

Dentre a maioria dos estudos académicos, estão estimativas que demonstram o impacto negativo do uso dos VE nas redes elétricas, principalmente sem a gestão energética, conhecida como “*Smart-grids*”, que optimizam a distribuição e armazenamento da energia elétrica em diferentes meios de produção e de consumos, incluindo os VE e o sistema V2G/V2B.

Alguns estudos também apresentam situações teóricas de instalações elétricas com sistemas solares e carregadores para VE.

CAPÍTULO 4

4. Instalação dos Equipamentos na Empresa

Sistema Fotovoltaico

O sistema de geração de energia renovável utilizado neste estudo teve como base um sistema fotovoltaico instalado no edifício da MAGNUM CAP, em Aveiro.

A conformidade dos equipamentos pode ser comprovada pela marcação CE ou por Declaração de Conformidade do fabricante, com exceção do inversor, para o qual é exigido Certificado de Conformidade de produto emitido por organismo de certificação independente.

A lista de Inversores e Contadores com certificado válido pelo DGEG, pode ser obtida no *website*: [www.renovaveisnagora.pt/web/srm/cons_equip] .

4.1. Equipamentos

4.1.1. Painéis solares fotovoltaicos

Características Técnicas [63] – Anexo 1:

Característica tecnológica: Policristalino

Quantidade: 120 painéis;

Potência unitária: 240 W;

Potência total: 28,8 kW

Tensão de circuito aberto (Voc): 37,4 V

Corrente máxima (Imp): 8,11 A

Corrente de curto circuito (Isc): 8,56 A

Fabricante: *Lightway Green New Energy* - China

Modelo: Lightway Solar – LW-240-29b

Optou-se por reconfigurar a conexão existente dos painéis fotovoltaicos, para seis fileiras paralelas (*strings*) de vinte painéis, os quais passaram a gerar um sistema de 750V que se encontra dentro do regime de trabalho do inversor e das melhores curvas de eficiência.

O número de painéis ligados em série resulta na definição da tensão do sistema, a qual está relacionada com tensão de entrada no inversor. Deve ter-se em atenção que a tensão de circuito aberto da fileira de módulos é sempre maior do que as equivalentes tensões operacional e nominal. [64]

Assim, vinte painéis com um Voc de 37,4V ligados em série geram uma tensão de 748V, a qual oscila com a irradiação solar, mas mantém um regime de eficiência maior para o Inversor.

Já a conexão em paralelo dos painéis solares resulta na soma das correntes. Esta técnica é normalmente utilizada em sistemas autónomos de geração. [64]

Quando falamos de sistemas com ligação à rede, utilizamos fileiras de painéis conectadas em paralelo, sendo que o número de painéis em cada fileira depende da tensão do sistema, neste caso os 748V até um máximo de 1000V. [64 – 65]

A corrente fornecida pelo sistema pode alcançar 50A, portanto, por segurança a conexão ao Inversor foi dividida em três *strings* para cada entrada MPPT qual pode alcançar, cada uma, picos de 40A, possuindo porém um regime de trabalho máximo de 32A cada.

Normalmente as fileiras individuais são conectadas entre si na caixa de junção do inversor, chamadas também de MPPT ou em uma caixa de junção antes do inversor, dependendo do tipo de instalação e equipamentos.

4.1.2. Caixa de Junção

A caixa de junção geral do gerador contém terminais, aparelhos de corte e se necessário, fusíveis de fileira e díodos de bloqueio das fileiras. Frequentemente é também instalado um descarregador de sobretensões para desviar as sobretensões para a terra. Esta é a principal razão pela qual a ligação equipotencial ou o condutor de terra são ligados à caixa de junção geral. Por vezes, também é aí alojado o interruptor principal CC.

Esta caixa deve ser de proteção classe II, e ter os terminais positivo e negativo claramente separados no interior da caixa. No caso de ser instalada no exterior, deverá estar protegida, no mínimo, com proteção IP 54. [64]

4.1.3. Inversor

O inversor é meio de conexão entre o sistema fotovoltaico e a rede elétrica do edifício. A sua principal tarefa consiste em converter o sinal elétrico de CC do sistema fotovoltaico num sinal elétrico de CA e ajustá-lo para a frequência e para o nível de tensão da rede a que está ligado.

Também é conhecido como conversor CC/CA. Com a utilização dos modernos dispositivos electrónicos, a conversão num sinal de corrente alternada envolve perdas relativamente pequenas. [64]

Basicamente, existem dois tipos de inversores, os conectáveis à rede e os autónomos, conhecidos como *off-grid*. Os inversores para ligação à rede normalmente não trabalham de forma autónoma uma vez que é necessária a excitação e frequência da rede, gerando assim condições de trabalho para o inversor. [64]

Esta necessidade de conexão à rede para estabelecer o funcionamento, acaba por gerar uma segurança no sistema, uma vez que em caso de manutenção na rede não há o risco de estar sendo injetada na rede a energia elétrica proveniente dos painéis fotovoltaicos.

Neste projeto estaremos utilizando um inversor de injeção à rede, o qual foi escolhido conforme a potência fornecida pelos painéis, pela potência contratada do edifício e pela capacidade de utilizar uma sequência de ligação dos painéis que alcançasse o melhor ponto de eficiência do inversor.

- Características do modelo escolhido e identificação no DGEG:

Fabricante: ABB;

Modelo: TRIO-27,6-TL-OUTD-S2X-400;

- Identificação para cadastro no DGEG:

Fabricante: POWER-ONE ITALY SPA *;

Modelo: TRIO-27.6-TL-OUTD-S2-400;

Certificado N^o: 28105856 002


Validade do certificado: 08/SET/2018

**A empresa italiana Power-One é a desenvolvedora e produtora deste inversor, porém recentemente foi adquirida pela suíça ABB.*

A tabela 4-1 apresenta Informações técnicas do fabricante [65] – Anexo 2:

Tabela 4-1 - Características Técnicas do Inversor

INVERSOR TRIO 27.6 kW - S2X	
ENTRADA	SAÍDA
Potência nominal de entrada ($P_{DC,r}$) [W]: 28600	Potência ativar ($P_{AC,r}$) [W]: 27600
Potência máxima de entrada ($P_{DC,max}$) [W]: 31100	Potência ativa máxima ($P_{AC,max@cos\phi=1}$) [W]: 30000
Potência máxima por MPPT ($P_{MPPT,max}$) [W]: 16000	Potência aparente máxima (S_{max}) [VA]: 30000
Tensão máxima de entrada ($V_{IN,max(abs)}$) [V]: 1000	Tensão ($V_{AC,r}$) [V]: 400
Tensão mínima de operação por MPPT ($V_{in,min(mppt)}$) [V]: 70% V_{start}	Frequência nominal (f_r) [Hz]: 50
Tensão máxima de operação por MPPT ($V_{in,max(mppt)}$) [V]: 950	Número de fases (Num. Fasi) 3
Tensão de partida (pré-configurado) ($V_{start,def}$) [V]: 430	Corrente máxima ($I_{AC,max}$) [A]: 45
Tensão de partida (gama) 250 ÷ ($V_{start,range}$) [V]: 500	Fator de potência ($cos\phi$): 1
Número de entradas MPPT (N_{MPPT}): 2	Fator de potência(gama) -0,7 ÷ ($cos\phi_{(range)}$): 0,7
Corrente máxima por MPPT ($I_{MPPT,max}$) [A]: 32	
Corrente de curto-circuito por MPPT ($I_{SC,max}$) [A]: 40	



Com o objetivo de manter o regime de trabalho do inversor próximo da sua eficiência máxima de 98,2% (Figura 4-1) deve realizar-se uma reinstalação elétrica dos painéis fotovoltaicos, garantindo uma tensão nominal em CC próxima de 620 Vdc e corrente máxima de 32A conforme limite de entrada DC do inversor.

Para obter este regime foi realizada uma reorganização da configuração das fileiras paralelas (*strings*). Anteriormente, o edifício tinha uma configuração de

dez *strings* de doze painéis em série, porém, esta configuração resultava numa voltagem de 450V, abaixo do mínimo recomendável pelo fabricante do inversor.

Uma alternativa seria a reconfiguração do ponto de arranque do inversor. No entanto, o sistema não funcionaria bem ao amanhecer e entardecer, com redução significativa do desempenho no inverno.

Optou-se assim por reconfigurar a conexão dos painéis fotovoltaicos, para seis *strings* de vinte painéis, os quais passaram a gerar uma diferença de potencial de 750V que se encontra dentro do regime de trabalho do inversor e das melhores curvas de eficiência. (Figura 4-1)



Figura 4-1 – Curva de Eficiência do Inversor TRIO 27,6kW [65]

Este inversor possui duas entradas MPPT's, as quais podem ser usadas com configurações específicas para dois conjuntos diferentes de posicionamento dos painéis ou caso ocorra sombreamento parcial de um conjunto. Na instalação da MAGNUM CAP não há qualquer tipo de obstrução ou sombreamento forçado, porém a questão do sombreamento parcial dos painéis pode provocar uma série de ineficiências no sistema.

4.1.4. Características de cablagem de conexão do inversor ao quadro de mecanismos de proteção (CA):

Comprimento necessário: 20 metros ou 25 metros até o medidor.

Área da seção transversal: 10 mm², de acordo com o Manual de Instalação do Inversor que define o comprimento total necessário (Figura 4-2)

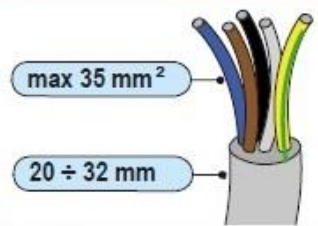
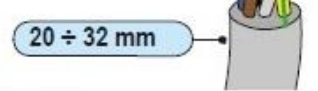
	Cross-section of the line conductor (mm ²)	Maximum length of the line conductor (m)
		TRIO-27.6-TL-OUTD
	10	30m
	16	50m
	25	78m
	35	98m

Figura 4-2 – Dimensionamento do cabo CA [65]

4.1.5. Contador Bidirecional (Medidor) e Contador de produção elétrica após o inversor.

Todas as unidades de produção necessitam de instalar um contador bidirecional de energia elétrica, caso pretendam realizar conexão à RESP.

O custo, a instalação e a propriedade dos contadores de produção total e de venda de energia são da responsabilidade do produtor. A sua selagem é contudo da responsabilidade do operador de rede.

O contador de produção total do inversor é por vezes não obrigatório, depende de uma avaliação da empresa responsável pela RESP. Porém, a mesma pode a qualquer altura requerer o dispositivo para uma análise sobre o sistema.

O contador foi instalado pela empresa EDP em comum acordo com a MAGNUM CAP, que arcou com o custo do equipamento.

4.1.6. Analisador de Consumo do Edifício.

Para obtenção dos dados de consumo do edifício foi utilizado o equipamento Engage da Efergy (Anexo 3), que possibilita a realização de leituras instantâneas da potência consumida sem alterar a instalação.

O pacote de equipamentos do Engage utiliza sensores do tipo pinças CT que detectam a corrente alternada em um cabo, emissor *wireless* e *router*. Toda a informação coletada é visualizada em uma área restrita do *website* [<https://engage.efergy.com/>], podendo levantar os históricos de consumo e entrar com dados de custos energéticos para análises económicas.

CAPÍTULO 5

5. Legislação sobre Unidades Produtoras PV e sua Remuneração

5.1. Legislação

A instalação da Unidade Produtora – UP deve estar em conformidade com o Decreto-Lei nº 153/2014, de 20 de outubro e Portarias nº 14/2015 e 15/2015, de 23 de janeiro.

5.1.1. Registro

A instalação deve estar registada no “Sistema Eletrónico de Registos de Unidades de Produção – SERUP”, antigo “Renováveis na Hora”, via *website* da DGEG [www.dgeg.pt].

Os registos como produtor são feitos através do portal eletrónico da DGEG em “*Áreas Setoriais » Energia Elétrica » Registo de Unidades de Produção (SERUP)*”.

Dentro da área reservada, por registo de utilizador (*login*), poderá registar uma unidade de produção (UP), ou uma UPAC, ou uma UPP.

A instalação fotovoltaica da MAGNUM CAP encontra-se registada.

5.1.2. Pedido de inspeção

O pedido de inspeção é efetuado no portal da DGEG, para uma UP registada e com instalação da UP concluída.

Após o pedido de inspeção efetuado no portal, a DGEG solicitará elementos que devem ser adicionados ao processo de inspeção, nomeadamente:

- I) O número de cadastro da unidade de produção (UP);
- II) A descrição sumária da UP, com indicação da potência instalada, da fonte primária, da tecnologia utilizada, da sua localização e, se for o caso, da potência de ligação (potência contratada da RESP);
- III) Uma declaração do instalador em como a UP se encontra instalada e em condições de entrar em exploração, observando os termos do respetivo registo, a legislação e a regulamentação em vigor.

- IV) Identificação da entidade instaladora e respectivo alvará;
- V) Identificação do técnico responsável pela execução;
- VI) Identificação dos equipamentos instalados (n.º de série do(s) contador(es) e n.º(s) de série de inversor(es)).

5.1.3. Taxas

A taxa de registo já inclui a 1ª inspeção (ou vistoria).

As reinspeções e também as inspeções periódicas estão sujeitas a pagamento de taxas definidas pelo art.º 19º da Portaria 14/2015, de 23 de janeiro. A taxa estipulada para a faixa de geração de energia entre 5kW e 100kW é de 250€, com injeção de energia à RESP ou 175€ para geração sem injeção de energia à RESP.

5.1.4. Certificado de Exploração

Após a aprovação de todas as etapas, como o registo prévio, a instalação dos equipamentos e a inspeção, é emitido o Certificado de Exploração.

5.1.5. Seguro

É obrigatório possuir um seguro de responsabilidade civil para possíveis danos causados pela instalação:

É um dever do produtor celebrar um seguro de responsabilidade civil para a reparação de danos corporais ou materiais causados a terceiros em resultado do exercício das atividades de produção de eletricidade para autoconsumo e de pequena produção de eletricidade previstas no presente decreto-lei, cujo capital seguro mínimo e condições mínimas são definidos em portaria conjunta dos membros do Governo responsáveis pelas áreas das finanças e da energia.

5.2. Remuneração da eletricidade fornecida à RESP

A remuneração da UPAC da eletricidade fornecida à RESP é calculada de acordo com a fórmula:

$$R_{UPAC,m} = E_{fornecida,m} \times OMIE_m \times 0,9$$

Sendo:

- $R_{UPAC,m}$ - Renuneração no mês em €;
- $E_{fornecida,m}$ - Energia fornecida no mês em kWh;
- $OMIE_m$ - Média aritmética simples do preço de fecho do Operador do Mercado Ibérico de Energia (OMIE) para Portugal no mês em €/kWh;
- 0,9 - Corresponde ao decréscimo de 10% do valor total da energia, sendo considerado um desincentivo ao sobredimensionamento do equipamento.

O contrato de venda a celebrar com o CUR (Comercializador de Último Recurso – RESP) tem um prazo máximo de dez anos, renováveis por períodos de cinco anos. As UPAC com potência instalada superior a 1,5kW e ligadas à RESP estão sujeitas ao pagamento de uma compensação mensal fixa nos primeiros dez anos após a obtenção do certificado de exploração.

Caso a unidade produtora UP seja uma Unidade de Pequena Produção – UPP esta terá um cálculo diferente de remuneração, a qual envolve detalhes como se há carregadores para veículos elétricos ou se há coletores solares térmicos instalados na UP. Porém, toda a energia elétrica gerada deve ser vendida, com exceção da utilizada para o veículo elétrico. Outro parâmetro é que o consumo de energia da instalação vinculada à UPP deve consumir da RESP no mínimo 50% do que é produzido pela UPP.

CAPÍTULO 6

6. Metodologia, Modelação e Simulação

6.1. Metodologia

Para uma análise económica do sistema solar incorporado no edifício e do carregamento dos veículos eléctricos, foi utilizado o *software* Homer Legacy, um simulador de otimização de micro centrais de energia.

O Homer tem a capacidade de comparar vários sistemas com diferentes características e potências, podendo avaliar qual o tamanho do parque fotovoltaico a ser instalado, a potência do inversor, a potência de geração eólica, como também a utilização de baterias de armazenamento de energia.

Essa comparação tem como nível hierárquico de melhor escolha a opção com o menor custo na sua vida útil, mas devido a variação causada pela manutenção, reposição e descarte do equipamento, podemos também considerar a melhor escolha como sendo a correspondente ao menor custo anual, quando os custos de vida útil forem similares para dois projetos.

Os cálculos levam em conta as diferentes tarifas horárias e o valor de venda da energia excedente, entre outras variáveis utilizadas para apoiar o dimensionamento económico.

O Homer possui uma limitação quanto aos aspectos técnicos do sistema: o programa avalia tecnicamente as soluções, instruindo alterações e detectando possíveis erros na entrada de dados mas não possui uma base de dados técnicos específicos de equipamentos comercializados. Outra limitação da versão Legacy é o estudo económico na vida útil do projeto, com poucos parâmetros de entrada e uma variação de valores uniforme.

Para um apoio técnico e confirmação técnica dos resultados do Homer Legacy, foi utilizado o SAM – System Advisor Model – da National Renewable Energy Laboratory – NREL, que possibilita a avaliação do sistema com base em dados de equipamentos reais comercializados no mercado.

6.2. Modelação e Simulação

Os dados de consumo do edifício obtidos pelo sistema contador Engage da Efergy foram analisados ao longo dos meses de, outubro, novembro e dezembro de 2015 e foram utilizados para preparação de dados para a simulação.

Esse período corresponde a uma melhor leitura do consumo do edifício e da carga dos veículos, uma vez que, inicialmente a MAGNUM CAP utilizava um inversor *off-grid* no carregamento dos veículos.

Os programas computacionais de simulação necessitam dos dados de consumo horários para o período de 1 ano, portanto 8760 horas em dados de consumo. Para uma aproximação mais realista ao consumo, foi estabelecido um mapa de consumos por cada bimestre do ano de 2015, com base no histórico de faturas.

6.2.1. Dados da RESP e Consumos do Edifício

O histórico de consumo de três meses, foi dividido por médias em minutos, horas e por dias, analisando os picos e as horas habituais de consumo.

As faturas de energia elétrica foram analisadas e divididas por mês durante um ano, podendo visualizar-se as médias mensais de consumo em um ano.

Com base na oscilação de consumo apresentado nas faturas da RESP, foi estabelecida uma extrapolação das leituras do Engage nos 3 meses, obtendo assim um padrão comparativo em percentagem para todos os meses do ano.

A análise dos consumos por um período de 3 meses e a adaptação aos valores das faturas deu origem ao gráfico da figura 6-1, onde é possível constatar os consumos médios em um ano.

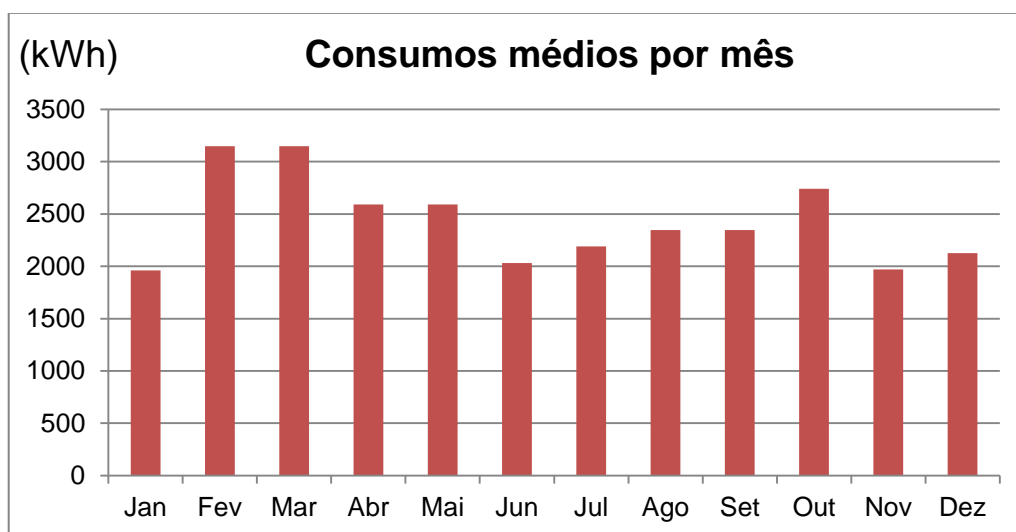


Figura 6-1 – Consumos médios mensais por um ano, na MAGNUM CAP

Os dados correspondentes foram inseridos no campo de Cargas do Sistema. Os dados foram divididos em três perfis de carga, conforme necessidades de projeto da empresa:

- Consumo do edifício: Somente o consumo do escritório e equipamentos básicos na linha de produção foram contabilizados, neste caso há pouca variação nos consumos e nas potências solicitadas à RESP.
- Consumo para a carga dos Veículos Elétricos: Somente o consumo para carga dos veículos foi contabilizado.
- Consumo total do edifício: Todo o consumo foi contabilizado. Deve salientar-se que não é uma soma simples, já que a simulação considera os horários de consumo e de geração solar, reduzindo a venda do excedente solar.

6.2.2. Dados de Entrada no Simulador

Além dos dados de consumo, outros detalhes técnicos e financeiros são necessários. Os detalhes técnicos foram aplicados de acordo com as fichas técnicas dos equipamentos utilizados.

No Homer foram considerados potências e custos reais de inversores, aliados a livre escolha de escalões de potências dos PV's, assim o Homer pôde simular varias alternativas de sistemas. Estes sistemas podem incluir um PV de potência superior ao inversor, devido a maior eficiência deste sistema em relação as condições climáticas e financeiras.

O Homer requer 4 entradas principais de dados, denominadas: "Equipamentos a Considerar" (*Equipment to Consider*), sendo para este projeto o Parque Fotovoltaico (PV), "Inversor" (*Converter*), "RESP" (*Grid*) e "Consumo ou Carga" (*Load*), conforme figura 6-2.

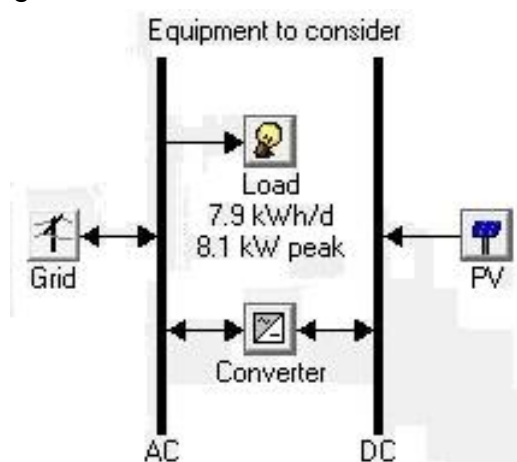


Figura 6-2 – Equipamentos a Considerar na entrada de dados do Homer

Parque Fotovoltaico

Os dados de entrada no caso dos painéis fotovoltaicos tiveram como base o custo (campo *Costs*) de um painel fotovoltaico com potência de 240W, com um adicional médio do custo inerentes à instalação, totalizando 220€ por painel.

No campo “Dimensionamento a Considerar” (*Sizes to consider*) foram introduzidos valores de potências, as quais o Homer utilizará para avaliar os custos económicos para diversos parques fotovoltaicos. Os tamanhos foram utilizados com base nos padrões de potências dos inversores encontrados atualmente no mercado português e europeu.

A “Curva de Custo” do equipamento (*Cost Curve*) é automaticamente calculada pelo Homer em função da potência. Neste caso o valor varia linearmente. Porém, em casos de descontos ou valores reduzidos para equipamentos de maiores potências, esta curva não será linear.

No campo das “Propriedades do Sistema” (*Properties*) foram especificados detalhes como o tipo de corrente de saída do PV, uma vez que há soluções que não necessitam de inversor para todo o sistema, já que cada painel possui um micro inversor. Neste campo também entram detalhes da instalação como “Vida útil” (*Lifetime*) e o grau de inclinação da instalação (*Slope*).

O Homer pode realizar uma simulação com sistemas mais avançados utilizando o campo *Advanced*, onde podemos considerar sistemas de seguidores solares (*Tracking System*) e considerar as perdas na geração causadas pelas altas temperaturas do ambiente de instalação.

Os detalhes de entrada de dados para o PV estão apresentados na figura 6-3.

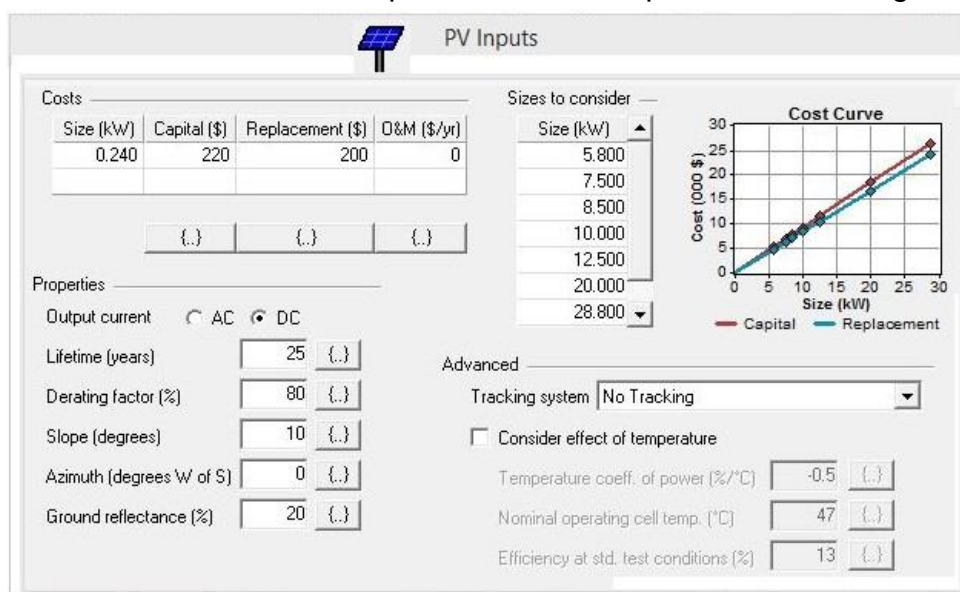


Figura 6-3 – Entrada de dados do sistema fotovoltaico PV no Homer

Inversor

Na entrada de “Custos do equipamento” (*Costs*) foram utilizados vários modelos, com diferentes potências e custos, neste caso o custo não foi linear. Os valores obtidos têm como referência o valor pago pela MAGNUM CAP no equipamento com potência de 27,6kW. Os valores dos demais inversores foram obtidos com pesquisas e reduzidos com base no valor comercial aplicado à MAGNUM CAP, dando origem à tabela 6-1.

Tabela 6-1 – Custos aproximados dos inversores utilizados na simulação do Homer (€)

Valores comerciais aproximados dos Inversores (€)			
Potência Nominal	Sem IVA	Com IVA	Custo unitário por kW (Com IVA)
5.8 kW	1115.90	1394.87	240.50
7.5 kW	1345.64	1682.05	224.27
8.5 kW	1412.92	1766.15	207.78
10 kW	1558.97	1948.72	194.87
12.5 kW	1743.59	2179.49	174.36
20 kW	2744.62	3430.77	171.54
27.6 kW	3200.00	4000.00	138.89

O fabricante dos inversores utilizados na simulação garante que o equipamento possui as mesmas características durante 25 anos, sendo utilizado para a vida útil do equipamento um tempo de 25 anos.

A eficiência do equipamento é de 98,2%, sendo esta superior a de outros equipamentos semelhantes mas de outras marcas.

Os detalhes de entrada de dados para os Inversores estão na figura 6-4.

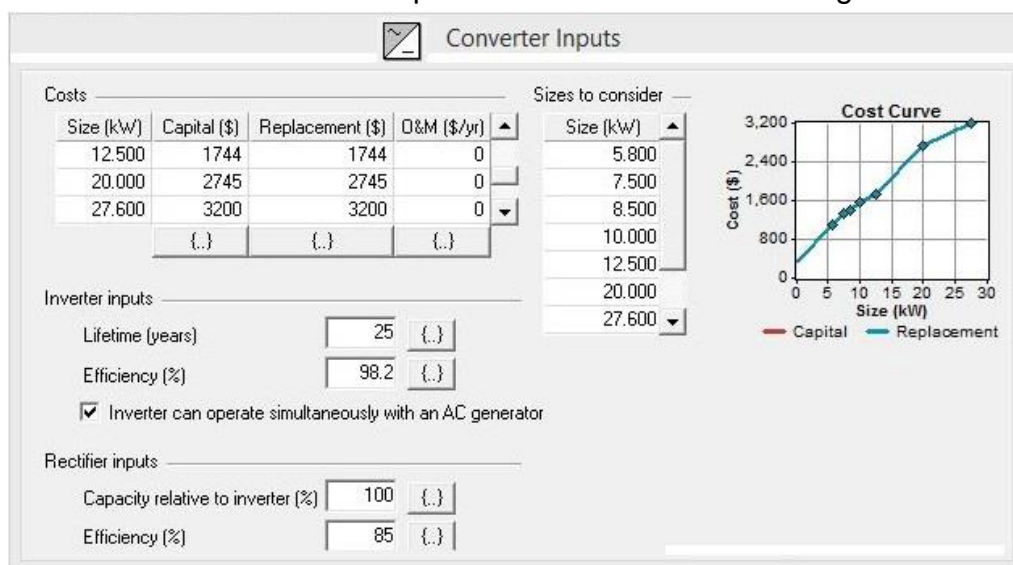


Figura 6-4 – Entrada de dados dos inversores no Homer

RESP – Rede

Os valores das tarifas e custos de energia foram obtidos a partir das faturas de 2015 e estão divididos em três escalões: Ponta, Cheia e Vazio (Tabela 6-2). A sua distribuição horária está disponível na tabela 6-3.

Tabela 6-2 – Custos com a RESP, taxas e custo energético (€)

Custos com a RESP e Taxas em Euros (€)	
Potência Contratada / ano	443,00
Taxas pela UPAC / 1º ano	250,00
Energia em Ponta / kWh	0,2753
Energia em Cheia / kWh	0,1398
Energia em Vazio / kWh	0,0695

Tabela 6-3 – Ciclo horário diário para BTE e BTN [66]

Ciclo diário para BTE e BTN em Portugal Continental			
Período de hora legal de Inverno		Período de hora legal de Verão	
Ponta:	09.00/10.30 h 18.00/20.30 h	Ponta:	10.30/13.00 h 19.30/21.00 h
Cheias:	08.00/09.00 h 10.30/18.00 h 20.30/22.00 h	Cheias:	08.00/10.30 h 13.00/19.30 h 21.00/22.00 h
Vazio normal:	06.00/08.00 h 22.00/02.00 h	Vazio normal:	06.00/08.00 h 22.00/02.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h

Remuneração da eletricidade fornecida à RESP

Os valores médios mensais dos preços de energia elétrica em 2015, especificados pela OMIE [67] são apresentados na tabela 6-4.

Para obter um calendário de tarifação horária foi necessário associar as tarifas de consumo e de venda, as quais são diferentes em cada mês, com treze tarifas, sendo seis para o horário de ponta, seis para o horário de cheia e uma para o horário vazio. O horário vazio possui horários com pouco impacto para produção fotovoltaica. Esse mapeamento de tarifas de compra e venda de energia está apresentado no Mapa de Tarifas (Figura 6-5).

Tabela 6-4 – Preço final médio OMIE para Portugal em 2015

Preço final médio OMIE para Portugal em 2015 (sem IVA)			
Mês	(€ / MWh)	por bimestre (EUR/kWh)	*0,9 (EUR/kWh)
Janeiro	67.17	0.0630	0.0567
Fevereiro	58.75		
Março	56.74	0.0581	0.0523
Abril	59.50		
Maio	58.05	0.0625	0.0563
Junho	67.00		
Julho	72.52	0.0688	0.0620
Agosto	65.16		
Setembro	61.09	0.0607	0.0546
Outubro	60.30		
Novembro	62.11	0.0629	0.0566
Dezembro	63.70		

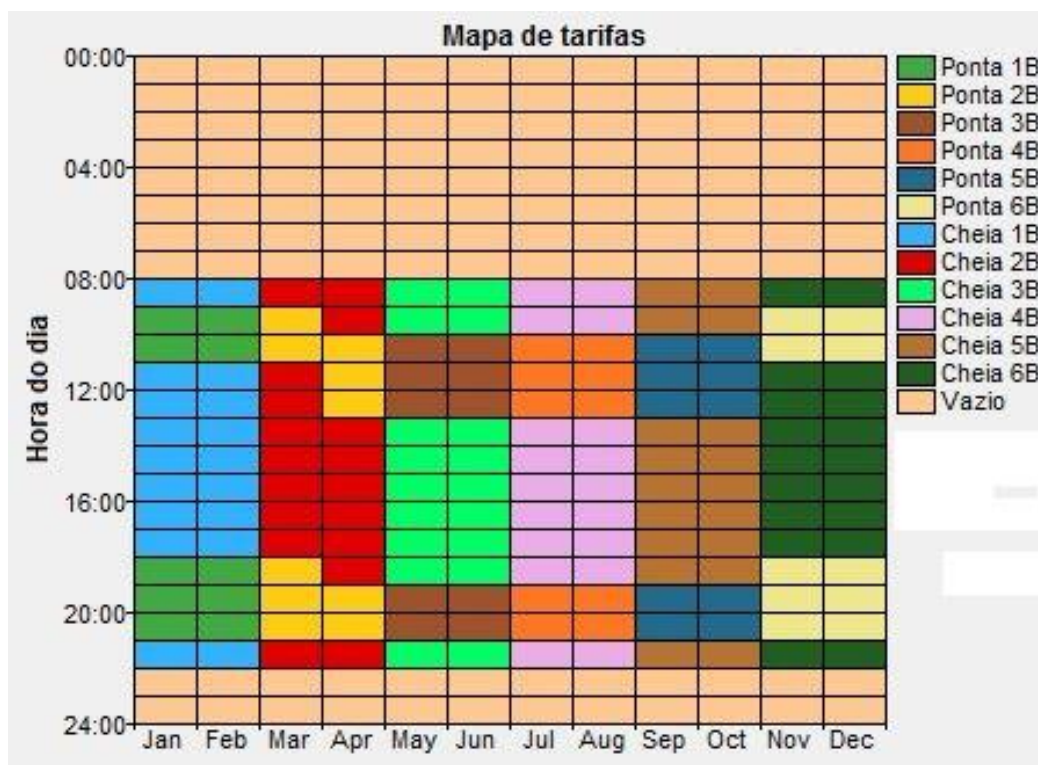


Figura 6-5 – Mapa de tarifas no Homer

Os dados de emissões de poluentes da RESP foram obtidos a partir das emissões publicadas pela ERSE para o ano anterior à simulação, 2014.

The image shows a screenshot of the Homer software interface. On the left, there is a 'Grid Inputs' section with a tree icon. On the right, there is a section titled 'Emissions factors for grid power' with three input fields:

Parameter	Value
Carbon dioxide (g/kWh)	109
Sulfur dioxide (g/kWh)	0.15
Nitrogen oxides (g/kWh)	0.18

Figura 6-6 – Entrada de dados das emissões da rede RESP no Homer

Os custos com a Potência Contratada foram aplicados como taxa de *Standby Charge*, que é um valor fixo e anual para que a rede esteja conectada ao sistema gerador. Portanto, esta taxa somente se aplica se houver um sistema fotovoltaico.

Para manter a Potência Contratada na simulação sem a geração fotovoltaica, foi necessário manter o sistema (PV) e o inversor com a menor potência possível do simulador, que são 10W e custo zero nos equipamentos.

Para testar a simulação com o Standby Charge e um PV de 10W, foi aplicado custo zero ao consumo de energia, podendo assim ver-se claramente o valor da potência contratada nos custos de operação do sistema.

O uso do *Standby Charge* (€/ano) foi necessário para contabilizar o custo da potência do sistema e substituir o *Demand Rate* (€/kW/mês) que contabiliza os picos de potência consumida.

O *Demand Rate* (€/kW/mês) é utilizado em vários países como uma cobrança pela potência, onde o custo está associado a escalões de potências, sendo o valor monetário multiplicado pela potência de pico da carga.

A potência de pico é determinada pela máxima potência constante por 15 minutos. Caso a carga utilize uma potência maior do que a já marcada no contador e ultrapasse o tempo de 15 minutos é então estabelecida uma nova potência de pico. A potência de pico somente volta a zero após a leitura do contador, realizada pela operadora de energia local.

Portanto o *Demand Rate* é calculado pelos picos de potência e não pela potência máxima que pode ser utilizada, como na "Potencia Contratada"

Em Portugal não é utilizado o sistema *Demand Rate*. O custo com a potência é um valor monetário fixo pela Potência Máxima nominal do sistema por dia.

Cargas ou Consumos

A entrada dos consumos foi baseada em cenários que pudessem simular diferentes pontos da instalação com referência aos consumos totais do edifício, incluindo escritórios, produção, testes diurnos e noturnos dos equipamentos e carregamento da frota de veículos elétricos da empresa. O sistema sem geração fotovoltaica foi considerado o cenário base para comparação.

Com base na análise dos consumos dos equipamentos e produção, foi gerado um novo gráfico de consumos, o qual tenta não considerar os consumos para carga dos veículos elétricos da empresa.

Esta análise foi necessária para perceber qual é o padrão de consumo do edifício, uma vez que durante a tomada de dados a empresa passou por mudanças de consumo, desde a linha de produção até ao carregamento dos veículos elétricos. Os consumos do edifício ao longo do ano estão representados na figura 6-7.

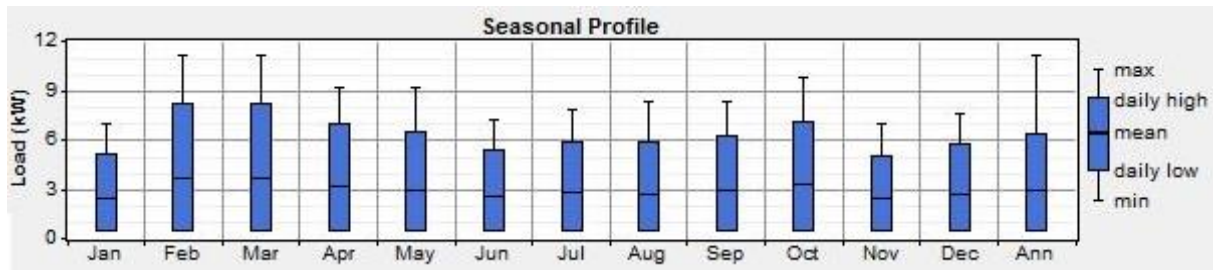


Figura 6-7 – Consumo anual da MAGNUM CAP, com faixa diária e pico de consumo mensal

No caso dos VE's, foram contabilizadas as necessidades energéticas diárias de cada usuário, gerando uma tabela de consumos e horários médios de carregamento para os veículos de acordo com a potência mínima e máxima de carga (Tabela 6-5). No caso do Renault ZOE foram aplicadas as potências com base no carregador trifásico, o qual garante um melhor e mais rápido uso do sistema fotovoltaico.

Tabela 6-5 – Análise energética das cargas dos veículos elétricos da MAGNUM CAP

Análise energética das cargas dos veículos elétricos da MAGNUM CAP						
Veículo	Bateria kW	Consumo médio kWh/dia	Potência mínima		Potência máxima	
			kW	Tempo de carga	kW	Tempo de carga
i3	19	16	3.6	4:26	7.4	2:10
ZOE 3ph	22	15	7	3:08	22	0:40
Leaf	24	8	3.6	2:13	6.6	1:13
C0	16	8	3.6	2:13	7.4	1:05
C0	16	4	3.6	1:06	7.4	0:32
C0	16	6	3.6	1:40	7.4	0:50

Vale a pena salientar que a potência de carga é diferente para cada veículo, havendo também uma potência mínima para carregamento. O carregamento da bateria é interrompido ou entra em modo de espera caso o carregador detete uma potência disponível menor que o mínimo necessário pelo veículo.

Pela “Norma Internacional para Carregamento de Veículos Elétricos”, a potência máxima em MODO 3 – CA é 32A por fase, portanto 22kW.

Repare-se que mesmo que o carregador disponibilize 22kW, depende do retificador interno do veículo conseguir converter os 22kW CA em CC. Atualmente somente alguns VE, como o ZOE, conseguem converter esta potência.

As considerações básicas para esta análise levaram em consideração que dos três veículos BMW i3 que frequentam o edifício, somente um realiza cargas periódicas e diárias, assim como os outros cinco veículos da frota, um Renault Zoe, um Nissan LEAF e três Citroën C0.

O impacto das condições climáticas neste sistema fotovoltaico de carregamento é reduzido em alguns VE's pois há uma margem de energia armazenada, não sendo necessário seu carregamento diário.

Com este estudo foi possível gerar um padrão de consumos que é similar ao objetivo do *Load Balance Solar*, aproximando o carregamento para 100% solar, sendo também a maneira de sanar a impossibilidade de oscilar as cargas com base na geração fotovoltaica. (Figura 6-8).

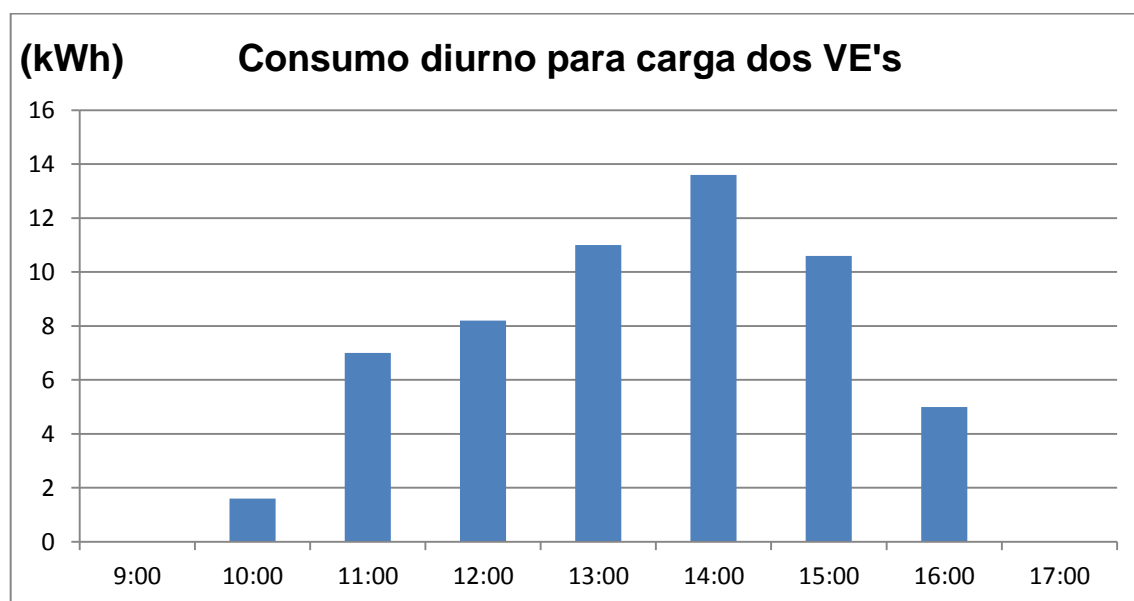


Figura 6-8 – Consumo diurno para carga dos VE de acordo com o *Load Balance Solar*

CAPÍTULO 7

7. Resultados das Simulações e Observações

7.1. Resultados

Os resultados estão divididos em três perfis de consumo. Para cada perfil houve a simulação com e sem sistema fotovoltaico.

7.1.1. Cenário 1: Somente edifício sem sistema solar

Neste cenário o objetivo foi avaliar os consumos do edifício da MAGNUM CAP, englobando o escritório e a produção.

Foi aplicado o uso do sistema fotovoltaico de 10W conforme detalhado na entrada de dados (Dados de Entrada no Simulador).

O resumo dos resultados está na Tabela 7-1.

Tabela 7-1 – Resultados: Somente edifício sem sistema solar

HOMER - [MC Somente edificio c sem solar.hmr *]										
Simulation Results										
			PV (kW)	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.
			0.01	0.01	27.6	\$ 0	4,773	\$ 61,020	0.186	0.00

Month	Energy	Energy	Net	Peak	Energy
	Purchased	Sold	Purchases	Demand	Charge
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kW)	(\$)
Jan	1,794	0	1,794	7	289
Feb	2,496	0	2,496	11	407
Mar	2,749	0	2,749	11	448
Apr	2,286	0	2,286	9	398
May	2,214	0	2,214	9	384
Jun	1,837	0	1,837	7	317
Jul	2,048	0	2,048	8	354
Aug	2,026	0	2,026	8	350
Sep	2,090	0	2,090	8	362
Oct	2,421	0	2,421	10	421
Nov	1,724	0	1,724	7	278
Dec	1,997	0	1,997	8	323
Annual	25,682	0	25,682	11	4,330

Neste resultado podemos observar que o custo de operação anual do sistema é de 4.773,00€, o qual inclui o custo de 4.330,00€ na compra de energia elétrica e 443,00€ em “potência contratada”.

No total da vida útil de 25 anos são gastos 61.020,00€.

O consumo do edifício é de 25.696 kWh/ano. Na tabela 7-1 o consumo é de 25.682 kWh/ano, pois foram deduzidos os 14 kWh/ano gerados pelo PV de 10W.

As emissões contabilizadas em kg/ano estão representadas na Tabela 7-2.

Tabela 7-2 – Emissões: Somente edifício sem sistema solar

Emissions	
Pollutant	Emissions (kg/yr)
Carbon dioxide	2,799
Sulfur dioxide	3.85
Nitrogen oxides	4.62

7.1.2. Cenário 2: Somente edifício com sistema solar

Neste cenário o objetivo foi avaliar os contributos do campo fotovoltaico do edifício da MAGNUM CAP, englobando os consumos do escritório e da produção.

Foi simulado o uso do sistema fotovoltaico com sete potências diferentes entre 5.8kW e 28.8kW.

O Homer simulou com diferentes potências de PV's e inversores, obtendo 49 resultados. Os cinco melhores estão detalhados na tabela 7-3.

Tabela 7-3 – Cinco melhores resultados: Somente edifício com sistema solar

HOMER - [MC Somente edificio c.hmr]										
			PV (kW)	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.
			28.8	20.0	27.6	\$ 29,395	-239	\$ 26,343	0.080	0.84
			28.8	27.6	27.6	\$ 29,850	-273	\$ 26,361	0.080	0.84
			20.0	12.5	27.6	\$ 20,327	758	\$ 30,014	0.091	0.74
			28.8	12.5	27.6	\$ 28,394	130	\$ 30,057	0.092	0.84
			20.0	20.0	27.6	\$ 21,328	693	\$ 30,187	0.092	0.74

Nestes resultados podemos observar que os custos de operação anual do sistema são desde -273,00€ a 758,00€, dependendo da configuração do sistema.

No total da vida útil de 25 anos são gastos 26.343,00€ para o melhor sistema e 30.187,00€ para o quinto melhor resultado.

A melhor escolha será a com menor custo de operação anual, portanto a configuração com PV de 28.8kW e inversor de 27.6kW, com custo anual de -273,00€.

Para um consumo de 25.696 kWh/ano, a geração fotovoltaica é de 40.268 kWh/ano. No balanço energético do sistema o consumo à RESP cai para 7.545 kWh/ano.

O resumo dos resultados para o melhor sistema é mostrado na tabela 7-4.

Tabela 7-4 – Resultados: Somente edifício com sistema solar

HOMER - [MC Somente edificio c.hmr]									
	PV (kW)	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	
	28.8	27.6	27.6	\$ 29,850	-273	\$ 26,361	0.080	0.84	
Simulation Results									
Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Purchases (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge (\$)	Demand Charge (\$)			
Jan	860	874	-14	7	1	0			
Feb	1,073	747	326	11	48	0			
Mar	920	1,500	-580	11	-29	0			
Apr	469	2,120	-1,651	8	-87	0			
May	383	2,683	-2,300	8	-130	0			
Jun	218	3,178	-2,960	7	-167	0			
Jul	208	3,107	-2,899	5	-179	0			
Aug	262	2,786	-2,524	7	-156	0			
Sep	486	1,967	-1,481	7	-81	0			
Oct	804	980	-175	10	-1	0			
Nov	776	862	-86	7	-3	0			
Dec	1,086	588	498	8	68	0			
Annual	7,545	21,392	-13,847	11	-716	0			

As emissões contabilizadas em kg/ano estão representadas na Tabela 7-5.

Tabela 7-5 – Emissões: Somente edifício com sistema solar

	Pollutant	Emissions (kg/yr)
Emissions	Carbon dioxide	-1,509
	Sulfur dioxide	-2.08
	Nitrogen oxides	-2.49

Quando o sistema possibilita a injeção de energia elétrica na RESP, significa que existe substituição de energia produzida com recurso a fontes fósseis por energia produzida a partir de fontes integralmente renováveis o que conduz a emissões nulas ou negativas.

7.1.3. Cenário 3: Somente carga dos veículos sem sistema solar

Neste cenário o objetivo foi avaliar os consumos das cargas nos VE's da MAGNUM CAP, foi aplicada a manipulação da carga conforme o *Load Balance Solar*. Visando um sistema exclusivo para carregamento dos VE's, o consumo do edifício não foi considerado.

Foi aplicado o uso do sistema fotovoltaico de 10W conforme detalhado na entrada de dados (Dados de Entrada no Simulador).

O resumo dos resultados está na tabela 7-6.

Tabela 7-6 – Resultado: Somente carga dos VE sem sistema solar

HOMER - [MC Somente Load Balance sem solar.hmr]									
	PV (kW)	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	
	0.01	0.01	27.6	\$ 0	4,285	\$ 54,775	0.206	0.00	

Neste resultado podemos observar que o custo de operação anual do sistema é de 4.285,00€, o qual inclui o custo de 3.842,00€ na compra de 20.792kWh de energia elétrica e 443,00€ em “potência contratada”.

No total da vida útil de 25 anos são gastos 54.775,00€.

As emissões contabilizadas em kg/ano estão representadas na tabela 7-7.

Tabela 7-7 – Emissões: Somente carga dos VE sem sistema solar

Emissions	
Pollutant	Emissions (kg/yr)
Carbon dioxide	2,266
Sulfur dioxide	3.12
Nitrogen oxides	3.74

7.1.4. Cenário 4: Somente carga dos veículos com sistema solar

Neste cenário o objetivo foi avaliar os contributos do campo fotovoltaico da MAGNUM CAP nas cargas dos veículos elétricos. Foi aplicada a manipulação da carga conforme o *Load Balance Solar*. Visando um sistema fotovoltaico exclusivo para carregamento dos VE's, o consumo do edifício não foi considerado..

Foi simulado o uso do sistema fotovoltaico com sete potências diferentes entre 5.8kW e 28.8kW.

O Homer simulou com diferentes potências de PV's e inversores, obtendo 14 resultados. Os cinco melhores estão detalhados na tabela 7-8.

Tabela 7-8 – Cinco melhores resultados: Cargas VE com sistema solar

HOMER - [MC Somente Load Balance.hmr]									
	PV (kW)	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	
	28.8	20.0	27.6	\$ 29,395	-554	\$ 22,314	0.084	0.93	
	28.8	27.6	27.6	\$ 29,850	-588	\$ 22,332	0.084	0.93	
	20.0	12.5	27.6	\$ 20,327	298	\$ 24,137	0.091	0.85	
	20.0	20.0	27.6	\$ 21,328	237	\$ 24,360	0.092	0.85	
	20.0	27.6	27.6	\$ 21,783	237	\$ 24,815	0.093	0.85	

Nestes resultados podemos observar que os custos de operação anual do sistema são desde -588,00€ a 298,00€, dependendo da configuração do sistema.

No total da vida útil de 25 anos são gastos 22.314,00€ para o melhor sistema e 24.815,00€ para o quinto melhor resultado.

A melhor escolha, com menor custo de operação anual, é a configuração com PV de 28.8kW e Inversor de 27.6kW, com custo anual de -588,00€.

O resumo dos resultados para o melhor sistema é mostrado na tabela 7-9.

Tabela 7-9 – Resultados: Carga VE com sistema solar (Load Balance Solar)

HOMER - [MC Somente Load Balance.hmr]									
	PV (kW)	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	
	28.8	27.6	27.6	\$ 29,850	-588	\$ 22,332	0.084	0.93	

Simulation Results					
Month	Energy Purchased	Energy Sold	Net Purchases	Peak Demand	Energy Charge
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kW)	(\$)
Jan	544	585	-41	13	4
Feb	316	891	-575	11	-33
Mar	178	1,741	-1,563	13	-82
Apr	94	2,322	-2,228	10	-118
May	116	2,865	-2,748	12	-156
Jun	50	3,139	-3,089	8	-175
Jul	28	3,210	-3,182	6	-196
Aug	74	2,858	-2,784	9	-172
Sep	184	2,047	-1,863	11	-102
Oct	280	1,110	-830	11	-46
Nov	546	647	-101	13	1
Dec	650	383	268	13	43
Annual	3,061	21,798	-18,738	13	-1,031

As emissões contabilizadas em kg/ano estão representadas na tabela 7-10.

Tabela 7-10 – Emissões: Carga dos VE com sistema solar

	Pollutant	Emissions (kg/yr)
Emissions	Carbon dioxide	-2,042
	Sulfur dioxide	-2,81
	Nitrogen oxides	-3,37

O sistema possibilita a injeção de energia elétrica na RESP, existe substituição de energia produzida com recurso a fontes fósseis por energia produzida a partir de fontes integralmente renováveis o que conduz a emissões nulas ou negativas.

7.1.5. Cenário 5: Consumo total: Edifício e cargas sem sistema solar

Neste cenário o objetivo foi avaliar os consumos totais da MAGNUM CAP, neste caso foi aplicada a manipulação da carga conforme o *Load Balance Solar*.

Foi aplicado o uso do sistema fotovoltaico de 10W conforme detalhado na entrada de dados (Dados de Entrada no Simulador).

O resumo dos resultados está na tabela 7-11.

Tabela 7-11 – Resultado: Consumo total sem sistema solar

HOMER - [MC Somente edificio c sem v2g e com Load Balance sem solar.hmr]

Simulation Results

	PV (kW)	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.
	0.01	0.01	27.6	\$ 0	8,618	\$ 110,162	0.185	0.00

Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Purchases (kWh)	Peak Demand (kW)	Energy Charge (\$)
	Jan	3,561	0	3,561	21
Feb	4,092	0	4,092	25	663
Mar	4,516	0	4,516	25	731
Apr	3,996	0	3,996	23	743
May	3,981	0	3,981	23	741
Jun	3,547	0	3,547	21	662
Jul	3,815	0	3,815	21	711
Aug	3,793	0	3,793	22	707
Sep	3,800	0	3,800	22	708
Oct	4,188	0	4,188	23	778
Nov	3,434	0	3,434	21	552
Dec	3,764	0	3,764	21	606
Annual	46,487	0	46,487	25	8,175

Neste resultado podemos observar que o custo de operação anual do sistema é de 8.618,00€, o qual inclui o custo de 8.175,00€ na compra de 46.487kWh de energia elétrica e 443,00€ em “potência contratada”.

No total da vida útil de 25 anos são gastos 110.162,00€.

As emissões contabilizadas em kg/ano estão representadas na tabela 7-12.

Tabela 7-12 - Emissões: Consumo total sem sistema solar

Emissions	
Pollutant	Emissions (kg/yr)
Carbon dioxide	5,067
Sulfur dioxide	6.97
Nitrogen oxides	8.37

7.1.6. Cenário 6: Consumo total: Edifício e cargas com sistema solar

Neste cenário o objetivo foi avaliar os contributos do campo fotovoltaico da MAGNUM CAP, englobando todos os consumos da empresa. Foi aplicada a manipulação da carga conforme o *Load Balance Solar*.

Este cenário aproxima-se, teoricamente, do sistema energético da MAGNUM CAP, ressaltando que os consumos e cargas foram contabilizados com margem para um consumo maior do que o real.

Foi simulado o uso do sistema fotovoltaico com sete potências diferentes entre 5.8kW e 28.8kW.

Esta configuração gera o mapa de sistema demonstrado na figura 7-1.

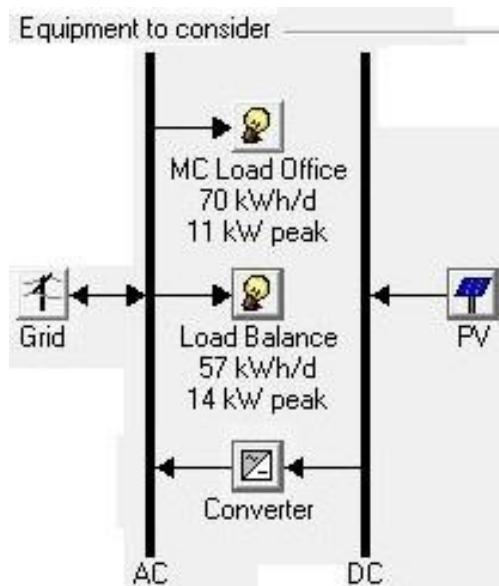


Figura 7-1 – Mapa do sistema real instalado, consumo do edifício mais cargas dos VE

O Homer simulou com diferentes potências de PV's e inversores, obtendo 49 resultados, os cinco melhores estão detalhados na tabela 7-13.

Tabela 7-13 – Cinco melhores resultados: Consumo total com sistema solar

HOMER - [MC Somente edificio c sem v2g e com Load Balance.hmr]										
	PV (kW)	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.		
	28.8	27.6	27.6	\$ 29,850	1,886	\$ 53,954	0.091	0.71		
	28.8	20.0	27.6	\$ 29,395	1,937	\$ 54,162	0.091	0.71		
	28.8	12.5	27.6	\$ 28,394	2,877	\$ 65,173	0.110	0.67		
	20.0	20.0	27.6	\$ 21,328	3,671	\$ 68,262	0.115	0.55		
	20.0	27.6	27.6	\$ 21,783	3,671	\$ 68,717	0.116	0.55		

Nestes resultados podemos observar que os custos de operação anual do sistema são de 1.886,00€ a 3.671,00€, dependendo da configuração do sistema.

No total da vida útil de 25 anos são gastos 53.954,00€ para o melhor sistema e 68.717,00€ para o quinto melhor resultado.

A melhor escolha será a com menor custo de operação anual, portanto a configuração com PV de 28.8kW e inversor de 27.6kW.

O resumo dos resultados para o melhor sistema é mostrado na tabela 7-14.

Tabela 7-14 – Resultados: Consumo total com sistema solar

HOMER - [MC Somente edificio c sem v2g e com Load Balance.hmr]										
	PV (kW)	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.		
	28.8	27.6	27.6	\$ 29,850	1,886	\$ 53,954	0.091	0.71		

Simulation Results					
Month	Energy Purchased	Energy Sold	Net Purchases	Peak Demand	Energy Charge
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kW)	(\$)
Jan	1,923	169	1,753	20	267
Feb	2,122	200	1,922	21	303
Mar	1,807	620	1,187	24	172
Apr	994	935	59	20	11
May	853	1,386	-533	20	-30
Jun	492	1,742	-1,250	15	-71
Jul	453	1,585	-1,132	13	-70
Aug	584	1,341	-757	17	-47
Sep	1,069	840	229	19	34
Oct	1,890	298	1,592	20	278
Nov	1,818	194	1,624	20	243
Dec	2,369	104	2,265	21	351
Annual	16,374	9,415	6,958	24	1,443

As emissões contabilizadas em kg/ano estão representadas na tabela 7-15.

Tabela 7-15 – Emissões: Consumo total com sistema solar

Emissions	
Pollutant	Emissions (kg/yr)
Carbon dioxide	758
Sulfur dioxide	1.04
Nitrogen oxides	1.25

7.2. Comparação entre Cenários

As simulações comprovaram que o equipamento fotovoltaico já instalado no edifício e o novo inversor de 27.6kW atendem às necessidades do edifício.

A configuração de 27.6kW é a melhor, com menores custos anuais, ou segunda melhor, com a contabilização do custo total de vida útil. Na simulação do “consumo total” o Homer assumiu o sistema de 50kW como o mais indicado para toda a carga da MAGNUM CAP, porém, não foi utilizada esta configuração uma vez que não foi possível obter o valor real comercial do inversor de 50kW.

As emissões obtiveram uma queda expressiva, mesmo considerando o mercado energético português que já possui uma maior percentagem de fontes renováveis na geração de energia elétrica na RESP comparada a outros países.

Cenários 1 e 2: Somente edifício, sem e com sistema solar.

O cenário sem sistema solar tem custo anual de 4.773,00€.

Enquanto na aplicação do sistema fotovoltaico obteve-se uma redução total da fatura em 9 meses durante um ano, com uma faturação de energia vendida de cerca de 700€/ano, totalizando 273,00€/ano após deduções de “potência contratada” da RESP.

No total, os custos anuais com energia elétrica foram anulados, havendo ainda lucros com a venda do excedente.

Em termos energéticos a MAGNUM CAP consome cerca de 25.700 kWh/ano em sua unidade fabril e escritório. Com a instalação do sistema solar passará a consumir da rede 824 kWh/ano com excedente próximo dos 14.000 kWh/ano.

A redução de emissões de dióxido de carbono foi próxima de 3 ton/ano. Podendo ainda considerar a venda de energia “limpa”, que evita a emissão de 1,5 toneladas de CO₂ na geração de energia elétrica do sistema nacional.

Cenários 3 e 4: Carga dos veículos, sem e com sistema solar.

O cenário sem sistema solar tem custo anual de 4.285,00€.

Enquanto na aplicação do sistema fotovoltaico obteve-se uma redução total da fatura em 9 meses durante um ano, com uma faturação de energia vendida de cerca de 1.000€/ano, totalizando 588,00€/ano após deduções de “potência contratada” da RESP.

No total, os custos anuais com energia elétrica foram anulados, havendo ainda lucros com a venda do excedente.

O excedente energético do sistema dura 11 meses, sendo necessária a compra de energia somente em Dezembro. Este excedente de 11 meses não é economicamente igual, já que o custo de compra é maior do que o custo de venda do kWh, mantendo os 9 meses de redução de fatura de energia.

Em termos energéticos a carga dos VE da MAGNUM CAP consome cerca de 21.000 kWh/ano, com a instalação do sistema solar passará a consumir da rede 268 kWh/ano com excedente que ultrapassam 18.000 kWh/ano.

A redução de emissões de dióxido de carbono foi próxima de 2 ton/ano. Podendo ainda considerar a venda de energia “limpa”, que evita a emissão de mais de duas toneladas de CO₂ na geração de energia elétrica do sistema nacional.

Cenários 5 e 6: Consumo Total, sem e com sistema solar.

O cenário sem sistema solar tem custo anual de 8.618,00€.

Enquanto na aplicação do sistema fotovoltaico obteve-se uma redução total da fatura em somente 4 meses durante um ano, qual possui um excedente económico superior a compra.

O custo anual total ficou em 1.886,00€. Nesta simulação o valor económico de venda de energia não superou o valor de compra.

O excedente energético destes 4 meses ocorre no verão, pela maior incidência solar nos painéis solares, somado ao menor consumo da empresa. Em termos energéticos o consumo total da MAGNUM CAP é cerca de 46.500 kWh/ano em sua unidade fabril, escritório e carga de VE's.

Com a instalação do sistema solar, a empresa passará a ter um consumo líquido de cerca de 7.000 kWh/ano da RESP, com excedente líquido em torno de 3.600 kWh/ano.

As emissões de dióxido de carbono de 5 ton/ano (sem PV) foram reduzidas para 750 kg/ano (com PV), portanto, houve uma redução superior a 4 ton/ano.

7.3. Análise dos Resultados

Nos cenários individuais, “somente edifício” ou “somente carga VE’s”, houve um resultado de investimento maior, com reembolso da energia vendida. Nestes dois cenários houve um sobredimensionamento do sistema.

No cenário que engloba o consumo total da empresa, edifício mais VE’s, obtivemos uma menor venda do excedente, porém, um retorno maior do investimento na vida útil do projeto.

O sobredimensionamento acarreta em maiores custos iniciais do projeto como também resulta em uma venda de energia a valores baixos, aumentando lucros à RESP e não ao investidor. O valor de energia comprada à RESP, no mesmo “horário solar” de Ponta é quase 5 vezes superior ao valor pago pelo excedente e no período de Cheias é 2 vezes superior.

Portanto, o melhor retorno do investimento é na redução do consumo à RESP e não na venda do excedente.

Nos resultados do Homer é possível analisar que, em ambos os cenários individuais, houve um menor custo anual para o sistema com inversor de 27.6 kW, mas na vida útil, o menor custo seria com o inversor de 20 kW. Mesmo com uma pequena diferença pode perceber-se o sobredimensionamento do sistema.

No cenário com consumo total a melhor escolha é com o Inversor de 27.6 kW no custo anual e na vida útil do sistema, demonstrando o melhor acerto do projeto com o inversor proposto.

Na tabela 7-16 verifica-se a economia monetária na vida útil de cada projeto.

Tabela 7-16 – Custos e redução dos custos para cada projeto

Custos e Redução dos Custos			
Custo inicial nos cenários com solar (PV) : 29.850,00 €			
Consumo	Condição	Custo Anual (€)	Redução Anual (€)
Edifício	Sem Solar	4.773,00	5.046,00
	Com Solar	-273,00	
VE's	Sem Solar	4.285,00	4.873,00
	Com Solar	-588,00	
Total	Sem Solar	8.618,00	6.732,00
	Com Solar	1.886,00	

7.4. Otimização da produção com rastreador solar

Um sistema com rastreamento solar gera mais energia elétrica. Nos dias de maior radiação direta, podem obter-se ganhos relativamente elevados de radiação através deste movimento. Em dias sem nuvens, estes ganhos podem atingir 50% no verão e 300% no inverno, quando comparados com os ganhos de sistemas fotovoltaicos com uma área de captação horizontal. [64]

No Homer foram realizadas mais duas simulações quanto ao ajuste de ângulo dos painéis solares. Uma com base no ajuste mensal do ângulo horizontal dos painéis, onde houve um aumento nos custos de operação e redução de eficiência do sistema. A outra solução seria um rastreamento em dois eixos onde o custo anual passou para apenas 71,00€, com um custo total de vida útil de 30.758€. Em ambas as simulações não foi considerado o aumento no custo de aquisição do sistema PV, uma vez que não foi possível encontrar o valor comercial de uma estrutura de instalação na cobertura que suportasse os 120 painéis e um sistema de rastreamento solar e mesmo em solo, devido à limitada área disponível na empresa.

A geração de energia elétrica passaria de 40.268 kWh/ano para 58.496 kWh/ano no sistema de rastreador de dois eixos.

Se aplicado ao telhado da MAGNUM CAP, o custo deste sistema automático seria elevado e ocuparia uma área superior à já utilizada. Outra possibilidade seria o ajuste manual do ângulo da estrutura de instalação dos painéis, porém, esta estrutura teria um custo elevado, além da necessidade de uma logística de acesso ao telhado. Segundo informações de um ex-funcionário da empresa, o ângulo de instalação dos painéis não pôde ser otimizado devido a dificuldades estruturais.

Pode-se estudar a utilização de um sistema de seguidores solares, mesmo de baixa potência, similar ao Smartflower, desde que instalado em solo, evitando a complexidade e os custos de uma instalação na cobertura do edifício.

CAPÍTULO 8

8. Observações Finais Sobre o Projeto e o Mercado

Este projeto está dentro dos objetivos da MAGNUM CAP em tornar-se independente da RESP no carregamento de sua frota de VE's.

Os incentivos fiscais a empresas na compra e venda de veículos elétricos associado a diversos incentivos fiscais gera uma maior possibilidade de investimento neste “pacote solar”.

Empresas sem possibilidades de possuir um parque fotovoltaico, mas que possuam condições de carregamento de veículos elétricos podem considerar como um investimento a escolha de VE na substituição dos veículos convencionais.

As vantagens como as isenções de impostos na compra, as considerações sobre a depreciação do veículo nos impostos anuais e a isenção de imposto de circulação, são alguns dos pontos positivos desta escolha, além de um menor custo em manutenções.

Um estudo de quilometragem e tempo passível de carregamento deve ser realizado para a escolha do modelo de VE correto, já que dependendo do tipo de aplicação pode ser necessário um veículo com valor de compra elevado e que não se adequa à aplicação pretendida.

Com novas tecnologias fotovoltaicas e a maior dispersão comercial destes sistemas, os valores de aquisição são reduzidos ano após ano, facilitando novos investimentos neste sector.

Os métodos de desincentivo ao sobredimensionamento, a nova Taxa de Registo do PV e a Taxa Periódica para sistemas fotovoltaicos instalados, mesmo sem conexão à RESP, vêm dificultar o investimento nos sistemas solares.

O investidor particular não obtém descontos nos impostos e paga as mesmas taxas impostas às empresas. Investidores particulares e empresariais pagam uma taxa de 250€ para um sistema entre 5kW e 100kW. Por exemplo, uma residência de 5KW paga 50€/kW, enquanto uma empresa com uma potência PV de 100kW paga 2,50€/kW.

Um estudo deve ser realizado de forma mais detalhada para um particular e a adição de baterias para armazenar a geração fotovoltaica deve ser considerada

uma vez que veículos particulares, normalmente, não ficam nas residências nos horários de geração solar.

Outro forte impacto na opção particular é o aumento da potência contratada na residência e a alteração de instalação monofásica para trifásica, caso necessário. Quanto maior a potência contratada, maior será o valor da fatura de energia elétrica mensal, mesmo com redução no preço do kWh. As opções tarifárias bi-horárias são bem-vindas em residências com carregador para VE's.

Os sistemas públicos de carregamento são um benefício para particulares e empresas.

É importante realizar um levantamento detalhado dos investimentos e das alterações necessárias ao cotidiano da empresa e das pessoas. Normalmente, as soluções apresentadas neste projeto são úteis e válidas mas requerem um compromisso e adaptação dos seus utilizadores.

CAPÍTULO 9

9. Conclusões

O investimento em um sistema fotovoltaico para auxílio de carregamento dos veículos elétricos é válido, aplicável e passível de realização no mercado energético atual.

Com base em estudos, pesquisas e na utilização de sistemas de simulação os objetivos de dimensionar e instalar um sistema fotovoltaico foram cumpridos com a instalação PV conectada ao circuito elétrico do edifício e ao sistema de carregamento, alcançando o objetivo de suprir os consumos da empresa e ainda fornecer o excedente à RESP. A instalação realizada enquadra-se no cenário 6, que apresentou um melhor acordo entre a redução de consumo à RESP e a venda do excedente.

Economicamente, a simulação do cenário 6 apresentou uma redução anual de custos perante a RESP superior a 6.700€, uma queda de 80% nos custos com o sistema fotovoltaico. Para este sistema houve também uma redução no consumo energético anual à RESP próxima dos 40 mil kWh/ano, cerca de 85% de redução.

O sistema PV reduziu o impacto ambiental causado pelos consumos energéticos da empresa. Nas emissões de GEE houve uma queda expressiva para todos os cenários. Na simulação do cenário 6 foi constatada uma redução superior a 85%, cerca de 4 ton/ano, mantendo as emissões de dióxido de carbono em 750 kg/ano.

As simulações do sistema de carregamento com auxílio de painéis fotovoltaicos demonstraram que foi alcançado um perfil de utilização próximo do carregamento 100% solar, um dos principais objetivos da empresa. Constatou-se que na atual utilização da frota de VE's, há a necessidade de consumo emergencial à RESP durante o inverno.

O sistema fotovoltaico com potência de 28.8 kW e o inversor com potência de 27.6 kW foram as melhores escolhas em todos os cenários devido ao menor custo anual no consumo de energia elétrica, porém, os cenários com consumos independentes: "Somente o edifício" ou "Somente o carregamento dos VE's", apresentaram sobredimensionamento do sistema gerador. Os valores de reembolso do excedente energético no mercado atual desfavorecem este sobredimensionamento.

CAPÍTULO 10

10. Perspectivas de Desenvolvimento Futuro

É recomendado um estudo sobre a utilização de um sistema de armazenamento de energia elétrica para reduzir os consumos emergenciais no carregamento dos VE's, principalmente no inverno.

Nas condições tecnológicas atuais, seria plausível um estudo de viabilidade de um sistema de micro geração eólica, já que o edifício está localizado em um sítio sem obstáculos que dificultem as correntes de ar.

Quanto ao sistema solar fotovoltaico, mais painéis podem ser instalados, porém, com um novo inversor ou micro inversores, já que a demanda de serviços da empresa tende a aumentar.

Foi gerado um padrão de consumo dos VE's, o qual pode ser utilizado como base no desenvolvimento de um sistema de gestão de carregamento 100% solar.

A eficiência do sistema pode ser otimizada com um correto dimensionamento do horário de carregamento e com o compromisso e consciência energética dos colaboradores da empresa mantendo o veículo a carregar fora do horário de pico e fora do período noturno.

É necessário desenvolver um sistema para manipulação das cargas e horários e que verifique as diferentes necessidades de carregamento dos VE's, visando o menor consumo de energia elétrica da RESP. A avaliação das prioridades de carregamento deve estar em acordo com os consumos e a geração fotovoltaica. Esse sistema de prioridades deve realizar a comunicação entre o sistema de gestão de carregamento e o sistema do veículo elétrico, devendo o sistema a ser desenvolvido comunicar ao sistema do veículo elétrico de que há a necessidade de alterar o perfil de carga, diminuindo ou aumentando a potência de carregamento do veículo, conforme a geração fotovoltaica.

A partir desta gestão de carregamento de VE's pode determinar-se qual veículo terá prioridade de carregamento rápido, lento ou interrompido. Com isso pode utilizar-se a energia gerada em outras aplicações além do carregamento de VE's.

A partir do sistema PV, inversores isolados e sistemas de armazenamento de energia, pode desenvolver-se um sistema *off-grid* de carregamento de VE's.

Bibliografia

1. **Rodrigue, Jean-Paul.** Sources of Energy. *THE GEOGRAPHY OF TRANSPORT SYSTEMS*. [Online] 2013. [Citação: 20 de junho de 2016.] <https://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch8en/conc8en/energysrc.html>. ISBN 978-0-415-82254-1.
2. **Goeking, Weruska.** Eletricidade e desenvolvimento. *Portal - O Setor Elétrico*. [Online] Edição 48, janeiro de 2010. [Citação: 04 de setembro de 2016.] <http://www.osetoreletrico.com.br/web/component/content/article/58-artigos-e-materias-relacionadas/232-eletricidade-e-desenvolvimento.html>.
3. **Trevelin, Felipe Camargo.** Estudo Comparativo entre Métodos de Rastreamento Solar Aplicados a Sistemas Fotovoltaicos. *Tese Engenharia Elétrica - Universidade de São Paulo*. São Carlos-SP - Brasil : s.n., 2014. T812e.
4. **Real Solar - Energia Renovável do Brasil.** Os Sistemas - Conectados à Rede e Isolados. *Real Solar*. [Online] [Citação: 26 de agosto de 2016.] <http://real-solar.com/como-funciona.php>.
5. **Transport & Environment.** New record low price set for solar. *Transport & Environment*. [Online] 2 de setembro de 2016. [Citação: 10 de setembro de 2016.] <https://www.transportenvironment.org/news/new-record-low-price-set-solar>.
6. Energia solar fotovoltaica. *Wikipédia*. [Online] [Citação: 26 de agosto de 2016.] https://pt.wikipedia.org/wiki/Energia_solar_fotovoltaica.
7. **International Energy Agency.** *Energy Technology Perspectives 2016*. Paris - França : s.n., 2016.
8. **Rodrigue, Jean-Paul.** Transportation and Energy. *THE GEOGRAPHY OF TRANSPORT SYSTEMS*. [Online] 2013. [Citação: 28 de agosto de 2016.] <https://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch8en/conc8en/ch8c2en.html>. ISBN 978-0-415-82254-1.
9. —. Factors of Energy Use by Transportation. *THE GEOGRAPHY OF TRANSPORT SYSTEMS*. [Online] 2013. [Citação: 28 de agosto de 2016.] <https://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch8en/conc8en/fueluse.html>. ISBN 978-0-415-82254-1.
10. —. Energy Content of some Combustibles (in MJ/kg). *THE GEOGRAPHY OF TRANSPORT SYSTEMS*. [Online] 2013. [Citação: 28 de agosto de 2016.] <https://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch8en/conc8en/energycontent.html>. ISBN 978-0-415-82254-1.

11. —. Distance Travelled for One Ton of Cargo Using 1 kWh of Energy. *THE GEOGRAPHY OF TRANSPORT SYSTEMS*. [Online] 2013. [Citação: 28 de agosto de 2016.]
https://people.hofstra.edu/geotrans/eng/ch8en/conc8en/energy_freight.html. ISBN 978-0-415-82254-1.
12. **European Environment Agency - EEA**. *Climate for a transport change*. Copenhagen : EEA Report, 2008. ISBN 978-92-9167-117-5 / ISSN 1725-9177 / DOI 10.2800/3320.
13. **Shrink That Footprint**. 6: Shrink your travel footprint. *Shrink That Footprint*. [Online] 24 de janeiro de 2013. [Citação: 18 de setembro de 2016.]
<http://shrinkthatfootprint.com/shrink-your-travel-footprint>.
14. **European Environment Agency - EEA**. *Transitions towards a more sustainable mobility system - TERM 2016*. Luxemburgo : EEA Report, 2016. No 34/2016 - ISSN 1977-8449.
15. **Eurostat - Publications Office of the European Union**. *Energy, transport and environment indicators*. Luxemburgo : Eurostat - Statistical books, 2015. ISBN 978-92-79-49471-0 / ISSN 2363-2372 /.
16. **Siemens AG**. Siemens History - Transportation. *Siemens Worldwide*. [Online] [Citação: 17 de setembro de 2016.]
<http://www.siemens.com/history/en/innovations/transportation.htm#toc-2>.
17. **Bülow, Hartmut e Lottermann, Erwin**. Electric powered horse-drawn carriage, named Elektromote. *The ETB Town Eberswalde (ENG)*. [Online] 01 de maio de 1997. [Citação: 18 de agosto de 2016.] <http://www.obus-ew.de/e4102elektromo.htm>.
18. **Kreutzer, Ulrich**. First Trolleybus in the World - 1882 – Werner von Siemens presents the first trolleybus in the world in Berlin (“Elektromote”). *Siemens History*. [Online] Siemens AG. [Citação: 17 de setembro de 2016.]
https://www.siemens.com/history/en/news/1071_trolleybus.htm.
19. Electric Car. *Wikipédia*. [Online] [Citação: 01 de outubro de 2016.]
https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_car.
20. **Husband, Andrew**. Everyday Items from the Victorian Era we take for Granted Today. *ALL DAY*. [Online] [Citação: 17 de setembro de 2016.]
<http://allday.com/post/1925-everyday-items-from-the-victorian-era-we-take-for-granted-today/>.

21. **International Energy Agency - IEA.** *Global EV Outlook*. Paris - França : "International Energy Agency (IEA)" e "Electric Vehicles Initiative (EVI)" da "Clean Energy Ministerial", abril de 2013.
22. **Toyota Hybrid. Costa, António.** Aveiro - Portugal : Toyota & Lexus - Relações Publicas, Comunicação e Marketing, 2015.
23. General Motors EV1. *Wikipédia*. [Online] [Citação: 17 de setembro de 2016.] https://en.wikipedia.org/wiki/General_Motors_EV1.
24. **Ehsani, Mehrdad e Gao, Yimin e Gay, Sebastien E. e Emadi, Ali.** *Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles: Fundamentals, Theory, and Design*. Florida - EUA : CRC Press LLC, 2005. ISBN 0-8493-3154-4.
25. Vantagens e desvantagens do Carro Elétrico vs Gasolina. *Portal Energia - Energias Renováveis*. [Online] 4 de janeiro de 2015. [Citação: 18 de setembro de 2016.] <http://www.portal-energia.com/vantagens-e-desvantagens-do-carro-electrico-vs-gasolina/>.
26. Tróleibus. *Wikipédia*. [Online] [Citação: 04 de setembro de 2016.] <https://pt.wikipedia.org/wiki/Tr%C3%B3leibus>.
27. **Perez, Miguel A.** Suécia finaliza os detalhes para o lançamento da primeira rodovia elétrica para caminhões. *Blogthinkbig - Europa*. [Online] 3 de fevereiro de 2016. [Citação: 18 de setembro de 2016.] <http://br.blogthinkbig.com/2016/02/03/suecia-finaliza-os-detalhes-para-o-lancamento-da-primeira-rodovia-eletrica-para-caminhoes/>.
28. **Custodio, Odair José.** Vantagens e desvantagens do veículo elétrico. *Inergiae*. [Online] 2015. [Citação: 18 de setembro de 2016.] <http://inergiae.com.br/site/vantagens-e-desvantagens-do-veiculo-eletrico/>.
29. **Volvo Bus Corporation.** Listen to Your City - Introducing the Volvo 7900. *Electric Hybrid - Volvo Buses*. [Online] 2014. [Citação: 01 de outubro de 2016.] <http://electricybrid.volvobuses.com/>.
30. **Bazani, Adamo.** Volvo Apresenta Primeiro Ônibus Elétrico Híbrido "Plug-In" em Curitiba. *UITP - Latin America*. [Online] 30 de junho de 2016. [Citação: 01 de outubro de 2016.] <http://www.latinamerica.uitp.org/pt/volvo-apresenta-primeiro-%C3%B4nibus-el%C3%A9trico-h%C3%ADbrido-%E2%80%9Cplug-%E2%80%9D-em-curitiba>.
31. **Grupo Volvo América Latina.** Volvo vende ônibus elétricos para Luxemburgo. *Grupo Volvo no Brasil*. [Online] 19 de setembro de 2016. [Citação:

01 de outubro de 2016.] http://www.volvogroup.com/group/brazil/pt-br/_layouts/CWP.Internet.VolvoCom/NewsItem.aspx?News.ItemId=152179&News.Language=pt-br.

32. **Volvo Bus Corporation.** Volvo opportunity charging system - For electric and electric hybrid buses. Goteborg, Suécia : s.n., 2014. BED 00649.14.06 EN.

33. Direct methanol fuel cell. *Wikipédia*. [Online] [Citação: 25 de setembro de 2016.] https://en.wikipedia.org/wiki/Direct_methanol_fuel_cell.

34. **Navin, Lawrence.** First EU Methanol Filling Station for Fuel Cell Range Extended Vehicles Opens in Denmark. *Methanol Fuels*. [Online] 4 de setembro de 2015. [Citação: 24 de setembro de 2016.] <http://www.methanolfuels.org/first-eu-methanol-filling-station-for-fuel-cell-range-extended-vehicles-opens-in-denmark/>.

35. **Serenergy A/S - The Power of Simplicity.** Mobility. *Serenergy - Products and Services*. [Online] [Citação: 24 de setembro de 2016.] <http://serenergy.com/applications/mobility/low-fuel-costs-and-high-efficiency/>.

36. —. The Methanol Vision. *Serenergy - Forside / Technology*. [Online] [Citação: 24 de setembro de 2016.] <http://serenergy.com/forside-test/technology/>.

37. Ethanol fuel. *Wikipédia*. [Online] [Citação: 24 de setembro de 2016.] https://en.wikipedia.org/wiki/Ethanol_fuel.

38. **Kantola, Kevin.** Will Ethanol + Fuel Cells Take Over the Clean Car Market? *Hydrogen Cars Now*. [Online] 7 de julho de 2016. [Citação: 24 de setembro de 2016.] <http://www.hydrogencarsnow.com/index.php/competition/will-ethanol-fuel-cells-take-over-the-clean-car-market/>.

39. **Nissan Motor Co., Ltd.** *Nissan Announces Development of the World's First Sofc-Powered Vehicle System that Runs on Bio-Ethanol Electric Power*. Yokohama - Japão : Nissan Corporate Communications - Media Information, 15 de junho de 2016.

40. **Dana Limited.** Nissan desenvolve célula de combustível para bioetanol. *Canal Dana - Indústria Automotiva*. [Online] 17 de 06 de 2016. [Citação: 25 de 11 de 2016.] <http://dana.com.br/canaldana/2016/06/17/nissan-desenvolve-celula-de-combustivel-para-bioetanol/>.

41. **Kane, Mark.** Nissan Unveils World's First Solid-Oxide Fuel Cell e-NV200. *Inside EVs*. [Online] 3 de Agosto de 2016. [Citação: 24 de setembro de 2016.] <http://insideevs.com/nissan-unveils-worlds-first-solid-oxide-fuel-cell-vehicle-e-nv200-sofc/>.

42. **Tajitsu, Naomi.** Nissan to develop ethanol-based fuel cell technology by 2020. *Technology News - Reuters*. [Online] Reuters - Tokio, Japão, 14 de junho de 2016. [Citação: 24 de setembro de 2016.] <http://www.reuters.com/article/us-autos-nissan-fuelcells-idUSKCN0Z01BG>.

43. *Eficiência Energética no Setor de Transportes da União Europeia.* **Mariano, Jacqueline Barboza.** s.l. : Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - Superintendência de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico - Brasil, Fevereiro de 2014.

44. **International Council on Clean Transportation - The ICCT.** *European Vehicle Market Statistics - Pocketbook 2015/16.* Berlim, Alemanha : The ICCT - Europe, 2015.

45. **Lexus.** Lexus atinge a marca de um milhão. *Lexus - Notícias e Eventos*. [Online] 12 de abril de 2016. [Citação: 27 de agosto de 2016.] <http://www.lexus.pt/lexus-today/news-events/lexus-um-milhao.html>.

46. **Palma-Ferreira, João e Andrade, Vítor.** Venda de carros elétricos dispara 173%. *Economia*. [Online] Jornal Expresso, 1 de novembro de 2015. [Citação: 20 de junho de 2016.] <http://expresso.sapo.pt/economia/2015-11-01-Venda-de-carros-eletricos-dispara-173>.

47. **Autonews.** Condutores dos automóveis elétricos da Nissan fazem mais quilómetros do que os a gasolina ou diesel. *Notícias - Autonews Portugal*. [Online] 21 de janeiro de 2015. [Citação: 22 de agosto de 2016.] <http://www.autonews.pt/marcas-auto/nissan/noticias/13702-condutores-dos-automoveis-eletricos-da-nissan-fazem-mais-quilometros-do-que-os-a/>.

48. **Capucho, Joana.** Venda de carros elétricos quase triplica mas ainda não chega a 500. *Sociedade*. [Online] Jornal Diário de Notícias, 11 de dezembro de 2015. [Citação: 20 de junho de 2016.] <http://www.dn.pt/sociedade/interior/venda-de-carros-eletricos-quase-triplica-mas-ainda-nao-chega-a-500-4924448.html>.

49. *Elétricos e híbridos já são 1,9% dos carros novos.* **Palma-Ferreira, João.** Lisboa : Jornal Expresso, 12 de novembro de 2016, Jornal Expresso - Economia, Automóveis, pp. 20-21.

50. **Moura, Carlos.** Carris Realiza Teste com Autocarro Elétrico da Caetanobus. *Revista Veículos Elétricos*. [Online] 24 de setembro de 2016. [Citação: 24 de setembro de 2016.] <http://revistaveiculoseletricos.pt/2016/09/24/carris-realiza-teste-com-autocarro-eletrico-da-caetanobus/>.

51. Transportes Urbanos de Braga. *Wikipédia*. [Online] [Citação: 27 de setembro de 2016.]
https://pt.wikipedia.org/wiki/Transportes_Urbanos_de_Braga#Autocarros_e_Trolei_carros.
52. Tróleys de Coimbra. *Wikipédia*. [Online] [Citação: 04 de setembro de 2016.]
https://pt.wikipedia.org/wiki/Tr%C3%B3leys_de_Coimbra.
53. Tróleys do Porto. *Wikipédia*. [Online] [Citação: 04 de setembro de 2016.]
https://pt.wikipedia.org/wiki/Tr%C3%B3leys_do_Porto.
54. *Veículos 100% Elétricos - Incentivos Fiscais*. **Araújo, Celestino**. Portugal : COM Fiscalidade, 2016.
55. **Henriques, José**. Inovação nos Modelos Energéticos para a Mobilidade - MAGNUM CAP. *Revista Portugalglobal de AICEP Portugal Global*. janeiro, 2015, Nº72.
56. *The problem definition and the research design in TA: the case of e-mobility*. **Moniz, António B.** s.l. : Pacita, 2016.
57. **Garcia, Ricardo**. Venda de carros eléctricos duplica em Portugal mas ainda é mínima. *Jornal Público*. [Online] 16 de abril de 2015. [Citação: 20 de junho de 2016.] <https://www.publico.pt/sociedade/noticia/venda-de-carros-electricos-duplica-em-portugal-mas-ainda-e-minima-1692526>.
58. **MOBI.E - Mobilidade Elétrica**. A Rede MOBI.E. *MOBI.E*. [Online] 2010. [Citação: 25 de janeiro de 2016.] <http://www.mobie.pt/a-rede-mobie>.
59. **Smartflower Company**. Smartflower POP. [Online] [Citação: 24 de setembro de 2016.] www.smartflower.com/pt/smartflower_pop.
60. —. Smartflower POP-e. [Online] [Citação: 24 de setembro de 2016.]
https://www.smartflower.com/pt/smartflower_pope.
61. **Moura, Carlos**. Empresa Portuguesa Registra Patente de Estação Solar de Carregamento Rápido nos Estados Unidos. *Revista Veículos Elétricos*. [Online] 25 de agosto de 2016. [Citação: 02 de outubro de 2016.]
<http://revistaveiculoseletricos.pt/2016/08/25/empresa-portuguesa-regista-patente-de-estacao-solar-de-carregamento-rapido-nos-estados-unidos/>.
62. **ENFORCE**. ENFORCE regista patente de InCh (Estação carregamento rápido VEs) nos EUA. *Notícias - Enforce*. [Online] 22 de agosto de 2016. [Citação: 24 de setembro de 2016.] <http://www.enforce.pt/Default.aspx?p=energia&s=4&lang=PT>.

63. **Lightway Green New Energy Co.,Ltd.** *LIGHTWAY Solar Module - P1650x990 Series key features*. Hebei, China : Lightway Australia, 2016.
64. **Portal Energia - Energias Renováveis.** *Energia Fotovoltaica - Manual sobre tecnologias, projecto e instalação*. janeiro de 2004.
65. **ABB Solar Inverters - ABB Group.** *Product Manual: TRIO-20.0/27.6-TL-OUTD (20.0 to 27.6 kW)*. 2015. Product manual EN-RevE (M000001EG).
66. **ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos.** Ciclo diário para fornecimentos em BTE e BTN em Portugal Continental . *Períodos Horários*. [Online] 2009. [Citação: 21 de Novembro de 2016.]
<http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/periodoshorarios/Paginas/CiclodiariofornecBTEBTNpt.aspx>.
67. **OMI-Polo Español S.A. (OMIE).** Preço horário do mercado diário - Ano 2015. *OMIE*. [Online] 18 de março de 2016. [Citação: 18 de março de 2016.]
<http://www.omie.es/files/flash/ResultadosMercado.swf>.

Anexo 1

Anexo 1. Informações técnicas dos painéis fotovoltaicos



LIGHTWAY SOLAR MODULE

P 1650 × 990 Series

KEY FEATURES



Positive Tolerance 0-5W
Provides our customers with maximum power output



Electric Current Classification
System output maximized by reducing mismatch losses up to 2% with modules sorted and package by amperage



Excellent weak light performance
200 w/m² light intensity low efficiency under less than 4%



Passed the 5400pa Test
Module certified to withstand extreme wind and snow loads



ISO 9001:2008 - ISO 14001:2004 - OHSAS 18001:2007



Passed Ammonia Gas and Salt Mist Corrosion Resistance Test
Tested and approved by TUV Rheinland according IEC 62716 Draft C and FprEN 61701 Ed.2



Vertically Integrated Automatic Production Line
Allows us to strictly control quality and costs throughout the entire process



Fully Automatic Stringing Machine and Laying up Machine
Guarantees excellent stringing quality and perfect appearance



Electroluminescence (EL) Testing
Tests before and after lamination avoid micro cracks and control the production quality with high efficiency



Wafer and Cell Inspection
Every wafer and cell is inspected individually ensuring consistent performance in the modules



Wafer Sorting



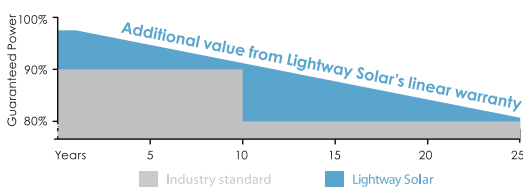
Automatic Stringing



EL Testing



Automation

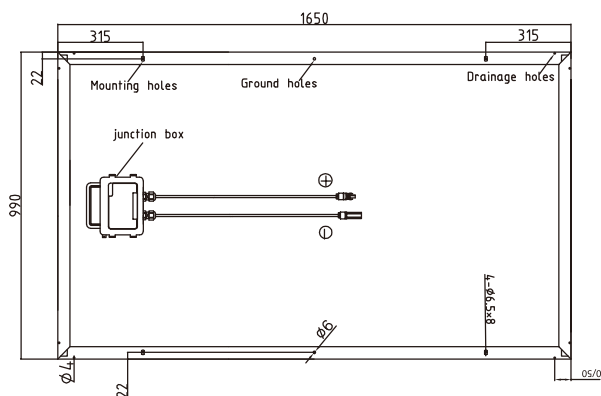
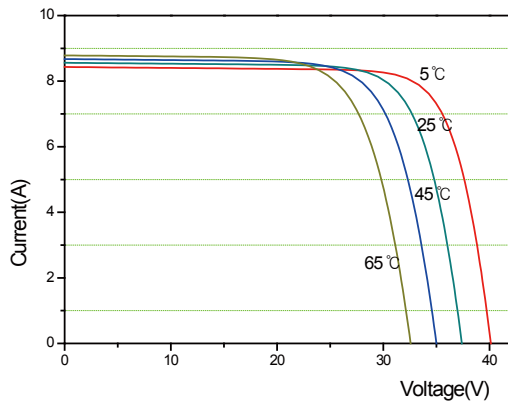
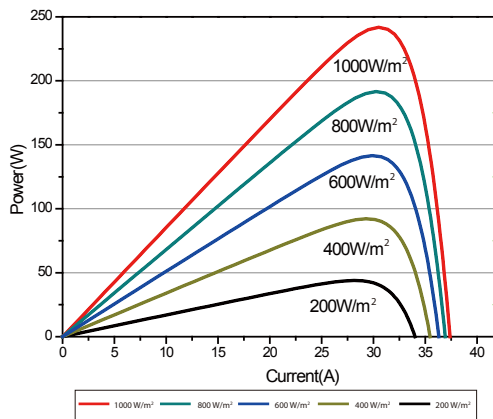
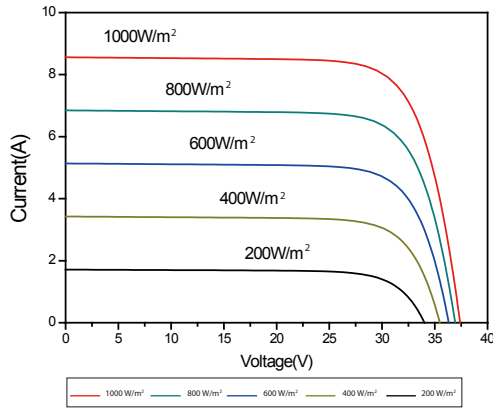


LINEAR WARRANTY

- 10-year warranty on materials and workmanship
- 25-year warranty > 80% power output
- 3% degradation rate the first year
- 0.68% yearly linear degradation

240 Watt

CRYSTALLINE SILICON SOLAR MODULE



ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Typical Type

LW240(29) P1650x990

Rated Maximum Power(Pmax)	240W
Rated Short Circuit Current (Isc)	8.56A
Max-Power Current (Imp)	8.11A
Rated Open Circuit Voltage (Voc)	37.40V
Max-Power Voltage (Vmp)	29.65V
Efficiency of module	14.69%
Maximum System Voltage	1000V
Power guarantee	0~+5W
Operating Temperature	-40~+85 C
Over-Current Protection Rating	15A
Test Condition	STC: AM=1.5, 1000W/m ² , Cell's Temperature: 25 C

MACHANICAL CHARACTERISTICS

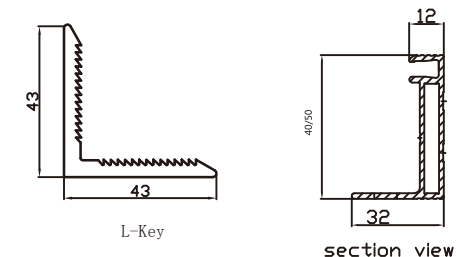
Cell Type	Poly-Crystalline Silicon,60pcs(6X10)
Cell Size	156x156 mm
Thickness of Glass	3.2 mm
Cable Type	4mm ²
No.of Bypass Diodes	6/3 pcs
Withstand high wind and snow loads	5400 Pa

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Pm Temperature Coefficient	-0.4204 %/K
Isc Temperature Coefficient	0.0654 %/K
Voc Temperature Coefficient	-0.3215 %/K

PACKING

Weight	21Kg	20.5Kg
Packing	20pcs/carton, 28carton/40'container	25pcs/carton, 28carton/40'container
Dimensions(LxWxH)	1650x990x50mm	1650x990x40mm



Anexo 2

Anexo 2. Informações técnicas do inversor

ABB string inverters

TRIO-20.0/27.6-TL-OUTD

20 to 27.6 kW



The three-phase commercial inverter offers more flexibility and control to installers who have large installations with varying aspects or orientations.

The dual input section containing two independent Maximum Power Point Tracking (MPPT), allows optimal energy harvesting from two sub-arrays oriented in different directions.

The TRIO features a high speed and precise MPPT algorithm for real power tracking and improved energy harvesting.

High efficiency at all output levels

Flat efficiency curves ensure high efficiency at all output levels ensuring consistent and stable performance across the entire input voltage and output power range.

This device has an efficiency rating of up to 98.2%.

The very wide input voltage range makes the inverter suitable for installations with reduced string size.

In addition to its new look, this inverter has new features including a special built-in heat sink compartment and front panel display system. The unit is free of electrolytic capacitors, leading to a longer product lifetime.

Highlights

- True three-phase bridge topology for DC/AC output converter
- Transformerless topology
- Each inverter is set on specific grid codes which can be selected in the field
- Detachable wiring box to allow an easy installation
- Wide input voltage range
- 'Electrolyte-free' power converter to further increase the life expectancy and long term reliability

Additional highlights

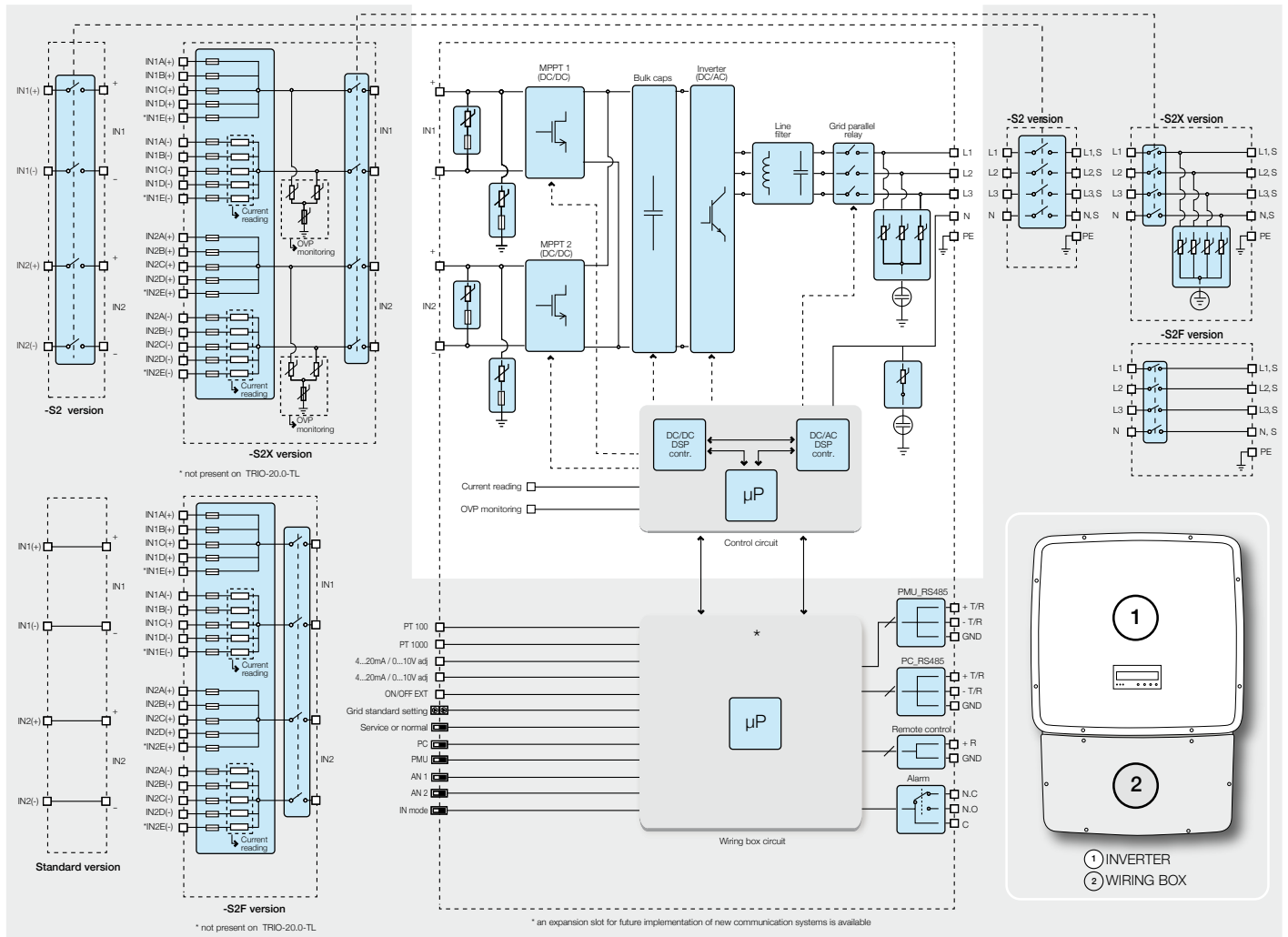
- Integrated string combiner with different options of configuration which include DC and AC disconnect switch in compliance with international standards (-S2, -S2F and -S2X versions)
- Natural convection cooling for maximum reliability
- Outdoor enclosure for unrestricted use under any environmental conditions
- Capability to connect external sensors for monitoring environmental conditions
- Availability of auxiliary DC output voltage (24 V, 300 mA)



Technical data and types

Type code	TRIO-20.0-TL-OUTD	TRIO-27.6-TL-OUTD
Input side		
Absolute maximum DC input voltage ($V_{max,abs}$)	1000 V	
Start-up DC input voltage (V_{start})	430 V (adj. 250...500 V)	
Operating DC input voltage range ($V_{dmin}...V_{dmax}$)	0.7 x $V_{start}...950$ V (min 200 V)	
Rated DC input voltage (V_{dcr})	620 V	
Rated DC input power (P_{dcr})	20750 W	28600 W
Number of independent MPPT	2	
Maximum DC input power for each MPPT ($P_{MPPTmax}$)	12000 W	16000 W
DC input voltage range with parallel configuration of MPPT at P_{acr}	440...800 V	500...800 V
DC power limitation with parallel configuration of MPPT	Linear derating from max to null [$800 V \leq V_{MPPT} \leq 950 V$]	
DC power limitation for each MPPT with independent configuration of MPPT at P_{acr} , max unbalance example	12000 W [$480 V \leq V_{MPPT} \leq 800 V$] the other channel: $P_{dcr} = 12000$ W [$350 V \leq V_{MPPT} \leq 800 V$]	16000 W [$500 V \leq V_{MPPT} \leq 800 V$] the other channel: $P_{dcr} = 16000$ W [$400 V \leq V_{MPPT} \leq 800 V$]
Maximum DC input current (I_{dmax}) / for each MPPT ($I_{MPPTmax}$)	50.0 A / 25.0 A	64.0 A / 32.0 A
Maximum input short circuit current for each MPPT	30.0 A	
Number of DC inputs pairs for each MPPT	1 (4 in -S2X, -S2F, -S1J, -S2J versions)	1 (5 in -S2X and -S2F versions, 4 in -S1J and -S2J)
DC connection type	Tool Free PV connector WM / MC4 (Screw terminal block on standard and -S2 versions) ⁵⁾	
Input protection		
Reverse polarity protection	Yes, from limited current source	
Input over voltage protection for each MPPT - varistor	Yes	
Input over voltage protection for each MPPT - plug in modular surge arrester (-S2X, -S1J and -S2J versions)	-S2X: Type 2; -S1J, -S1J: Type 1+2	
Photovoltaic array isolation control	According to local standard	
DC switch rating for each MPPT (version with DC switch)	40 A / 1000 V	
Fuse rating (versions with fuses)	15 A / 1000 V	
Output side		
AC grid connection type	Three-phase 3W+PE or 4W+PE	
Rated AC power ($P_{acr} @ \cos\phi=1$)	20000 W	27600 W
Maximum AC output power ($P_{acmax} @ \cos\phi=1$)	22000 W ³⁾	30000 W ⁴⁾
Maximum apparent power (S_{max})	22200 VA	30670 VA
Rated AC grid voltage (V_{acr})	400 V	
AC voltage range	320...480 V ¹⁾	
Maximum AC output current ($I_{ac,max}$)	33.0 A	45.0 A
Contributory fault current	35.0 A	46.0 A
Rated output frequency (f_r)	50 Hz / 60 Hz	
Output frequency range ($f_{min}...f_{max}$)	47...53 Hz / 57...63 Hz ²⁾	
Nominal power factor and adjustable range	> 0.995, adj. ± 0.9 with $P_{acr}=20.0$ kW, ± 0.8 with max 22.2 kVA	> 0.995, adj. ± 0.9 with $P_{acr}=27.6$ kW, ± 0.8 with max 30 kVA
Total current harmonic distortion	< 3%	
AC connection type	Screw terminal block, cable gland PG36	
Output protection		
Anti-islanding protection	According to local standard	
Maximum external AC overcurrent protection	50.0 A	63.0 A
Output overvoltage protection - varistor	4	
Output overvoltage protection - plug in modular surge arrester (-S2X version)	4 (Type 2)	
Operating performance		
Maximum efficiency (η_{max})	98.2%	
Weighted efficiency (EURO/CEC)	98.0% / 98.0%	
Feed in power threshold	40 W	
Night consumption	< 0.6 W	

Block diagram of TRIO-20.0/27.6-TL-OUTD



Technical data and types

Type code	TRIO-20.0-TL-OUTD	TRIO-27.6-TL-OUTD
Communication		
Wired local monitoring	PVI-USB-RS232_485 (opt.)	
Remote monitoring	VSN300 Wifi Logger Card (opt.), PVI-AEC-EVO (opt.), VSN700 Data Logger (opt.)	
Wireless local monitoring	VSN300 Wifi Logger Card (opt.)	
User interface	Graphic display	
Environmental		
Ambient temperature range	-25...+60°C / -13...140°F with derating above 45°C/113°F	
Relative humidity	0...100% condensing	
Sound pressure level, typical	50 dBA @ 1 m	
Maximum operating altitude without derating	2000 m / 6560 ft	
Physical		
Environmental protection rating	IP 65	
Cooling	Natural	
Dimension (H x W x D)	1061 mm x 702 mm x 292 mm / 41.7" x 27.6" x 11.5"	
Weight	< 70.0 kg / 154.3 lbs (Standard version)	< 75.0 kg / 165.4 lbs (Standard version)
Mounting system	Wall bracket	
Safety		
Isolation level	Transformerless	
Marking	CE (50 Hz only), RCM	
Safety and EMC standard	EN 50178, IEC/EN 62109-1, IEC/EN 62109-2, AS/NZS 3100, AS/NZS 60950.1, EN 61000-6-2, EN 61000-6-3, EN 61000-3-11, EN 61000-3-12	
Grid standard (check your sales channel for availability)	CEI 0-21, CEI 0-16, DIN V VDE V 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, G59/3, C10/11, EN 50438 (not for all national appendices), RD 1699, RD 413, RD 661, P.O. 12.3, AS 4777.2, AS 4777.3, BDEW, NRS-097-2-1, MEA, IEC 61727, IEC 62116, Ordinul 30/2013	
Available products variants		
Standard	TRIO-20.0-TL-OUTD-400	TRIO-27.6-TL-OUTD-400
With DC+AC switch	TRIO-20.0-TL-OUTD-S2-400	TRIO-27.6-TL-OUTD-S2-400
With DC+AC switch and fuse	TRIO-20.0-TL-OUTD-S2F-400	TRIO-27.6-TL-OUTD-S2F-400
With DC+AC switch, fuse and surge arrester	TRIO-20.0-TL-OUTD-S2X-400	TRIO-27.6-TL-OUTD-S2X-400

¹⁾ The AC voltage range may vary depending on specific country grid standard

⁴⁾ Limited to 27600 W for Germany

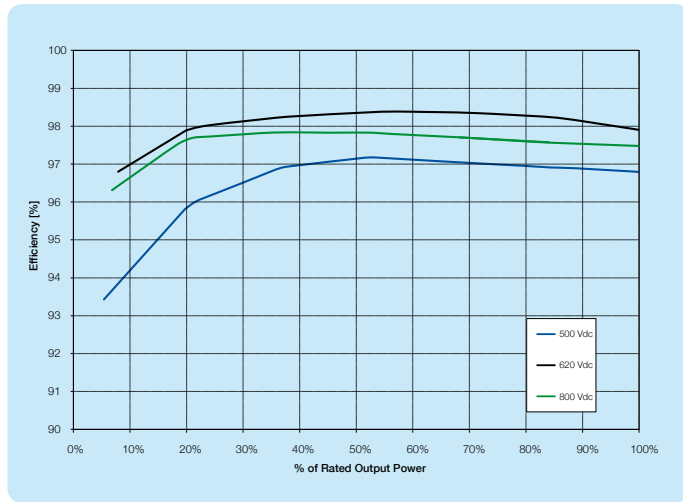
²⁾ The Frequency range may vary depending on specific country grid standard

⁵⁾ Optional mating parts

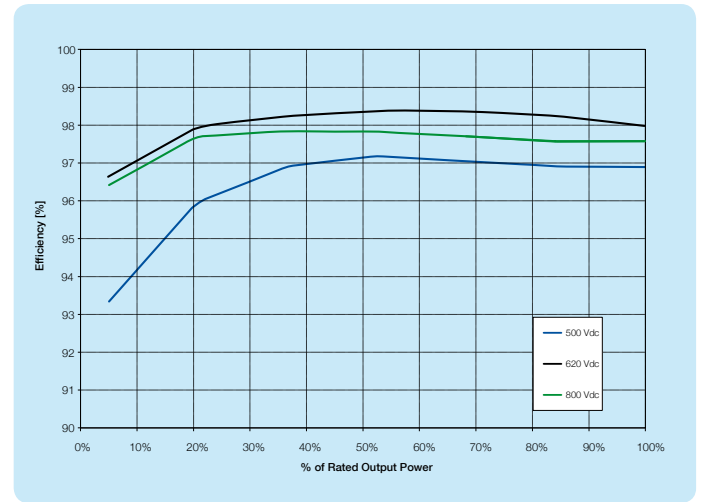
³⁾ Limited to 20000 W for Germany

Remark. Features not specifically listed in the present data sheet are not included in the product

Efficiency curves of TRIO-20.0-TL-OUTD



Efficiency curves of TRIO-27.6-TL-OUTD



Support and service

ABB supports its customers with dedicated, global service organization in more than 60 countries and strong regional and national technical partner networks providing complete range of life cycle services.

For more information please contact your local ABB representative or visit:

www.abb.com/solarinverters
www.abb.com/solar
www.abb.com

© Copyright 2015 ABB. All rights reserved.
 Specifications subject to change without notice.



ABB Stringsizer - Configuration Report

Location	Temperature (°C) Amb	Cell	Mounting method
CONTINENT Europe	Minimum -7°C	-7°C	Flush on roof
COUNTRY Italy	Average 25°C	60°C	
LOCATION Milan	Maximum 31°C	66°C	

Inverter Model	TRIO-27.6-TL-OUTD -S2
Rated AC Power [kW]/ Rated AC Voltage [V]	27600 / 400
Mppt Configuration	PARALLEL MPPT (Num. MPPT ind.: 1)
Total number of PV modules	120
Installed DC Power (STC) [kW]	28800
Notes	The selected inverter don'tt have string protection fuses on board. If it is proposed to design a photovoltaic generator in a group of three strings or more groups of three parallel strings, assess the inclusion of protection fuses of suitable size.



PV Panel (manufacturer / model)	3Busbar / SE-M230 6S60
Technology	
STC Rated Power [W]	240
Open Circuit Voltage - Voc [V]	37.7
Short Circuit Current - Isc [A]	8.51
Maximum Power Voltage - Vmp [V]	30.3
Maximum Power Current - Imp [A]	7.93
Temperature Coefficient - Voc [V/°C]	-0.128
Temperature Coefficient - Isc [mA/°C]	2.553



	MPPT1	MPPT2
PV Panels/String	20	n/a
Number of Parallel Strings	6	n/a
Total number of PV modules	120	n/a
Notes	1, 2	n/a
Installed DC Power (STC) [kW]	28.80	n/a
Maximum Power/MPPT [kW]	31.10	n/a
PPV(INST),MPPTi/PMPTMAX	92.6%	n/a
PPV(inst)/PACR	104.3%	n/a
PPV(inst)/PACMAX	96.0%	n/a
PV Panel Max System Voltage [Vdc]	1000	n/a
Inverter Maximum Input Voltage [Vdc]	1000	n/a
String Open Circuit Voltage @-7°C [Vdc]	835.9	n/a
String Open Circuit Voltage @66°C [Vdc]	649.0	n/a
Inverter Activation Voltage (default) [Vdc]	430	n/a
Inverter Recommended Activation Voltage [Vdc]	Default (430)	n/a
String Max Power Voltage @-7°C [Vdc]	671.9	n/a
String Max Power Voltage @60°C [Vdc]	533.9	n/a
String Max Power Voltage @66°C [Vdc]	521.5	n/a
Inverter MPP Operating Range* [Vdc]	301 - 950	n/a
PV Array Max Short Circuit Curr. @66°C [Adc]	51.7	n/a
Inverter Max Short Circuit Current/MPPT [Adc]	80	n/a
PV Array MPP Current @66°C [Adc]	48.2	n/a
Inverter Max MPPT Input Current [Adc]	64	n/a
Notes legend	*) Range for MPPT operation considering the voltage default activation; 1)- The number of strings in parallel exceeds the number of inputs on the inverter; please provide an external string box.; 2)- Number of parallel strings greater than 2. Verify the need to install fuses for reverse current protection	

Terms and Conditions of Use: By using this design tool you are agreeing that it is for estimating the string configurations that can be used with the ABB inverters only. ABB makes no claim as to its accuracy in predicting actual performance of your PV system or the inverter or its compliance with codes and standards in force at your project location.

All configurations should be double-checked by a qualified engineer for compliance with the inverter operating parameters, and electrical codes and regulations in effect at the installation site. By using this tool, the user indemnifies ABB. from any and all consequential damages arising from its use.

Anexo 3

Anexo 3. Informações técnicas do analisador de consumo do edifício

Monitor your energy from anywhere!



Instantly see the cost of using energy in your home



View energy use on our web portal or smartphone app



Download your daily, weekly, monthly or average data



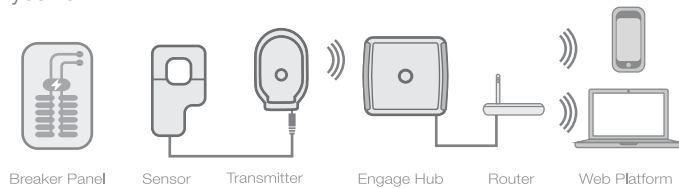
Discover and reduce your carbon footprint



Use the engage hub to reduce your home energy use

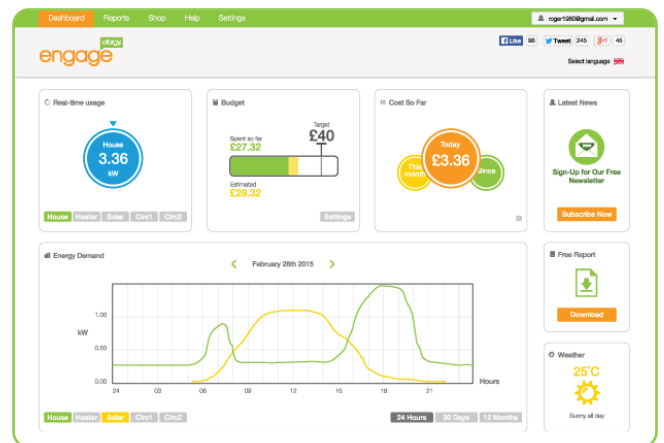


Our **engage hubs** are simple to install and use. One **CT sensor** is clipped onto the live feed cable of your breaker panel. A lead from the sensor is connected to the efergy transmitter, which then wirelessly sends real time data to the hub. The **engage hub** is connected to your internet router via ethernet cable. The web platform or app will then show you how much energy you are using in the same units that are on your bill.



engage online platform features

- Access your energy data in real-time, anytime, from anywhere.
- See your energy data on our free platform and apps for Android, iPhone and iPad.
- View your daily, weekly, monthly or average costs in easy-to-read graphics.
- Download your daily, weekly, and monthly energy data report onto your PC/Mac.
- Set your monthly budget and see how close you are to meeting it.
- Compare your energy over 12 months and see where your costs are highest.
- Choose to view your energy data in £'s, kWh or CO₂.
- Discover and reduce your carbon footprint.
- Use the engage hub solo kit to track reductions in your household energy.

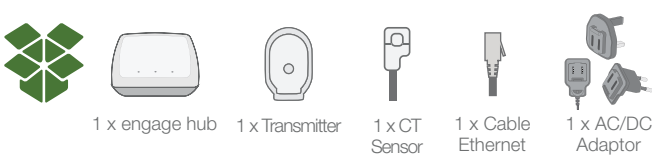


Technical details

Model Name:	engage hub
Model Number:	HH-2.0
Frequency:	433.5MHz
Engage Hub Power:	Changeable Adaptor
Dimensions:	84x80x27mm



What's in the box



If you have any question about the engage, go to: engage.efergy.com or email us at support@efergy.com

Sales & Distribution:
 Email: sales@efergy.com www.efergy.com

