



Estudo

Mobilidade Elétrica

Implicações e Oportunidades Empresariais

Ficha Técnica

Título

Estudo sobre Mobilidade Elétrica: Implicações e Oportunidades Empresariais

Contexto

Projeto n.º 46396 (designado por “AMBIPOR III – Ambiente em Portugal”), no âmbito do Contrato de Concessão de Financiamento do Sistema de Apoio a Ações Coletivas, celebrado entre a APEMETA e a Autoridade de Gestão do Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (COMPETE 2020).

Autoria

Impulsespring Lda e RdA Climate Solutions

Edição de Imagem Gráfica

APEMETA – Associação Portuguesa de Empresas de Tecnologias Ambientais

Ano de publicação

2022

Editorial

O presente Estudo é parte integrante de um conjunto de trabalhos concebidos e disponibilizados pela APEMETA com o objetivo de proporcionar informação técnica em diversos temas, relevantes no contexto empresarial e ambiental português.

Na atualidade existe grande reconhecimento, a nível mundial, das potencialidades das empresas portuguesas nos diversos sectores de atividade, contudo estas necessitam continuamente de ferramentas úteis à atualização de conhecimento e capacitação em diversas temáticas. Complementarmente, as PME's, pelas suas características e mercados em que se inserem, necessitam de ferramentas técnicas que lhes permitam ultrapassar os obstáculos que se lhes colocam para alcançarem um crescimento simultaneamente sustentado e competitivo.

Estas publicações, orientadas numa perspetiva empresarial, permitem eliminar obstáculos na identificação de oportunidades e na construção de respostas às exigências ambientais e desafios de desenvolvimento sustentado, estimulando ainda a procura de sinergias dentro do sector do ambiente ou noutros, que lhe sejam complementares. Queremos com este documento contribuir para que todos os interessados, de forma acessível e rápida, possam inteirar-se da temática focada e do potencial que representa na resposta que procuram.

Uma referência e devido agradecimento à equipa técnica que elaborou este documento e ao PO Competitividade e Internacionalização – Compete 2020, que, respetivamente, deram o seu contributo científico e financeiro imprescindível à elaboração deste Estudo, por opção, disponível em formato digital garantindo-se o seu fácil acesso e utilização.

Carlos Iglézias

Presidente da Direção da APEMETA

Índice de Conteúdos

1. Enquadramento	10
1.1 Âmbito e estrutura	10
1.2 Definições e Conceitos	12
1.2.1 Fontes de Energia	12
1.2.2 Formas de Energia	12
2. Introdução	13
2.1 Política Energética	13
2.2 Energia em Portugal	15
2.2.1 Consumo de Energia	15
2.2.2 Intensidade Energética	17
2.2.3 Dependência Energética	18
2.2.4 Produção de Energia Renovável	19
2.2.5 Produção de Eletricidade Renovável	21
2.2.6 Utilização de Eletricidade Renovável	25
3. Mobilidade Elétrica	26
3.1 Contexto	27
3.2 Programa de Mobilidade Elétrica	27
3.3 Rede de Mobilidade Elétrica	29
3.4 Cadeia de Valor da Mobilidade Elétrica	33
3.4.1 Venda de Veículos Elétricos	34
3.4.2 Pontos de Carregamento de Veículos Elétricos	36
3.4.2.1 Rede pública de PCVE	36
3.4.2.2 Rede privada de PCVE	38
3.4.2.3 Classificação e tipologia de PCVE	39
3.4.2.4 Tipos de tomadas dos PCVE	41
4. Veículos Elétricos	42
4.1 Operação de Veículos Elétricos	43
4.1.1 Modos de carregamento	43
4.1.2 Tempo e potência de carregamento	46
4.2 Utilização de Veículos Elétricos	48
4.2.1 Disponibilidade de pontos de carregamento	48

Índice de Conteúdos

4.2.2 Autonomia	50
4.2.3 Velocidade de carregamento	51
4.2.4 Vida útil das baterias	55
4.2.5 Impacte ambiental	62
4.2.6 Custos de operação e de utilização	65
4.2.6.1 Custos de aquisição e de operação	66
4.2.6.2 Custo do carregamento em PCVE da rede MOBI.E	68
4.2.6.3 Custo do carregamento em PCVE próprios	71
4.2.6.4 Comparativo de custos unitários de utilização	71
5. Estratégias, Desafios e Oportunidades	73
5.1 Renovação de Frota	73
5.2 Eficiência Energética	74
5.2.1 Regulamento da Gestão do Consumo de Energia	74
5.2.2 Etiquetagem energética	75
5.2.3 Sistemas de Monitorização de Consumos	78
5.2.4 Sistemas de Gestão de Frotas	79
5.2.5 Manutenção preventiva	80
5.2.6 Eco-condução	82
5.3 Energias Renováveis	83
5.3.1 Autoconsumo de eletricidade renovável	83
5.3.2 Partilha de eletricidade renovável	85
5.3.3 Aquisição de eletricidade renovável	86
6. Considerações Finais	86
7. Referências Bibliográficas	89

Índice de Figuras

Figura 1 – Evolução do consumo total de energia primária	15
Figura 2 – Evolução do consumo total de energia final	16
Figura 3 – Consumo total de energia final por setor de atividade	16
Figura 4 – Evolução da intensidade energética em Portugal e nos transportes	17
Figura 5 – Evolução da dependência energética em Portugal e no setor dos transportes	18
Figura 6 – Evolução da quota da contribuição das FER em Portugal	20
Figura 7 – Evolução da contribuição das FER em Portugal	20
Figura 8 – Desenvolvimento da política de renováveis em Portugal	21
Figura 9 – Evolução da produção e do consumo de energia elétrica em Portugal	22
Figura 10 – Repartição das fontes na produção de eletricidade em Portugal	22
Figura 11 – Evolução da potência instalada nos centros eletroprodutores	23
Figura 12 – Potência instalada em energia solar fotovoltaica em Portugal	24
Figura 13 – Potência instalada para produção de eletricidade renovável em Portugal	25
Figura 14 – Modelo de organização da rede de mobilidade elétrica em Portugal	30
Figura 15 – Modo de funcionamento da rede de mobilidade elétrica em Portugal	32
Figura 16 – Cadeia de valor da mobilidade elétrica	33
Figura 17 – Evolução da venda de veículos por fonte de energia em Portugal	34
Figura 18 – Venda de veículos em Portugal por fonte de energia	35
Figura 19 – Evolução do número de veículos elétricos em circulação em Portugal	35
Figura 20 – Evolução comparativa do rácio entre veículos elétricos e PCVE em Portugal e na Noruega ..	37
Figura 21 – Tomadas de carregamento dos PCN da rede pública	41
Figura 22 – Tomadas de carregamento dos PCR da rede pública	42
Figura 23 – Modos de carregamento de veículos elétricos	44
Figura 24 – Cabos de carregamento de veículos elétricos	45
Figura 25 – Software de gestão e de carregamento de veículos elétricos	49
Figura 26 – Curva de carga típica de um veículo elétrico num PCR	52
Figura 27 – Curva de carga de veículos elétricos num PCR de 50kW	53
Figura 28 – Curva de descarga da bateria de um veículo elétrico	58
Figura 29 – Faixa de utilização da capacidade de uma bateria de um veículo elétrico	59
Figura 30 – Faixa de utilização da potência de uma bateria de um veículo elétrico	60
Figura 31 – Vida útil de uma bateria de um veículo elétrico	61

Índice de Figuras

Figura 32 – Análise comparativa das emissões no ciclo de vida de veículos	63
Figura 33 – Estrutura do preço final do carregamento de veículos elétricos	69
Figura 34 – Comparativo do custo unitário de utilização de veículos	71
Figura 35 – Evolução comparativa do custo unitário de utilização de veículos	72
Figura 36 – Sistema de etiquetagem energética de frotas MOVE+	76
Figura 37 – Etiqueta energética para pneus	77
Figura 38 – Aplicação para smartphone para monitorização de consumos	79
Figura 39 – Sistema de gestão, controlo e monitorização de frotas	80
Figura 40 – Software de gestão e de manutenção preventiva de frotas	81

Índice de Tabelas

Tabela 1. Potência máxima de carregamento de veículos elétricos	47
Tabela 2. Comparativo da velocidade de carregamento de veículos elétricos	56
Tabela 3. Análise comparativa das emissões de CO2 de veículos	65

Siglas e Acrónimos

BEV	Battery Electric Vehicle
BT	Baixa Tensão
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CEF	Consumo Energia Final
CEME	Comercializador de Energia para a Mobilidade Elétrica
CEP	Consumo Total de Energia Primária
CER	Comunidades de Energias Renováveis
CFBE	Consumo Final Bruto de Energia
CO2	Dióxido de Carbono
DGEG	Direção-Geral de Energia e Geologia
DoD	Depth-of-Discharge
DPC	Detentor de Posto de Carregamento
EGME	Entidade Gestora da Rede de Mobilidade Elétrica
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
FCEV	Fuel Cell Electric Vehicle
FER	Fontes de Energia Renovável
GEE	Gases com Efeito de Estufa
HEV	Hybrid Electric Vehicles
IEC	Imposto Especial sobre o Consumo de energia elétrica
IMTT	Instituto da Mobilidade e Transportes
ISV	Imposto Sobre Veículos
ISP	Imposto Sobre Produtos Petrolíferos
IVA	Imposto sobre o Valor Acrescentado
IUC	Imposto Único de Circulação
MT	Média Tensão
OBC	On-Board Charger
OPC	Operador de Posto de Carregamento
ORD	Operador da Rede de Distribuição
PCN	Posto de Carregamento Normal
PCR	Posto de Carregamento Rápido

Siglas e Acrónimos

PCUR	Posto de Carregamento Ultrarrápido
PCVE	Posto de Carregamento de Veículos Elétricos
PHEV	Plug-in Hybrid Electric Vehicle
PIB	Produto Interno Bruto
PME	Pequena e Média Empresa
PNEC	Plano Nacional de Energia e Clima
PPA	Power Purchase Agreements
QAN	Quadro de Ação Nacional para a criação de uma infraestrutura para combustíveis alternativos
RFID	Radio Frequency Identification
RGCEST	Regulamento da Gestão do Consumo de Energia para o Setor dos Transportes
RME	Regulamento para a Mobilidade Elétrica
SGF	Sistema de Gestão de Frotas
SMC	Sistemas de Monitorização de Consumos
SoC	State-of-Charge
SoH	State-of-Health
TAR	Tarifas de Acesso às Redes de energia elétrica
TCO	Total Cost of Ownership
tep	Tonelada Equivalente de Petróleo
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
UVE	Utilizador de Veículo Elétrico
VE	Veículo Elétrico
VPP	Virtual Power Plant
V2G	Vehicle-to-Grid

1. Enquadramento

O presente Estudo tem como objetivo central abordar as questões mais relevantes relacionadas com a **mobilidade elétrica**, com a sua promoção e implementação, integrando um conjunto de instrumentos de apoio às empresas dos vários setores de atividade no âmbito do projeto AMBIPOR III com vista à qualificação das estratégias das PME pela:

- Qualificação técnica em novas temáticas, seus mecanismos e processos e redução das assimetrias de informação em áreas conexas como a económica/financeira ou mecanismos de financiamento;
- Potenciação de redes de conhecimento, comunicação e cooperação nacional e internacional que permitam a identificação de stakeholders para processos colaborativos e sinergias.

1.1. Âmbito e estrutura

O presente Estudo surge em linha com anteriores publicações técnicas da APEMETA no domínio da energia, eficiência energética e descarbonização como sejam a “Brochura

Técnica sobre o setor da Energia” e o “Guia de boas práticas para o controlo e otimização de recursos energéticos”, documentos desenvolvidos no âmbito do Projeto AMBIPOR II (2019).

À semelhança destes, o presente documento visa configurar-se um instrumento útil às PME, com vista a esclarecer os principais conceitos e abordar as questões mais relevantes, nesta caso relativas à mobilidade elétrica, compilando de um modo sistematizado informação que permita apoiar o traçado e adequação das estratégias empresariais, bem como suportar processos de decisão e ação no sentido de incrementar a competitividade das empresas à luz do atual contexto nacional e desígnios da política energético-ambiental.

Assim, o documento está estruturado de modo a fornecer uma breve introdução para a melhor compreensão desta temática, com uma síntese da política energética e do panorama do setor energético em Portugal, sendo abordados os principais indicadores ao nível do consumo e da produção de energia.

Segue-se um foco na mobilidade elétrica, abordando toda a informação relativa à rede de mobilidade elétrica e às principais componentes da sua cadeia de valor, especificamente a venda de veículos elétricos e os pontos de carregamento.

Num novo capítulo é dado destaque aos veículos elétricos, integrando informação referente à operação e utilização destes, abordando as questões relacionadas com o carregamento das baterias (modos, tomadas, potências, tempo e velocidade), com a autonomia, com a vida útil das baterias e com os custos associados aos veículos elétricos.

Com estas bases, serão então abordados os desafios e oportunidades, descrevendo as medidas de eficiência energética e/ou aproveitamento das energias renováveis que poderão constituir oportunidades para as empresas, permitindo suportar processos de tomada de decisão, especificamente ao nível da gestão de consumos e de frotas.

Adicionalmente são apresentadas algumas considerações finais e elencadas referências que constituíram as bases bibliográficas do presente Estudo, mas que também podem ser encaradas como fontes adicionais de informação.

1.2. Definições e Conceitos

1.2.1. Fontes de Energia

A energia, que pode ser definida como a capacidade de produzir trabalho ou de realizar uma ação, pode ter origem em dois tipos de fontes:

- **Fontes de energia renováveis:** provenientes diretamente da natureza, renovando-se a partir dos ciclos naturais inesgotáveis e endógenos, nomeadamente a água interior (rios), biomassa, geotermia, ondas e marés, radiação solar e vento;
- **Fontes de energia não renováveis:** recursos limitados, que se esgotam à medida que são utilizados, dependentes dos recursos finitos existentes no planeta ou da sua taxa de renovação, nomeadamente os combustíveis fósseis: petróleo e seus derivados, carvão e gás natural.

1.2.1. Formas de Energia

A energia pode manifestar-se de diferentes formas: cinética, elétrica, mecânica, nuclear, potencial, química, térmica, entre outras.

Tendo em conta os processos da sua transformação, pode ser classificada em energia primária ou em energia final [1]:

- **Energia primária:** energia disponível na natureza antes de ser convertida ou transformada, podendo ser utilizada diretamente ou sujeita a transformações, englobando as fontes de energia renováveis e as não renováveis (e.g., petróleo, carvão, gás natural, radiação solar, água, vento, etc.);
- **Energia final:** resulta de processos de transformação da energia primária em formas de energia adequadas às diferentes utilizações, sofrendo naturalmente perdas inerentes a esses processos:
 - O petróleo, sendo uma fonte de energia primária, é transformado nas refinarias em gasolina, gasóleo ou gás de petróleo liquefeito;
 - A eletricidade é produzida a partir de fontes de energia renováveis ou não-renováveis;
 - A radiação solar é convertida em energia elétrica (painéis fotovoltaicos) ou em energia térmica (coletores solares);
 - A biomassa é convertida, por combustão, em energia térmica e (cogeração)/ou elétrica.

A unidade de energia primária consagrada mundialmente é o tep (tonelada equivalente de petróleo), a qual foi desenvolvida para se poder comparar o consumo e a produção de energia independentemente das fontes de energia utilizadas:

- 1 tep representa a energia equivalente à quantidade de calor libertado na combustão de uma tonelada de petróleo;
- 1 tep equivale a 41,868 giga joules (GJ) ou a 11.630 kWh.

A energia final é habitualmente apresentada em tep (para efeitos comparativos com a energia primária), podendo, todavia, ser também apresentada noutras unidades (e.g., a eletricidade é geralmente apresentada em “Watt-hora” (Wh) e seus respetivos múltiplos – kWh, MWh, GWh, TWh).

2. Introdução

No presente capítulo é apresentada uma síntese da política energética e um panorama do setor energético em Portugal¹, sendo abordados os principais indicadores energéticos que de certo modo se poderão relacionar (e correlacionar) com o setor dos transportes e da mobilidade elétrica.

2.1. Política Energética

O Acordo de Paris estabeleceu, em 2015, o objetivo de travar o aquecimento global do planeta a apenas 2 °C acima dos níveis pré-industriais. Consequentemente, a Comissão Europeia desenvolveu uma série de pacotes estratégicos integrados no **“Pacote Ecológico Europeu”** (**“Green Deal”**) e que visam dar resposta a este desafio global nas diferentes áreas, destacando-se o **“Pacote Energia Clima 2030”**, o **“Pacote Energia Limpa para todos os Europeus”** e o **“Pacote Mobilidade Limpa”**. [2]

¹ Dadas as circunstâncias afetas ao ano de 2020, especificamente no que respeita ao consumo de energia, e não estando ainda disponíveis dados referentes ao ano de 2021, são apresentados dados referentes ao ano de 2019.

Assim, e com o objetivo de atingir a neutralidade climática até 2050, a União Europeia comprometeu-se com uma quota de **32% de energias renováveis e com uma meta de redução de 55% das emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE)** até 2030 (em comparação com os níveis de 1990).

Para o setor dos transportes, são propostas metas ambiciosas para a redução das emissões de CO₂ dos automóveis e veículos comerciais ligeiros novos, especificamente redução de 55% das emissões dos automóveis e de 50% dos veículos comerciais ligeiros para 2030 e emissões zero nos automóveis novos a partir de 2035.

A União Europeia prepara-se, assim, para durante a próxima década efetuar um phase-out dos veículos com motores de combustão interna que utilizem combustíveis fósseis. O contributo de Portugal para estes desígnios materializa-se em metas igualmente ambiciosas para 2030, que foram definidas no âmbito do Plano Nacional de Energia-Clima (PNEC 2030), nomeadamente a de alcançar uma quota de **47% de energia proveniente de fontes renováveis** no consumo final bruto de energia (CFBE) em 2030 [3].

Adicionalmente, e em linha com os objetivos do Roteiro para a Neutralidade Carbónica 2050 (RNC 2050), o PNEC define, **para o setor dos transportes**, uma meta de 20% de incorporação de energias renováveis e uma meta de redução em 40% da emissão de GEE até 2030.

Tais pretensões, tanto a nível europeu como nacional, implicam um enfoque na mobilidade sustentável e na descarbonização do consumo de energia, a promoção e reforço do transporte público (promovendo a complementaridade e articulação modal), a promoção de mais medidas de eficiência energética, a promoção dos biocombustíveis avançados e do hidrogénio e uma forte aposta na mobilidade elétrica.

É neste contexto que surge o presente Estudo, procurando constituir-se como um contributo para a qualificação das estratégias das PME de Portugal, promovendo os veículos elétricos enquanto alternativa à utilização de fontes de energia convencionais (fósseis) no setor dos transportes, permitindo desta forma reduzir-se a dependência energética externa, aumentar a sustentabilidade ambiental e económica nacional.

2.2. Energia em Portugal

Apresentam-se seguidamente alguns dados macro relativos aos principais indicadores energéticos de Portugal relacionados com o setor dos transportes e da mobilidade elétrica, especificamente relativos ao consumo de energia (primária e final), à dependência e à intensidade energética, ao potencial de aproveitamento dos recursos endógenos para produção de energia e ao conseqüente impacto para um setor dos transportes mais competitivo e resiliente.

2.2.1. Consumo de Energia

O consumo total de energia primária (CEP) em 2019 em Portugal foi de 22.470 ktep, com o petróleo a representar 42,1%, seguido das **renováveis com 26,7%**, do gás natural com 23,6% e do carvão com 5,6% [4], conforme ilustra a Figura 1.

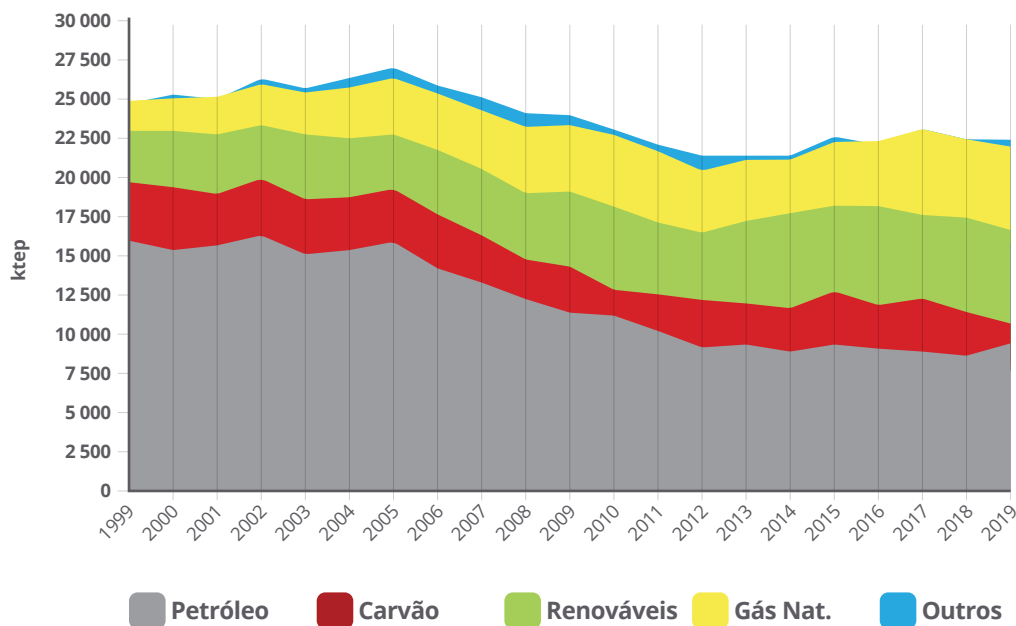


Figura 1. Evolução do consumo total de energia primária [4]

Em termos de consumo energia final (CEF), em 2019 foi de 16.649 ktep, com o petróleo a representar 46,2%, a **eletricidade 24,7%**, o gás natural 10,6%, as renováveis sem eletricidade 10,8% e o calor oriundo da cogeração 7,2% [4], de acordo com a Figura 2.

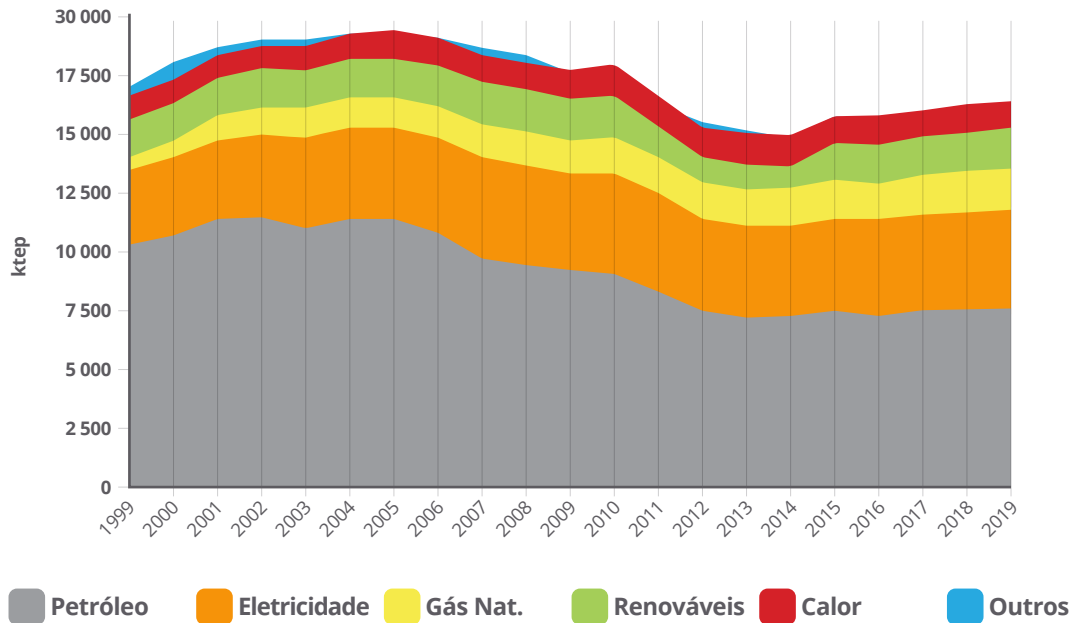


Figura 2. Evolução do consumo total de energia final [4]

O setor dos transportes é o principal consumidor de energia em Portugal (36,1%), seguido da indústria (29,5%), do setor doméstico (17,4%), do setor dos serviços (14,1%) e do setor da agricultura e pescas (2,9%) [4], tal como ilustra a Figura 3.

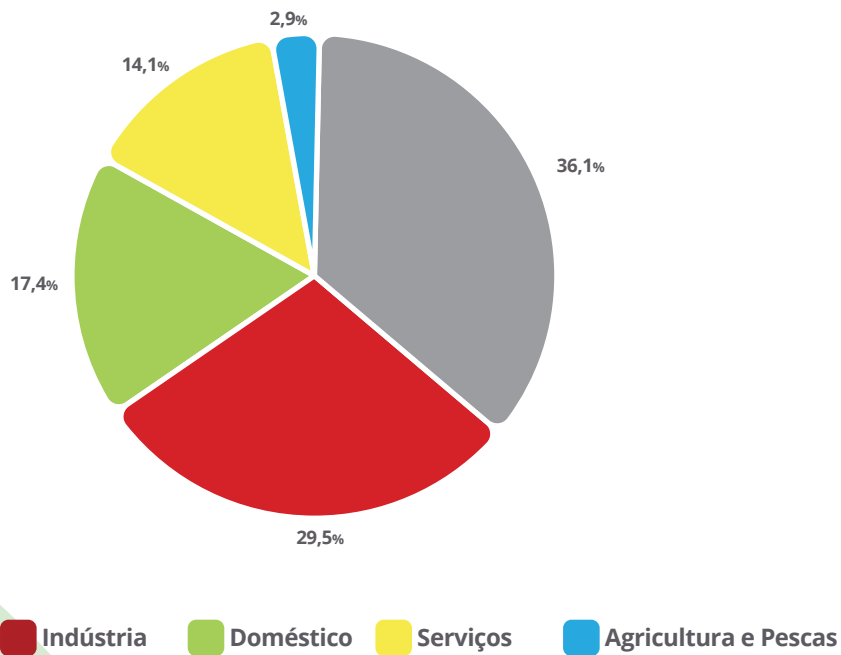


Figura 3. Consumo total de energia final por setor de atividade [4]

O consumo de energia final do setor dos transportes nos últimos anos tem rondado os **6,0 Mtep**, com os produtos petrolíferos ainda a representar mais de 90% [5].

O consumo de eletricidade nos transportes rodoviários, embora ainda residual, tem vindo a registar um crescimento exponencial ao longo dos últimos anos: em 2019 atingiu 1.013 tep, um valor 2,2 vezes superior ao consumo do ano anterior e 36 vezes superior ao consumo de 2014 (ano do primeiro registo desta componente do consumo de energia do setor dos transportes) [4].

2.2.2. Intensidade Energética

A intensidade energética é um indicador utilizado para a monitorização da evolução da eficiência energética global do país, medindo a quantidade de energia necessária (expressa em energia primária e contabilizada em tep) para produzir uma unidade do Produto Interno Bruto (PIB, em milhões de euros).

Pese embora Portugal seja, ainda, um país com uma elevada intensidade energética, ao longo dos últimos anos, e apresentando uma tendência de convergência com a média europeia, a economia portuguesa tem vindo a diminuir a sua intensidade energética, conforme ilustra a Figura 4.

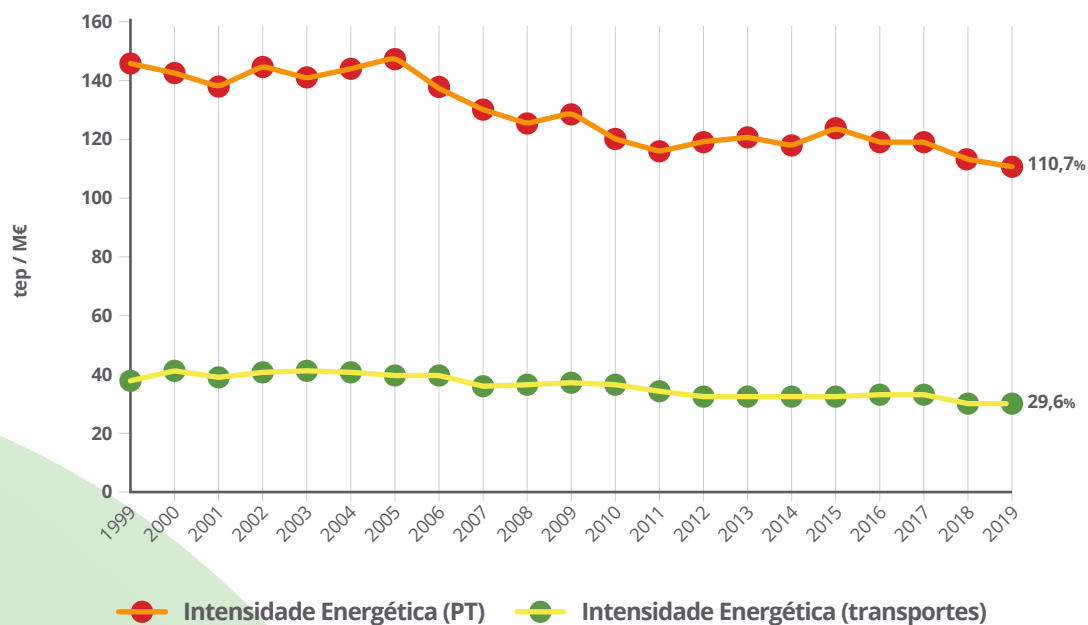


Figura 4. Evolução da intensidade energética em Portugal e nos transportes
 Adaptado de [4] e [5]

A intensidade energética da economia em energia primária em 2019 foi de 110,7 tep/M€2016, menos 13,2% em relação a 2009. Com um valor 10 p.p. acima da média UE-28 (que foi de 107,6 tep/M€), Portugal foi o 14.º país da União Europeia com a menor intensidade energética.

Relativamente ao setor dos transportes, a intensidade energética em 2019 em Portugal foi de 29,6 tep/M€2016, menos 20,2% em relação a 2009.

2.3.3. Dependência Energética

Um dos principais objetivos da política energética nacional é a redução da dependência energética do exterior.

Naturalmente, as necessidades de importações energéticas de Portugal estão fortemente relacionadas com a capacidade existente do aproveitamento dos recursos naturais e renováveis disponíveis no território.

Não obstante Portugal apresentar ainda uma elevada dependência energética, nomeadamente no setor dos transportes, a aposta em energias renováveis (incluindo a incorporação de biocombustíveis), na eficiência energética e na promoção de uma mobilidade mais sustentável (onde se inclui a mobilidade elétrica), tem permitido reduzir a sua dependência energética, conforme se apresenta na Figura 5.

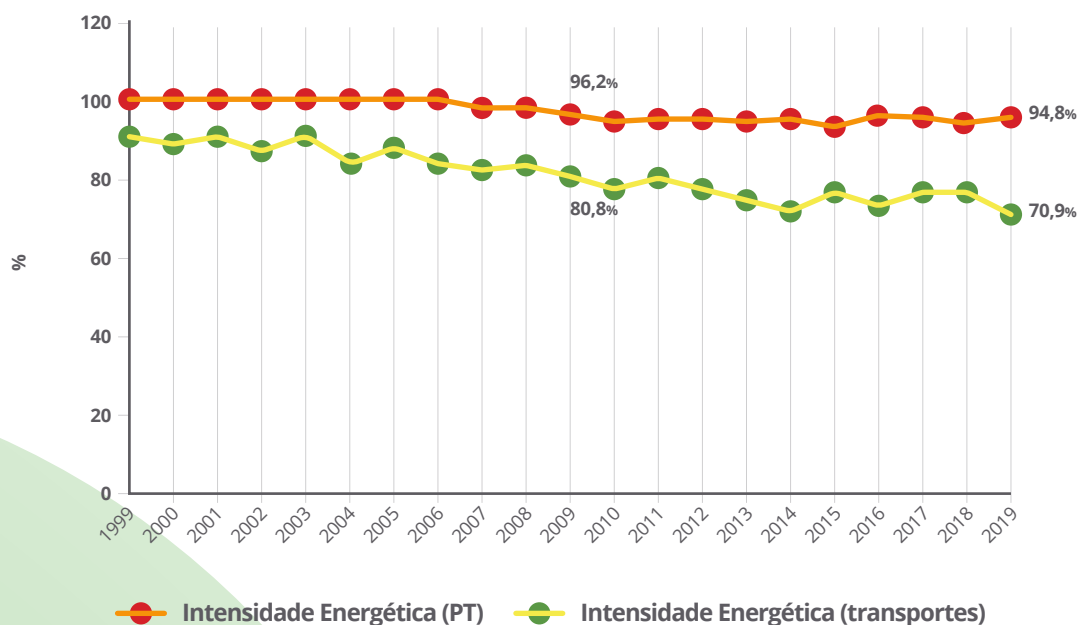


Figura 5. Evolução da dependência energética em Portugal e no setor dos transportes
 Adaptado de [4], [5] e [6]

A dependência energética de Portugal em 2019 foi de **70,9%**, menos 10% face a 2009. Com um valor 13 p.p. acima da média UE-28 (que foi de 57,8%), Portugal foi o 8.º país da União Europeia com a maior dependência energética.

Como referido anteriormente, o PNEC estabelece, para 2030, uma quota de **47% de energia proveniente de fontes renováveis**.

Relativamente ao setor dos transportes, a dependência energética de Portugal, embora esteja a decrescer, é ainda muito significativa: em 2019 baixou ligeiramente dos 95% [10].

Para 2030, e para o cumprimento da meta do PNEC de **20% de energias renováveis no setor dos transportes** (o equivalente a aprox. 900 ktep, ou 10,5 TWh), contribuirá a continuidade de utilização e/ou incorporação de biocombustíveis nos combustíveis fósseis (i.e., bioetanol, biodiesel e biogás/biometano), a promoção da utilização de biocombustíveis avançados e de hidrogénio (verde) e a utilização de eletricidade renovável nos veículos elétricos.

2.2.4. Produção de Energia Renovável

Em 2019, a contribuição das Fontes de Energia Renovável (FER) no CFBE em Portugal foi de **30,6%**, sendo 31% o objetivo que Portugal estabeleceu para 2020.

A quota de FER no setor da eletricidade foi de 53,8% (tendo sido o 4.º país da UE-28 com a maior quota de eletricidade proveniente de FER), no aquecimento e arrefecimento de 41,7%² e nos transportes de 9,1%, conforme se pode constatar na Figura 6.

² Desde 2014 que a incorporação FER inclui o contributo das bombas de calor.

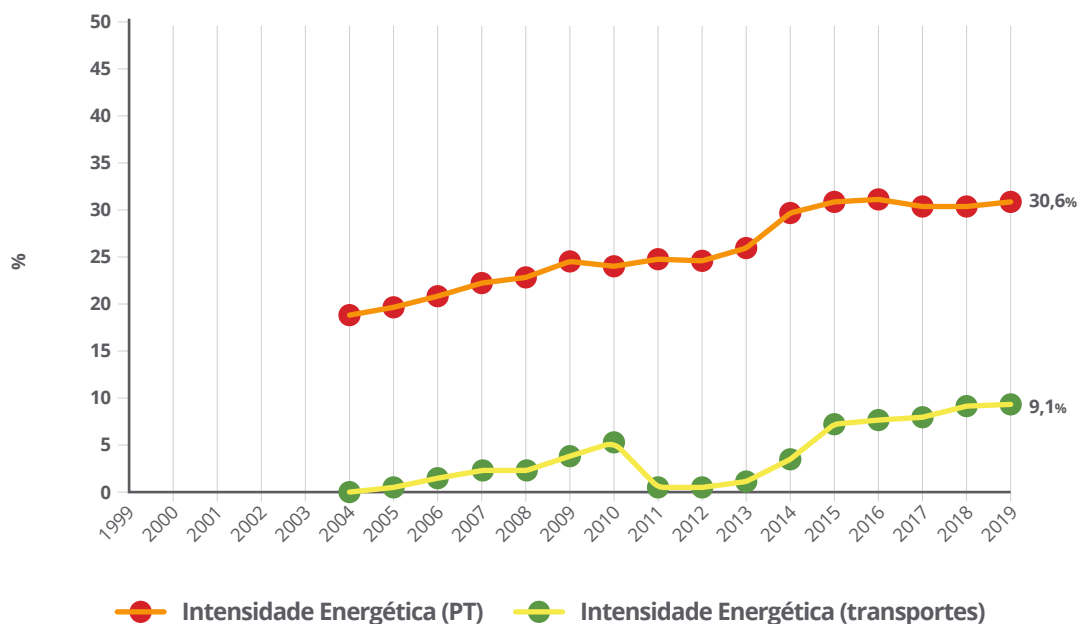


Figura 6. Evolução da quota da contribuição das FER em Portugal
Adaptado de [4] e [6]

Os principais contributos das FER foram provenientes da biomassa (45%) e da energia elétrica (36%, incluindo eólica, hídrica e solar fotovoltaico). Os biocombustíveis contribuíram com 6% [7].

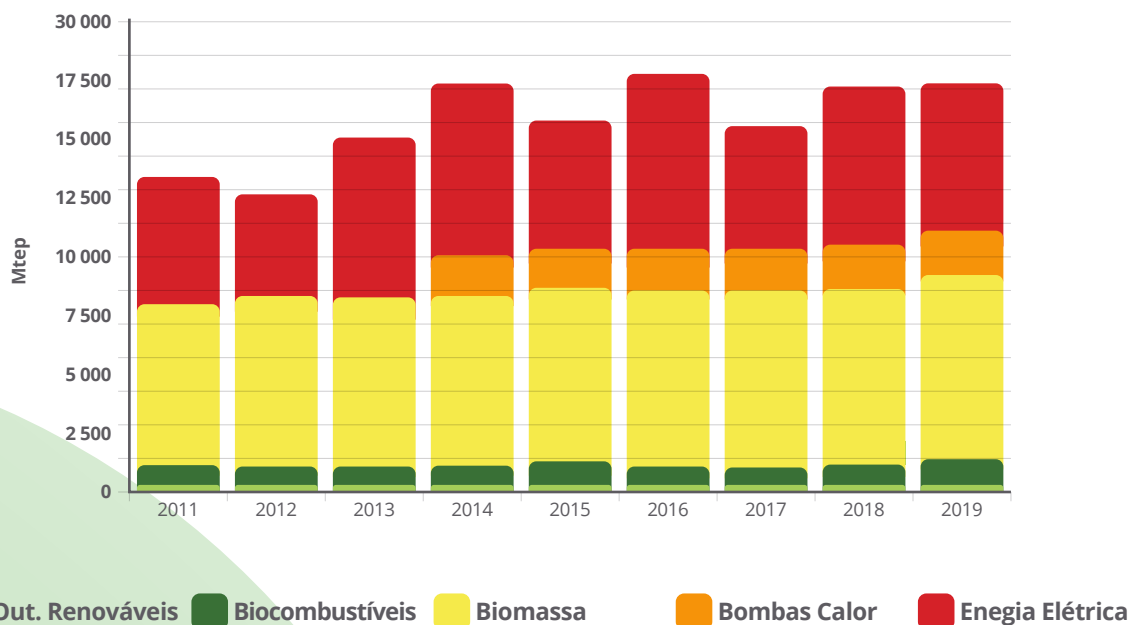


Figura 7. Evolução da contribuição das FER em Portugal [7]

Alcançar uma quota de 47% de renováveis no consumo final de energia, considerando as perspetivas de evolução da eletrificação de diversos setores de atividade (incluindo a transição para a mobilidade elétrica), implica que, no setor elétrico, as renováveis contribuam com pelo menos **80%** da produção de eletricidade [3].

2.2.5. Produção de Eletricidade Renovável

A estratégia de Portugal para o aproveitamento dos recursos endógenos para produção de energia elétrica tem vindo a assentar numa aposta faseada e específica por fonte de energia [8], conforme se pode observar na Figura 8.

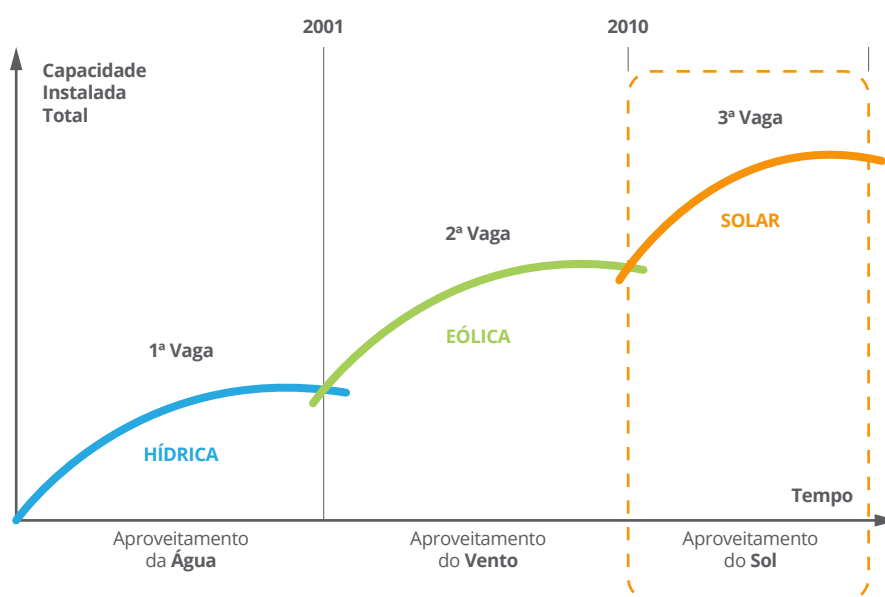


Figura 8. Desenvolvimento da política de renováveis em Portugal [8]

Esta estratégia tem conduzido a uma crescente utilização dos recursos endógenos e renováveis, alterando a composição do mix de produção de eletricidade em Portugal, o que, consecutivamente, tem desempenhado um papel cada vez mais determinante na satisfação do consumo.

O gráfico da figura seguinte ilustra a evolução da produção e do consumo de energia elétrica ao longo das últimas décadas [9].

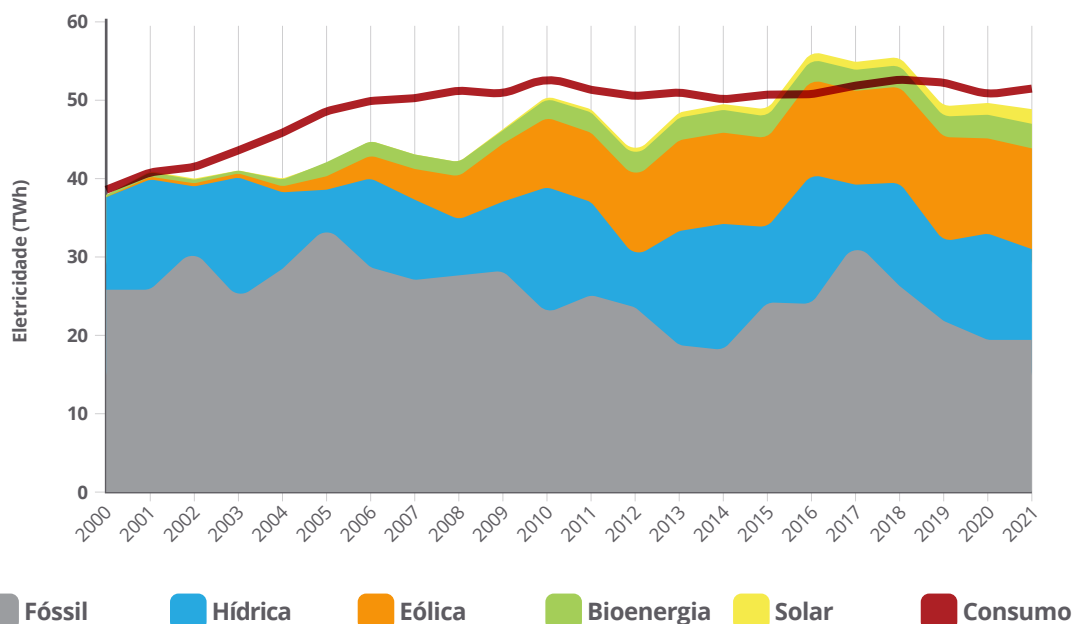


Figura 9. Evolução da produção e do consumo de energia elétrica em Portugal [9]

Como referido, a quota de FER na produção de eletricidade representou, em 2019, cerca de 53,8%, repartindo-se as fontes do seguinte modo, conforme a Figura 10.

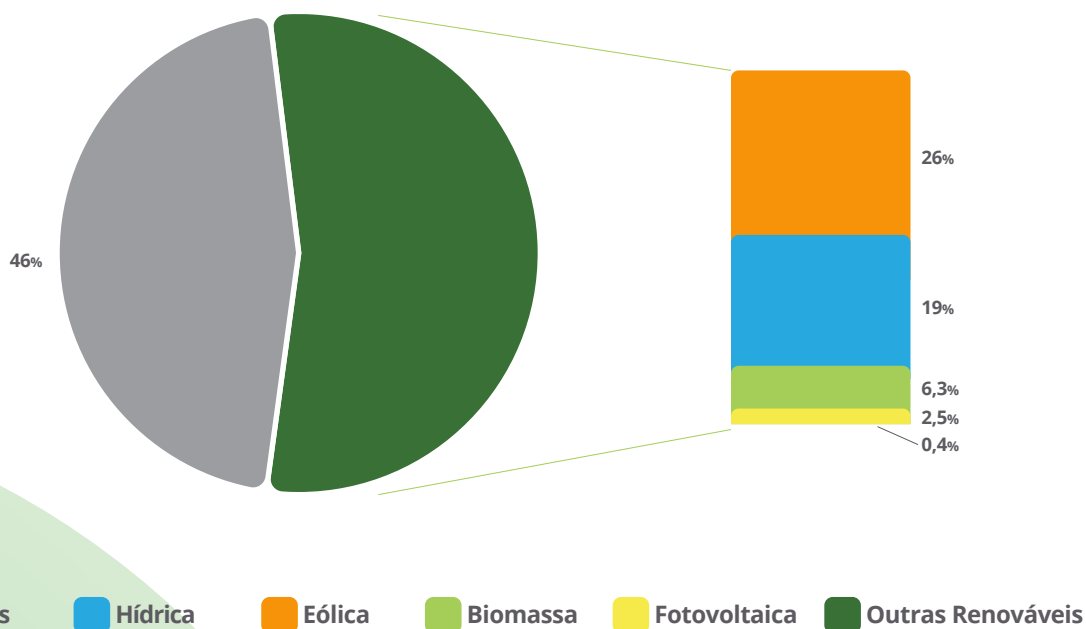


Figura 10. Repartição das fontes na produção de eletricidade em Portugal Adaptado de [6], [7] e [9]

O gráfico da figura seguinte ilustra a evolução da potência instalada nos centros eletroprodutores ao longo das últimas décadas [9].

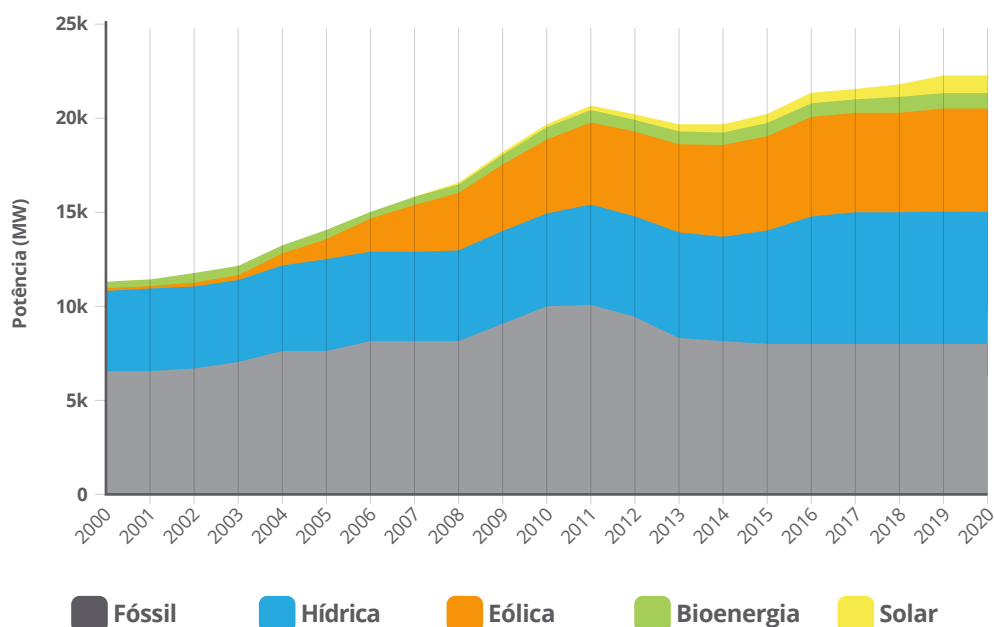


Figura 11. Evolução da potência instalada nos centros eletroprodutores [9]

Destaca-se a significativa evolução do aproveitamento da energia eólica entre 2004 e 2011, tendo nesse período a capacidade total instalada evoluído de aprox. 400 MW para mais de 4 GW: atualmente estão instalados cerca de 5,6 GW.

A realçar também o contínuo contributo crescente da potência em energia hídrica, estando atualmente instalados cerca de 7,2 GW.

Além disso, observa-se também (Figura 12) o aumento da capacidade instalada em energia solar fotovoltaica nos últimos anos, representando atualmente cerca de 1,8 GW (em 2021 foram instalados mais 701 MW do que no ano anterior, quase que duplicou a potência total).

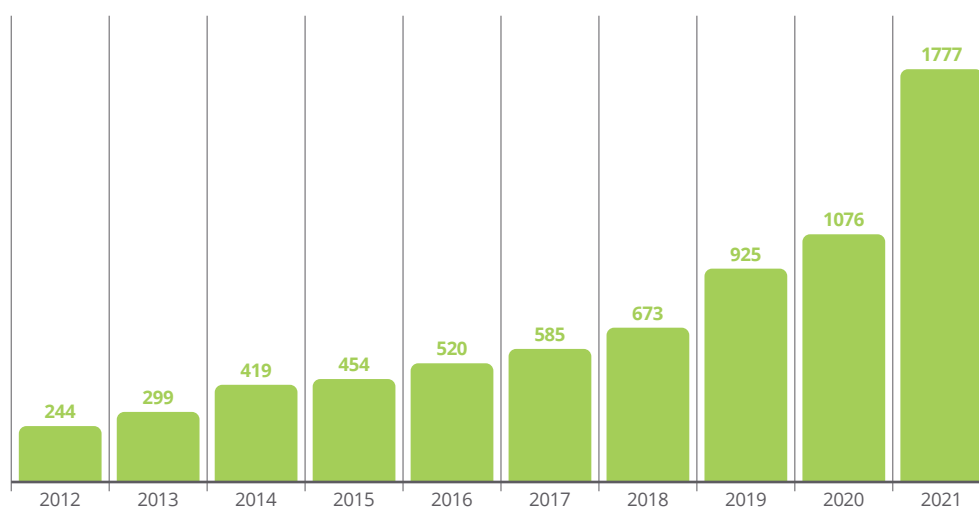


Figura 12. Potência instalada em energia solar fotovoltaica em Portugal
Adaptado de [7] e [9]

Saliente-se que o PNEC 2030 estabelece a meta de capacidade de energia solar instalada de pelo menos **9 GW**, o que se prevê um crescimento muito significativo a ocorrer ao longo dos próximos anos.

No caso da energia eólica, perspetiva-se igualmente um aumento relevante, fundamentalmente por via da substituição de aerogeradores em fim de vida (20-25 anos) por equipamentos mais eficientes (i.e., potenciar o “repowering” das infraestruturas existentes, a partir de 2025), prevendo-se atingir em 2030 uma capacidade de 9,3 GW (incluindo on-shore e off-shore).

Antevê-se, também, um ligeiro aumento da potência atualmente instalada em energia hídrica (0,3 GW).

O gráfico da figura seguinte ilustra a evolução comparativa da potência instalada em 2020 e em 2030 para produção de eletricidade renovável, por fonte.

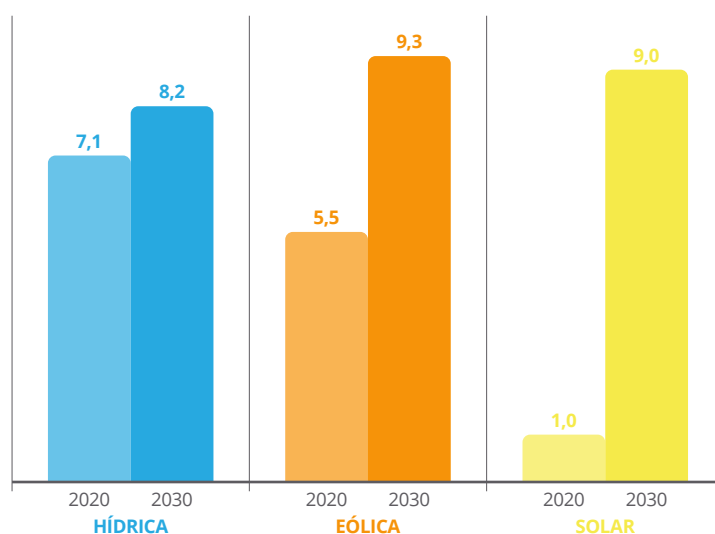


Figura 13. Potência instalada para produção de eletricidade renovável em Portugal
 Adaptado de [3] e [5]

2.2.6. Utilização de Eletricidade Renovável

As perspetivas e metas estabelecidas no PNEC 2030 representam um acréscimo de produção de eletricidade renovável na ordem dos 23 TWh face a 2019, o equivalente a uma substituição do consumo de aprox. 2 Mtep de energias fósseis.

Esta estratégia, e estas ambições, poderão permitir a Portugal dispor de fontes de energias endógenas capazes de dar uma adequada resposta às previsões de necessidades futuras no consumo de energia (e de eletricidade), especificamente em (con)sequência da evolução da eletrificação de diversos setores de atividade e da economia, com particular enfoque no setor dos transportes, mas também na indústria e nos setores residencial e dos serviços.

No caso do setor dos transportes, por exemplo, a evolução da eletrificação ocorrerá por via da transição para sistemas de propulsão alternativos, como sejam os veículos elétricos alimentados por baterias ou os veículos elétricos alimentados com pilhas de combustível³. Este progresso implicará uma alteração da composição do mix de consumo de energia.

³A pilha de combustível (“fuel cell”) utiliza hidrogénio para produzir a eletricidade necessária para o funcionamento do motor elétrico de um veículo a hidrogénio; uma das principais formas de produzir hidrogénio é por via da utilização de eletrolisadores, que utilizam energia elétrica para converter água em gases renováveis.

Como referido, o setor dos transportes consome cerca de 6 Mtep, sendo o **transporte rodoviário responsável por cerca de 95%** deste consumo [4].

A incorporação de 20% de energias renováveis prevista no PNEC 2030 implicará um contributo de aprox. 900 ktep, dos quais a eletricidade representará aprox. 543 ktep (i.e., cerca de 6,3 TWh) [3].

Perspetiva-se, assim, que Portugal disponha de eletricidade renovável para alimentar os veículos elétricos, garantindo que a transição para a mobilidade elétrica contribuirá, efetivamente, para um setor dos transportes mais sustentável do ponto de vista ambiental. Adicionalmente, esta aposta nas energias renováveis permitirá garantir, a médio-longo prazo, uma maior estabilidade e previsibilidade nos preços da energia elétrica.

Esta é uma questão de particular importância para assegurar custos de operação efetivamente competitivos e com uma reduzida dependência das flutuações de preços do mercado dos combustíveis fósseis.

3. Mobilidade Elétrica

Os meios de transportes movidos a energia elétrica constituem atualmente um adequado contributo para uma infraestrutura de transportes sustentável no longo prazo, permitindo um aumento da eficiência energética e uma redução da dependência energética.

Todavia, o crescimento da mobilidade elétrica (i.e., o aumento do número de veículos elétricos em circulação) implica, necessariamente, uma maior disponibilidade de pontos de carregamento, adequando assim a oferta às crescentes necessidades do mercado. O sucesso do processo de transição para a mobilidade elétrica depende, fortemente, da relação entre estas 2 componentes: oferta e procura, ou vice-versa.

No presente capítulo são abordadas as principais questões relacionadas com a mobilidade elétrica, sendo feito um enquadramento da organização e funcionamento deste setor em Portugal, apresentada a cadeia de valor (em termos de venda de veículos

elétricos e de instalação de pontos de carregamento) e a informação essencial relacionada com os principais processos associados à operação e utilização de veículos elétricos (carregamento, consumos e custos), particularmente no que respeita aos veículos ligeiros.

3.1. Contexto

A mobilidade elétrica torna-se cada vez mais relevante para promover a descarbonização dos consumos do setor dos transportes e promover uma maior incorporação de fontes renováveis no consumo de energia, contribuindo para os desígnios de uma mobilidade mais limpa e mais sustentável.

A mobilidade elétrica, com particular enfoque no transporte rodoviário, e especialmente no que diz respeito aos veículos ligeiros, será fundamental para assegurar a substituição progressiva dos combustíveis fósseis.

Adicionalmente, de referir que os biocombustíveis avançados, e o hidrogénio, se constituem como uma solução alternativa e complementar à mobilidade elétrica, em particular para os setores de transporte rodoviário pesado de mercadorias de longa distância, transporte pesado rodoviário e ferroviário de passageiros, setor marítimo de mercadorias e aviação.

A opção da solução de locomoção deve ser analisada de acordo com as reais necessidades de cada empresa, ou de cada utilizador.

3.2. Programa de Mobilidade Elétrica

Em 2009, com o objetivo de promover a introdução e a subsequente massificação da utilização do veículo elétrico em Portugal, foi criado o “Programa para a Mobilidade Elétrica”, tendo em 2010 sido criada uma rede-piloto e o modelo de funcionamento do programa designado como MOBI.E.

Em 2017, no âmbito do “Quadro de Ação Nacional para a criação de uma infraestrutura para combustíveis alternativos” ([QAN](#)), foi estabelecido o desenvolvimento da infraes-

estrutura de abastecimento, tendo sido definido, para a infraestrutura de carregamento, uma rede pública, em 2020, um número mínimo de 2.394 pontos de carregamento de veículos rodoviários elétricos (incluindo os pontos da rede piloto).

Em 2019 foi alargado o âmbito da rede de mobilidade elétrica, passando a ser possível integrar pontos de carregamento em espaços privados de acesso público.

A fase não comercial do programa (i.e., carregamento nos pontos de carregamento da rede de mobilidade elétrica sem custos para os utilizadores) decorreu até finais de 2018, tendo a partir de então ocorrido o pagamento dos custos de carregamento nos pontos de carregamento rápido (PCR), mantendo-se a isenção de custos nos restantes pontos de carregamento (“normais” – PCN) até julho de 2020.

O acesso e o exercício das diversas atividades associadas à mobilidade elétrica em Portugal foi sendo regulamentado, com a publicação dos principais diplomas a ocorrer em 2015 e 2016, destacando-se especificamente o estabelecimento de requisitos relacionados com a atribuição de licença para o exercício da atividade operacional dos pontos de carregamento ou com a comercialização de energia elétrica para a mobilidade, e a criação do “Regulamento da Mobilidade Elétrica” (RME)⁴ [11].

Em 2020 foram aprovadas as condições gerais do contrato de adesão à rede de mobilidade elétrica⁵.

A salientar ainda a necessidade de os veículos disporem de um “dístico identificativo de veículo elétrico”, emitido pelo IMTT, o qual se constitui, também, como um mecanismo de discriminação positiva de veículos elétricos já que poderá facilitar, por exemplo, a redução ou isenção dos custos de estacionamento em alguns Municípios, o estacionamento em zonas destinadas em exclusivo a veículos elétricos, ou a circulação na via pública em locais com restrições à circulação de veículos poluentes [14].

⁴Aprovado pelo [Regulamento n.º 879/2015](#), de 22 de dezembro, e alterado pelo [Regulamento n.º 854/2019](#), de 4 de novembro, e pelo [Regulamento n.º 103/2021](#), de 1 de fevereiro. Versão consolidada do RME disponível no link.

⁵[Diretiva n.º 8/2020](#), de 28 de maio.

3.3. Rede de Mobilidade Elétrica

A Rede de Mobilidade Elétrica é definida como o conjunto integrado de pontos de carregamento de veículos elétricos (PCVE) e outras infraestruturas, com acesso público e privado, relacionados com o carregamento de baterias de veículos elétricos, envolvendo os agentes responsáveis por atividades relacionadas, destinadas a permitir o acesso dos utilizadores de veículos elétricos à mobilidade elétrica.

Tratando-se de uma atividade regulada, desde 2015 que a rede de mobilidade elétrica de Portugal é gerida pela MOBI.E, S.A., uma empresa pública (que faz parte do Setor Empresarial do Estado) que atua como EGME, cabendo-lhe gerir a informação necessária para a faturação entre os agentes (quem carregou, onde carregou, quanto carregou e durante quanto tempo), bem como recolher e divulgar um conjunto de informação que permita monitorizar o seu funcionamento.

Apresentam-se seguidamente os principais agentes que desenvolvem atividades essenciais no âmbito da mobilidade elétrica [12]:

- A rede de carregamento é gerida pela Entidade Gestora da Rede de Mobilidade Elétrica (**EGME**), que assegura a gestão dos fluxos energéticos e financeiros resultantes das operações nesta rede;
- Os operadores das redes de distribuição (**ORD**), enquanto entidades responsáveis pelo fornecimento, instalação, manutenção e leitura dos equipamentos de medição na fronteira com o setor elétrico e pela disponibilização de dados de consumo;
- Os operadores dos pontos de carregamento (**OPC**), enquanto entidades responsáveis pela instalação, disponibilização, exploração e manutenção dos pontos de carregamento, pelo fornecimento e receção de informação relativa aos seus pontos de carregamento, bem como pela prestação dos serviços relacionados com a gestão dos pontos de carregamento, nomeadamente divulgação do respetivo preço de utilização;

⁶ Por determinação legal ([Decreto-Lei n.º 39/2010](#), de 26 de abril), a ERSE exerce a regulação económica da atividade de gestão de operações da rede de mobilidade elétrica.

⁷ A rentabilidade da EGME é estabelecida pela ERSE, uma vez que os seus proveitos permitidos (i.e., tarifas a pagar pelos utilizadores) são regulados.

- Os operadores detentores de registo de comercialização de eletricidade para a mobilidade elétrica (**CEME**), enquanto entidades utilizadoras dos dados de carregamento para efeitos de faturação pelos comercializadores do mercado elétrico;
- Os utilizadores de veículos elétricos (**UVE**) poderão aceder a qualquer ponto de carregamento da rede MOBI.E, independentemente de quem é o OPC, sendo necessário estabelecer previamente um contrato com um CEME.

A figura seguinte ilustra esquematicamente, e de forma simplificada, o modelo de organização da rede de mobilidade elétrica em Portugal [12].

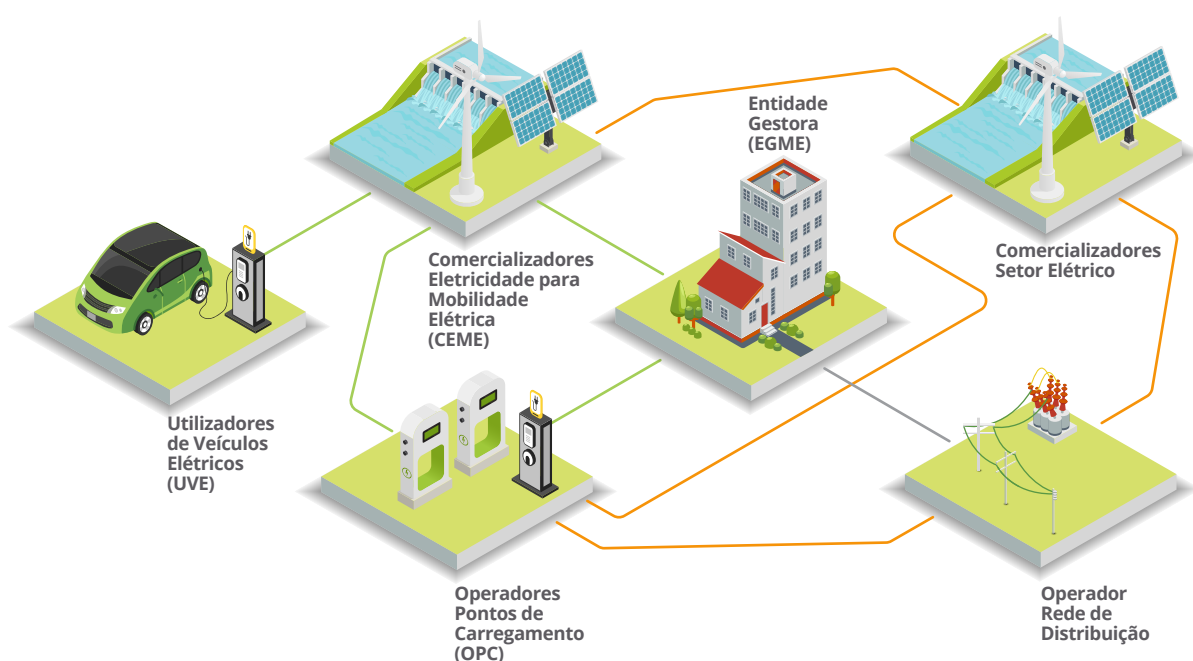


Figura 14. Modelo de organização da rede de mobilidade elétrica em Portugal [12]

Os principais procedimentos a observar para integração dos diversos agentes na rede de mobilidade elétrica em Portugal são [13]:

Procedimentos para constituição como OPC:

- Requerer, junto da [DGEG](#), licença de OPC para a mobilidade elétrica;
- Para instalação de PCVE em local público, requerer licenças de utilização privativa do domínio público (e.g., ao respetivo Município);

- Para a instalação de PCVE em espaços privados de acesso público ou privado, obter autorização do detentor do respetivo espaço;
- Assinar o [Contrato de Adesão](#) à Rede de Mobilidade Elétrica com a MOBI.E;
- Instalar os PCVE recorrendo aos fabricantes com equipamentos já validados para a rede MOBI.E, garantindo a compatibilidade técnica, tecnológica e de segurança entre os equipamentos.

Requisitos dos PCVE para integração na rede MOBI.E:

- Marcação CE e homologação (de acordo com a IEC61851);
- Leitor de cartões RFID (de acordo com a ISO/IEC14443) e/ou autenticação através de aplicativos móveis;
- Ligação à Internet;
- Protocolo de comunicação OCPP;
- Equipamento de medição que garanta o cumprimento da [Regra Técnica n.º 1](#) da MOBI.E.

Procedimentos para constituição como CEME:

- Deter uma licença de OPC;
- Requerer, junto da [DGEG](#), registo de CEME;
- Assinar o [Contrato de Adesão](#) à Rede de Mobilidade Elétrica com a MOBI.E;
- Garantir a compatibilidade técnica, tecnológica e de segurança entre os seus sistemas informáticos e os da MOBI.E, e os da rede de distribuição de eletricidade, cumprindo a Regra Técnica n.º 2 da MOBI.E.

A figura seguinte ilustra esquematicamente, e de forma simplificada, o modo de funcionamento da rede de mobilidade elétrica em Portugal [15].

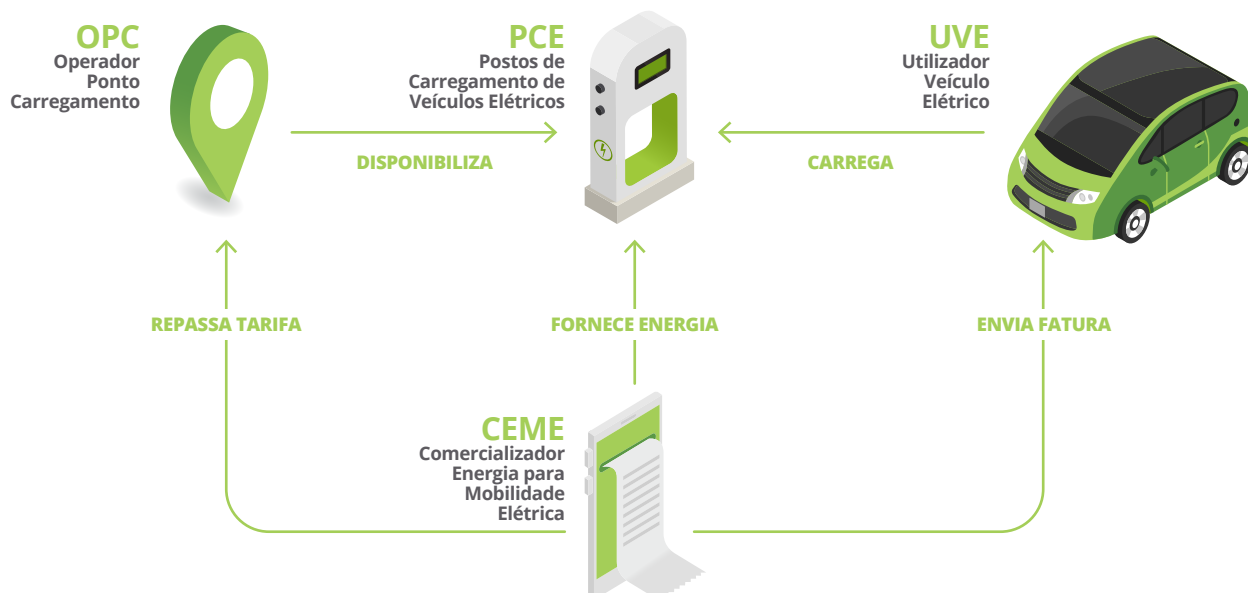


Figura 15. Modo de funcionamento da rede de mobilidade elétrica em Portugal [15]

A mencionar também a figura de Detentores de Ponto de Carregamento (DPC), que são basicamente as entidades titulares de pontos de carregamento situados em locais privados de acesso privativo, abrangendo, por exemplo, condomínios ou empresas que pretendam disponibilizar um PCVE para os seus funcionários e/ou clientes, para uso próprio ou de um número limitado de utilizadores.

O detentor do local de instalação pode escolher um OPC, que ficará responsável pela instalação e operação do posto, ou adquirir diretamente o equipamento, com a vertente de ligação ao sistema MOBI.E, a um fabricante.

Procedimentos para constituição como DPC:

- Instalar um PCVE, de acordo com os requisitos indicados anteriormente;
- Assinar o [Contrato de Adesão](#) à Rede de Mobilidade Elétrica com a MOBI.E.

Saliente-se que a atividade de DPC não pode ter caráter comercial. A energia consumida será paga pelos UVE ao abrigo dos contratos celebrados com os respetivos CEME, não sendo, assim, incluída na fatura de energia do DPC.

A referir também que integração de PCVE situados em locais privados de acesso privado na rede MOBI.E é facultativa, sendo de realçar que, caso o PCVE não esteja integrado na rede, se dispensa a obrigatoriedade de a comercialização de eletricidade ser efetuada por um CEME, podendo, nestes casos, ser efetuada por um comercializador do setor elétrico.

Em todo o caso, e no que diz respeito aos PCVE, saliente-se a necessidade de observar o cumprimento da regulamentação aplicável.

3.4. Cadeia de Valor da Mobilidade Elétrica

A cadeia de valor da mobilidade elétrica, esquematizada na Figura 16, integra inúmeros fatores que se têm constituído como uma significativa oportunidade de desenvolvimento e inovação a nível mundial, europeu e nacional, abrangendo vários setores de atividade, desde a produção de veículos, baterias e infraestruturas de carregamento, aos serviços de instalação, gestão, operação e manutenção.



Figura 16. Cadeia de valor da mobilidade elétrica

O sucesso do processo de transição para a mobilidade elétrica depende fortemente da relação harmoniosa entre a oferta de pontos de carregamento e a procura de carregamento de energia pelos veículos elétricos, e do adequado resultado das operações consequentes de gestão de informação e de dados.

Seguidamente apresenta-se uma súmula dos principais indicadores de cada um destes fatores em Portugal, nomeadamente no que respeita à evolução das vendas de veículos elétricos e à evolução da instalação de pontos de carregamento.

3.4.1. Venda de Veículos Elétricos

Apesar do mercado nacional de veículos elétricos refletir as mesmas dificuldades de mercado comuns a todo o mundo, nomeadamente, a falta de escala da oferta e procura que condiciona, também, o preço do veículo, tem-se vindo a observar um crescimento considerável do número de veículos elétricos registados em Portugal, conforme se pode constatar na Figura 17.

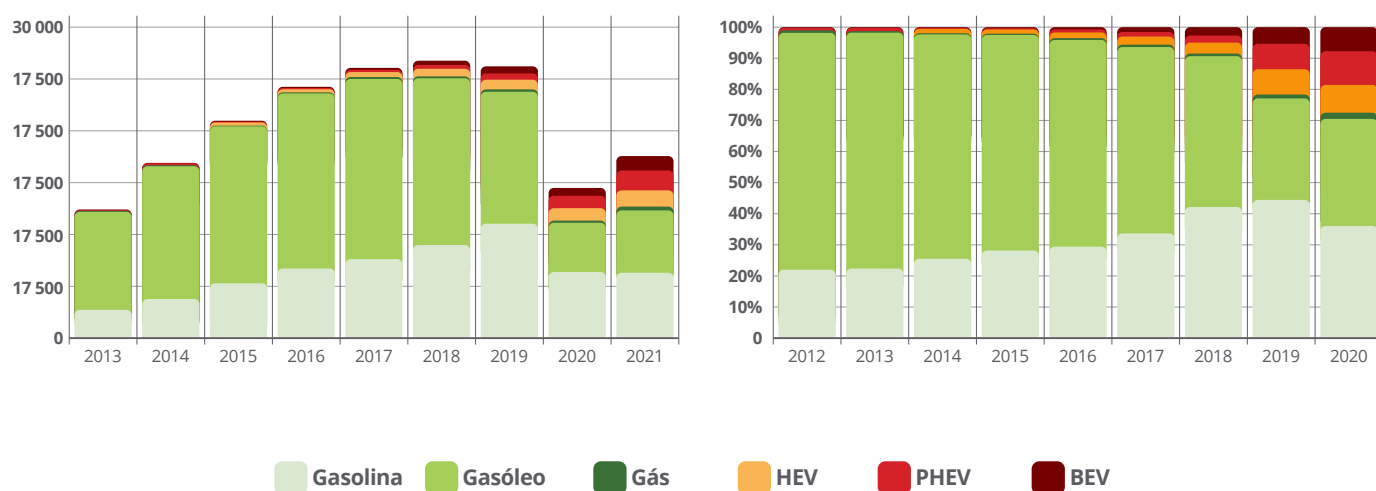


Figura 17. Evolução da venda de veículos por fonte de energia em Portugal
 Adaptado de [16]

A quota de mercado dos veículos elétricos em Portugal (em termos de vendas) atingiu os **8%** em 2021⁸, com o global das opções eletrificadas (i.e., HEV, PHEV e BEV) a representar particamente 30% do volume de vendas, tal como ilustra a Figura 18:

⁸ A salientar que em novembro de 2021 a venda de veículos ligeiros de passageiros 100% elétricos (18,1%) superou a venda de veículos com motores a gasóleo (17,7%) [16].

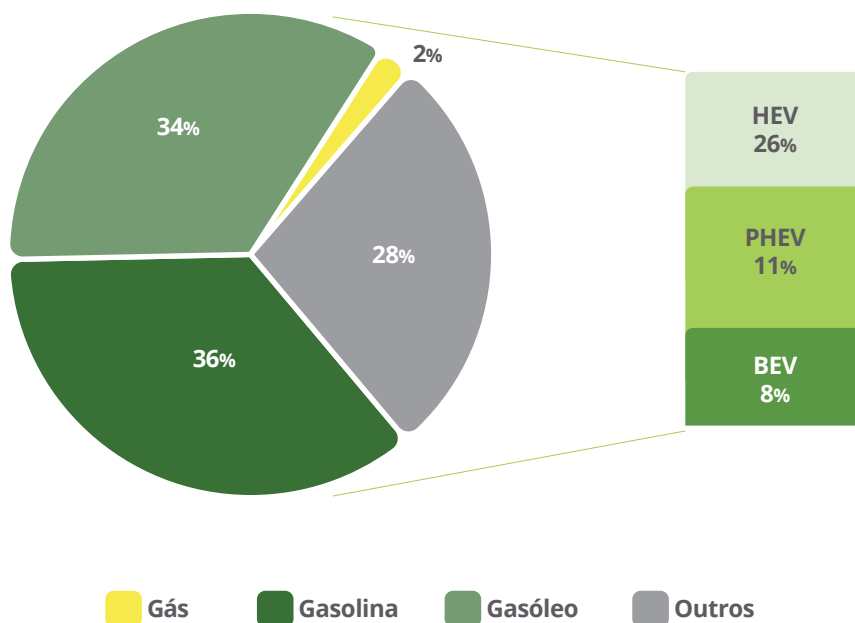


Figura 18. Venda de veículos em Portugal por fonte de energia
Adaptado de [16]

Em termos comparativos, de referir que a Noruega lidera, a nível mundial, com valores que em 2021 ultrapassaram os 85% (65% para os BEV e 20% para os PHEV) [17]. A figura seguinte ilustra a evolução do número de veículos elétricos em circulação em Portugal.

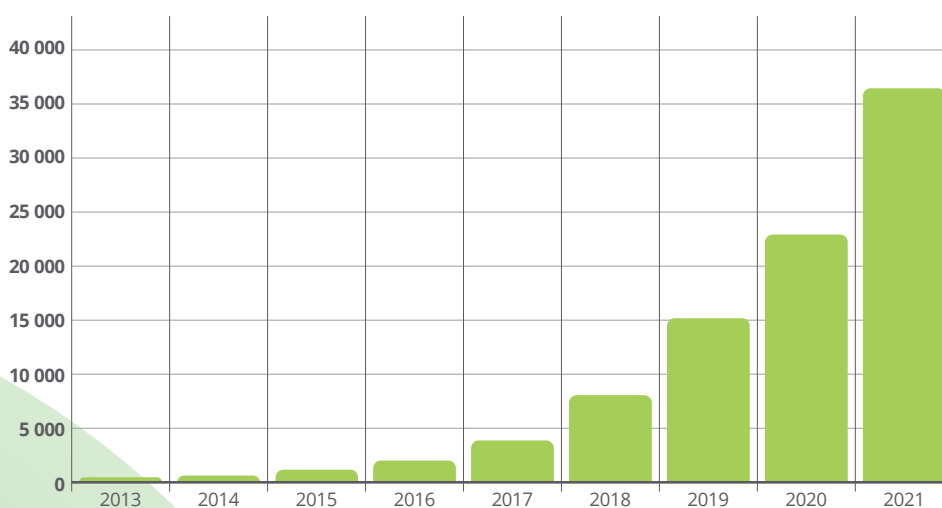


Figura 19. Venda de veículos em Portugal por fonte de energia
Adaptado de [16]

A quota dos veículos elétricos em Portugal aproxima-se atualmente de **1%** [18].

Em termos comparativos, e relativos, o número total de veículos em circulação na Noruega é, atualmente, cerca de 20 vezes superior [19].

3.4.2. Pontos de Carregamento de Veículos Elétricos

O aumento do número de veículos elétricos em circulação implica, necessariamente, uma maior disponibilidade de PCVE, adequando assim a oferta às crescentes necessidades do mercado. A instalação de PCVE deverá observar o disposto na regulamentação aplicável⁹.

Seguidamente apresenta-se uma síntese da informação relativa à rede pública de PCVE existente em Portugal e relativa às redes privadas de PCVE. Complementarmente, são apresentadas as principais tipologias de PCVE e os tipos das tomadas de carregamento (ou fichas) por estes disponibilizadas.

3.4.2.1. Rede pública de PCVE

A infraestrutura pública de PCVE é absolutamente necessária para garantir o sucesso da transição para a mobilidade elétrica, tendo naturalmente uma maior preponderância no futuro.

A este respeito, o Pacto Ecológico Europeu estipula que seja garantida a instalação de PCVE públicos nos principais eixos viários **separados, no máximo, por 60 km de distância** entre estações de carregamento [2].

Pese embora a grande maioria dos carregamentos de veículos elétricos em Portugal ocorra, ainda, em casa¹⁰, estima-se que à medida que aumente a adesão aos veículos elétricos, as opções públicas de carregamento venham a ter maior expressão. A salientar que cerca de 45% da população portuguesa reside em apartamentos. A título de

⁹ “[Guia Técnico das Instalações Elétricas para Alimentação de Veículos Elétricos](#)” do IEP, sugerindo-se consulta do “[Guia rápido para soluções de carregamento de Veículos Elétricos](#)” da AGEFE. Informação sobre pedido de ligação à rede de distribuição (E-REDES) disponível no [link](#).

¹⁰ Maior facilidade de carregamento (em especial para quem não resida em apartamentos) e preço inferior da energia (carregamento durante o período de vazio), facilitam e potenciam o processo de transição para a mobilidade elétrica.

exemplo, e em termos comparativos, este rácio na Noruega é inferior a 20%, e em Espanha é superior a 65%, sendo a média da UE-28 de 42% [20].

Na União Europeia, por exemplo, **prevê-se que o carregamento em residências se altere de aproximadamente 75% em 2020 para cerca de 40% até 2030** [21].

A rede pública de PCVE em Portugal, no conjunto da rede MOBI.E¹¹ e das diversas redes sob gestão privada¹² contava, no final de 2021, com cerca de 1.400 locais disponíveis para carregamento, equipados com **mais de 3.000 pontos de carregamento** (i.e., tomadas).

Tendo por base o número total de veículos elétricos em circulação em Portugal (aprox. 36.000), obtém-se, para 2021, uma média de aprox. 12 veículos por cada ponto de carregamento (ou de aprox. 26 veículos por posto de carregamento) [16, 18].

Este indicador poderá revelar-se importante para estruturar a rede pública de PCVE de modo a garantir um adequado equilíbrio entre a oferta e a procura deste mercado.

A figura seguinte ilustra a sua evolução em Portugal e na Noruega.

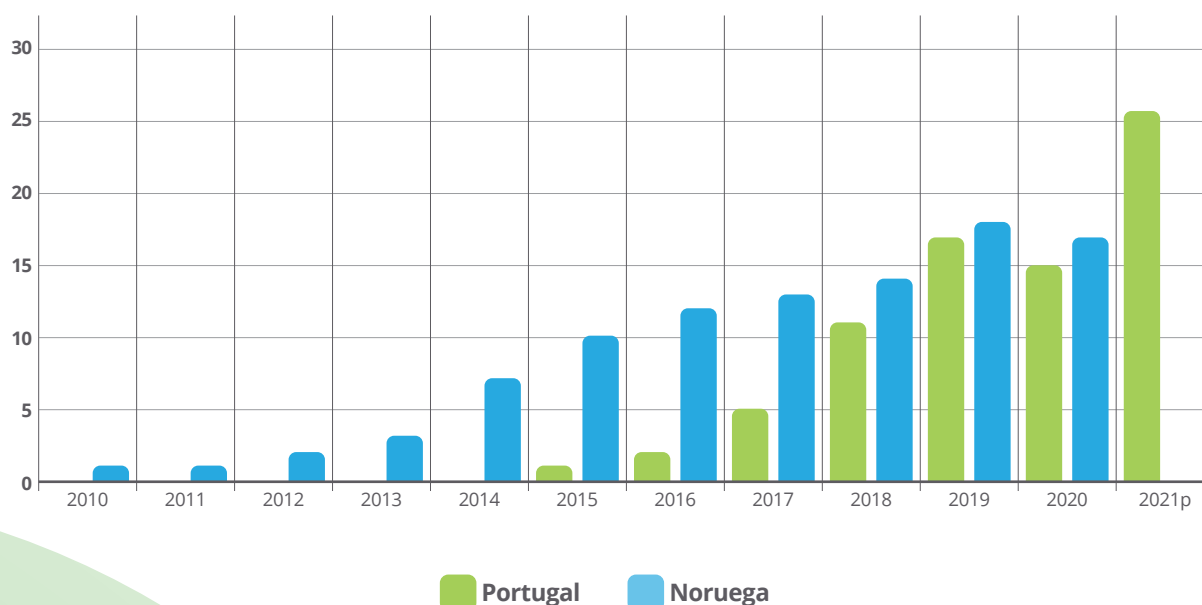


Figura 20. Evolução comparativa do rácio entre veículos elétricos e PCVE em Portugal e na Noruega Adaptado de [19]

¹¹ Informação detalhada disponível no [link](#).

¹² Tesla, Continte Plug & Charge, Power Dot (para TVDE), entre outros.

3.4.2.2. Rede privada de PCVE

Não obstante a importância de uma infraestrutura pública de PCVE adequada às necessidades dos UVE, revela-se também fulcral continuar a potenciar a dinamização de PCVE privados que permitam dar uma resposta aos UVE que tenham possibilidade de optar pela utilização das suas próprias instalações (residência ou local de trabalho) para carregar as baterias dos seus veículos.

Como referido anteriormente, no âmbito do Regulamento da Mobilidade Elétrica está prevista a figura de DPC (detentores de ponto de carregamento), que são basicamente as entidades titulares de pontos de carregamento situados em locais privados de acesso privativo, abrangendo, por exemplo, condomínios ou empresas que pretendam disponibilizar um posto de carregamento para os seus funcionários e/ou clientes, para uso próprio ou de um número limitado de utilizadores.

Por outro lado, a regulamentação relativa ao desempenho energético dos edifícios¹³ estabeleceu recentemente a obrigatoriedade de instalação, para os novos edifícios residenciais e para os edifícios residenciais sujeitos a grandes renovações com mais de dez lugares de estacionamento, de infraestruturas (condutas para cabos elétricos) em todos os lugares de estacionamento, por forma a permitir, numa fase posterior, a instalação de PCVE.

No caso dos novos edifícios não residenciais e de edifícios não residenciais sujeitos a grandes renovações com mais de dez lugares de estacionamento, deve ser assegurada a instalação de pelo menos um PCVE e de infraestruturas de condutas para cabos elétricos, pelo menos num em cada cinco lugares de estacionamento, por forma a permitir, numa fase posterior, a instalação de PCVE.

Adicionalmente, os edifícios de comércio e serviços com mais de vinte lugares de estacionamento, devem dispor, até 31 de dezembro de 2024, de dois PCVE.

¹³ Decreto-Lei n.º 101-D/2020, de 7 de dezembro.

3.4.2.3. Classificação e tipologia de PCVE

De um modo geral, quanto maior for a potência do ponto de carregamento, menor será o tempo necessário para efetuar a carga. Esta relação dependerá, entre outros fatores, da potência máxima de carregamento admissível pelo próprio veículo.

Em função da sua potência nominal máxima (i.e., velocidade máxima de carregamento), os PCVE podem ser classificados em **4 níveis**:

- **Nível 1:** carregamento lento (até 7,2 kWh);
- **Nível 2:** carregamento normal (até 22 kWh);
- **Nível 3:** carregamento rápido (até 50 kWh);
- **Nível 4:** carregamento ultrarrápido (acima de 50 kWh).

Apresentam-se em seguida, de forma resumida, as principais características e particularidades das várias tipologias de PCVE.

Tomada elétrica do tipo “Schuko”:

- Utiliza Corrente Alternada (CA), habitualmente com 10 A (amperes), podendo ter até 16A, permitindo uma potência de carregamento máxima de 2,30 kW ou de 3,68 kW, respetivamente (tensão de 230 V);
- Habitualmente utilizada para o carregamento em casa, pode ser também utilizada em condomínios, nas instalações empresariais e/ou no local de trabalho;
- A velocidade de carregamento, entre outros fatores, varia em função das características do carregador portátil e/ou do carregador de bordo (OBC – “On-Board Charger”) do veículo:
 - Os carregadores portáteis admitem, geralmente, uma corrente máxima de 10A, havendo alguns modelos que admitem 12 A;
 - O OBC da grande maioria dos veículos elétricos admite, em CA, uma corrente máxima de 16 A.

Posto de Carregamento Normal (PCN):

- Utiliza igualmente CA (230 V), podendo ser alimentado em monofásico, permitindo habitualmente uma potência de carregamento de 3,68 kW ou de 7,36 kW, ou em trifásico, em que a potência de carregamento poderá chegar aos 22 kW;

- Corresponderem a cerca de 80% do total de pontos de carregamento existentes atualmente na rede MOBI.E, sendo a tipologia de postos de carregamento geralmente instalada na via pública e nos locais privados de acesso público;
- Inserem-se também nesta tipologia as designadas “Wall-box”, geralmente utilizadas em instalações privativas (condomínios, empresas, espaços comerciais, etc.), podendo ser também utilizadas para o carregamento em casa;
- Dispõem, vulgarmente, de 2 pontos de carregamento por posto;
- A velocidade de carregamento, entre outros fatores, varia em função das características do cabo de carregamento (para CA) e/ou do OBC do veículo:
 - O cabo de carregamento (para CA) admite, usualmente, uma corrente máxima de 16 A, em monofásico, havendo alguns modelos que admitem apenas 12 A e havendo outros que permitem utilizar também trifásico;
 - Como referido, o OBC da grande maioria dos veículos elétricos admite, em CA, uma corrente máxima de 16 A, existindo, no entanto, alguns modelos de veículos elétricos que admitem 32 A, permitindo uma potência de carregamento máxima de 11 kW ou de 22 kW, respetivamente;
 - Alguns modelos de veículos elétricos poderão estar equipados com conversor que, em PCN monofásicos permite carregar em modo trifásico, ou vice-versa, otimizando (i.e., aumentando), assim, a potência e a velocidade de carregamento.

Posto de Carregamento Rápido (PCR) ou Ultrarrápido (PCUR):

- Utiliza Corrente Contínua (CC), podendo, em alguns casos, permitir também o carregamento em CA (velocidade de carregamento inferior);
- Podem estar ligados à rede de distribuição de energia elétrica em “baixa tensão” (BT) ou em “média tensão” (MT)¹⁷, sendo a sua potência nominal mais comum de 50 kW (PCR) ou de 175 kW, podendo atingir os 350 kW ou mais (PCUR);
- Representam cerca de 20% do total PCVE existentes atualmente na rede MOBI.E, sendo que a grande maioria (80%) tem uma potência de 50 kW;
- A velocidade de carregamento, entre outros fatores, varia em função das opções e/ou possibilidades de carregamento rápido dos próprios veículos (CA e/ou CC), da tecnologia

¹⁷ O nível de tensão a que o PCVE está ligado determina as tarifas de acesso às redes aplicáveis.

do todo o sistema de carregamento (OBC do veículo, voltagem da bateria, tipo de células que a constituem, modelo e tipo do inversor e/ou de conversor de corrente, etc.) e das características do próprio posto de carregamento (e.g., potência máxima nominal dedicada).

A referir que o fabricante americano, Tesla, criou uma rede de estações de carregamento rápido, designadas de “SuC – Tesla Super Chargers” (carregamento até 150 kWh), onde somente os veículos da marca podem carregar¹⁸.

3.4.2.4. Tipos de tomadas dos PCVE

Nos pontos de carregamento da rede pública (PCN e PCR/PCUR) existem basicamente **4 tipos de tomadas** disponíveis para carregar veículos elétricos¹⁹ [22], nomeadamente:

- 2 tipos de fichas disponíveis nos PCN, para carregamento em CA (Figura 21).

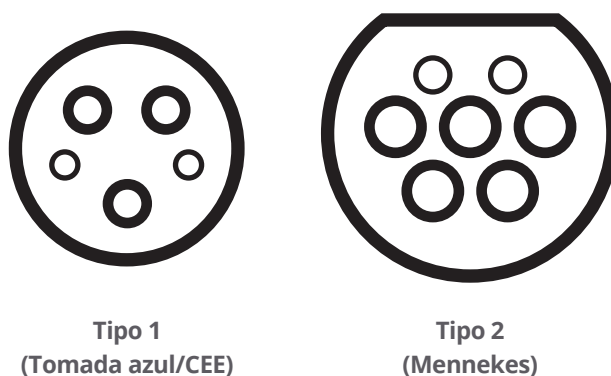


Figura 21. Tomadas de carregamento dos PCN da rede pública [22]

¹⁸ Informação detalhada disponível no [link](#).

¹⁹ Definidas pela Norma [IEC62196-3-1](#). Informação adicional, e complementar, poderá ser consultada no capítulo 4.1.1.

- 3 tipos de fichas disponíveis nos PCR, para carregamento em CC e/ou em CA²⁰ (Figura 22).

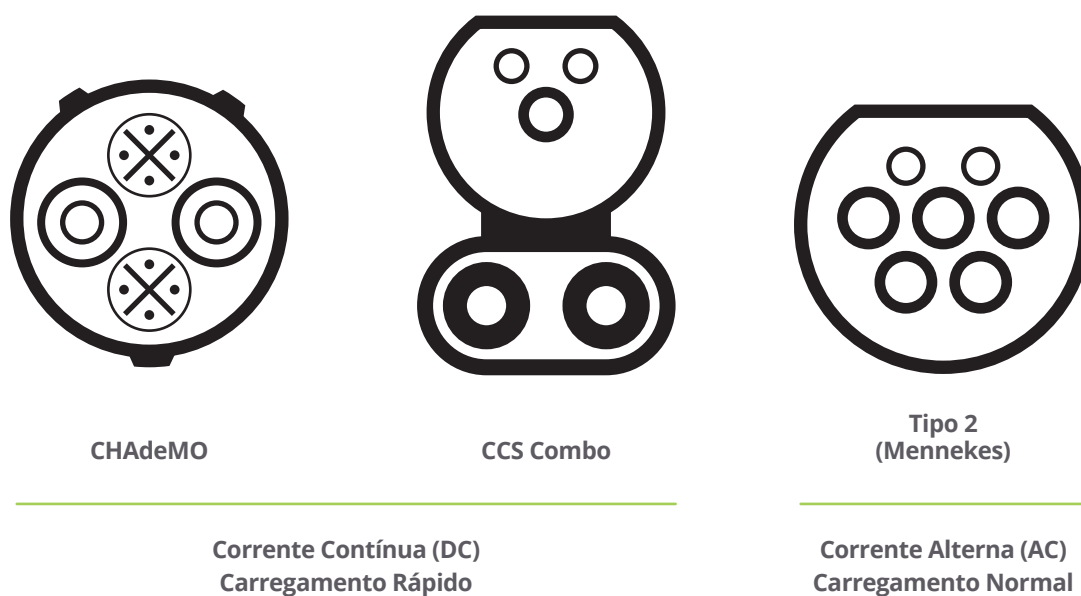


Figura 22. Tomadas de carregamento dos PCR da rede pública [22]

Note-se que a Tesla criou a sua tomada padrão de carregamento com um encaixe igual ao Tipo 2/Mennekes (embora seja uma versão modificada do padrão desta).

4. Veículos Elétricos

Um veículo elétrico é um veículo rodoviário que utiliza total ou parcialmente a propulsão elétrica, independentemente da solução utilizada para o armazenamento ou produção de energia elétrica necessária para o seu funcionamento.

Importa, contudo, diferenciar os diferentes tipos de veículos movidos a energia elétrica:

- Veículos Elétricos com Bateria (**BEV** – Battery Electric Vehicles);
- Veículos Elétricos Híbridos Plug-in (**PHEV** – Plug-in Hybrid Electric Vehicles);
- Veículos Elétricos Híbridos (**HEV** – Hybrid Electric Vehicles);
- Veículos Elétricos com Pilhas de Combustível (**FCEV** – Fuel Cell Electric Vehicle).

²⁰ Alguns PCR possibilitam apenas carregamento em CC, dispondo, portanto, de apenas 2 tipos de fichas (CHAdeMO e CCS Combo).

No âmbito do presente Estudo são fundamentalmente abordados os veículos designados como “**100% elétricos**” (i.e., os BEV, veículos elétricos alimentados por eletricidade armazenada em baterias recarregáveis), sendo doravante designados simplesmente como “veículos elétricos”.

Saliente-se que no âmbito do Pacto Ecológico Europeu, e das metas estabelecidas pela Comissão Europeia para o setor dos transportes, os veículos elétricos híbridos (HEV) e os veículos elétricos híbridos plug-in (PHEV), só serão considerados veículos de baixas emissões até 2030 [2].

No presente capítulo são abordadas as questões relacionadas com os principais processos associados à operação e utilização de veículos elétricos.

4.1. Operação de Veículos Elétricos

Os componentes principais dos veículos elétricos são:

- Motor elétrico;
- Carregador de Bordo (OBC);
- Conversor de corrente (inversor);
- Tomada de carregamento;
- Bateria.

Seguidamente apresenta-se a informação detalhada referente à principal operação associada aos veículos elétricos, nomeadamente o carregamento das baterias.

4.1.1. Modos de carregamento

O processo de carregamento de veículos elétricos é classificado em **4 modos distintos**²¹:

- **Modo 1:** carregamento em CA monofásico (230 V) ou trifásico (400 V), com uma potência limitada a 3,68 kW (16 A), podendo utilizar-se uma tomada monofásica ou trifásica doméstica (do tipo “Schuko”), desde que esta tenha condutor de terra e respetiva proteção;

²¹ Definidos pela Norma [IEC61851-1](#).

- **Modo 2:** carregamento em CA, podendo ser efetuado em monofásico (230 V) ou em trifásico (400 V), com uma potência limite de 7,36 kW, por via da utilização de um equipamento de interface dedicado entre a tomada de carregamento e o OBC do veículo (vulgarmente designado como “carregador portátil”);
- **Modo 3:** carregamento em CA, com circuito dedicado em monofásico (230 V) ou trifásico (400 V), com uma potência limite de 22 kW, sendo que, à semelhança do modo 2, utiliza também um equipamento de interface dedicado entre a estação de carregamento e o OBC do veículo;
- **Modo 4:** carregamento em CC com ligação direta entre o PCVE e a bateria do veículo (o carregador é “off-board”), sem limite de potência definido.

A figura seguinte ilustra os 4 modos de carregamento [22].

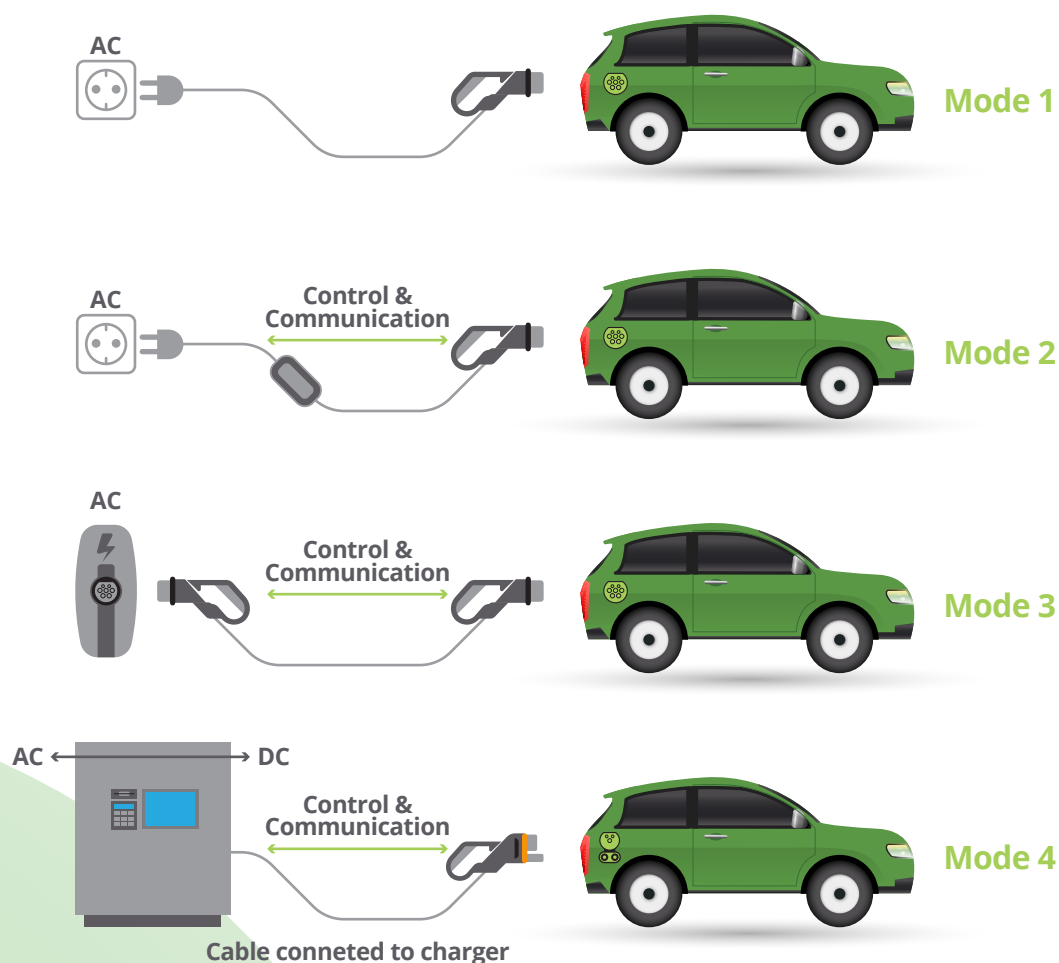


Figura 23. Tomadas de carregamento dos PCR da rede pública [22]

De um modo geral, os UVE podem carregar as baterias dos seus veículos de três formas distintas:

- Utilizando um ponto de carregamento (público ou privado) integrado na rede de mobilidade elétrica;
- Utilizando um ponto de carregamento privado não integrado na rede de mobilidade elétrica;
- Utilizando uma tomada ou um ponto de carregamento de uma instalação elétrica privativa (e.g., residência ou local de trabalho).

Os veículos elétricos vêm habitualmente “equipados” com **2 tipos de cabo** (Figura 24) [22] [24]:

- Um cabo com transformador para ligar a uma tomada elétrica do tipo “Schuko”, tendo na outra extremidade a ficha Mennekes (fêmea) que vai ligar ao veículo;
- Um cabo com 2 fichas Mennekes, sendo uma ficha fêmea, para ligar ao veículo e, na outra extremidade, uma ficha macho, para ligar ao ponto de carregamento (apenas para PCN ou alguns modelos de Wall-box).



Figura 24. Cabos de carregamento de veículos elétricos [22 e 24]

Como referido, a Tesla criou a sua tomada padrão de carregamento com um encaixe igual ao Tipo 2/Mennekes – o que permite que os veículos Tesla, com a mesma tomada, consigam efetuar carregamentos ultrarrápidos nos SuC e carregamentos “normais” nos restantes PCVE com tomada Tipo 2/Mennekes.

Contudo, apesar de existirem outros veículos, de outras marcas, com tomada Tipo 2/Mennekes, não têm possibilidade de carregar nos SuC da Tesla.

No caso dos PCR, os cabos a utilizar para carregamento do veículo elétrico são os do próprio ponto de carregamento.

A referir a inovação tecnológica em torno do “carregamento wireless” (i.e., indutivo), o qual, por via da utilização de um campo eletromagnético permite transferir energia entre o veículo elétrico e uma plataforma de carregamento.

A rede de PCVE disponível em Portugal pode ser consultada através de várias APPs para telemóvel, ou em portais online, sendo habitualmente possível consultar o tipo de tomadas disponíveis, a sua disponibilidade, o OPC e respetivo tarifário²².

4.1.2. Tempo e potência de carregamento

Os diferentes fatores que influenciam o tempo de carregamento:

- Tipo de veículo: se é um veículo ligeiro, pesado, motociclo, bicicleta, etc.;
- Tipo de Bateria: diferentes baterias, com diferentes capacidades, e tecnologias, influenciam o tempo de carregamento;
- Nível de Carga: se a bateria estiver “vazia” carregará de forma mais rápida – até um certo ponto – do que se estiver quase “cheia”²³;
- Fatores climatéricos: uma temperatura ambiente extrema – seja frio ou calor – influenciará o tempo de carregamento, e a respetiva eficiência;
- Características do sistema de carregamento do veículo: OBC, tipo do inversor e/ou de conversor de corrente, etc.;
- Tipo e Potência do PCVE: o fator mais determinante, e muito dependente das características do sistema de carregamento do veículo.

²² Informação detalhada disponível no [link](#).

²³ Refira-se a importância de conhecer a “curva de carga” do veículo (ver capítulo 4.2.3.).

A tabela seguinte ilustra as potências máximas de carregamento dos principais modelos de veículos elétricos (em número de vendas) comercializados em Portugal nas várias tipologias de PCVE.

Tabela 1. Potência máxima de carregamento de veículos elétricos

Adaptado de [25]

		TESLA Model 3	NISSAN LEAF	RENAULT ZOE	PEUGEOT e-208	KIA e-NIRO
		info	info	info	info	info
Carrega- mento lento e normal	Tomada Schuko	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
	Monofásico 16A	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7
	Monofásico 32A	7,4	6,6	7,4	7,4	7,4
	Trifásico 16A	11	3,7	11	11	11
	Trifásico 32A	11	6,6	22	11	11
Carrega- mento rápido	Potência 50kW	50	50	46	50	49
	Potência 150kW	150	100	46	101	77

Notas:

- Utilização de tomada Mennekes no carregamento lento e normal;
- Utilização de tomada CCS Combo no carregamento rápido (exceto Nissan LEAF: tomada CHAdeMO).

Os dados indicados referem-se à potência máxima admissível pelos veículos, podendo não existir uma relação linear com o tempo de carregamento: este varia em função de diversos fatores dos quais resultará uma potência média durante o período de carregamento, sendo importante ter em consideração as características da “**curva de carga**” do respetivo veículo²⁴.

²⁴ Informação adicional poderá ser consultada no capítulo 4.2.3.

Adicionalmente, a salientar que o tempo de carregamento pode também ter influência no respetivo custo da operação de carga, nomeadamente quando a tarifa do OPC é calculada em €/min, devendo este ser também um parâmetro a ter em consideração²⁵.

4.2. Utilização de Veículos Elétricos

O aumento gradual da consciência ecológica e ambiental da sociedade (cidadãos e empresas) irá certamente contribuir para o processo de transição para a utilização de veículos que tenham associado um menor impacte ambiental.

Adicionalmente, num estudo recente sobre a comparação das despesas com a posse e a utilização de veículos ligeiros, com base nas tendências de evolução dos custos até 2030, concluiu-se que o veículo elétrico apresenta o custo mais baixo [26].

Não obstante, do ponto de vista do utilizador [condutor], persistem ainda alguns obstáculos que importa ter em consideração, especificamente relacionados com:

- Disponibilidade de pontos de carregamento;
- Autonomia;
- Velocidade de carregamento;
- Vida útil das baterias;
- Impacte ambiental dos veículos elétricos;
- Custos de utilização.

Seguidamente apresenta-se informação detalhada referente a cada um destes aspetos.

4.2.1. Disponibilidade de pontos de carregamento

Como referido anteriormente, uma adequada infraestrutura de PCVE é absolutamente necessária para garantir o sucesso da transição para a mobilidade elétrica, sendo que em Portugal, no final de 2021, existiam cerca de 1.400 locais disponíveis para carregamento, equipados com mais de 3.000 pontos de carregamento (i.e., tomadas).

²⁵ Informação complementar poderá ser consultada no capítulo 4.2.6.1.

Toda a informação referente a PCVE pode facilmente ser consultada através de várias APPs para telemóvel, ou em portais online, sendo habitualmente possível consultar o tipo de tomadas disponíveis, a sua disponibilidade, o OPC e respetivo tarifário²⁶.

Adicionalmente, neste mercado emergente, e em correlação com a inovação associada a todos os processos digitais, o mercado, através dos agentes que intervêm neste setor (incluindo OPC, CEME, mas também outros prestadores de serviços conexos) oferece atualmente soluções muito completas e robustas para a total gestão e controlo das diversas operações relacionadas com a utilização de veículos elétricos.

A este respeito, refira-se, por exemplo, a disponibilidade de ferramentas que permitem efetuar um planeamento de viagens considerando os diversos fatores a elas inerentes (distância, tipo de percurso, consumo médio do veículo, autonomia, modo, tipo e velocidade de carregamento, localização dos PCVE, etc.), o que permite facilitar e otimizar as deslocações um pouco mais extensas em veículo elétrico.

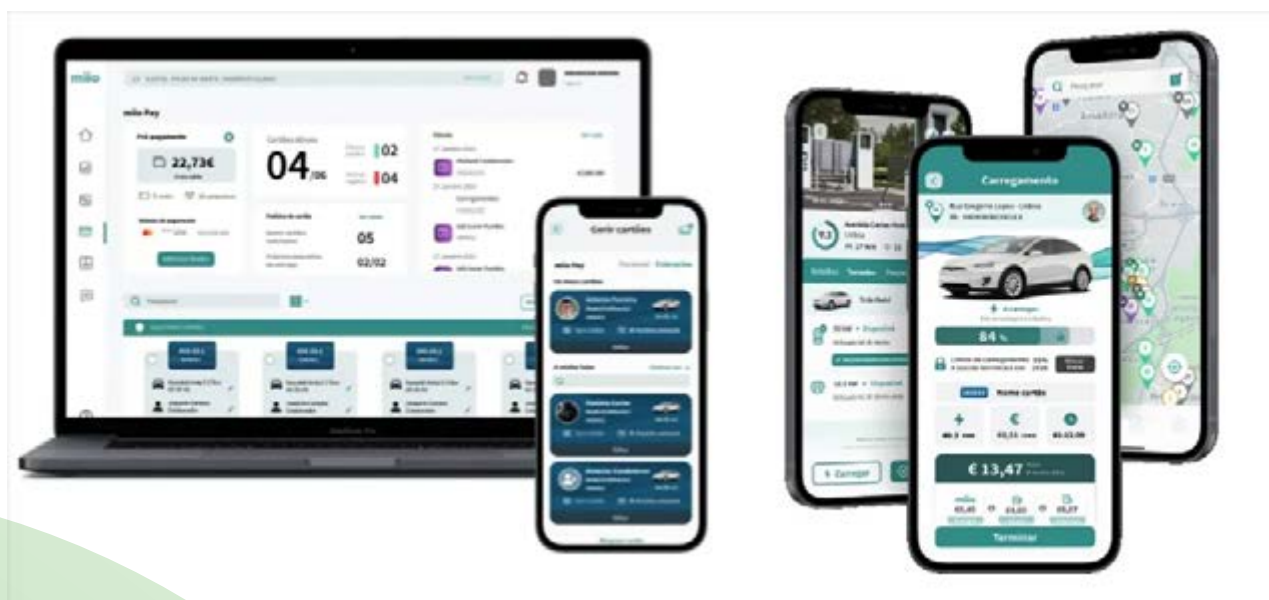


Figura 25. Software de gestão e de carregamento de veículos elétricos [27]

²⁶ Informação detalhada sobre pontos de carregamento existentes em Portugal disponível no [link](#).

Poderá, portanto, considerar-se, que a questão da disponibilidade de pontos de carregamento, à data, já não constituirá um obstáculo relevante.

Complementarmente, a salientar também soluções empresariais (Figura 25) que permitem efetuar um total controlo centralizado de veículos e frota²⁷ [27].

4.4.2. Autonomia

A transição para a mobilidade elétrica tem sido especialmente condicionada pela autonomia dos veículos elétricos, a qual, de um modo geral, é ainda inferior à dos veículos tradicionais, constituindo-se este como um dos principais fatores a pesar na decisão de aquisição de veículos elétricos.

Todavia, será certamente nesta área que se deverão verificar os maiores desenvolvimentos futuros, com o aumento da capacidade energética das baterias, reduzindo assim o impacto e [aparente] relevância desta condicionante.

De um modo geral, a autonomia de um veículo elétrico (em quilómetros) é determinada pela combinação de dois parâmetros elementares:

- **Capacidade utilizável da bateria** do veículo (medida em kWh);
- **Média de consumo do veículo** (medida em Wh/km, ou kWh/100km).

Um veículo elétrico equipado com uma bateria de 50 kWh, que apresente um consumo médio de 15 kWh/100km, terá [teoricamente] uma autonomia superior a 330 km.

Esta metodologia não deverá, contudo, constituir-se como uma base de cálculo fidedigna, pois tal implicaria a utilização da totalidade da energia passível de ser armazenada na bateria (i.e., de 100% até 0%)²⁸.

Saliente-se, ainda, que a capacidade de uma bateria poderá não corresponder à quantidade de energia que poderá ser efetivamente utilizada pelo veículo, devendo, portanto, considerar-se a designada “capacidade utilizável” (ou “**usable capacity**”)²⁹.

Por outro lado, existem diversos outros fatores que, além da capacidade efetiva da bateria, determinam a autonomia de um veículo elétrico (i.e., o seu consumo), elencando-se

²⁷ Informação adicional poderá ser consultada no capítulo 5.2.

²⁸ Informação adicional no capítulo 4.2.4.

²⁹ Uma bateria com uma capacidade nominal de 50 kWh poderá apenas permitir utilizar 45 kWh.

em seguida os principais:

- Eficiência do motor e consumo dos sistemas periféricos (climatização, iluminação, sistemas de informação, navegação, etc.);
- Capacidade de recuperação da energia cinética: gerada em movimento ou proveniente da desaceleração ou da travagem;
- Tipo de percurso e modo de condução;
- Temperatura ambiente e condições climatéricas;
- Peso e aerodinâmica do veículo, incluindo o tipo de pneus.

O consumo de um veículo elétrico (tal como o consumo de um veículo com motor de combustão interna) poderá variar consideravelmente em função dos fatores acima mencionados.

A realçar a relação direta deste fator [autonomia máxima prevista] com a efetiva disponibilidade de pontos de carregamento: tanto em termos de existência (i.e., localização), como de operação (se estão em pleno funcionamento e/ou sem ocupação).

O conjunto destas 2 condicionantes pode originar o que se designa como “**Range Anxiety**”: ansiedade do utilizador de que um veículo tenha armazenamento de energia insuficiente para cobrir a distância necessária para chegar ao destino pretendido.

Não obstante, existindo já em Portugal uma boa infraestrutura de PCVE, poderá considerar-se que esta condição poderá ser evitada, ou minimizada, por via de um adequado planeamento das viagens mais longas.

A autonomia real, em condições normais [e adequadas] de utilização de um veículo elétrico, deverá assim ser estimada com base no conjunto de todas estas condições, devendo, portanto, ser avaliada a sua compatibilidade com as reais necessidades de cada empresa, ou de cada utilizador, e determinar as características e requisitos [dos veículos elétricos] que permitam efetuar o processo de transição de forma equilibrada.

4.2.3. Velocidade de carregamento

Do ponto de vista do UVE, o tempo de carregamento da bateria do veículo é, geralmen-

te, orientado por duas questões principais:

- Qual a **autonomia** necessária para chegar ao destino?
- Quanto **tempo** demora para carregar a quantidade de energia necessária?

Importa ainda ter em consideração que a energia carregada (kWh) para uma determinada distância (km) depende diretamente do consumo médio do veículo (kWh/100km).

É o conjunto destes parâmetros que determina a velocidade de carregamento dos veículos elétricos (geralmente medida em km/h).

A referir que a velocidade de carregamento da bateria varia em função de diversos fatores, nomeadamente da potência do ponto de carregamento do sistema instalado no veículo e das suas características em termos de potência máxima³⁰, bem como, naturalmente, da dimensão (capacidade) da sua bateria.

Por outro lado, importa considerar que a duração e a velocidade de carregamento têm uma relação direta com as características da “curva de carga” do respetivo veículo (a qual não é, geralmente, linear).

A figura seguinte ilustra a curva de carga típica de um veículo elétrico num PCR [28].

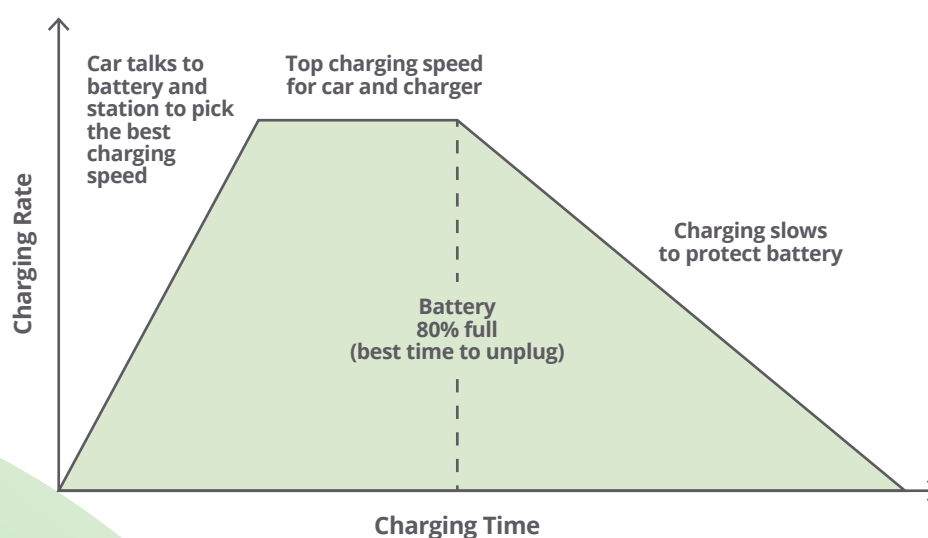


Figura 26. Curva de carga típica de um veículo elétrico num PCR (DC) [28]

³⁰ Informação adicional nos capítulos 3.4.2 e 4.1.2.

A título de exemplo, e em termos comparativos, o gráfico da figura seguinte ilustra as curvas de carga reais de diferentes modelos de veículos elétricos, num PCR de 50kW, para um carregamento de 10 a 90% do nível de carga da bateria (i.e., **SoC** - “**State-of-Charge**”).

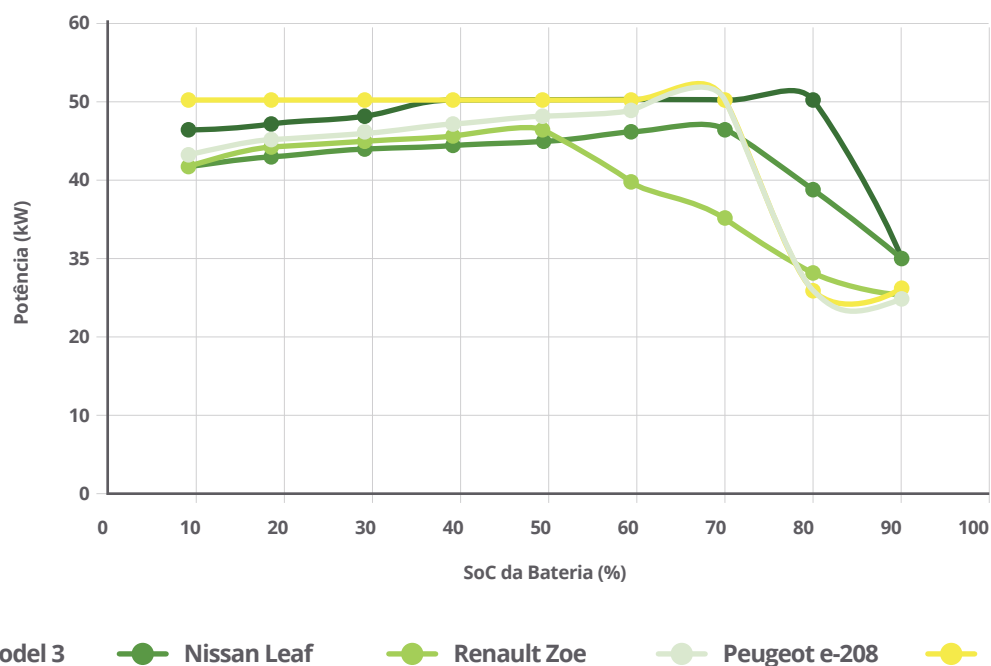


Figura 27. Curva de carga de veículos elétricos num PCR de 50kW Adaptado de [25]

Pese embora se possam identificar algumas diferenças, nomeadamente no valor da potência máxima admissível de cada veículo ao longo do carregamento, verifica-se uma relativa constância da manutenção da potência desde os 10% até aos 50-60%, sendo visível a significativa redução da potência (e da velocidade de carregamento) que ocorre quando a bateria atinge os 70-80% de carga.

Tal ocorre como forma de salvaguardar a degradação da bateria e, assim, aumentar a duração do seu tempo de vida útil.

O consumo médio do veículo, conjuntamente com as curvas de carga, permite determinar o tempo de carregamento necessário para satisfação de uma determinada autonomia, ou vice-versa, podendo desta forma ser calculada a velocidade de carregamento.

A tabela seguinte compara, para vários modelos de veículos elétricos:

- O tempo de carregamento (em minutos) para 100 km de autonomia, quando o SoC da bateria é de 25%, num PCR de 50 kW e num PCN de 22 kW;
- A velocidade de carregamento (em km/h) de 100 km de autonomia, num PCR de 50 kW, quando o SoC da bateria é de 25%.

Tabela 2. Comparativo da velocidade de carregamento de veículos elétricos

Adaptado de [25]

		TESLA Model 3	NISSAN LEAF	RENAULT ZOE	PEUGEOT e-208	KIA e-NIRO
Consumo médio (kWh/100km)		15,1	17,2	16,5	15,8	17,3
Capacidade da bateria (kWh)		57,5	56	52	45	64
Tempo médio (minutos)	PCR de 50 kW	19	23	22	19	22
	PCR de 22 kW	82	156	45	86	94
Velocidade carregamento (km/h)		323	256	271	316	267

No que diz respeito ao tempo de **carregamento de uma autonomia de 100 km**, verifica-se que, num **PCR de 50 kW**, a diferença entre os vários modelos considerados é praticamente residual, **variando entre os 19 e os 23 minutos**.

No caso de um carregamento similar, num **PCN de 22 kW**, o tempo médio poderá rondar os **90 minutos** para a maioria dos veículos (sensivelmente 4 vezes superior ao PCR).

A realçar, contudo, algumas diferenças significativas decorrentes das características muito específicas de alguns veículos, nomeadamente no que respeita à potência máxima de carregamento em CA (ver Tabela 1 no capítulo 4.1.2).

Quanto à velocidade de carregamento (num PCR de 50 kW), verifica-se que a variação não é muito significativa, sendo razoável considerar-se, nestas condições, para a maioria dos veículos elétricos, valores típicos de velocidade na ordem dos 250 a 300 km/h.

A referir que a bateria da maioria dos veículos elétricos atualmente em circulação tem uma voltagem na ordem dos 400 V, existindo, porém, alguns modelos que utilizam uma voltagem superior, de 800 V ou mais³¹.

A salientar que a velocidade de carregamento de alguns modelos de veículos elétricos num PCR com uma potência superior (e.g., 175 kW ou 350 kW), em função das características dos sistemas acessórios instalados no veículo (inversor e/ou conversor), e das características da própria bateria, especificamente da tecnologia e da voltagem, poderá atingir valores superiores a 1.200 km/h (ou seja, carregar mais de 100 km em apenas 5 minutos) [29].

A inovação tecnológica tem vindo a possibilitar o surgimento de outro tipo de baterias, nomeadamente as designadas baterias de estado sólido, que apresentam características que permitirão melhorar a eficiência de todo o ecossistema da mobilidade elétrica, especificamente: maior eficiência (i.e., maior autonomia), maior tempo de vida útil e menor tempo de carregamento (ou seja, maior velocidade de carregamento) [30].

4.2.4. Vida útil das baterias

As questões associadas ao tempo de vida útil das baterias dos veículos elétricos constituem um fator relevante na decisão da aquisição desta solução alternativa de mobilidade, nomeadamente devido à insegurança sobre o mesmo e ao associado e consequente custo (elevado) decorrente da eventual necessidade da sua substituição durante o período de utilização do veículo.

A bateria que alimenta um veículo elétrico é constituída por um conjunto de células (pilhas), agrupados em módulos. A voltagem da bateria depende do número de células por módulo, e do número de módulos que a constituem.

A capacidade da bateria (medida em kWh), depende da densidade energética das células e do seu rendimento.

³¹ Um sistema com maior tensão permite que seja usada uma corrente mais baixa, reduzindo o aquecimento (e as perdas) e melhorando a retenção de energia [29].

À semelhança de qualquer outra bateria (ou pilha), a sua principal função reside no fornecimento de energia elétrica (produzida por meio de uma reação química de oxidação e redução dos componentes metálicos presentes na sua estrutura (e.g., iões de lítio)) ao motor do veículo, promovendo a sua locomoção.

Tratando-se de um processo de conversão química, é natural que ao longo do tempo, e da sua utilização, ocorra uma redução da sua eficiência, e da sua eficácia, sendo este processo designado como **degradação** (“calendar aging”) [31].

De um modo geral, o fim da vida útil de uma bateria corresponde ao período em que a degradação que sofreu não permita à bateria garantir as características para que foi concebida, nomeadamente a sua capacidade (em termos de autonomia) e/ou a sua potência (em termos de performance).

Assim, poderá considerar-se que a bateria atinge o final da sua vida útil quando ocorre uma das seguintes condições (ou ambas):

- **Redução significativa da autonomia**, decorrente da redução da sua capacidade: de forma resumida, equivale à redução da quantidade de iões que potenciam as reações químicas responsáveis pelo fornecimento de energia ao veículo;
- **Redução da performance do veículo**, decorrente da redução da potência disponibilizada pela bateria: de forma reduzida, corresponde à redução da velocidade de transição dos iões (entre o ânodo e o cátodo da bateria).

Este processo de degradação ocorre, geralmente, de acordo e em função do **número de ciclos de carga e descarga efetuados na bateria**, dependendo os níveis de degradação especialmente dos seguintes fatores [32]:

- Tempo: idade da bateria;
- Modo de utilização:
 - Número de ciclos (de carga e de descarga);
 - Tipos de carga e descarga (parcial ou completa) e velocidades de carga;
 - Exposição a temperatura extremas.

No que diz respeito ao número de ciclos, é inevitável serem associados à quilometragem do veículo (numa correlação com a capacidade e com a média de consumo) ocorrendo naturalmente uma maior evolução da degradação da bateria com o aumento do número de quilómetros percorridos pelo veículo.

Por outro lado, e no que se refere ao processo de descarga (i.e., utilização da bateria), saliente-se que a duração do tempo de vida útil das baterias decresce significativamente quanto maior for o designado **DoD (“Depth-of-Discharge”)**, o qual representa, basicamente o inverso do SoC (“State-of-Charge”) [32].

Assim, de modo a salvaguardar, e aumentar, a duração da vida útil da bateria, é recomendável que, sempre que possível e exequível, **a faixa de utilização, durante a sua utilização (i.e., o SoC), se situe entre os 20 e os 80%**, devendo evitar-se carregamentos acima dos 80% (especialmente, com cargas “rápidas”, pois aceleram a degradação do cátodo) e devendo evitar-se que o nível de carga da bateria atinja níveis demasiado baixos (descarga abaixo de 20% aumenta a resistência interna). [31]

A figura seguinte ilustra uma curva de descarga típica de uma bateria de um veículo elétrico, demonstrando a relação entre a faixa de utilização (em termos de voltagem) e a sua capacidade (em função do SoC) [33].

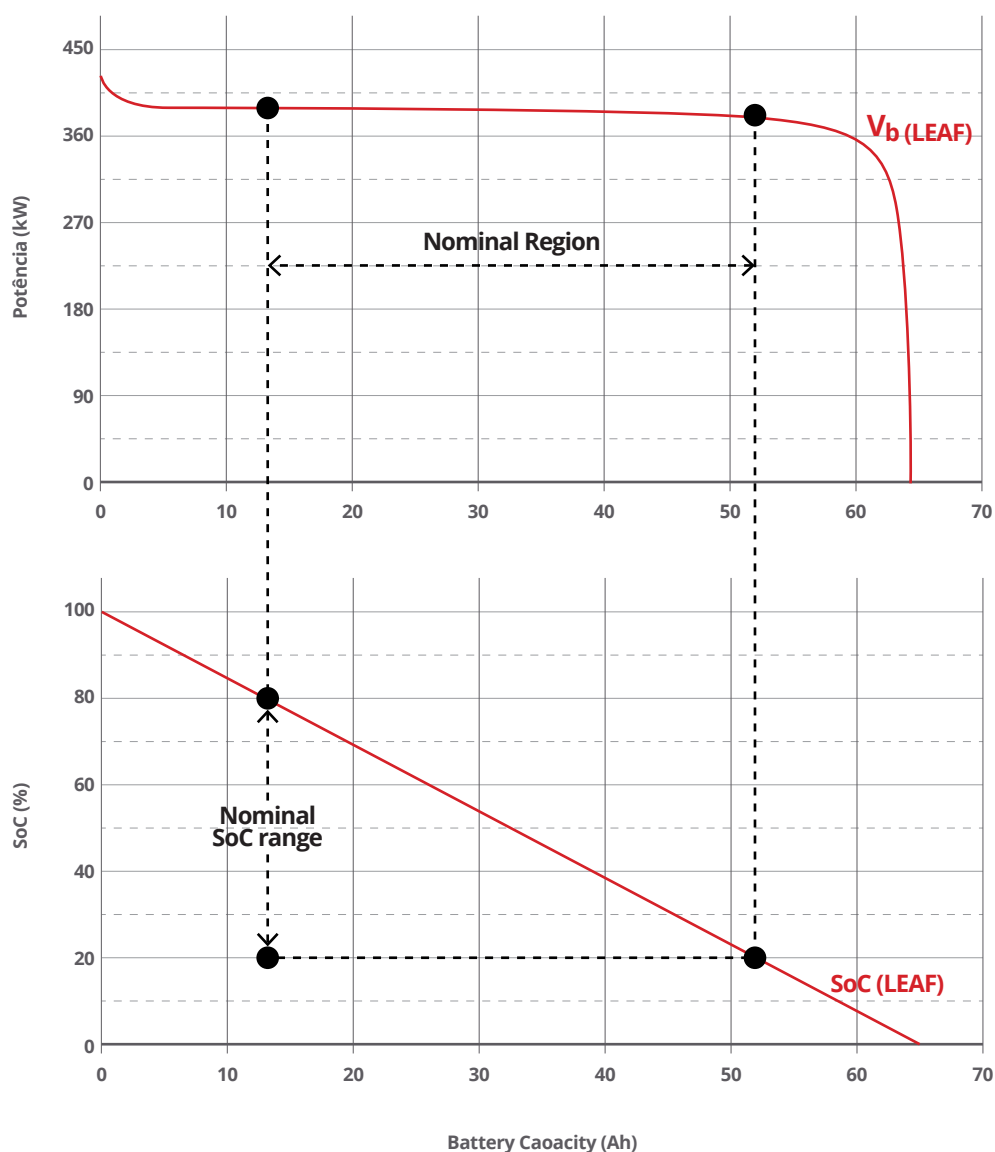
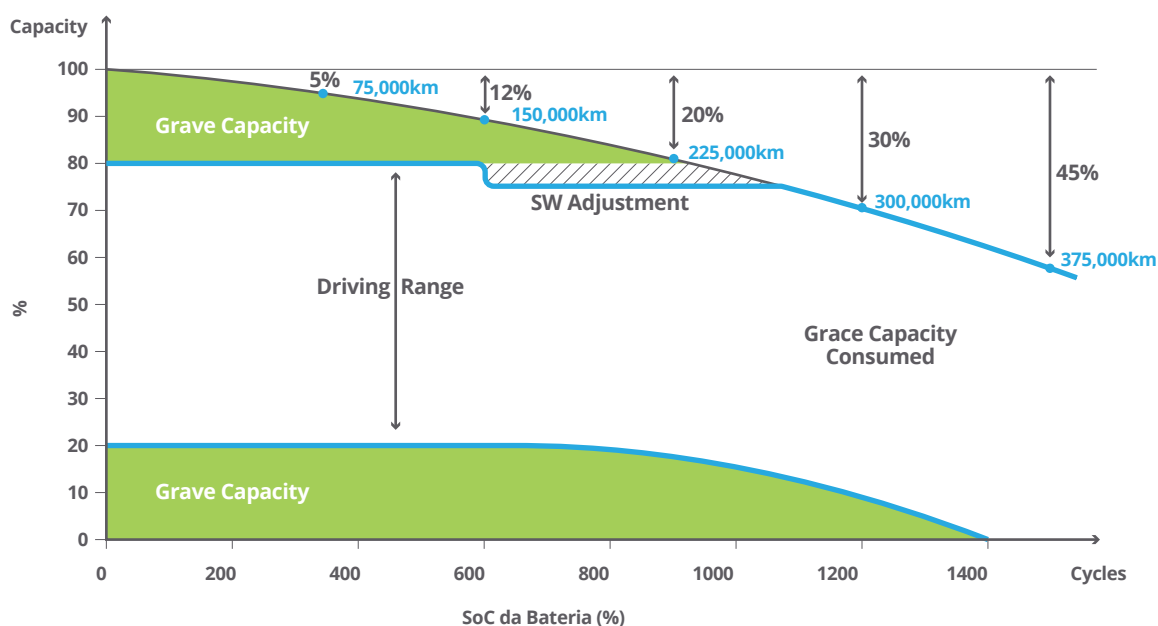


Figura 28. Curva de descarga da bateria de um veículo elétrico [33]

Refira-se que as baterias dos veículos elétricos utilizam, habitualmente, um buffer (designado como “grace capacity”) que possibilita estipular uma faixa de utilização e manter a autonomia do veículo em novo durante um alargado período, compensando, deste modo, a normal degradação que esta vai sofrendo ao longo do tempo, conforme ilustrado na figura seguinte [31, 34].



5-10% Capacity fade Per 75,000 km Driven

Range: 250km Per Cycle

Figura 29. Faixa de utilização da capacidade de uma bateria de um veículo elétrico [31]

Adicionalmente, importa ter em consideração os conceitos de taxa C (i.e., “C-Rate”, capacidade) e taxa E (i.e., “E-Rate”, potência) associados a um veículo elétrico, e à sua bateria, os quais permitem medir a corrente ou a potência de descarga, respetivamente, em relação à sua capacidade, no espaço de 1 hora³² [35]:

- Um rácio de 1C significa que a corrente de descarga aplicada à bateria irá descarregar toda a bateria em 1 hora;
- Um rácio de 5C, para a mesma bateria, seria de 500 A, e uma taxa de C/2, ou de 0.5C, seria de 50 A.

A figura seguinte mostra a faixa de corrente (com base na capacidade nominal da bateria em termos de C-Rate) e a faixa de tensão mais comuns em que as baterias operam, identificando os limites críticos em termos de sobrecarga ou descarga excessiva (sendo o processo de descarga exibido por valores de corrente positivos, e vice-versa) [36].

³² São apresentados em “xC” ou “xE” em que “x” corresponde ao fator multiplicativo associado à unidade de tempo considerada (i.e., 1 hora).

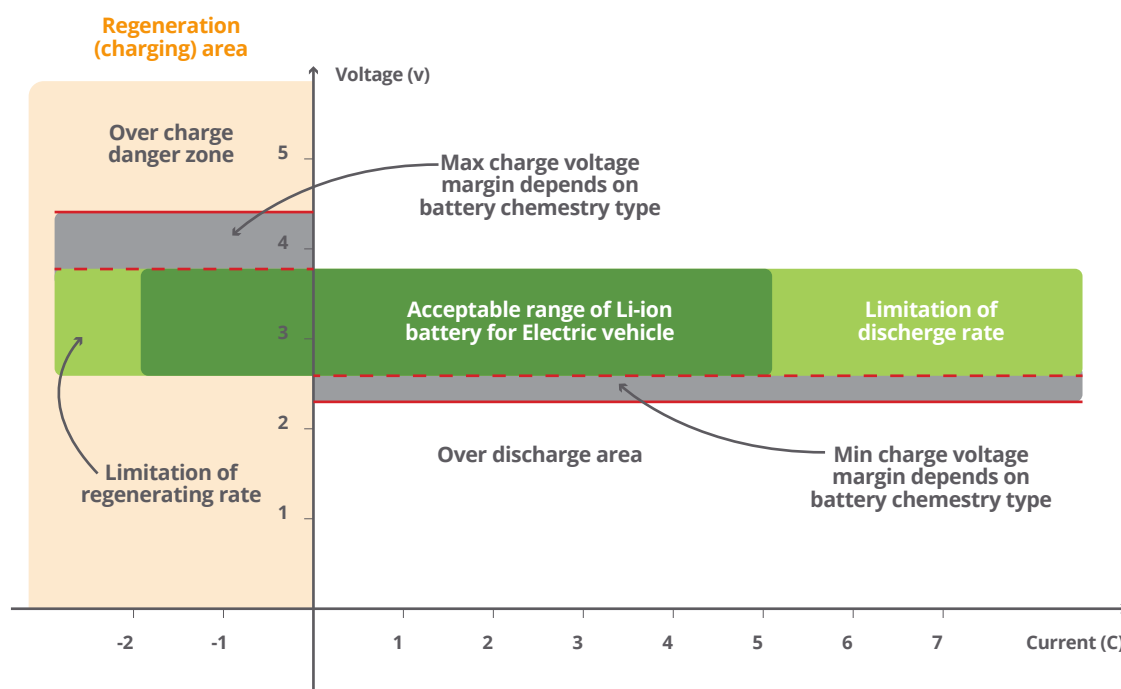


Figura 30. Faixa de utilização da potência de uma bateria de um veículo elétrico [36]

Este parâmetro permite demarcar, por exemplo, a relação apropriada entre a capacidade da bateria de um veículo elétrico (em kWh) e a potência do motor (em kW), constituindo um fator relevante para a garantia de um adequado tempo de vida útil das baterias. É por esse motivo que a potência dos veículos é habitualmente superior quando as baterias têm também uma capacidade superior, ou vice-versa:

- Um veículo, de uma determinada marca e modelo, equipado com uma bateria de aprox. 40 kWh, tem uma potência de 100-110 kW (rácio de 2,5 - 2,7);
- O mesmo veículo, equipado com uma bateria de aprox. 60 kWh, tem uma potência de 150-160 kW (rácio de 2,5 - 2,7).

A salientar que este rácio poderá variar, consideravelmente, de acordo com a tecnologia da bateria, ou do sistema de gestão da bateria³³.

³³ Sistema eletrónico que gere a bateria e que tem por objetivo manter a bateria dentro dos parâmetros apropriados de utilização (e.g., alteração da potência de carregamento, controlo de temperatura, balanceamento de células, etc.).

No que diz respeito à temperatura, refiram-se os seguintes níveis de eficiência da bateria (em operação) [31]:

- A 10 °C é de apenas 89-92%;
- A 25 °C situa-se geralmente entre 93-95%;
- A 40 °C poderá superar os 95%.

Contudo, a referir que a exposição de uma bateria a temperaturas extremas implica um aumento dos níveis de stress, promovendo uma degradação mais acelerada.

A figura seguinte ilustra a influência da temperatura e da velocidade de carregamento (em termos de “C-Rate”) na vida útil de uma bateria [37].

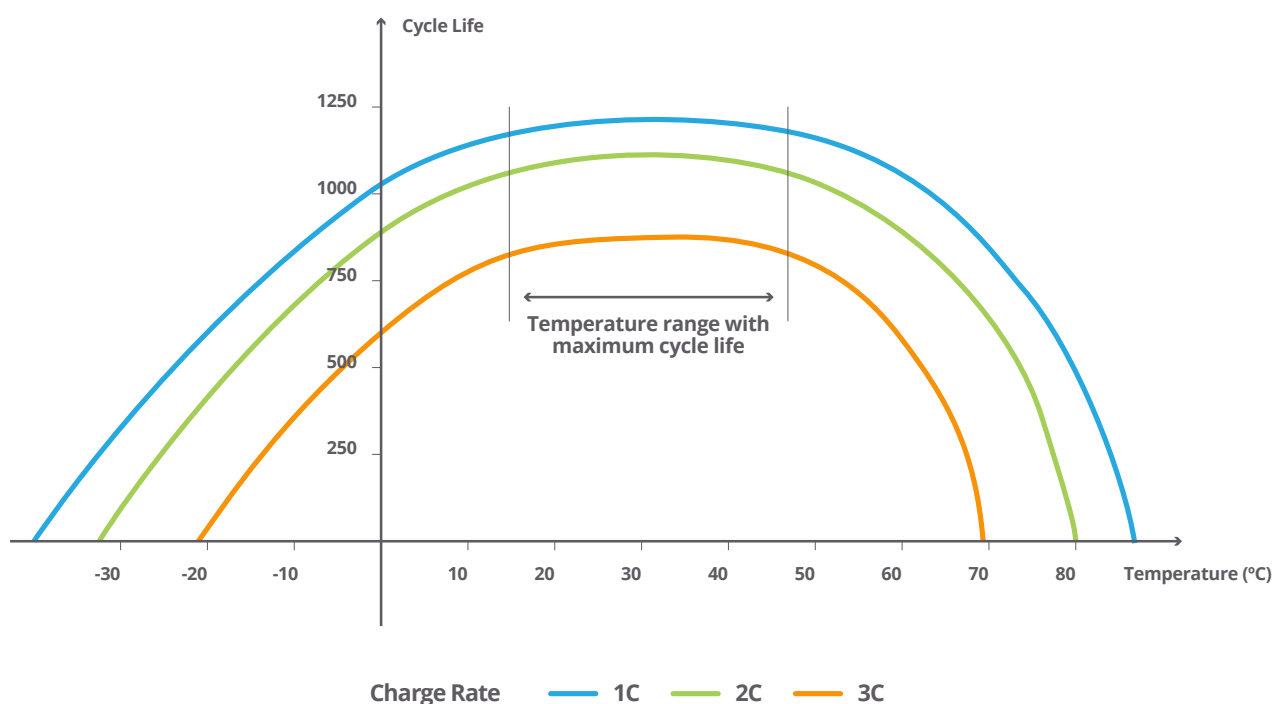


Figura 31. Vida útil de uma bateria de um veículo elétrico [37]

Em síntese, embora existam diversos fatores que têm impacto no período de vida útil de uma bateria de um veículo elétrico, a adoção de alguns procedimentos permite reduzir o seu ritmo de degradação e aumentar a sua durabilidade, minimizando, deste modo, o risco associado à eventual necessidade da substituição da bateria durante o período de utilização do veículo.

Acresce que, de um modo geral, a **garantia das baterias dos veículos elétricos é de 8 anos**, podendo ou não ser simultaneamente definido um limite de quilometragem (i.e., a regra “o que ocorrer primeiro”).

No caso de os veículos terem uma utilização profissional (e.g., táxis, TVDE, etc.), o limite, em termos de duração, poderá ser inferior.

As condições de garantia variam em função do fabricante e/ou do fornecedor (do veículo e/ou da bateria), em função da tecnologia e/ou características das células que compõem a bateria, ou em função das condições de utilização e operação, sendo consideradas quando a capacidade da bateria se situe abaixo de um determinado nível (i.e., **SoH – “State-of-Health”**) e o qual oscila, geralmente, entre os 65 e os 80% [31].

4.2.5. Impacte ambiental

No que diz respeito ao impacte ambiental dos veículos elétricos, importa clarificar que o conceito de “zero emissions” comumente associado aos veículos elétricos se reporta ao seu impacte local: ou seja, um veículo elétrico não polui, nem emite gases poluentes, ou CO₂, durante a sua utilização, no local onde circula. Contudo, a energia consumida pelo veículo poderá constituir, naturalmente, uma fonte de emissões gasosas.

Adicionalmente, saliente-se que a análise do impacte ambiental dos veículos elétricos **deverá considerar as emissões de GEE (medidas em toneladas de CO₂-eq) associadas a todo o ciclo de vida**, podendo, deste modo, ser feita uma comparação adequada com o impacte ambiental dos veículos tradicionais com motor de combustão interna [37]:

- Produção de componentes e fluídos dos veículos;
- Montagem, desmantelamento e reciclagem dos veículos;
- Baterias (para todo o ciclo de vida);
- Perspetiva “*Well-to-Tank*” (ciclo de vida da eletricidade ou do combustível);
- Perspetiva “*Tank-to-Wheel*” (utilização da eletricidade ou do combustível).

A tabela seguinte ilustra a desagregação das emissões de CO₂ (em g/km) das principais fases do ciclo de vida para os diferentes veículos³⁴.

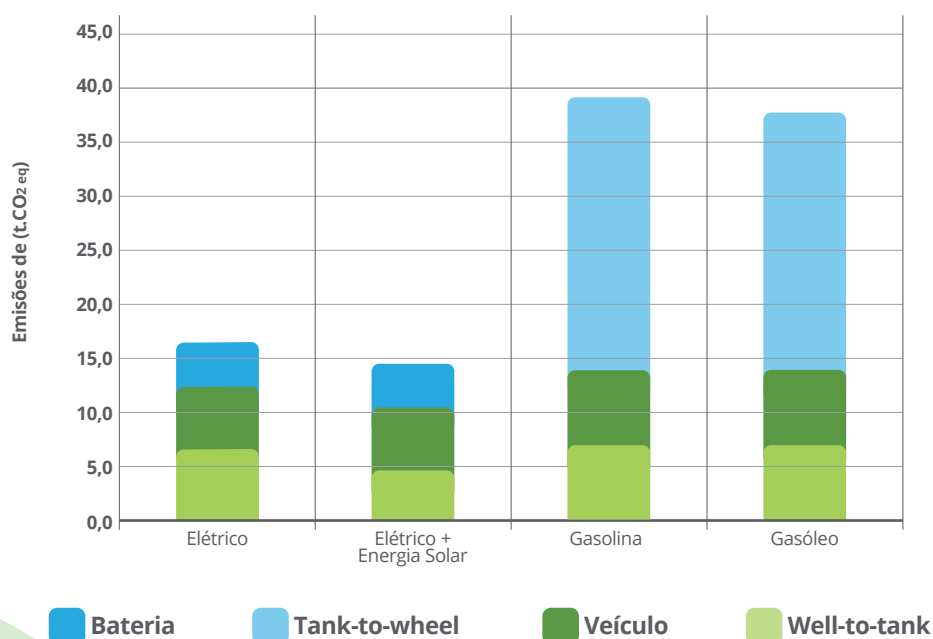
³⁴ Quilometragem total de 150.000 km; consumo de 18 kWh/100km e 253 g/CO₂/kWh (fonte: DGEG) para os veículos elétricos; consumo de 7,0 l/100km e 2.392 gCO₂/litro para os veículos a gasolina; consumo de 6,0 l/100km e 2.640 gCO₂/litro para os veículos a gasóleo.

Tabela 3. Análise comparativa das emissões de CO₂ de veículos

Adaptado de [37]

	Elétrico	Gasolina	Gasóleo
Emissões T -> W	0	167	158
Emissões W -> T	44	47	47
Emissões do Veículo	38	46	46
Emissões da Bateria	27	0	0
TOTAL DE EMISSÕES	111	260	251

O gráfico da figura seguinte compara as emissões de CO₂ das principais fases do ciclo de vida dos diferentes veículos durante a sua vida útil³⁵.


Figura 32. Vida útil de uma bateria de um veículo elétrico [37]

³⁵ Assumindo um período de 10 anos e uma quilometragem anual de 15.000 km.

Verifica-se que as emissões de CO₂ dos veículos elétricos, em Portugal, considerando todo o ciclo de vida (incluindo as baterias), são cerca de **55-60%** inferiores às emissões de CO₂ dos veículos com motores de combustão interna.

Analisando apenas do ponto de vista da utilização da fonte de energia (i.e., consumo de eletricidade, ou de combustível, numa perspetiva **“Well-to-Wheel”**), a redução das emissões de CO₂ [indiretas] dos veículos elétricos supera os **75%**.

A realçar que estes resultados consideram o fator de emissão associado à produção de eletricidade em Portugal (253 gCO₂/kWh), sendo, portanto, variáveis em função do mix energético e/ou da proveniência da energia elétrica utilizada para o carregamento das baterias.

A título de exemplo, refira-se que no caso de ser utilizada energia proveniente de um sistema solar fotovoltaico (em regime de autoconsumo) para carregar a bateria de um veículo elétrico, a **redução das emissões, numa perspetiva “Well-to-Wheel”, poderá aproximar-se dos 85%**, podendo estas serem inferiores a 100 gCO₂/km³⁶.

Em síntese, a utilização de veículos elétricos apresenta, atualmente, uma significativa vantagem ambiental, comprovando-se assim a importância do seu contributo para promover a transição para uma mobilidade mais sustentável.

Por outro lado, no âmbito do impacto ambiental dos veículos elétricos não deverão ser descuradas as operações associadas ao fim de vida útil das suas baterias.

De um modo geral, poderá considerar-se que uma bateria de um veículo elétrico poderá estar no final da sua vida útil quando a sua capacidade não permita garantir uma utilização que satisfaça, minimamente, as necessidades de deslocação do UVE.

A título de exemplo, considere-se a bateria de um determinado veículo elétrico, com uma capacidade total de 40 kWh de energia disponível (aquando da sua aquisição), e uma autonomia média utilizável na ordem dos 200km (em novo).

³⁶ Considerando, por exemplo, um rácio de 30% de energia solar (autoconsumo) e de 70% de energia da rede (com base no mix energético nacional).

Poderá assim considerar-se que a vida útil terminará quando a capacidade da bateria reduza para cerca de 50%. Ou seja, permita uma autonomia de apenas 100-120km. Após 15-20 anos, e supondo uma degradação de 60%, a bateria terá um SoH (“State-of-Health”) de 40% e a sua capacidade poderá rondar os 20 kWh.

Esta capacidade poderá ser suficiente para que a bateria, usada, num conceito de economia circular, possa ser reutilizada num sistema de armazenamento associado a uma central solar fotovoltaica em regime de autoconsumo, minimizando deste modo o impacte ambiental associado.

4.2.6. Custos de operação e de utilização

A análise económica comparativa relativa à utilização de veículos elétricos deverá, à semelhança da análise de qualquer outra opção relacionada com o setor dos transportes, e com a gestão de frotas e de veículos, ser efetuada com base no custo total operacional, geralmente designado como TCO (“Total Cost of Ownership”), ao longo do seu período de vida útil (considerando-se, tipicamente, de 10 anos para veículos ligeiros).

A gestão do TCO de uma frota, ou de um veículo, permite determinar e avaliar as opções mais apropriadas em função das reais necessidades de utilização, devendo, portanto, constituir-se como uma das principais medidas a implementar na preparação do processo de transição para a mobilidade elétrica.

Esta tarefa inclui a gestão das principais despesas associadas ao funcionamento de uma frota (e de um veículo), contemplando nomeadamente [38]:

- Aquisição / Depreciação;
- Operação:
 - Manutenção (revisões, pneus, etc.);
 - Seguros;
 - Impostos (IUC, ISP, IVA, etc.);
 - Outras despesas (e.g., inspeção obrigatória, peças de desgaste, etc.).
- Utilização:
 - Fontes de energia (combustível, eletricidade, hidrogénio, etc.);
 - Outras despesas (portagens, estacionamento, etc.).

Por outro lado, a avaliação económica através do TCO permite, por exemplo, estipular indicadores que podem ser úteis à gestão da atividade e do negócio, especificamente:

- Comparativo dos TCO de veículos elétricos vs veículos com motores de combustão interna (€/km);
- Cálculo comparativo da parcela dos custos associados ao transporte (€/km ou %);
- Comparativo da eficiência de carga transportada (ton.km/kWh e ton.km/L);
- Etc.

Seguidamente elencam-se as questões mais relevantes referentes aos custos de aquisição e de operação de veículos elétricos, bem como aos custos de utilização, nomeadamente associados ao carregamento dos veículos elétricos, tanto em PCVE públicos e privados (i.e., postos integrados na rede MOBI.E, incluindo os postos privados de acesso público), como em PCVE próprios (i.e., das instalações que, de forma direta ou indireta, sejam propriedade dos UVE) como casa e local de trabalho.

Para a determinação do custo total de utilização do veículo elétrico deverá considerar-se um rácio de utilização de ambos, o qual varia em função da tipologia e dimensão das viagens e das possibilidades e disponibilidades das diversas formas de carregamento.

4.2.6.1. Custos de aquisição e de operação

No que diz respeito ao custo de aquisição de veículos elétricos, para a mesma gama (equivalência), verifica-se ser, atualmente, mais elevado comparativamente aos veículos com motores de combustão interna em **10 a 30%** [38].

Esta particularidade tem constituído um dos principais entraves no processo de transição para a mobilidade elétrica por parte das empresas e dos cidadãos.

Espera-se, contudo, que a **paridade do custo de aquisição**, decorrente principalmente da redução do preço associado às baterias, venha a ocorrer antes de **2030** [38].

A realçar, contudo, que desde 2010 que o Estado português, por imposição regulamentar³⁷, disponibiliza incentivos financeiros à aquisição de veículos novos elétricos, sendo

o incentivo atribuído pelo Fundo Ambiental (linha referente à mitigação das alterações climáticas)³⁸ a veículos ligeiros (de passageiros e de mercadorias), ciclomotores, motocicletas e bicicletas, adquiridos em Portugal.

Estes apoios têm permitido reduzir o *gap* do custo de aquisição de veículos elétricos, e de uma parte dos custos de operação, impulsionando, deste modo, o processo de transição para a mobilidade elétrica.

Quanto aos custos de operação, especificamente aos custos de manutenção, a realçar que, genericamente, são inferiores comparativamente aos veículos com motores de combustão interna: os veículos elétricos têm cerca de 1% do número de peças móveis; não têm filtros, correias, velas, injetores, embraiagem, escape, etc. [39].

A referir também que, atualmente, o custo anual do seguro automóvel de um veículo elétrico é, geralmente, superior ao de um veículo tradicional. Tal deve-se essencialmente ao facto de o custo de aquisição (e do seu respetivo valor venal) ser superior.

Não obstante, as seguradoras reconhecem que possa vir a existir uma diminuição do risco associada à condução de um veículo elétrico [40].

Relativamente aos impostos, salientam-se os seguintes incentivos fiscais em vigor atualmente em Portugal [41]:

- Dedução do valor do IVA associado às despesas do veículo elétrico (no caso das empresas), tanto às de aquisição como às de utilização (i.e., energia elétrica);
- Isenção de tributação autónoma (no caso das empresas);
- Isenção do ISV – Imposto Sobre Veículos;
- Isenção de IUC – Imposto Único de Circulação.

³⁷ Decreto-Lei n.º 39/2010, de 26 de abril.

³⁸ Informação disponível em <https://fundoambiental.pt/>.

4.2.6.2. Custo do carregamento em PCVE da rede MOBI.E

O carregamento de um veículo elétrico num posto de carregamento público, da rede MOBI.E, implica a celebração de um contrato com um CEME e a consequente utilização de um cartão, ou de uma APP, disponibilizado(s) por este, sendo possível carregar em qualquer posto de carregamento, independentemente do OPC.

O valor total faturado pelo CEME reflete os diversos custos associados ao carregamento do veículo os quais podem ser agrupados do seguinte modo [42]:

- **Componente CEME:** consta do contrato negociado entre o CEME e o UVE e respeita à eletricidade fornecida para carregamento do veículo elétrico, incluindo o valor da eletricidade e sua comercialização (i.e., tarifário CEME), as tarifas de acesso às redes de energia elétrica (TAR) e a tarifa EGME aplicável aos CEME³⁹;
- **Componente OPC:** inclui a utilização dos pontos de carregamento, assim como a tarifa EGME aplicável aos OPC;
- **Componente de taxas e impostos:** definidos pelo Estado Português, designadamente, o imposto especial sobre o consumo de energia elétrica (IEC⁴⁰) e o imposto sobre o valor acrescentado (IVA⁴¹);
- **Outros serviços** que possam ser prestados pelo CEME.

A estrutura do preço final pago pelo UVE, para carregamento do veículo elétrico na Rede de Mobilidade Elétrica, pode ser representada da seguinte forma na figura 33 [42].

³⁹ <https://www.erse.pt/media/22khz4ol/diretiva-erse-16-2021-tarifas-egme-2022.pdf>

⁴⁰ Termo variável a aplicar ao consumo de eletricidade de 0,001€ por kWh (em Portugal Continental), nos termos da Portaria n.º 320-D/2011, de 30 de dezembro.

⁴¹ O IVA aplicável a todas as parcelas da fatura é, atualmente, de 23% no Continente, 22% na Madeira e 18% nos Açores.

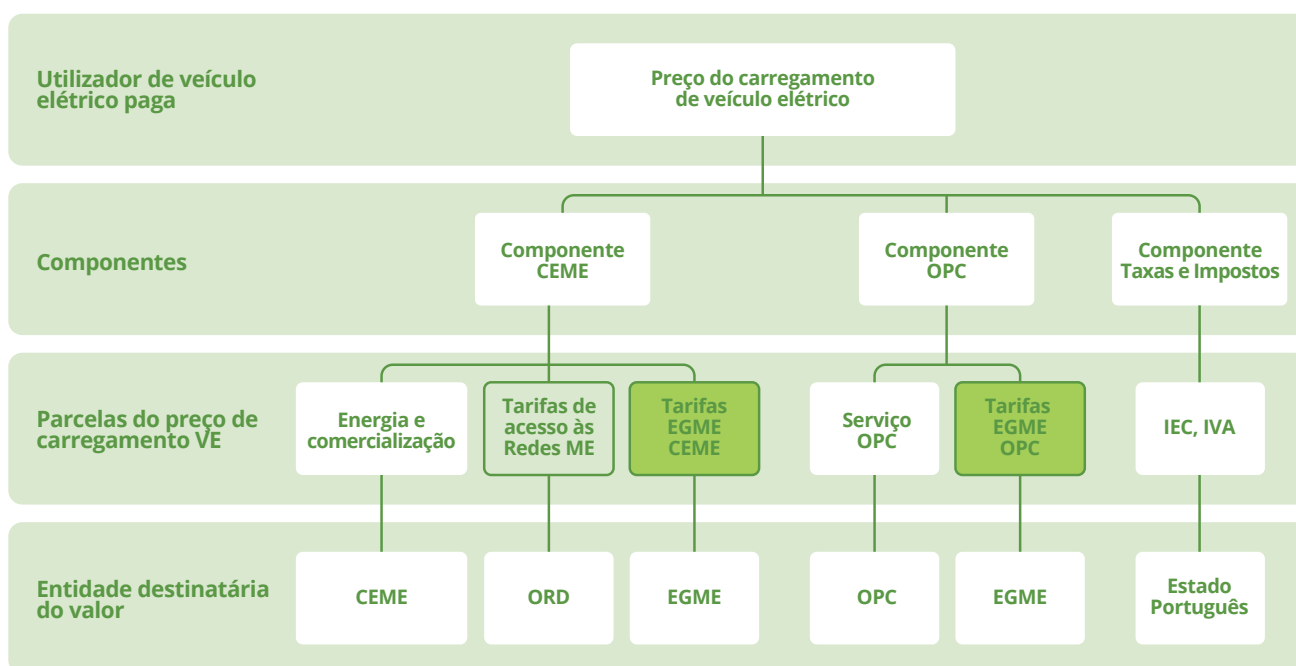


Figura 33. Estrutura do preço final do carregamento de veículos elétricos [42]

Tarifário CEME

- A componente relativa ao carregamento do veículo, tarifário CEME, conforme o contrato estabelecido com o CEME, corresponde ao serviço de venda de eletricidade, sendo definido em euros por kWh e discriminado por período horário (ponta, cheia e vazio).
- A salientar que atualmente alguns comercializadores de eletricidade em regime de mercado já disponibilizam ofertas que contemplam a mobilidade elétrica, podendo inclusivamente aliar o carregamento de veículos elétricos com o consumo de energia elétrica de edifícios.

Tarifas de Acesso às Redes

- As Tarifas de Acesso às Redes (TAR) aplicam-se à eletricidade entregue na rede de mobilidade elétrica aos UVE e são definidas anualmente pela ERSE.
- Existem tarifas distintas, variando em função do nível de tensão do ponto de entrega da RESP (Rede Elétrica de Serviço Público) ao qual está ligado o PCVE, sendo compostas por preços da energia discriminados por período horário (ponta, cheia e vazio), definidos em euros por kWh.

- Ao contrário das TAR aplicáveis ao consumo de energia elétrica de edifícios (ou de outro tipo de instalações), que apresentam uma componente fixa (o fator de potência contratada) e uma componente variável (em função da energia, em €/kWh), na mobilidade elétrica apenas existe uma componente (variável) que integra o termo fixo associado ao fator de potência.

Tarifa EGME

- O Regulamento de Mobilidade Elétrica prevê a cobrança pela Entidade Gestora da Rede de Mobilidade Elétrica (MOBI.E), de uma tarifa que permita cobrir os custos da sua atividade (regulada), especificamente:
 - Procedimentos administrativos relacionados com a adesão à rede MOBI.E;
 - Gestão e operação da plataforma tecnológica que permite ligar os pontos de carregamento de qualquer OPC, em rede, assegurando as comunicações de dados que permitam garantir a partilha de fluxos de informação;
 - Prestação de informação aos UVE sobre o tarifário de cada posto (e sobre o estado da rede).
- A tarifa EGME é aplicada aos CEME, aos OPC e aos DPC, sendo refletida no preço final a pagar pelo UVE.

Tarifário OPC

- Corresponde ao serviço de disponibilização do posto de carregamento pelo OPC, podendo ser cobrado em função de uma, ou de uma combinação, das seguintes variáveis:
 - Custo por energia consumida – €/kWh;
 - Custo por unidade de tempo – €/min;
 - Custo por sessão de carregamento – €/carregamento.
- A parcela OPC inclui a tarifa EGME aplicável aos OPC e a qual será integrada na fatura emitida aos UVE pelo CEME, que depois transferem as importâncias devidas para os respetivos OPC, com base na informação fornecida pela MOBI.E.

O preço final a pagar pelo UVE pelo(s) carregamento(s), na rede da mobilidade elétrica, é refletido na fatura a emitir pelo CEME, normalmente ao final de cada mês, na qual a informação é desagregada por transação (i.e., por carregamento efetuado) e por componente.

4.2.6.3. Custo do carregamento em PCVE próprios

O custo do carregamento de um veículo elétrico na própria instalação do UVE pode ser desagregado nas seguintes componentes:

- Tarifário aplicável pelo Comercializador de Energia;
- Tarifas de Acesso às Redes;
- Potência em Horas de Ponta⁴³;
- Taxas e impostos (e.g., ISP, IVA).

O valor das tarifas a considerar dependerá do tarifário contratado com o comercializador de energia, do ciclo tarifário aplicável (diário, semanal), variando em função do período do dia (ou da semana) em que ocorra o carregamento.

4.2.6.4. Comparativo de custos unitários de utilização

O quadro da figura seguinte ilustra os resultados comparativos dos custos unitários de utilização para percorrer 100 km em veículos com motor de combustão interna (gasolina e gasóleo) e num veículo elétrico (com o carregamento a ser efetuado em distintos locais e de diferentes formas) [43].

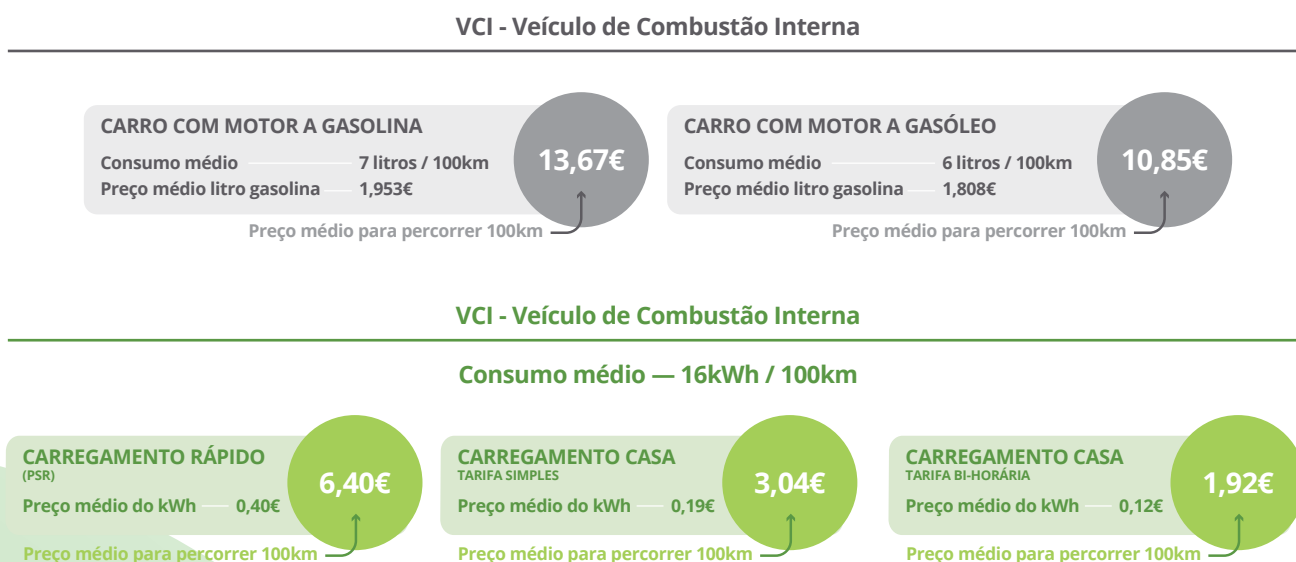
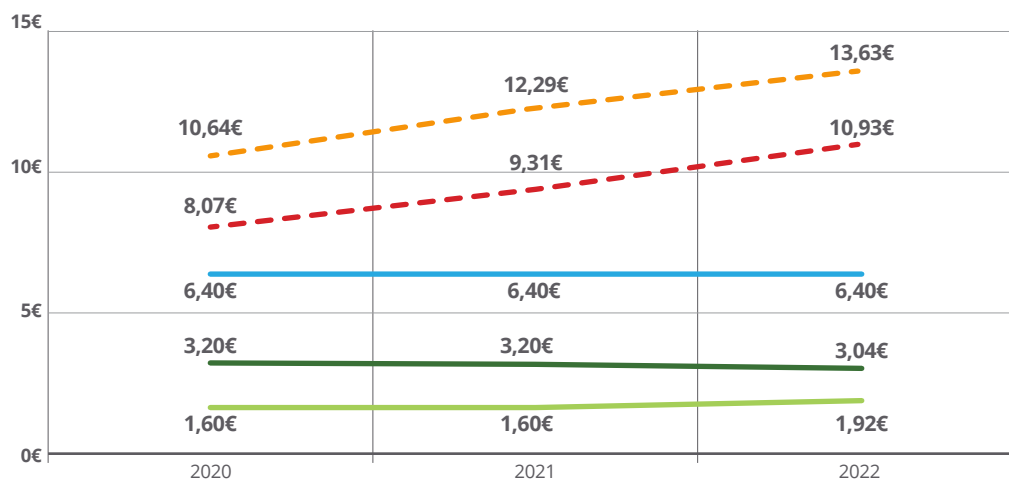


Figura 34. Comparativo do custo unitário de utilização de veículos [43]

⁴³ Aplicável a instalações ligadas em níveis de tensão superiores a BTN (BTE ou MT, por exemplo).

O gráfico da figura seguinte mostra a evolução do referido custo entre 2020 e 2022 [43].



— Casa (tarifa bi-horária) — Casa (tarifa simples) — PCR (50 kW) — Gasóleo — Gasolina

Figura 35. Evolução comparativa do custo unitário de utilização de veículos [43]

A realçar que o custo do carregamento de um veículo elétrico (seja nos PCVE da rede MOBI.E, seja na própria instalação) varia, fundamentalmente, em função do tarifário aplicável pelo comercializador nos diversos períodos do dia (ou da semana).

Da análise comparativa efetuada verifica-se que, no cenário mais favorável (veículo elétrico com carregamento em período de vazio face a veículo a gasolina), a redução de custos poderá ascender a **85%**.

Ainda assim, no cenário mais desfavorável (veículo elétrico com carregamento num PCR face a veículo a gasóleo), a redução de custos supera os 40%.

Assumindo deslocações médias de 15.000 km por ano, e considerando um rácio de 30% de carregamentos nos PCVE da rede pública (PCR ou PCN) e de 70% nos PCVE privados (em casa, no período de vazio), a economia anual, apenas em custos diretos de utilização (energia), revela-se bastante significativa, podendo ascender a mais de 1.500€.

Este resultado, per si, permite amortizar o *gap* do custo de aquisição de veículos elétricos num curto período de tempo.

Refira-se, todavia, que os custos de utilização abordados neste comparativo correspondem apenas a uma das componentes do TCO.

5. Estratégias, Desafios e Oportunidades

Os custos operacionais de frotas de veículos constituem uma das principais rubricas de despesa nas empresas, especialmente as que dependem da deslocação dos seus colaboradores para prestação de serviço ou para distribuição e entrega de produtos.

A redução dos custos operacionais dos veículos, e das frotas, tem-se revelado um desafio de considerável relevância ao longo da última década, tendo ganho maior expressividade nos últimos anos com o significativo aumento dos preços dos combustíveis fósseis.

No presente capítulo apresentam-se algumas medidas de melhoria (de certo modo, transversais ao setor dos transportes), e algumas opções estratégicas, que poderão ser adotadas pelo setor empresarial no intuito de poder ser alcançado este objetivo.

Apresenta-se também uma medida complementar aplicável a empresas com frotas com veículos elétricos relacionada com a utilização de energia solar para carregamento das baterias.

5.1. Renovação de Frota

O processo de renovação de frotas decorre, geralmente, em consequência do fim de vida útil dos veículos em utilização, implicando que periodicamente sejam analisadas, e avaliadas, várias opções que cumpram com as características necessárias à satisfação das reais necessidades.

Ao longo dos últimos anos os veículos elétricos têm vindo a ser também considerados

nessa análise, havendo já diversos exemplos de frotas empresarias que têm vindo, gradualmente, a efetuar a renovação baseada na conversão e transição para a mobilidade elétrica.

O principal fundamento para esta transição reside, naturalmente, nos menores custos de operação e de utilização, e para o qual contribui significativamente uma adequada gestão do Custo Total Operacional – TCO⁴⁴.

Adicionalmente, nesta análise podem também ser considerados os benefícios fiscais associados à aquisição de veículos elétricos pelas empresas, especificamente a possibilidade de dedução do valor do IVA, a isenção de tributação autónoma, bem como a isenção do ISV e do IUC.

Refira-se, por fim, a opção de *renting* (aluguer operacional) de veículos elétricos em prejuízo da aquisição.

5.2. Eficiência Energética

5.2.1. Regulamento da Gestão do Consumo de Energia

Atualmente, o setor dos transportes segue o Regulamento da Gestão do Consumo de Energia para o Setor dos Transportes (RGCEST), conforme definido na [Portaria n.º 228/90](#), de 27 de março de 1990⁴⁵.

O RGCEST aplica-se às empresas de transporte e às empresas com frotas próprias consumidoras intensivas de energia, cujo consumo energético durante o ano anterior tenha sido superior a 500 tep, e estabelece metas para a redução progressiva dos consumos específicos de energia.

A metodologia impõe a realização de uma auditoria energética de três em três anos, com o objetivo de identificar o potencial de economias de energia a consubstanciar na

⁴⁴ Informação complementar pode ser consultada no capítulo 4.2.6.

⁴⁵ No âmbito do PNEC 2030 está prevista a revisão do RGCEST.

elaboração de um plano de racionalização, com as medidas de melhoria de eficiência energética a serem implementadas nos três anos seguintes.

As auditorias energéticas e os respetivos planos de racionalização, bem como o controlo de execução e progresso desses planos, devem ser desenvolvidos por técnicos reconhecidos especificamente para esses fins⁴⁶.

As metas de eficiência energética para o setor dos transportes definidas implicam uma redução energética mínima de 5% dos indicadores dos respetivos consumos específicos a cada 3 anos.

Para tais desígnios poderá também contribuir a transição para veículos com sistemas de propulsão alternativos onde se inclui, por exemplo, a opção pela mobilidade elétrica.

5.2.2. Etiquetagem energética

Analogamente à etiquetagem de aparelhos elétricos para uso doméstico, também as frotas podem ser classificadas com uma etiqueta energética, nomeadamente por via do sistema de avaliação e classificação do desempenho energético de frotas automóveis para promover a mobilidade eficiente (MOVE+).

Para além de classificar a frota, o MOVE+ permite também identificar oportunidades de poupança de combustível (redução de custos) e de minimização de impacto ambiental através de uma gestão otimizada da frota.

A classificação que o MOVE+ (Figura 36) introduz permite conhecer, numa escala de A+ (mais eficiente) a F (menos eficiente), o nível de eficiência energética da frota automóvel de uma empresa⁴⁷ [44].

⁴⁶ Listagem dos Técnicos RGCEST (reconhecidos pela DGEG) disponível no [link](#).

⁴⁷ Disponível para frotas de veículos ligeiros e pesados de mercadorias, esperando-se que em breve se possa estender a frotas de pesados de passageiros e a todas as áreas e soluções de mobilidade de qualquer empresa.

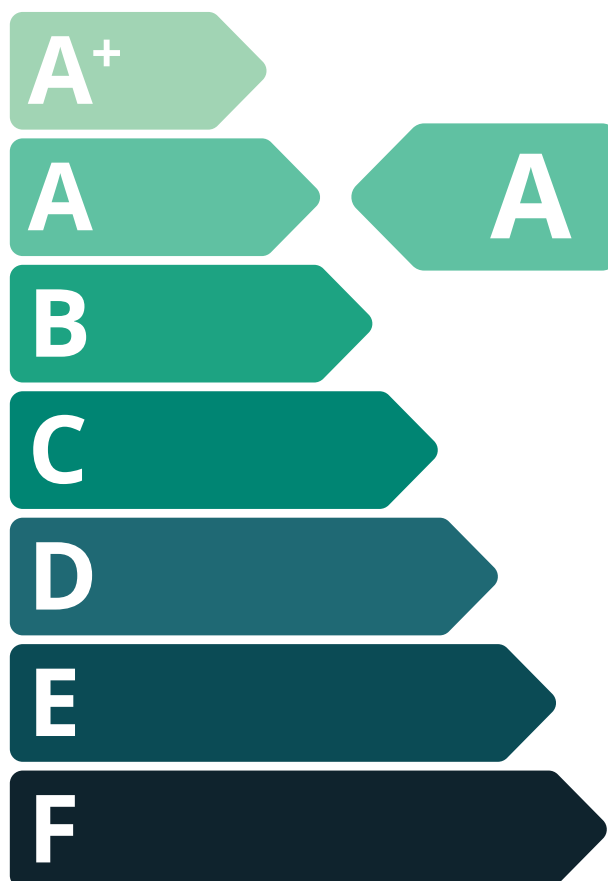


Figura 36. Sistema de etiquetagem energética de frotas MOVE+ [44]

Esta certificação energética de frotas tem o potencial para, com o diagnóstico energético realizado e as medidas de melhoria recomendadas, contribuir para a redução dos consumos energéticos da frota, seja através da promoção de comportamentos e políticas energeticamente mais eficientes, ou o incremento de atividades de manutenção preventiva, seja pela introdução de veículos mais ecológicos.

As principais vantagens deste sistema são:

- Redução de consumos e de custos energéticos, e de emissões de GEE;
- Promoção de veículos ecológicos e de comportamentos mais eficientes;
- Maior conhecimento do desempenho dos veículos;
- Valorização da frota, pela melhor utilização e preservação das viaturas.

O potencial de redução dos consumos de energia, através de uma melhor eficiência energética dos veículos pela alteração nas soluções de locomoção (e.g., mobilidade eléctrica) ou pela otimização da gestão das frotas, estima-se em 10 a 45% [45].

A destacar ainda o sistema de etiquetagem europeia de pneus⁴⁸ que permite melhorar a segurança rodoviária e contribuir simultaneamente para reduzir o consumo de combustível.

Pneus com uma menor resistência ao rolamento, e com a pressão correta, permitem reduzir consumos, aumentando a autonomia e proporcionando economias em termos de custos de operação.

A classe de resistência ao rolamento (Figura 37) varia de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). Quanto maior a classe de energia, menor a resistência ao rolamento (o rótulo anterior tinha um intervalo de A a F) [46].

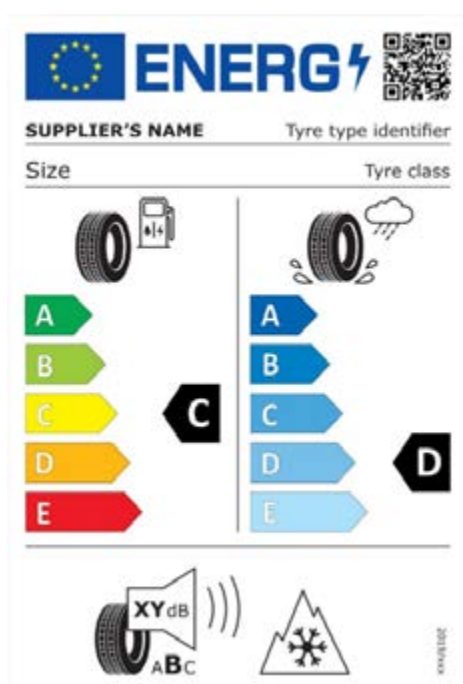


Figura 37. Etiqueta energética para pneus [46]

⁴⁸ Recentemente revisto, e em vigor desde 1 de maio de 2021.

A realçar ainda a diferenciação da fonte de energia dos veículos no parâmetro referente à resistência ao rolamento (i.e., à eficiência energética), nomeadamente combustível e eletricidade.

Os pneus para veículos elétricos estão preparados para serem mais eficientes do que os pneus tradicionais, especificamente tendo em conta as suas características distintivas e a natureza do funcionamento: maior peso, maior poder de aceleração, necessidade de manter um baixo nível de ruído e uma baixa resistência ao rolamento.

Acresce que as novas regras introduziram parâmetros relacionados com o uso em condições severas de neve ou em situações climáticas extremas.

5.2.3. Sistemas de Monitorização de Consumos

Os sistemas de monitorização de consumos (SMC) são aplicações informáticas que se constituem como ferramentas de recolha e registo ou processamento de dados, cuja complexidade poderá variar consoante as necessidades de cada empresa, permitindo, de um modo geral, comparar e detetar padrões de consumos.

A sua implementação em frotas revela-se importante para acompanhar e gerir os custos operacionais, mas também para detetar potenciais anomalias no funcionamento dos veículos, ou na utilização de técnicas de condução desadequadas.

Um consumo superior a valores de referência, ou a históricos, pode indiciar maus hábitos de condução, ou, nalguns casos, identificar necessidades de manutenção.

Saliente-se, todavia, que a simples utilização de um sistema de monitorização de consumos não conduzirá a melhorias automáticas em termos de consumo de energia, sendo necessária uma intervenção do utilizador, ou do gestor, para efetuar a devida análise e o devido acompanhamento dos dados.

A interpretação dos resultados, e a adoção das devidas ações corretivas, será sempre responsabilidade do utilizador, ou do gestor de frota.

A realçar que existem inúmeras soluções disponíveis para utilização (e.g., aplicações para smartphome), sendo que muitas permitem efetuar também uma gestão remota (e.g., via *webportal* ou armazenamento em *cloud*), como se demonstra na Figura 38.

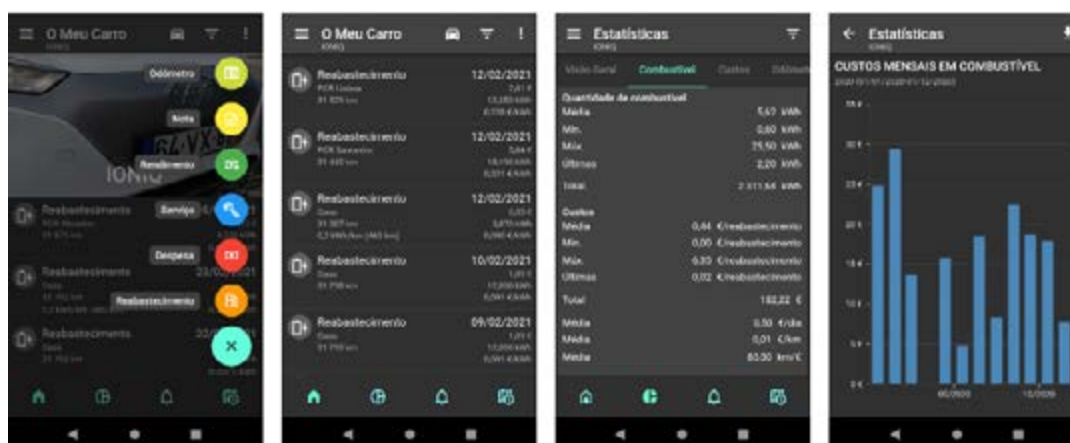


Figura 38. Aplicação para smartphone para monitorização de consumos

Em síntese, as principais vantagens dos sistemas de monitorização de consumos são:

- Informações disponíveis e consolidadas num único sistema/local;
- Possibilidade de recolha automática de dados;
- Possibilidade de transferência de informação com outros sistemas;
- Histórico e rastreabilidade;
- Verificação de resultados de medidas implementadas.

5.2.4. Sistemas de Gestão de Frotas

Um sistema de gestão de frotas (SGF) permite conhecer, em tempo real, toda a informação de uma frota, e dos seus utilizadores (i.e., condutores), possibilitando às empresas uma adequada capacidade de gestão e uma facilitação de implementação de medidas de eficiência energética e/ou de redução de custos de operação.

Adicionalmente, por via do controlo e monitorização em tempo real, aliado à possibilidade de produção de relatórios detalhados (consumos, custos ou até hábitos de condução), promove-se um aumento da segurança dos condutores e dos veículos, reduzindo conseqüente e simultaneamente custos e consumos.

A figura seguinte ilustra um dashboard de um SGF com identificação de algumas funcionalidades [47].



Figura 39. Sistema de gestão, controlo e monitorização de frotas [47]

Em síntese, um sistema de gestão de frotas poderá integrar as seguintes principais funcionalidades:

- Informação e acompanhamento da frota em tempo real;
- Monitorização, gestão e controlo de indicadores (dos veículos e dos condutores);
- Gestão da manutenção dos veículos;
- Otimização de rotas e/ou da utilização dos veículos;
- Controlo sobre a segurança da frota.

5.2.5. Manutenção preventiva

A manutenção preventiva consiste na realização de um programa de ações para um determinado período de tempo, podendo por exemplo ser desenvolvido em acordo com os intervalos de manutenção definidos pelos fabricantes dos veículos, com base em indicadores de funcionamento dos veículos ou de acordo com as condições da sua utilização.

Contempla geralmente as ações sistemáticas de manutenção, inspeções de peças e

acessórios, aferição de mostradores, calibrações e lubrificações, no intuito de garantir que os veículos permaneçam em boas condições operacionais.

A falta de manutenção pode colocar em causa a durabilidade e desempenho dos veículos da frota de qualquer empresa.

Na manutenção preventiva poderá revelar-se necessário proceder à desmontagem de sistemas e/ou conjuntos de peças, para que se possam identificar aquelas que possam apresentar desgaste prematuro (ou problemas de conceção) e promover assim a sua substituição preventiva.

Pese embora possam existir custos com manutenção antes de um problema poder ocorrer, um bom planeamento preventivo evitará custos inesperados, ou superiores, proporcionando assim economias ao longo da vida útil do veículo.

A realçar que a manutenção preventiva pode ser gerida e programada manualmente ou por via da utilização de um *software* específico [48], como ilustrado na Figura 40.

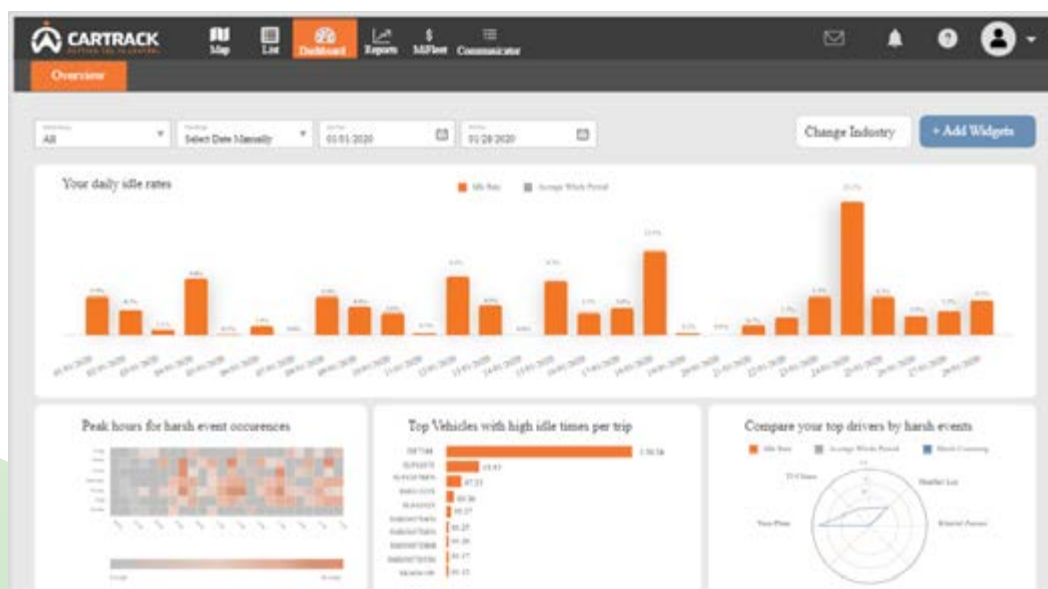


Figura 40. Software de gestão e de manutenção preventiva de frotas [48]

Um programa eficaz de manutenção preventiva deve incluir uma lista de tarefas, dependentes do tipo de veículos e das condições de utilização do mesmo, a serem realizadas nos veículos, além das tarefas dos sistemas de segurança a serem verificados.

5.2.6. Eco-condução

A indústria automóvel tem vindo a desenvolver veículos com consumos de combustível e emissões de gases poluentes e de CO₂ cada vez menores, assentes no desenvolvimento tecnológico dos motores, dos sistemas cinemáticos dos veículos ou da incorporação de combustíveis ou de sistemas de propulsão alternativos.

Não obstante, o condutor, e a sua forma de condução, têm sempre um elevado impacto no consumo de energia (ou combustível) dos veículos.

O conceito de eco-condução traduz-se basicamente numa forma de condução eficiente que permite reduzir o consumo de energia e promover uma maior segurança rodoviária.

Seguem-se algumas boas práticas de Eco-condução [49]:

- Procurar conduzir a uma velocidade o mais constante possível e, acima de tudo, com suavidade, evitando acelerações/desacelerações e travagens bruscas;
- Cumprir os limites de velocidade permite obter economia de energia e contribuir simultaneamente para a segurança rodoviária;
- Evitar transportar carga e bagagens desnecessárias, nomeadamente no tejadilho do veículo, pois altera as características aerodinâmicas aumentando assim o consumo de energia;
- Utilizar de forma equilibrada o ar condicionado, já que este pode consumir até meio litro de combustível por hora – no caso dos veículos elétricos, a utilização da climatização pode representar um acréscimo significativo no consumo;
- Verificar periodicamente a pressão dos pneus: uma pressão demasiado baixa aumenta a resistência de rolamento (desgaste lateral) e o consumo de energia, e uma pressão demasiado alta provoca um desgaste, no centro do pneu, e uma menor aderência na condução.

Adicionalmente, e para o caso veículos com motor de combustão interna:

- Ligar o motor do veículo apenas imediatamente antes do início da viagem e, na ausência de sistemas do tipo “start-stop”, desligar o motor sempre que o veículo fique imobilizado mais do que 1 minuto;
- Usar a relação de caixa de velocidades mais alta possível: uma mudança mais alta significa uma rotação mais baixa, que resulta num menor consumo de combustível;
- Nas descidas de acentuada inclinação o veículo deve ter engrenada uma mudança compatível (o designado “travar com o motor”), obtendo assim maior segurança e um consumo nulo de combustível.

5.3. Energias Renováveis

5.3.1. Autoconsumo de eletricidade renovável

Os sistemas de geração distribuída (ou produção descentralizada) estão legislados através do diploma que estabelece a organização e o funcionamento do Sistema Elétrico Nacional⁴⁹, estando abrangida apenas a produção de eletricidade a partir de fontes renováveis⁵⁰.

A produção descentralizada pode ser realizada através de sistemas de **autoconsumo individual** ou de sistemas de **autoconsumo coletivo**⁵¹ (no qual se integra também a figura das **CER** – Comunidades de Energias Renováveis), permitindo, deste modo, que vários consumidores possam partilhar energia entre si.

O aproveitamento dos recursos endógenos para produção de energia, nomeadamente por intermédio da instalação de centrais solares fotovoltaicas, constitui uma medida que, per si, permite uma rentabilidade bastante atrativa em termos de redução dos custos com energia elétrica de uma instalação, edifício ou empresa.

⁴⁹ Decreto-Lei n.º 15/2022, de 14 de janeiro.

⁵⁰ Regulamento do Autoconsumo de Energia Elétrica: Regulamento n.º 373/2021, de 5 de maio.

⁵¹ Designado por ACC, envolve pelo menos dois autoconsumidores, devendo ter obrigatoriamente um Regulamento Interno aprovado bem como uma EGAC (Entidade Gestora do Autoconsumo) designada.

Complementarmente, o potencial do aproveitamento da energia solar poderá constituir uma oportunidade para carregamento das baterias dos veículos elétricos: a correlação entre ambos (autoconsumo + veículos elétricos) permitirá melhorar a rentabilidade da sua exploração.

Elencam-se seguidamente algumas potenciais medidas, adicionais e complementares, que poderão permitir maximizar a gestão e operação das centrais de produção de eletricidade renovável, especificamente em regime de autoconsumo, nomeadamente no que respeita à otimização da utilização da energia produzida:

- **Utilização direta da eletricidade renovável** produzida pelo sistema solar (excedente ou não), para o carregamento de veículos elétricos:
 - Deverá ser feita uma avaliação comparativa dos benefícios das várias opções e possibilidades para a energia excedente (e.g., tendo por base o custo da energia elétrica renovável adquirida à rede, nos vários formatos, e/ou a receita da energia elétrica renovável que seria entregue à rede, nos vários formatos (cf. pontos seguintes).
- **Otimização da utilização da energia produzida** por intermédio da utilização de tecnologia (hardware e/ou software), nomeadamente de plataformas de gestão ou de sistemas/equipamentos de gestão da procura (do tipo “*demand response*”):
 - Permitem, por exemplo, estipular condições para carregar a bateria de veículos elétricos em função da disponibilidade solar ou de um equilíbrio de cargas dos consumos da instalação.
- **Utilização do conceito V2G (“*Vehicle-to-Grid*”)**⁵² por intermédio da instalação de pontos de carregamento bidirecionais de veículos elétricos:
 - Transformam um veículo numa espécie de “bateria portátil”, permitindo utilizar o conceito de “energia armazenada” para otimizar as necessidades e a satisfação das necessidades de consumo de eletricidade em cada um dos lados (edifício e veículo).

⁵² Termo utilizado para descrever veículos com a capacidade de comunicar com a rede elétrica, e até de abastecer a mesma usando a carga presente no veículo.

- Utilização de **sistemas de armazenamento**, incluindo adaptação e reutilização de baterias usadas de veículos elétricos (i.e., baterias 2nd life)⁵³.

5.3.2. Partilha de eletricidade renovável

A referir ainda algumas potencialidades de maximização de projetos de autoconsumo, especificamente no que respeita a oportunidades relacionadas com a partilha de energia:

- **Integração num projeto de Autoconsumo Coletivo ou numa Comunidade de Energia Renovável** para utilização de energia elétrica renovável por via dos coeficientes de partilha definidos:
 - Os projetos de autoconsumo coletivo (incluindo as CER) regem-se por um Regulamento Interno que estipula as condições de relacionamento comercial entre os participantes, o modo de partilha de energia e a definição dos respetivos coeficientes (de partilha), bem como as questões relacionadas com a medição, leitura e disponibilização de dados (e.g., para efeitos de faturação);
 - A participação num projeto de autoconsumo coletivo pode maximizar as vantagens inerentes à aquisição da energia excedente de outros participantes, ou ao fornecimento de energia excedente a outros participantes.
- **Participação numa “Virtual Power Plant”** (também designada de VPP, que pode ser traduzida para a expressão portuguesa de “central elétrica virtual”), a qual, por via da agregação de pequenos produtores de energia de fontes renováveis, numa rede virtual, permite efetuar uma otimização do balanço entre a produção e o fornecimento de energia renovável entre os agentes que a constituem:
 - As VPP permitem maximizar a utilização direta da eletricidade renovável produzida por via da utilização das TIC (tecnologias da informação e comunicação);
 - A participação numa VPP pode incluir as vantagens inerentes à aquisição da energia ou ao fornecimento de energia excedente;
 - A integração e cooperação com agentes do setor da mobilidade elétrica revela-se uma oportunidade suplementar.

⁵³ Informação adicional pode ser consultada no capítulo 4.2.5.

5.3.3. Aquisição de eletricidade renovável

Os sistemas de autoconsumo (individual ou coletivo), nomeadamente baseados em energia solar, permitem geralmente uma satisfação parcial das necessidades energéticas de consumo de uma instalação, edifício ou empresa.

Assim, complementarmente à sua implementação, e à utilização da energia renovável produzida (de forma direta, ou indireta, conforme mencionado nos pontos anteriores), destacam-se também algumas possibilidades adicionais relacionadas com a aquisição e utilização de eletricidade renovável, nomeadamente no que respeita à parcela dos consumos energéticos não garantida pelo sistema de autoconsumo:

- **Aquisição de Certificados de Garantia de Origem**, assegurando a aquisição de uma determinada quantidade de energia renovável para consumo da própria instalação⁵⁴.
- **Formalização de Contratos Bilaterais** (e.g., **PPA** – “*Power Purchase Agreements*”) diretamente com produtores de eletricidade renovável, assegurando o fornecimento de uma determinada quantidade de energia renovável, por estes, para consumo da própria instalação:
 - A negociação de um PPA decorre, geralmente, em função das necessidades energéticas da própria instalação, permitindo estabelecer-se um plano ajustado aos perfis de consumo.

6. Considerações Finais

O presente Estudo aborda as questões mais relevantes relacionadas com a mobilidade elétrica, integrando, de uma forma descomplicada, um conjunto de informação que permite facilitar a sua promoção e implementação pelas PME no intuito de contribuir para o cumprimento dos desígnios da política energético-ambiental⁵⁵, permitindo, simultaneamente, otimizar os custos operacionais das suas frotas de veículos.

⁵⁴ Informação adicional poderá ser consultada no [link](#).

⁵⁵ Alcançar em 2030 uma meta de 20% de incorporação de energias renováveis e uma meta de redução em 40% da emissão de GEE no setor dos transportes.

Sendo certo que a opção da solução de locomoção deve ser analisada de acordo com as reais necessidades de cada empresa, ou de cada utilizador, salienta-se que o custo unitário de utilização de um veículo elétrico, numa análise do TCO, se revela, efetivamente, inferior ao de um veículo de combustão interna.

Este constitui-se, aliás, como um dos principais fatores impulsionadores da efetiva transição para a mobilidade elétrica pelas empresas.

Importa, todavia, ter em consideração que persistem ainda alguns obstáculos, e mitos, associados à utilização de veículos elétricos, especificamente:

- A perceção da disponibilidade de pontos de carregamento e da relação entre a oferta e a procura (ou vice-versa);
- A necessidade de informação concreta relativa à autonomia, à velocidade de carregamento ou à vida útil das baterias;
- O know-how relativo ao efetivo impacte ambiental dos veículos elétricos, e das suas baterias, comparativamente a outras soluções.

A análise efetuada às várias componentes associadas à operação e utilização de veículos elétricos (carregamento, autonomia, etc.), e às características e particularidades da infraestrutura de suporte (postos de carregamento), teve como objetivo elucidar, e clarificar, os principais aspetos relacionados com todo o ecossistema do setor da mobilidade elétrica.

Neste intuito foram elencadas uma série de medidas e de oportunidades que permitem suportar processos de tomada de decisão pelas empresas, destacando-se, além da identificação de medidas de melhoria da eficiência energética, as sinergias potenciadas pelo aproveitamento dos recursos energéticos endógenos.

A salientar que a aposta no aproveitamento dos recursos energéticos endógenos perspetiva que Portugal disponha, no futuro, de eletricidade renovável para alimentar os veículos elétricos.

Antevê-se, portanto, uma garantia, a médio-longo prazo, de estabilidade e de previsibilidade nos preços da energia elétrica.

Esta é uma questão de particular importância para os utilizadores de veículos elétricos já que, por via da reduzida dependência das flutuações de preços do mercado dos combustíveis fósseis, poderá possibilitar assegurarem-se custos de operação efetivamente competitivos.

A realçar, contudo, que o custo de utilização dos veículos elétricos pode variar significativamente em função dos locais de carregamento das baterias.

A utilização de energia solar para carregamento das baterias (direta ou indireta) constitui, indubitavelmente, a opção que permite obter os melhores resultados: tanto económicos, como ambientais.

Poderá, assim, afirmar-se que a transição para a mobilidade elétrica se apresenta, atualmente, como um importante contributo para promover a descarbonização dos consumos do setor dos transportes e promover uma maior incorporação de fontes renováveis no consumo de energia em Portugal.

Por fim, salientar a importância e o contributo deste documento para a qualificação das estratégias das empresas promovendo os veículos elétricos enquanto alternativa à utilização de fontes de energia convencionais [fósseis] no setor dos transportes, permitindo aumentar a sua sustentabilidade ambiental e económica.

7. Referências Bibliográficas

1. ADENE, “CINERGIA – Centro de Informação para a Energia”, www.cinergia.pt/pt/eu-entendo-a-energia/ (janeiro de 2022);
2. Pacto Ecológico Europeu, https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_pt;
3. Plano Nacional Energia e Clima 2021-2030, www.portugalenergia.pt/setor-energetico/bloco-3/;
4. DGEG e ADENE, “A Energia em Números – Edição 2021”, www.dgeg.gov.pt/media/32sk-j5iv/dgeg-aen-2021e.pdf;
5. DGEG, “Principais Indicadores Energéticos (1995-2020)”, www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/energia/indicadores-energeticos/;
6. DGEG, “Produção de Energia Elétrica a partir de FER (1995-2020)”, www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/energia/renovaveis/;
7. DGEG, “Estatísticas Rápidas – Renováveis, n.º 193”, dezembro de 2020, www.dgeg.gov.pt/media/zazjmhkh/dgeg-arr-2020-12.pdf;
8. DGEG e ADENE, “Contributo das Energias Renováveis”, Fórum das Energias Renováveis, 2010;
9. APREN, “Indicadores das Energias Renováveis”, www.apren.pt/pt/energias-renovaveis/ (janeiro de 2022);
10. ADENE, “Observatório da Energia”, www.observatoriodaenergia.pt/pt/energia-em-numeros/ (janeiro de 2022);
11. ERSE, “Regulamentação da Mobilidade Elétrica”, www.erse.pt/atividade/regulamentos-mobilidade-eletrica/gestao-da-mobilidade-eletrica/;
12. ERSE, “Funcionamento da Mobilidade Elétrica”, www.erse.pt/consumidores-de-energia/saber-mais/mobilidade-eletrica-como-funciona/;
13. MOBI.E, “Operadores da Rede de Mobilidade Elétrica”, www.mobie.pt/redemobie/rede-aderir/;

14. IMTT, “Veículos Elétricos”, www.imt-ip.pt/sites/IMTT/Portugues/Veiculos/VeiculosElectricos/Paginas/VeiculosElectricos.aspx (janeiro de 2022);
15. Greencharge, “Mobilidade Elétrica”, <https://greencharge.pt/pt/mobilidade-eletrica/> (janeiro de 2022);
16. ACAP, “Vendas de Veículos Automóveis”, www.acap.pt/pt/estatisticas;
17. EV-Volumes, “Electric Vehicle World Sales Database”, www.ev-volumes.com/ (fevereiro de 2022);
18. ACEA, “Vehicles in Use – Europe 2022”, [www.acea.auto/files/ACEA-report-vehicles-in-use-europe-2022.pdf;](http://www.acea.auto/files/ACEA-report-vehicles-in-use-europe-2022.pdf)
19. EAFO, “European Alternative Fuels Observatory”, www.eafo.eu/countries/portugal/1749/summary/ (fevereiro de 2022);
20. EUROSTAT, “Estatísticas da habitação”, [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Living_conditions_in_Europe_-_housing;](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Living_conditions_in_Europe_-_housing)
21. McKinsey & Company, “Charging ahead: Electric-vehicle infrastructure demand”, 2018, [www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/charging-ahead-electric-vehicle-infrastructure-demand;](http://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/charging-ahead-electric-vehicle-infrastructure-demand)
22. UVE, “Como Carregar um Veículo Elétrico”, www.uve.pt/page/como-carregar-um-veiculo-eletrico/ (março de 2022);
23. Delft University of Technology – OpenCourseWare, “Electric Cars – Introduction”, <https://ocw.tudelft.nl/course-readings/2-3-2-lecture-notes-ac-and-dc-charging/> (março de 2022);
24. i9Charge, “Carregadores de Veículos Elétricos”, www.i9charge.pt/ (março de 2022);
25. EVDB, “Electric Vehicle Database”, <https://ev-database.org/> (março de 2022);
26. DECO, “Estudo: custos associados às várias tecnologias dos automóveis”, [www.deco.proteste.pt/mobilidade/\(2021\);](http://www.deco.proteste.pt/mobilidade/(2021);)
27. Miio, “Plataforma de Mobilidade Elétrica”, www.miio.pt/fleets (março de 2022);
28. Chargepoint, “Intro to Charging Curves”, www.chargepoint.com/blog/how-dc-fast-charging-really-works-and-intro-charging-curves (março de 2022);

29. Blog Greencars, “New 800-Volt Fast Charging Systems”, www.greencars.com/post/new-800-volt-fast-charging-systems (março de 2022);
30. KNAUF, “Baterias de estado sólido – tecnologia de ponta para EVs”, <https://knaufautomotive.com/pt-br/baterias-de-estado-solido-tecnologia-de-ponta-para-evs/> (março de 2022);
31. CADEX – Battery University, “Battery Aging in an Electric Vehicle”, <https://batteryuniversity.com/article/bu-1003a-battery-aging-in-an-electric-vehicle-ev> (março de 2022);
32. RECURRENT, “How Batteries Degrade in Electric Cars”, www.recurrentauto.com/research/how-batteries-degrade (março de 2022);
33. Khan, et al., 2018, “Energy Management Scheme for an EV Smart Charger V2G/G2V Application with an EV Power Allocation Technique and Voltage Regulation”, www.researchgate.net/publication/324696506;
34. Charged EV Magazine, 2017, “Why do EVs restrict the amount of battery capacity that can be used for driving?”;
35. MIT Electric Vehicles Team, “A Guide to Understanding Battery Specifications”, 2008, https://web.mit.edu/evt/summary_battery_specifications.pdf;
36. Rezvanizani et al., “Review and recent advances in battery health monitoring and prognostics technologies for electric vehicle (EV) safety and mobility”, 2014, www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378775314001098;
37. Carbon Brief, “How electric vehicles help to tackle climate change”, 2019, www.carbonbrief.org/how-electric-vehicles-help-to-tackle-climate-change;
38. BNEF – Bloomberg New Energy Finance, “Hitting the EV inflection point”, 2021, www.transportenvironment.org/discover/hitting-the-ev-inflection-point/;
39. ACP, “Guia sobre carros elétricos”, www.acp.pt/veiculos/conductor-em-dia/mobilidade-eletrica/guia-sobre-carros-eletricos (março de 2022);
40. Insurance Europe, “The role of insurers in combatting climate change”, 2021, www.insuranceeurope.eu/publications/1641/response-to-eiopa-on-non-life-underwriting-and-pricing-in-light-of-climate-change/;

41. MOBI.E, “Benefícios e incentivos à aquisição de um veículo elétrico”, www.mobie.pt/mobilidade/benef%C3%ADcios-incentivos (março de 2022);
42. ERSE, “Tarifas e preços da Mobilidade Elétrica”, www.erse.pt/mobilidade-eletrica/tarifas-e-precos/;
43. Revista Blueauto, edição n.º 53, 2022, “Quanto custa percorrer 100 km num Veículo Elétrico?”, https://issuu.com/blueauto/docs/ba53_issuu;
44. ADENE, “Certificação MOVE+”, www.movemais.pt/;
45. BCSD Portugal, “O potencial económico da eficiência energética”, 2015, <https://bcsdportugal.org/o-potencial-economico-da-eficiencia-energetica/>;
46. ETMRA, “Tyre Regulations”, www.etrma.org/key-topics/tyre-regulations/ (março de 2022);
47. VERIZON, “Soluções de localização de frotas”, www.verizonconnect.com/pt/caracteristicas/painel-frota/ (março de 2022);
48. CARTRACK, Software de gestão de manutenção de frotas, www.cartrack.us/fleet-management (março de 2022);
49. IMTT, “Manual de Eco-condução”, 2010, www.imt-ip.pt/Condutores/Ecoconducao/Documents/Manual_EcoConducao.pdf.



**ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DE EMPRESAS
DE TECNOLOGIAS AMBIENTAIS**

www.apemeta.pt | geral@apemeta.pt
T +351 217 506 000 | F +351 217 506 009