



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Viseu

Desenvolvimento de uma Plataforma Digital de Opções de Mobilidade Sustentável

Lucas Oliveira Rebelo

Trabalho de Projeto

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica Energia e Automação Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação de
Professor Doutor Eduardo Miguel Teixeira Mendonça Gouveia
Professor Doutor Vasco Eduardo Graça dos Santos
Professor Doutor Filipe Manuel Simões Caldeira

Março de 2025



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Viseu

Desenvolvimento de uma Plataforma Digital de Opções de Mobilidade Sustentável

Lucas Oliveira Rebelo

Dissertação

Mestrado em Eng. Eletrotécnica Energia e Automação Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professor Doutor Eduardo Miguel Teixeira Mendonça Gouveia

Professor Doutor Vasco Eduardo Graça dos Santos

Professor Doutor Filipe Manuel Simões Caldeira

Março de 2025

AGRADECIMENTOS

A conclusão desta dissertação representa o fim de uma etapa académica, mas também o resultado do apoio, incentivo e colaboração de muitas pessoas ao longo dessa jornada.

Em primeiro lugar, expresso a minha profunda gratidão aos meus orientadores, Professor Doutor Eduardo Miguel Teixeira Mendonça Gouveia, Professor Doutor Vasco Eduardo Graça Santos, e Professor Doutor Filipe Manuel Simões Caldeira, pela paciência, dedicação e valiosas contribuições durante todo o processo. O vosso conhecimento e orientação foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus familiares, especialmente aos meus pais, pelo suporte incondicional, pelas palavras de encorajamento e por acreditarem em mim em todos os momentos.

Aos colegas e amigos que estiveram ao meu lado nesta jornada académica, partilhando desafios, aprendizagens e conquistas. O vosso apoio tornou este caminho mais leve e enriquecedor.

Aos professores e à Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, que forneceram as bases para minha formação e crescimento académico.

A todos o meu sincero OBRIGADO!

RESUMO

A aposta na mobilidade sustentável tem sido amplamente promovida como uma solução eficaz no objetivo de reduzir as emissões de gases com efeito de estufa e reduzir o forte impacto que o setor dos transportes tem no meio ambiente, em Portugal esta mudança tem sido impulsionada através do acesso a incentivos fiscais e expansão da rede pública de carregamento Mobi.E com o intuito de facilitar a adoção de veículos elétricos e híbridos. No entanto, apesar destas medidas muitos consumidores ainda apresentam incertezas que condicionam a sua decisão de compra, geradas pela dificuldade que encontram na avaliação dos custos reais de utilização.

Nesta dissertação é apresentada uma plataforma digital que tem como objetivo apoiar os consumidores na tomada de decisões mais informadas no que toca á escolha do veículo mais económico ou mais adequado ao seu perfil de utilização, tendo em conta consumos energéticos, tarifas de eletricidade e impostos e custos de manutenção, calculando e comparando vários tipos de automóveis, desde combustão interna a elétricos e híbridos.

A plataforma proposta integra duas funcionalidades principais: cálculo detalhado do custo de posse de um veículo específico e recomendação de veículos mais económicos com base no perfil do utilizador. Esta abordagem inovadora visa colmatar as limitações identificadas nas plataformas de simulação existentes, oferecendo resultados mais completos e adaptados às necessidades dos utilizadores.

Palavras-chave: Mobilidade sustentável, Veículos elétricos, Custo total de posse, Plataforma digital.

ABSTRACT

Sustainable mobility has been presented as an effective solution to reduce greenhouse gas emissions and mitigate the transport sector's substantial impact on the environment. In Portugal, this change has been driven, among other initiatives, by access to tax incentives and the expansion and expansion of the Mobi.E public charging infrastructure, which has, among other objectives, the promotion of the adoption of electric and hybrid vehicles. However, despite these measures, many consumers have uncertainties that affect their purchasing decisions. Such uncertainty is created by the difficulty in assessing the real use costs.

To contribute to this topic, this dissertation presents a digital platform, which in its genesis, aims to support consumers in making more informed decisions regarding the choice of the vehicle most suited to their usage profile, taking into account factors including energy consumption, electricity tariffs, taxes, maintenance costs, among others. The aim is to compare different types of cars, including vehicles equipped with internal combustion engines, vehicles equipped with electric motors and hybrid vehicles.

The proposed platform presents and integrates two main functionalities: detailed calculation of the cost of ownership of a given vehicle and recommendation of the most economical type of vehicle-based on the user profile. This approach aims to overcome limitations identified in existing simulation platforms, seeking to offer results that allow the limitations mentioned to be overcome, more complete and more consistent with users' needs.

Keywords: Sustainable mobility, Electric vehicles, Total cost of ownership, Digital platform

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE TABELAS / QUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
LISTA DE SIGLAS / ABREVIATURAS	ix
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos da investigação	2
1.3. Organização do documento	2
2. TECNOLOGIA E CARREGAMENTO NA MOBILIDADE SUSTENTÁVEL	4
2.1. Tipos de Veículos Elétricos	4
2.2. Carregamento de Baterias de Veículos Elétricos	7
2.2.1. Modos de carregamento	7
2.2.2. Fatores que Limitam a Velocidade de Carregamento de Veículos Elétricos	11
3. TRANSIÇÃO PARA A MOBILIDADE ELÉTRICA EM PORTUGAL	15
3.1. Introdução à mobilidade sustentável em Portugal	15
3.2. Apoios e incentivos para veículos elétricos	15
3.3. Rede pública de carregamento (Mobi.E)	16
3.4. Soluções para carregamento particular	17
3.5. Impacto dos VE e dos VCI na vida familiar ou nas empresas	19
4. TARIFAS DE BAIXA TENSÃO NORMAL (BTN)	22
5. CUSTOS DE MANUTENÇÃO DE AUTOMÓVEIS	27
6. PLATAFORMAS DE SIMULAÇÃO EXISTENTES	30
6.1. MobZero	30
6.2. Simulador DECO PROteste	31
6.3. Notas gerais da comparação entre simuladores	32
7. PROPOSTA DE PLATAFORMA PARA O MERCADO DOMÉSTICO	34
7.1. Descrição da Plataforma Proposta	34
7.1.1. Opção 1 - Calcular o custo de posse de um veículo específico	34
7.1.2. Opção 2 - Identificar os veículos mais económico para o perfil do utilizador	36
7.2. Diferenças em Relação às Plataformas Existentes	38
7.3. Metodologia de Análise	39
8. CASOS DE ESTUDO	44
8.1. Caso de Estudo 1	44
8.1.1. Resultados e Discussão	47
8.1.2. Conclusões do Caso de Estudo	49

8.2. Caso de estudo 2	49
8.2.1. Resultados e discussão	52
8.2.2. Conclusões do caso de estudo	53
9. AJUDA Á DECISÃO	54
10. CONCLUSÕES	59
10.1. Contribuições para a Mobilidade Sustentável	59
10.2. Limitações e Sugestões para Trabalhos Futuros	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEXOS	64
ANEXO A – Total de emissões de CO2 evitadas pela Mobi.e	65
ANEXO B – Veículos disponíveis na base de dados da plataforma em desenvolvimento	66
ANEXO C – Tarifa fixa simples Luzboa	67
ANEXO D – Tarifa indexada simples Luzboa	68
ANEXO E – Tabela de preços de referência Goldenergy	69

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação carregamento AC vs. DC.....	14
Tabela 2 - Potências a contratar em BTN Fonte: [36]	25
Tabela 3 - Tarifa de acesso às redes em BTN Fonte: [36]	26
Tabela 4 - Tarifa de acesso às redes para mobilidade elétrica em BTN Fonte: [36]	26
Tabela 5 - Análise de resultados do caso de estudo 1	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema do veículo elétrico de bateria Fonte: [8]	5
Figura 2 - Esquema de Veículo híbrido plug-in Fonte: [8]	6
Figura 3 - Esquema veículo híbrido Fonte: [8]	7
Figura 4 – Representação modo 1 Fonte: [14]	9
Figura 5 - Representação modo 2 Fonte: [14]	9
Figura 6 - Esquema modo 3 Fonte: [14]	10
Figura 7 - Representação modo 4 Fonte: [14]	10
Figura 8 - Carregamento em AC Fonte: [16]	11
Figura 9 - Casos de carregamento em AC Fonte: [16]	12
Figura 10 - Carregamento em DC Fonte: [16]	13
Figura 11 - Casos de carregamento em DC Fonte: [16]	13
Figura 12 - Mapa de postos Mobi.E Fonte: [20]	17
Figura 13 - Tomada reforçada green up Fonte: [22]	18
Figura 14 - Tomada EV-Protecta Fonte: [23]	18
Figura 15 - Wallbox da EDP Fonte: [25]	18
Figura 16 - Wallbox da Tesla Fonte: [26]	18
Figura 17 - Diferenças na fatura entre o mercado liberalizado e o mercado regulado Fonte: [34]	22
Figura 18 - Ciclo diário, tarifa tri-horária fornecimentos em BTN Fonte: [35]	24
Figura 19 - Manutenção VE vs.VCI Fonte: [37]	29
Figura 20 - Dados do utilizador MobZero Fonte: [38]	30
Figura 21 - Resultados MobZero Fonte: [38]	31
Figura 22 - Página inicial simulador Fonte: [39]	32
Figura 23 - Recolhe de dados do utilizador opção 1	35
Figura 24 - Distâncias percorridas opção 1	35
Figura 25 - Dados de carregamento opção 1	36
Figura 26 - Demonstração de resultados opção 1	36
Figura 27 - Carregamento opção 2	37
Figura 28 - Distâncias percorridas opção 2	37
Figura 29 - Benefícios fiscais opção 2	37
Figura 30 - Resultados opção 2	38
Figura 31 - Caso de estudo 1 veículo em estudo	44
Figura 32 - Distâncias percorridas no caso de estudo 1	45
Figura 33 - Caso de estudo 1 perfil de carregamento 1	45
Figura 34 - Caso de estudo 1 carregamento perfil 2	46
Figura 35 - Caso de estudo 1 perfil de carregamento 3	46
Figura 36 - Resultados do caso de estudo 1 perfil 1	47
Figura 37 - Resultados do caso de estudo 1 perfil 2	47
Figura 38 - Resultados do caso de estudo 1 perfil 3	48
Figura 39 - Caso de estudo 2 dados de carregamento	50
Figura 40 - Caso de estudo 2 benefícios fiscais	50
Figura 41 - Distâncias percorridas caso de estudo 2 perfil 1	51
Figura 42 - Distâncias percorridas caso de estudo 2 perfil 2	51
Figura 43 - Apresentação de resultados casos de estudo 2 perfil 1	52
Figura 44 - Apresentação de resultados casos de estudo 2 perfil 2	52
Figura 45 - Função de pertinência triangular [40]	55

LISTA DE SIGLAS / ABREVIATURAS

A – Ampere

AC – Corrente Alternada

AT – Alta Tensão

BEV – *Battery Electric Vehicle*

BMS – *Battery Management System*

BT – Baixa Tensão

BTE – Baixa Tensão Especial

BTN – Baixa Tensão Normal

CCS – *Combined Charging System*

CEME – Comercializador de Eletricidade para a Mobilidade Elétrica

CO₂ – Dióxido de Carbono

DC – Corrente Contínua

DPC – Detentor de Ponto de Carregamento

ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos

FCEV – *Fuel Cell Electric Vehicle*

gCO₂/km – Gramas de Dióxido de Carbono por Quilómetro

HEV – *Hybrid Electric Vehicle*

IEC – Imposto Especial de Consumo

IUC – Imposto Único de Circulação

ISV – Imposto Sobre Veículos

kVA – Quilovoltampere

kW – Quilowatt

kWh – Quilowatt-hora

kWp – Quilowatt-pico

MAT – Muito Alta Tensão

MT – Média Tensão

MW – Megawatt

MWh – Megawatt-hora

OMIE – Operador do Mercado Ibérico de Energia

OPC – Operador de Ponto de Carregamento

PHEV – *Plug-in Hybrid Electric Vehicle*

RTIEBT – Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão

SoC – *State of Charge*

TAR – Tarifa de Acesso às Redes

TOPSIS – *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*

V – Volt

V2G – *Vehicle-to-Grid*

VE – Veículo Elétrico

VCI – Veículo de Combustão Interna

Wh/km – Watt-hora por quilómetro

1. INTRODUÇÃO

Esta dissertação estuda e analisa o cálculo do custo de posse para veículos de combustão interna, híbridos e elétricos que mais se adequam ao perfil do consumidor.

Este primeiro capítulo tem por objetivo contextualizar o motivo desta dissertação, assim como definir os objetivos a serem atingidos e apresentar a estrutura utilizada no desenvolvimento deste documento.

1.1. Enquadramento

Desde os primórdios que a mobilidade é um pilar fundamental na sociedade permitindo o transporte de pessoas e bens e a criação de rotas comerciais, impelindo o contacto entre culturas e o avanço das sociedades. Com efeito, hoje em dia é evidente que o maior símbolo da mobilidade de pessoas é o automóvel. Este objeto tornou-se um meio de transporte indispensável para a maioria da população. A posse de um automóvel garante deslocações rápidas e eficazes, sendo para muitos indivíduos a forma mais prática e conveniente de se deslocar.

Contudo, a posse de um automóvel acarreta custos muito significativos para além do custo de aquisição. A tarefa de calcular o custo total de posse de um veículo, especialmente para indivíduos que não têm conhecimentos especializados na área pode tornar-se um exercício complexo uma vez que as variáveis a considerar são várias. Despesas como combustível, manutenção, seguros e impostos variam de veículo para veículo, principalmente perante a variedade de oferta de veículos no mercado.

Neste contexto, surge a necessidade de ferramentas que auxiliem os consumidores na tomada de decisão informada, e é precisamente ao encontro da necessidade dessa decisão informada que surge a presente dissertação, onde se propõe o desenvolvimento de uma plataforma de teste com o intuito de simplificar e facilitar a escolha do veículo mais adequado ao perfil do consumidor.

1.2. Objetivos da investigação

O principal objetivo desta investigação é o desenvolvimento de uma plataforma que permita calcular e comparar o custo total de posse de diferentes tipos de automóveis com base no perfil do utilizador. Especificamente, pretende-se:

- Conceber uma plataforma que integre dados de custos de aquisição, consumo energético, manutenção e impostos;
- Permitir a introdução personalizada do valor que cada utilizador paga pela eletricidade, desde tarifas fixas, tarifas indexadas e carregamentos na rede Mobie.e para maior precisão nos cálculos;
- Realizar comparações diretas entre veículos com diferentes tipos de motorização (combustão interna, híbridos e elétricos), de maneira a avaliar as vantagens e desvantagens financeiras a curto e longo prazo;
- Realizar comparações diretas entre veículos com diferentes tipos de motorização com o intuito de comparar o nível de emissões diretas que estes produzem.

A investigação pretende promover uma tomada de decisão mais consciente, transparente e informada, reduzindo a incerteza na escolha do automóvel mais adequado ao perfil de cada utilizador.

1.3. Organização do documento

Este documento está estruturado em dez capítulos que abordam, de forma sequencial e lógica, os principais temas relacionados com a mobilidade elétrica, custos de utilização e a proposta de uma plataforma digital para cálculo do custo de posse de veículos.

No Capítulo 1, é apresentada a introdução ao tema, incluindo o enquadramento da investigação, os objetivos estabelecidos e a organização do documento.

O Capítulo 2 explora a evolução tecnológica na mobilidade de passageiros, destacando os diferentes tipos de veículos elétricos e os sistemas de carregamento disponíveis, incluindo os modos de carregamento e os principais fatores que limitam a sua velocidade.

O Capítulo 3 aborda a transição para a mobilidade elétrica em Portugal, destacando os incentivos à aquisição de veículos elétricos, a rede pública de carregamento Mobi.E e soluções para carregamento particular.

No Capítulo 4, são analisadas as tarifas de Baixa Tensão Normal (BTN), elemento essencial para compreender os custos associados ao carregamento de veículos elétricos.

O Capítulo 5 apresenta uma análise dos custos de manutenção de automóveis, comparando veículos elétricos, híbridos e a combustão interna.

O Capítulo 6 aborda as plataformas de simulação de custos de posse disponíveis, com destaque para a MobZero e o simulador da DECO PROteste, identificando as suas principais características e limitações.

O Capítulo 7 apresenta a plataforma digital proposta, detalhando as suas funcionalidades, incluindo a opção de cálculo detalhado do custo de posse de um veículo específico e a opção de recomendação de veículos mais económicos com base no perfil do utilizador. Este capítulo inclui ainda uma análise comparativa entre a plataforma proposta e as plataformas existentes.

O Capítulo 8 é dedicado à apresentação e análise de dois casos de estudo que visam demonstrar a aplicação prática da plataforma desenvolvida. Cada caso de estudo inclui uma análise detalhada dos resultados e as respetivas conclusões.

O Capítulo 9 fornece uma metodologia para apoiar a tomada de decisão na escolha de veículos, que permitiria integrar variáveis como custos de posse, consumo energético e emissões, como análise futura.

Por fim, o Capítulo 10 apresenta as conclusões gerais da dissertação, destacando os principais resultados obtidos, as contribuições para a mobilidade sustentável e as limitações do estudo, juntamente com sugestões para trabalhos futuros.

2. TECNOLOGIA E CARREGAMENTO NA MOBILIDADE SUSTENTÁVEL

2.1. Tipos de Veículos Elétricos

A mobilidade elétrica tem evoluído rapidamente e atualmente há várias marcas de veículos automóveis que estão a investir no desenvolvimento e melhoria de VE, existindo já uma razoável variedade de modelos de carros elétricos, mas independentemente das marcas, os VE podem ser distinguidos segundo as seguintes características [1] [2]:

Veículos Elétricos a Bateria (BEV)

Os BEV (Battery -Electric Vehicles) são veículos, cujo movimento, é realizado apenas com recurso a motores elétricos. Estes motores são alimentados por baterias recarregáveis, através de um ponto de carregamento exterior ou de travagem regenerativa. Estas baterias têm uma capacidade de armazenamento superior aos demais veículos híbridos [3] [4]. O consumo médio de energia dos BEV na Europa é de cerca de 19 ± 4 kWh/100 km durante os testes certificados e de 21 ± 4 kWh/100 km em condições reais de condução [5]. Um aspeto a destacar é que os consumos apresentam variações sazonais. Com efeito, quando a temperatura desce abaixo dos $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, o consumo de energia aumenta (por cada $5\text{ }^{\circ}\text{C}$) $2,4$ kWh/100 km. Por outro lado, para a temperaturas superiores a $28\text{ }^{\circ}\text{C}$, a energia aumenta $2,3$ kWh/100 km por cada $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ [6]. De acordo como Fetene et al. 2016, o consumo médio dos BEV é de cerca de $0,183$ kWh/km. Os autores referem também que há um aumento de cerca de 34% na taxa de consumo de energia durante o inverno em comparação com os meses de verão [7].

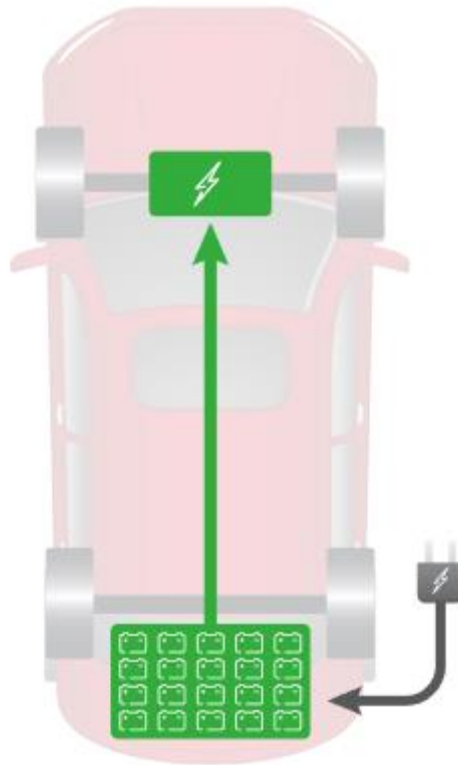


Figura 1 - Esquema do veículo elétrico de bateria Fonte: [8]

Veículos Elétricos Híbridos Plug-in (PHEV)

Os PHEV (Plug-In Hybrid -Electric Vehicles) são veículos equipados com um motor elétrico e uma bateria recarregável, mas também incluem um motor a combustão interna (gasolina ou diesel) como fonte de energia secundária. Apresentam a possibilidade de o carregamento das baterias poder ser efetuado através de um ponto de carregamento exterior [4] [9]. Assim, poderá ser conduzido sem o recurso a combustíveis fósseis, mesmo que a autonomia puramente elétrica seja limitada. Por muitos especialistas é considerada uma tecnologia transitória[1].

Em condições reais, os PHEV mostram um consumo médio de energia de 0,208 Wh/km quando operam em modo elétrico. De acordo com Mamala et al, (2021) [10], o consumo de energia dos PHEVs pode variar bastante entre os modo elétrico e o modo de motor de combustão, apresentando um consumo entre 0,233 e 1,170 kWh/km.

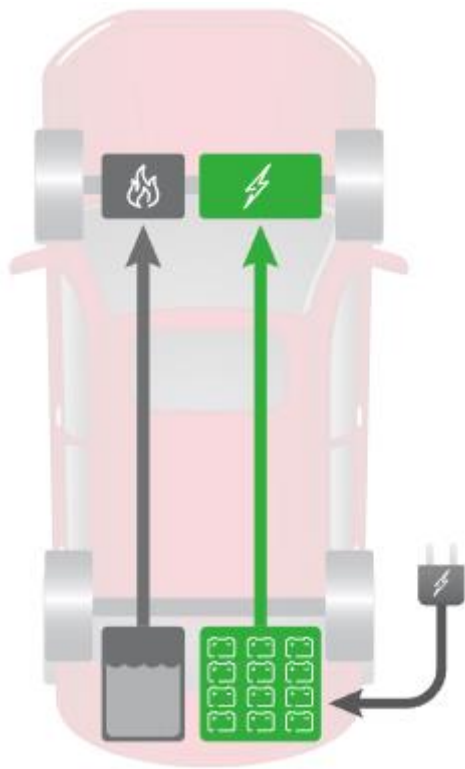


Figura 2 - Esquema de Veículo híbrido plug-in Fonte: [8]

Veículos Elétricos Híbridos (HEV)

Os HEV (Hybrid -Electric Vehicles) são veículos elétricos híbridos combinam um motor a combustão interna com um motor elétrico e uma pequena bateria carregada através da energia dissipada pela travagem ou pelo motor tradicional, ao contrário dos híbridos plug-in e dos veículos puramente elétricos que podem ser carregados numa fonte externa. Não são totalmente ecológicos, mas oferecem uma redução significativa de emissões de CO₂ quando comparados com os veículos de combustão interna [3] [9].

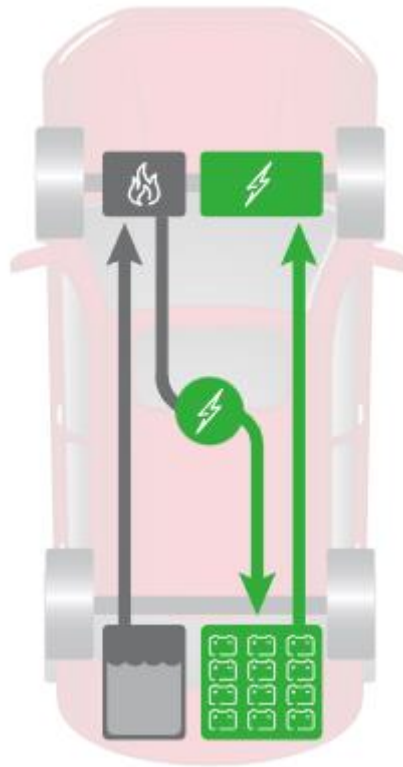


Figura 3 - Esquema veículo híbrido Fonte: [8]

Veículos Elétricos a Célula de Combustível (FCEV)

Neste caso, para alimentar o motor elétrico, este tipo de veículo utiliza uma célula de combustível para gerar eletricidade através de uma reação química entre oxigénio e hidrogénio, é uma tecnologia ainda pouco disseminada comparativamente às referidas anteriormente. Com todos os seus consideráveis benefícios ambientais, esta tecnologia continua a ser limitada em comparação com outras, principalmente devido a problemas de armazenamento de hidrogénio e à infraestrutura necessária para o reabastecimento [8].

2.2. Carregamento de Baterias de Veículos Elétricos

2.2.1. Modos de carregamento

Existe sempre risco na utilização de quaisquer instalações elétricas. As instalações destinadas ao carregamento elétrico estão fundadas nas regras técnicas impostas na regulamentação. Para esse efeito a norma EN/NP61851 – Sistema de carga condutiva para veículos elétricos (2003), revista em dezembro de 2010, descreve como deve ser feito o

carregamento de um veículo elétrico e em que condições. Nesse sentido são definidos 4 modos de carregamento. Em Portugal, pela Portaria n.º 252, de 19 de agosto de 2015, foi introduzido o artigo 722.º nas Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão - RTIEBT, que estabelece os requisitos técnicos básicos para as instalações destinadas ao carregamento de veículos elétricos (VE). Este regulamento estabelece uma série de itens essenciais: requisitos das instalações, as medidas de proteção contra contactos indirectos e sobreintensidade, e as medidas a seguir na escolha dos dispositivos diferenciais e de proteção. Também o Guia Técnico de Instalações Elétricas de Carregamento de Veículos Elétricos [11] lançado a 14 de setembro de 2023, pela Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG) disponibiliza orientações detalhadas sobre as práticas ideais a seguir na instalação e operação de pontos de carregamento. O guia abrange vários aspetos, desde os layouts de instalação convencionais até às medidas de segurança destinadas a tornar as instalações de carregamento seguras e eficientes.

Em seguida são apresentados os modos de carregamento. De referir que os modos 1,2, 3 utilizam corrente alternada, enquanto o modo de carregamento 4 utiliza corrente contínua [12].

Modo 1 – Ligação direta na tomada

O modo 1 consiste na ligação direta do veículo elétrico a uma tomada doméstica convencional sem incluir sistemas de comunicação entre o veículo e a estação de carregamento, limitando-se a uma corrente máxima de 16 A, é uma solução simples, mas que acarreta muitos riscos, principalmente em instalações mais antigas [13].

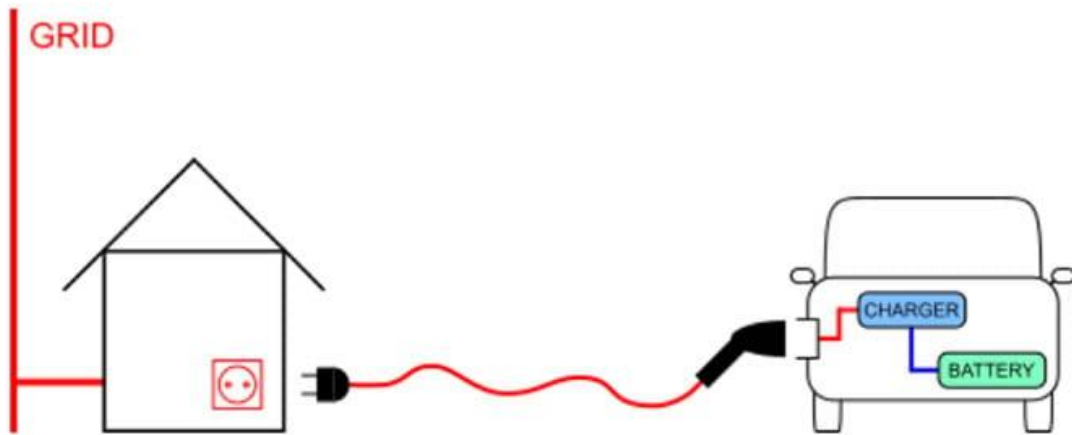


Figura 4 – Representação modo 1 Fonte: [14]

Modo 2 – Carregamento controlado com cabo de proteção

O modo 2 também é realizado através da tomada doméstica, mas este inclui um dispositivo de proteção e controlo de carregamento integrado no cabo que limita a corrente máxima a 32 A e simultaneamente oferece proteção adicional contra sobreaquecimento, sobrecarga e falhas na ligação á terra [13].

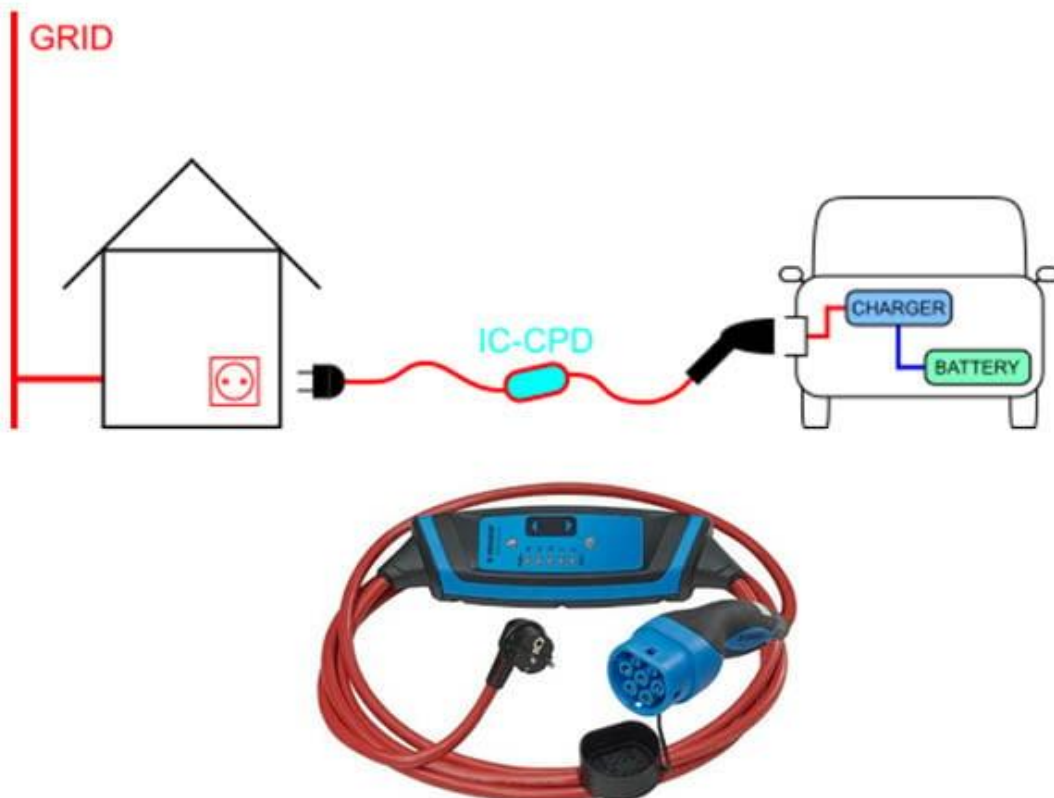


Figura 5 - Representação modo 2 Fonte: [14]

Modo 3 – Carregamento com controlo avançado

O modo 3 caracteriza-se por utilizar uma estação de carregamento dedicada, seja ela uma *Wallbox* ou um posto de carregamento público em AC e o carregador integrado no veículo (*on-board charger*), tem funções avançadas de controlo e segurança, como comunicação entre o veículo e a estação de carregamento para ajustar a corrente conforme a capacidade do cabo e monitorização da ligação à terra constante, é o modo de carregamento mais comum nos pontos de carregamento públicos em Portugal [15].

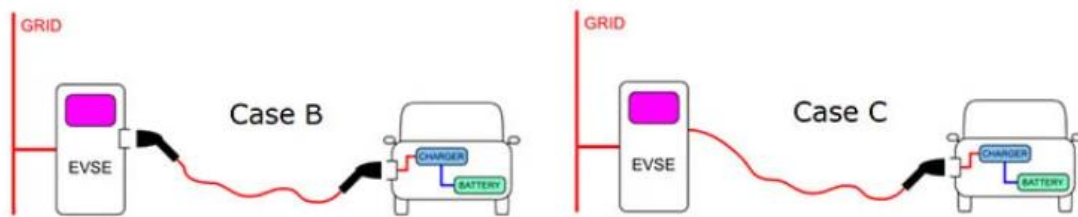


Figura 6 - Esquema modo 3 Fonte: [14]

Modo 4 – Carregamento rápido com corrente contínua

O modo 4 é o único que utiliza um carregador externo ao veículo que fornece corrente contínua diretamente à bateria realizando assim um bypass no carregador interno do veículo e permitindo carregamentos rápidos com potências elevadas [15].

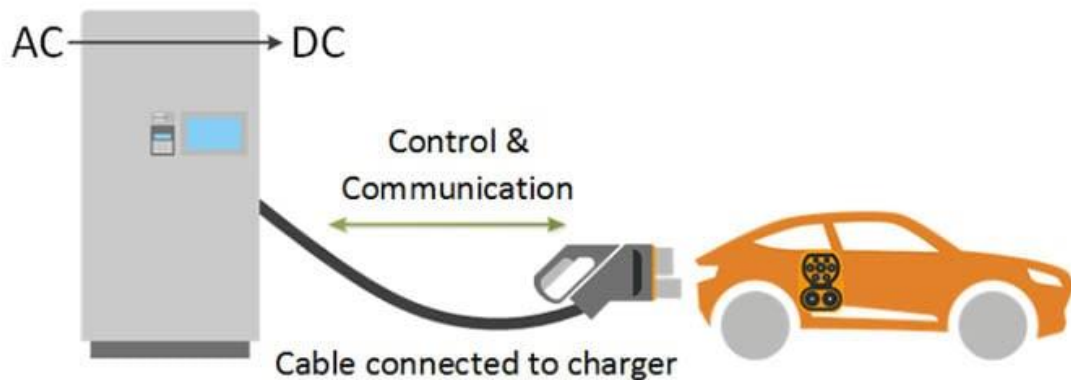


Figura 7 - Representação modo 4 Fonte: [14]

2.2.2. Fatores que Limitam a Velocidade de Carregamento de Veículos Elétricos

O carregamento através de corrente contínua e o carregamento através de corrente alternada têm o mesmo objetivo, carregar a bateria do veículo elétrico ainda que de formas distintas.

No carregamento em AC cabe ao carregador integrado do veículo (*on-board charger*) a função de converter a energia recebida em corrente contínua para alimentar a bateria como mostra a Figura 8 [13].

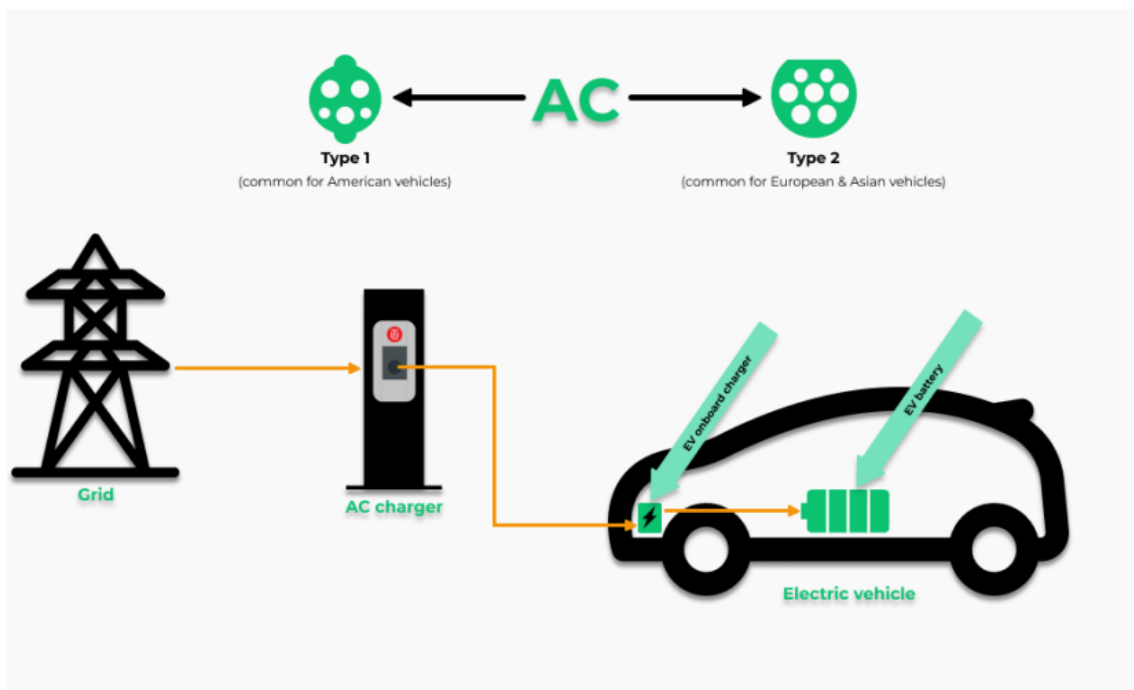


Figura 8 - Carregamento em AC Fonte: [16]

Neste tipo de carregamento a potência que realmente está a ser utilizada depende tanto da potência do ponto de carregamento como do carregador integrado (*on-board charger*), sendo a potência de carregamento definida pelo elo mais fraco dos dois, como exemplificado na Figura 9 [3].

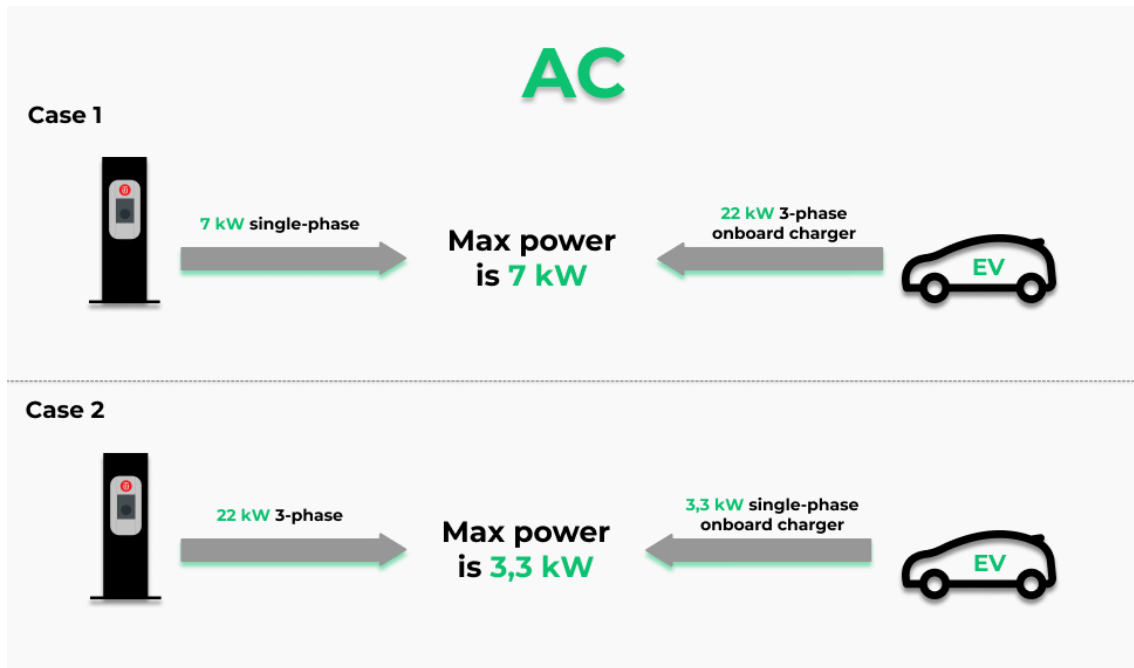


Figura 9 - Casos de carregamento em AC Fonte: [16]

Por outro lado, no carregamento DC, é diretamente no posto de carregamento que se dá a conversão de corrente alternada para corrente contínua, esta última é enviada diretamente para a bateria permitindo potências mais elevadas, pois não depende do carregador integrado como exemplificado na Figura 10.

No carregamento DC a potência de carregamento depende da potência do ponto de carregamento e da capacidade do conector (CCS Combo, CHAdeMO), e é dada pelo elo mais fraco dos dois, como exemplificado na Figura 11 [3].

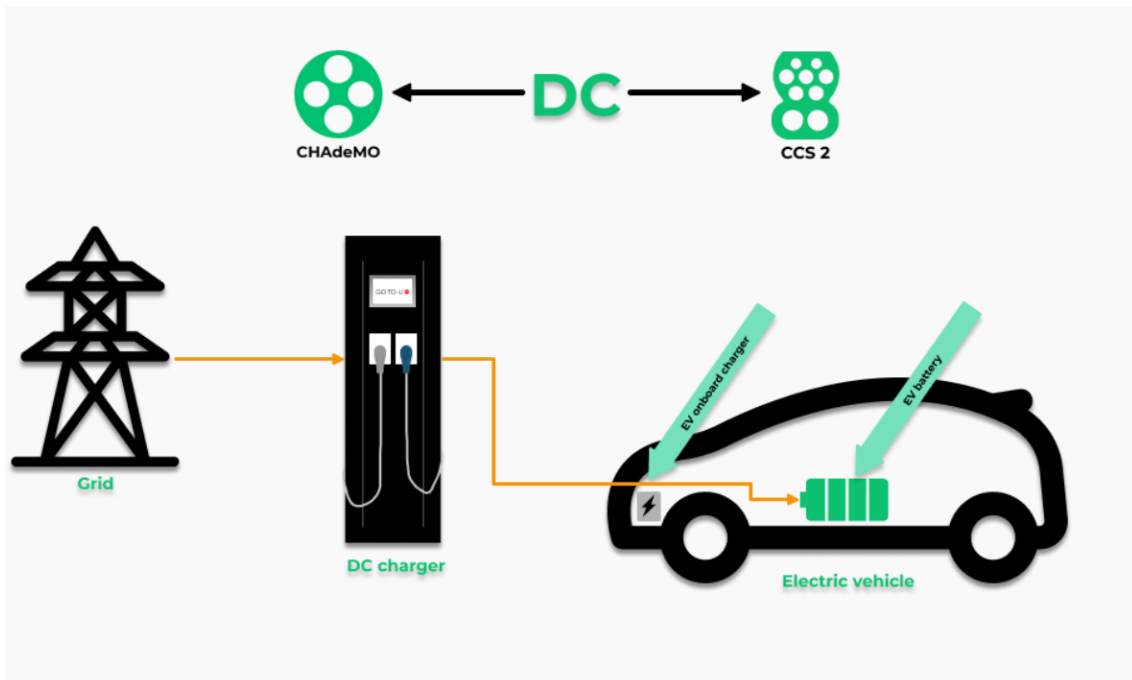


Figura 10 - Carregamento em DC Fonte: [16]

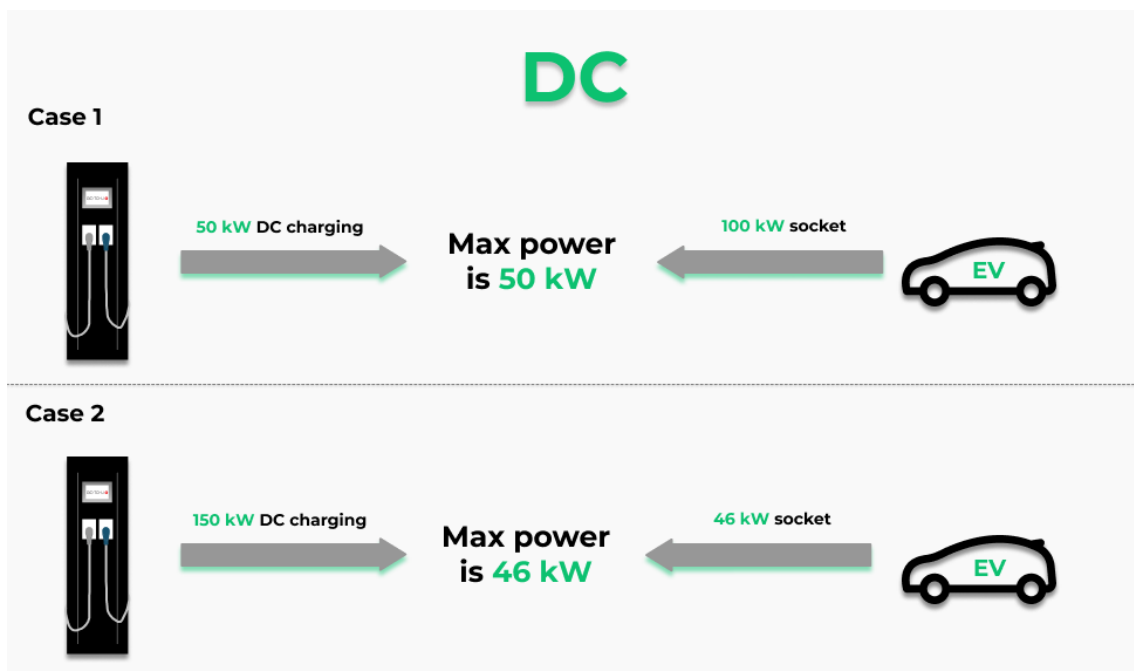


Figura 11 - Casos de carregamento em DC Fonte: [16]

Para além dos fatores que limitam diretamente a potência de carregamento dos veículos elétricos, existem outros elementos que influenciam significativamente a eficiência e a experiência de carregamento. Estes fatores podem estar relacionados com o próprio veículo, a infraestrutura de carregamento ou até com condições externas [3] [6].

A seguinte tabela apresenta uma comparação detalhada entre o carregamento em corrente alternada e corrente contínua, destacando os principais fatores que afetam o processo de recarga e que devem ser considerados para otimizar a utilização de veículos elétricos.

Tabela 1 - Comparação carregamento AC vs. DC

	Carregamento AC	Carregamento DC
Conversão de energia	Realizada pelo <i>onboard charger</i> no veículo.	Realizada pelo posto de carregamento.
Velocidade de carregamento	Mais lento, devido à limitação do <i>onboard charger</i> .	Mais rápido, devido à conversão direta para corrente contínua.
Locais comuns	Utilizado em ambientes domésticos e comerciais.	Utilizado principalmente em estações de carregamento rápido
Potência máxima suportada	Limitada pela capacidade do <i>on-board charger</i> (geralmente entre 3,7 kW e 22 kW).	Limitada pela capacidade máxima que a bateria pode receber (entre 50 kW e 350 kW nos modelos mais recentes).
Gestão da potência	Regulado pelo <i>on-board charger</i> .	Regulado pelo sistema de gestão da bateria (BMS).
Redução da potência (80% SoC)	Menos notória.	Redução acentuada para proteger as células da bateria.
Influência da temperatura	Menos significativa, embora temperaturas extremas possam reduzir a eficiência.	Aquece mais rapidamente; o sistema de gestão térmica reduz a potência para evitar superaquecimento.

Compreender as limitações de cada método de carregamento é essencial para otimizar a utilização de veículos elétricos. O carregamento AC é mais adequado para carregamentos prolongados, como em casa ou no trabalho, enquanto o carregamento DC é ideal para viagens longas e carregamentos rápidos.

3. TRANSIÇÃO PARA A MOBILIDADE ELÉTRICA EM PORTUGAL

3.1. Introdução à mobilidade sustentável em Portugal

Nos últimos anos a mobilidade sustentável tem vindo a ganhar cada vez mais relevância no nosso país, vindo a ser impulsionada não só pela crescente preocupação ambiental, mas também pelas metas impostas pela União Europeia no que diz respeito à redução de emissões de gases com efeito de estufa, fator crucial para que seja cumprido o objetivo ao qual Portugal se comprometeu de atingir a neutralidade carbónica até ao ano de 2050. Em consequência, tem-se apostado fortemente na eletrificação dos transportes, sendo a promoção dos veículos elétricos uma das estratégias principais [17].

A introdução de incentivos financeiros, o alargamento da rede pública de carregamento e as campanhas de sensibilização têm sido fundamentais para impulsionar esta mudança. No entanto, apesar dos progressos alcançados, ainda existem alguns entraves que dificultam a adoção generalizada da mobilidade elétrica, nomeadamente no que diz respeito à infraestrutura de carregamento e à experiência dos utilizadores [18].

3.2 Apoios e incentivos para veículos elétricos

Os incentivos à compra de veículos elétricos foram criados com o objetivo de promover a compra destes veículos numa perspetiva de proteção do ambiente. A sustentabilidade do ambiente através da redução do efeito de estufa é uma das principais preocupações da atualidade. Em consequência, o Estado português, como forma de promover e acelerar esta transição, tem vindo a aprovar um conjunto de incentivos e benefícios fiscais, que vão desde a aquisição de viaturas elétricas, redução dos custos de carregamento na rede Mobi.E e instalação de postos de carregamento [19].

A 17 de outubro de 2024, foram publicados em Diário da República os seguintes incentivos relativos à aquisição de veículos ligeiros de passageiros 100% elétricos [19]:

- Ao abrigo do Fundo Ambiental, incentivo de 4.000€ para aquisição de um veículo 100% elétrico novo mediante a entrega para abate de um veículo a combustão com mais de 10 anos. O valor final do carro não pode exceder os 38.500€. O valor do apoio tem um limite de 1.050 veículos ou 4.200.000€ e de apenas um incentivo por pessoal singular, não paga ISV nem IUC [19];

- Automóveis híbridos com autonomia mínima de 50 km em modo elétrico e emissões oficiais inferiores a 50 gCO₂/km usufruem de 40% de redução no ISV [19].
- Automóveis híbridos plug-in com autonomia mínima de 50 km em modo elétrico e emissões oficiais inferiores a 50 gCO₂/km usufruem de 75% de redução no ISV, apoio este que passa também a ser alargado aos veículos plug-in matriculados na UE entre 2015 e 2020 que tenham uma autonomia elétrica de pelo menos 25 km [19].
- Descontos em cada carregamento na rede Mobi.e [19]

3.3 Rede pública de carregamento (Mobi.E)

A Rede Mobi.E, ou Rede de Mobilidade Elétrica, é uma rede de postos de carregamento de veículos elétricos de acesso universal, interoperável e centrada no utilizador, o seu crescimento e desenvolvimento é fundamental para atingir as metas de neutralidade carbónica a que Portugal se comprometeu até 2050, só no ano de 2024 foram evitadas as emissões de 97691 toneladas de CO₂, como demonstra o anexo A. Atualmente, a rede conta com mais de 5.900 postos de carregamento de acesso público em todo o país (cerca de 11.100 pontos), sendo mais de 2.250 de carregamento rápido ou ultrarrápido, isto é, a sua potência é superior a 22 kW.

A Rede Mobi.E permite carregar um veículo elétrico em qualquer posto de carregamento da rede (Continente, Açores e Madeira), independentemente do respetivo operador de ponto de carregamento (OPC) ou detentor de ponto de carregamento (DPC), desde que possua um contrato ativo com qualquer comercializador de eletricidade para a mobilidade elétrica (CEME).

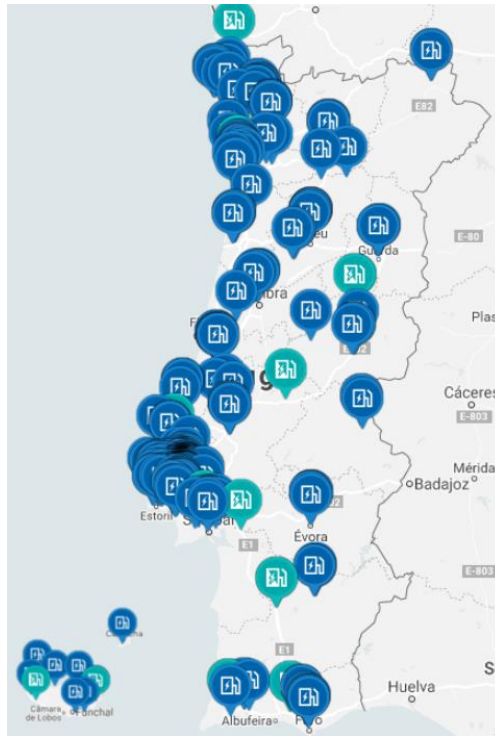


Figura 12 - Mapa de postos Mobi.E Fonte: [20]

3.4 Soluções para carregamento particular

O carregamento de veículos elétricos diretamente numa tomada doméstica convencional não é recomendável por questões de segurança, devido ao facto de não estarem preparadas para suportar uma carga elétrica contínua e prolongada como a requerida no processo de carregamento, principalmente se estivermos a considerar uma bateria com grande capacidade que pode necessitar de um número elevado de horas para estar completamente cheia pois a potência de carregamento é baixa. De maneira a contornar esta limitação e problemas como o desgaste da instalação elétrica, sobreaquecimento e conseqüente risco de incêndio surgem soluções específicas, como tomadas reforçadas ou *wallbox*.

As tomadas reforçadas representam uma alternativa simples e económica para o carregamento doméstico de veículos elétricos, mas apresentam limitações importantes. Embora sejam mais robustas do que uma tomada convencional, as tomadas reforçadas têm uma capacidade máxima limitada a 3,7 kW e, mesmo com essa melhoria, não oferecem o mesmo nível de segurança e eficiência que uma *wallbox* [21].



Figura 13 - Tomada reforçada green up Fonte: [22]



Figura 14 - Tomada EV-Protecta Fonte: [23]

As wallbox destacam-se não apenas pela maior segurança, mas também pela eficiência no carregamento. As versões mais avançadas, conhecidas como wallbox inteligentes, incluem funcionalidades que otimizam o consumo de energia. Estes dispositivos ajustam automaticamente a potência de carregamento conforme a capacidade elétrica disponível na habitação, evitando sobrecargas. Além disso, permitem agendar o carregamento para períodos de menor custo energético, como nas horas de vazio nos ciclos bi-horário e tri-horário. Esta gestão inteligente contribui para reduzir os custos de carregamento e minimizar o impacto na instalação elétrica doméstica, tornando a wallbox a solução mais segura e eficiente para utilizadores regulares de veículos elétricos [24].



Figura 15 – Wallbox da EDP Fonte: [25]



Figura 16 – Wallbox da Tesla Fonte: [26]

3.5 Impacto dos VE e dos VCI na vida familiar ou nas empresas

A decisão de comprar um veículo elétrico (VE) ou um veículo de combustão interna (VCI) pode ser clara à primeira vista, mas envolve uma infinidade de considerações que vão muito além do custo de aquisição. Não só os consumidores individuais, mas até os gestores de empresas familiares precisam de ter em conta as questões financeiras, ambientais e até comportamentais para chegar a esta decisão.

Os VE são em regra apresentados como sendo mais eficientes em termos energéticos, de terem menores custos de manutenção e usufruírem de benefícios fiscais. No entanto, o seu preço de lançamento é ainda elevado, e a sua adoção exigirá alterações na rotina, principalmente no que diz respeito ao reabastecimento.

Custos: O Que Realmente Muda no Orçamento?

Os veículos elétricos são em regra ainda mais caros do que os modelos de combustão interna, e este aspeto pode servir como um ponto de viragem para os potenciais interessados em automóveis. Contudo, existem vários incentivos económicos disponíveis para diluir a disparidade. É possível receber subsídios diretos, isenção de impostos e descontos nos impostos de circulação com base no país ou região [27]. No caso das empresas familiares que implicam a substituição de frota, esta questão é cada vez mais aplicável. O investimento inicial pode ser maior, mas, a longo prazo, a poupança nos custos operacionais pode recuperar esse investimento maior.

Despesas de manutenção e operação

Qualquer proprietário de um veículo de combustão pode atestar que a manutenção é em regra exigente e dispendiosa incluindo a mudança de óleo, a mudança de correias, filtros, etc. Os VE, por outro lado, apresentam menos componentes mecânicos móveis, o que significa menor probabilidade de avaria mecânica e, conseqüentemente, menos “visitas” à oficina. Existem estudos que estimam que o custo de manutenção de um VE seja, em média, de apenas 0,00419 USD/km, o que o tornaria a escolha menos dispendiosa a longo prazo [28].

Combustível vs. custo

Outro fator importante é o custo do combustível. Geralmente é mais económico “abastecer” um VE comparativamente à tecnologia do motor de combustão. No entanto, este custo varia consoante o método de carregamento utilizado: carregar o carro em casa durante a noite pode ser económico, mas utilizar pontos de carregamento rápido em locais públicos pode aumentar significativamente os custos de utilização [29]. Para os utilizadores comuns e mesmo empresas familiares, esta variável pode ter um impacto significativo na gestão financeira.

Impacto ambiental

A redução de CO₂ é um dos principais pontos a favor dos carros elétricos. Enquanto os veículos de combustão absorvem combustíveis fósseis e libertam gases tóxicos para o ambiente, os veículos elétricos não emitem emissões diretas enquanto circulam [28]. Esta é uma vantagem significativa para os clientes que se preocupam com a sustentabilidade. No entanto a verdadeira sustentabilidade dos veículos elétricos depende do “mix” de energia elétrica que serve para o seu carregamento. Se for proveniente de energias renováveis, como a solar ou a eólica, então o resultado ambiental é positivo. Caso contrário, se a eletricidade for gerada em grande parte a partir de combustíveis fósseis, como o carvão ou o gás natural, as vantagens ambientais dos VE serão minimizadas [27].

Outro fator a realçar é o fabrico das baterias. O fabrico de baterias envolve a exploração de metais raros, como o lítio e o cobalto, que podem ter impactos ambientais e sociais severos. Felizmente, estão a ser alcançados progressos na reciclagem e na produção sustentável de baterias, garantindo menor peso e maior autonomia, o que estará a começar a mitigar progressivamente estas preocupações [30].

Mudança de Hábitos: Como é que os VE Impactam o Dia a Dia?

A transição para os veículos elétricos implica algumas mudanças na vida quotidiana dos consumidores. Para os consumidores habituados a abastecer um veículo de combustão em poucos minutos, o carregamento de veículos elétricos pode parecer inconveniente à partida. Mas com o reforço e aumento da infraestrutura de carregamento

e o aumento da autonomia das baterias que equipam os VE, esta transição está a tornar-se mais evidente e sustentada [4].

No meio empresarial, a gestão de frotas elétricas pode implicar a reorganização da logística. A otimização de rotas, os tempos de carregamento e o acesso a carregadores rápidos estão entre as preocupações mais significativas. As pequenas empresas familiares, que têm margens mais baixas, terão de fazer uma análise cuidada para garantir que a mudança é economicamente viável.

A ferramenta proposta nesta investigação tem como objetivo apoiar os utilizadores (consumidores e empresas) na escolha do veículo mais adequado ao seu perfil de utilização. Muitas das dúvidas que levam os consumidores a adiar a compra de um VE – como os custos reais de operação, o impacto ambiental e as mudanças nos hábitos de utilização – podem ser esclarecidas através de uma plataforma interativa e personalizada.

Ao permitir comparar custos de posse, consumo energético, tarifas de eletricidade e incentivos disponíveis, a plataforma pode torna-se um recurso interessante para quem procura uma alternativa de mobilidade mais sustentável, seja um utilizador individual ou um gestor de uma empresa familiar.

4. TARIFAS DE BAIXA TENSÃO NORMAL (BTN)

Em Portugal, a Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE), estabelece e fixa os valores das tarifas e preços regulados, tanto em Portugal continental assim como nas Regiões Autónomas dos Açores e da Madeira, como regulamentado no Decreto-lei n.º 15/2022 de 14 de janeiro [31], na sua redação atual. Além disso, a definição destas tarifas está enquadrada no Regulamento Tarifário do Setor Elétrico, aprovado pelo Regulamento n.º 828/2023 [32], de 28 de julho, sujeito a eventuais alterações aprovadas pelo Conselho de Administração da ERSE. Atualmente as tarifas e preços de energia elétrica a vigorar em 2025, são aprovados pela Diretiva n.º 2/2025, de 10 de janeiro [33].

O setor elétrico português, é constituído por dois mercados que influenciam a forma como se distribui e comercializa a eletricidade: mercado liberalizado e o mercado regulado. As diferenças entre estes mercados estão ilustradas na Figura 17.

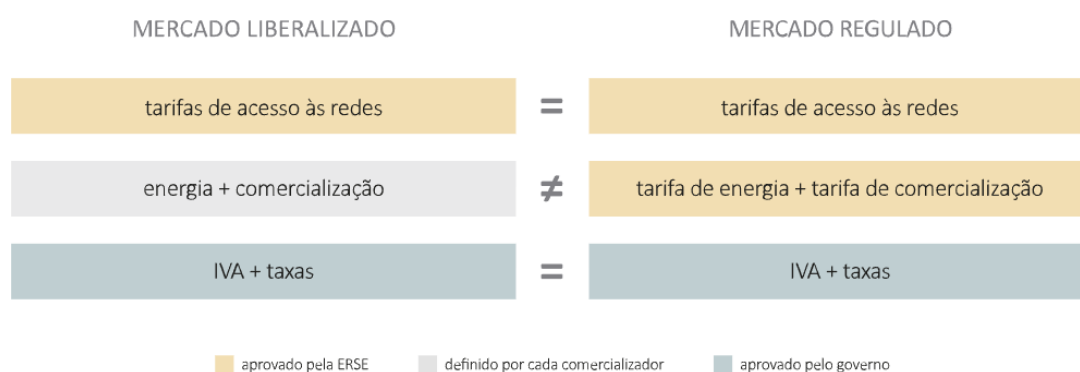


Figura 17 - Diferenças na fatura entre o mercado liberalizado e o mercado regulado Fonte: [34]

Como podemos constatar (Figura 17), a tarifa de acesso às redes (TAR) é paga por todos os consumidores, independentemente de pertencerem ao mercado regulado ou ao mercado liberalizado. Esta tarifa reflete o custo das infraestruturas e os serviços utilizados por todos os consumidores de forma partilhada. O valor da TAR resulta da soma das tarifas de uso global do sistema, de uso da rede de transporte e de uso da rede de distribuição, sendo que todas essas tarifas são fixadas anualmente pela ERSE.

No mercado regulado, a tarifa de energia e a tarifa de comercialização são fixadas pela ERSE e aplicam-se apenas aos consumidores que ainda permanecem nesse regime.

Já no mercado liberalizado, esses valores são definidos livremente por cada comercializador, promovendo a concorrência entre as empresas do setor. Independentemente do mercado em que o consumidor se encontra, as taxas e impostos, como o IVA, são estabelecidos pelo Estado e mantêm-se iguais em ambas as situações.

O preço da energia, também pode ser definido pelos períodos horários, ou seja, o preço da energia pode ter preços diferentes dependendo da hora a que se realiza o consumo da energia. Atualmente em Portugal os períodos horários de entrega de energia elétrica, definidos no Regulamento n.º 828/2023, no Artigo 34, secção B [32], são os seguintes:

Horas de ponta: aplicável apenas a consumidores de todos os níveis de tensão e a consumidores em Baixa Tensão Normal (BTN) com tarifa tri-horária. Este é o período onde existe maior procura de eletricidade, geralmente ocorrendo durante as horas de pico, como finais de tarde e início da noite. Devido à elevada demanda, o preço da energia é mais alto neste horário [35].

Horas cheias: disponível para consumidores de todos os níveis de tensão e para aqueles em BTN que tenham tarifa tri-horária ou bi-horária. Este período representa um consumo intermédio, ficando entre os horários de ponta e vazio. O custo da energia é moderado, sendo mais baixo do que no período de ponta, mas mais alto do que no vazio [35].

Horas de vazio normal, aplicável a consumidores de todos os níveis de tensão e a consumidores em BTN com tarifa tri-horária ou bi-horária. Corresponde ao período da noite e madrugada, quando a demanda por eletricidade é menor. Como resultado, o preço da energia é reduzido, incentivando o consumo de aparelhos elétricos durante essas horas para otimizar os custos [35].

Horas de super vazio, reservadas a consumidores ligados em Baixa Tensão Especial (BTE), Média Tensão (MT), Alta Tensão (AT) e Muito Alta Tensão (MAT). Este é o período mais barato de todos, concentrando-se nas horas de menor consumo, geralmente durante a madrugada. Ele é especialmente vantajoso para empresas e indústrias que podem deslocar operações para este horário, reduzindo os custos com eletricidade significativamente [35].

O período horário refere-se à forma como o consumo de eletricidade é distribuído ao longo do dia e da semana. Para os consumidores abastecidos em Baixa Tensão Normal (BTN), existem duas modalidades principais:

Ciclo Diário: Mantém os mesmos períodos horários em todos os dias do ano, sem distinção entre dias úteis e fins de semana.

Ciclo Semanal: Os períodos horários variam consoante o dia da semana, distinguindo entre dias úteis, sábados e domingos. Além disso, há diferenças entre os horários praticados no Verão e no Inverno.

A título de exemplo são mostrados os períodos horário para uma tarifa tri-horária na Figura seguinte para o ciclo diário [35]:

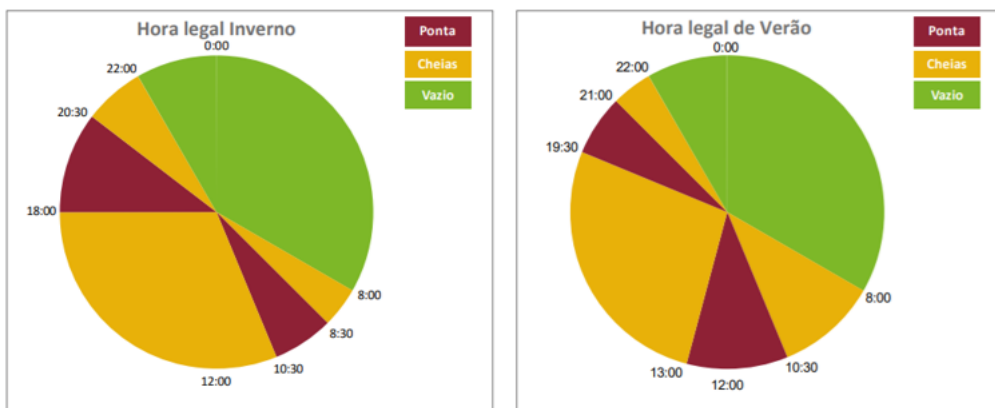


Figura 18 - Ciclo diário, tarifa tri-horária fornecimentos em BTN Fonte: [35]

Para um consumidor de energia elétrica em BTN as potências contratadas são inferiores ou iguais a 41,4 kVA. As potências a contratar em BTN são normalizadas e disponíveis por escalões como tabela abaixo [36]:

Tabela 2 - Potências a contratar em BTN Fonte: [36]

TARIFA TRANSITÓRIA DE VENDA A CLIENTES FINAIS EM BTN (>20,7 kVA)		PREÇOS
Potência contratada		EUR/dia
Tarifa de médias utilizações	27.6	1.3135
	34.5	1.6340
	41.4	1.9545
Tarifa de longas utilizações	27.6	2.4238
	34.5	3.0241
	41.4	3.6244

TARIFA TRANSITÓRIA DE VENDA A CLIENTES FINAIS EM BTN ($\leq 20,7$ kVA e $> 2,3$ kVA)		PREÇOS
Potência contratada		EUR/dia
Tarifa simples , bi-horária e tri-horária	3.45	0.1786
	4.6	0.2325
	5.75	0.2860
	6.9	0.3396
	10.35	0.5004
	13.8	0.6612
	17.25	0.8220
	20.7	0.9827

Este tipo de consumidor representa a maior parte dos casos onde o este projeto se aplica. Pode-se optar entre 3 tipos de tarifa [35]:

A tarifa simples apresenta um único preço ao longo de todo o dia, sem variações horárias.

A tarifa bi-horária organiza o consumo em dois períodos (fora do vazio e vazio).

A tarifa tri-horária divide o dia em três períodos distintos (ponta, cheias e vazio).

Esta modalidade é ideal para quem pode ajustar o uso da eletricidade ao longo do dia, aproveitando os momentos em que a energia é mais barata. No entanto é necessária alguma cautela na seleção, uma vez que o valor das TAR varia com o período horário como se ilustra nas tabelas seguintes para contratos em BTE (normalmente associados a PME ou para contratos em BTN (normalmente associados a PME familiares ou consumidores domésticos).

Tabela 3 - Tarifa de acesso às redes em BTN Fonte: [36]

TARIFA DE ACESSO ÀS REDES EM BTN ($\leq 20,7$ kVA)		PREÇOS
Potência contratada		EUR/dia
Tarifa simples, bi-horária e tri-horária	1.15	0.0529
	2.3	0.1058
	3.45	0.1587
	4.6	0.2116
	5.75	0.2645
	6.9	0.3174
	10.35	0.4761
	13.8	0.6348
	17.25	0.7935
20.7	0.9522	
Energia ativa		EUR/kWh
Tarifa simples		0.0600
Tarifa bi-horária	Horas de fora de vazio	0.0830
	Horas de vazio	0.0149
Tarifa tri-horária	Horas de ponta	0.2469
	Horas cheias	0.0388
	Horas de vazio	0.0149

Como se pode constatar as TAR por exemplo em tarifa tri-horária e em horas de ponta terá valores, que em alguns casos poderão mesmo superar o valor de venda do comercializador, pelo que a opção por estas tarifas pode condicionar a solução de mobilidade, se não for bem ponderada.

De referir também neste contexto, as TAR para mobilidade elétrica que o utilizador tem de suportar quando opta por fazer o carregamento da sua viatura fora de casa. Como se pode verificar pela tabela seguinte, essas tarifas ultrapassam as TAR quando o carregamento é doméstico e serão sempre um fator de aumento do custo do kWh/km.

Tabela 4 - Tarifa de acesso às redes para mobilidade elétrica em BTN Fonte: [36]

TARIFA DE ACESSO ÀS REDES PARA A MOBILIDADE ELÉTRICA		PREÇOS
Pontos de carregamento com ponto de entrega da RESP à rede da mobilidade elétrica em BT		
Energia ativa		EUR/kWh
Tarifa Tri-horária	Horas de ponta	0.2810
	Horas cheias	0.0729
	Horas de vazio	0.0253
Tarifa Bi-horária	Horas de fora de vazio	0.1170
	Horas de vazio	0.0253

5. CUSTOS DE MANUTENÇÃO DE AUTOMÓVEIS

A manutenção é uma componente fundamental para qualquer tipo de equipamento, sendo essencial em diversas áreas, desde componentes sujeitos a uma grande fadiga mecânica, como por exemplo pás de turbinas eólicas, até equipamentos elétricos que operam sem partes móveis, sendo o caso dos transformadores. De modo geral, a manutenção é dividida em três subclasses diferentes:

A manutenção preventiva é a manutenção realizada regularmente em um equipamento de modo a reduzir as probabilidades de falha. Este tipo de manutenção é realizado antes que o componente de um sistema falhe, normalmente é programada levando em consideração os limites de uso ou limites de tempo, como é o caso dos veículos de combustão onde são recomendadas manutenções após uma quantidade de quilômetros percorrida ou um determinado período. O planejamento da manutenção permite reduzir os custos associados a falhas, que podem provocar um maior gasto financeiro para substituir um componente e o tempo perdido para reparar as falhas ocorridas.

A manutenção corretiva, em contraste com a manutenção preventiva, refere-se a um conjunto de tarefas executadas quando o componente já está danificado e, por essa razão, requer esforço apenas quando estritamente necessário. Este tipo de manutenção apresenta várias desvantagens, uma vez que consome muito tempo e exige um esforço económico superior.

A manutenção preditiva pode ser considerada uma solução para evitar a manutenção reativa não planeada, com todas as suas fraquezas associadas, e os custos decorrentes da realização excessiva de manutenção preventiva. Os principais objetivos deste tipo de manutenção são prever quando um componente falhará e, em seguida, prevenir a ocorrência da falha através da manutenção.

No setor automóvel, a intensidade e a complexidade da manutenção executada num veículo, depende muito do funcionamento do mesmo para definir essas características, no caso dos automóveis a combustão interna a exigência da manutenção é muito intensiva, visto que, é composto por diversos componentes sujeitos ao desgaste físico, como por exemplo o motor, o sistema de transmissão, filtros, fluidos, entre outros. Estes elementos que requerem constantes verificações ou substituições de modo a garantir um funcionamento eficiente, seguro e estável [27].

Os veículos híbridos, por serem a combinação entre um motor de combustão interna e um motor elétrico, exigem uma manutenção que engloba os dois sistemas, ainda que o motor elétrico não necessite de uma manutenção reduzida, o motor de combustão ainda necessita de cuidados característicos para o tipo de funcionamento. Além do mais, os sistemas de produção e os componentes elétricos também exigem alguma supervisão para garantir um bom desempenho global.

Por fim os veículos totalmente elétricos, como mencionado anteriormente, não necessitam de uma manutenção tão intensiva como os de combustão interna. No entanto, a verificação da integridade e qualidade dos componentes é algo fundamental de modo a manter o veículo seguro e eficiente [27].

A Figura seguinte, que tem a finalidade de ser meramente ilustrativa, e foca os aspetos de interesse na manutenção de VE e VCI indicando custos médios dos serviços [37]:

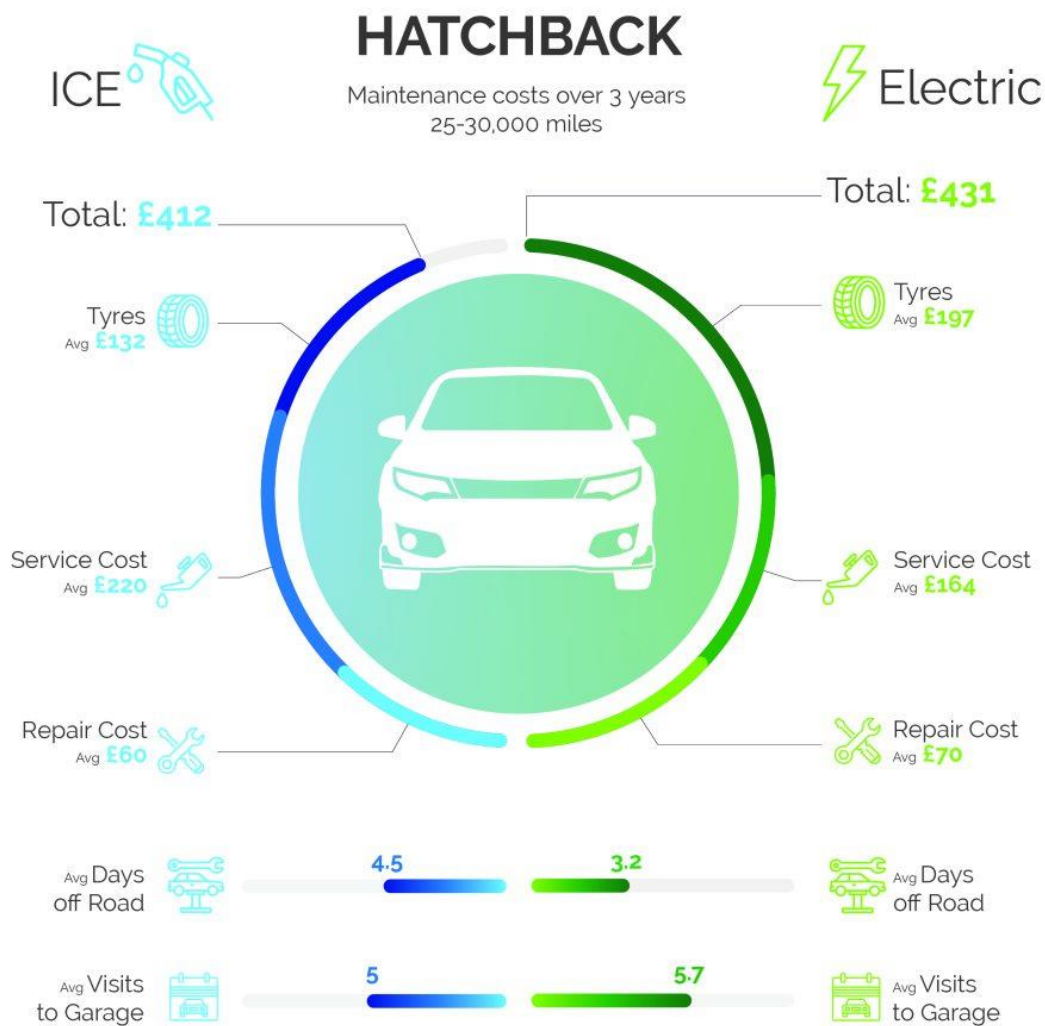


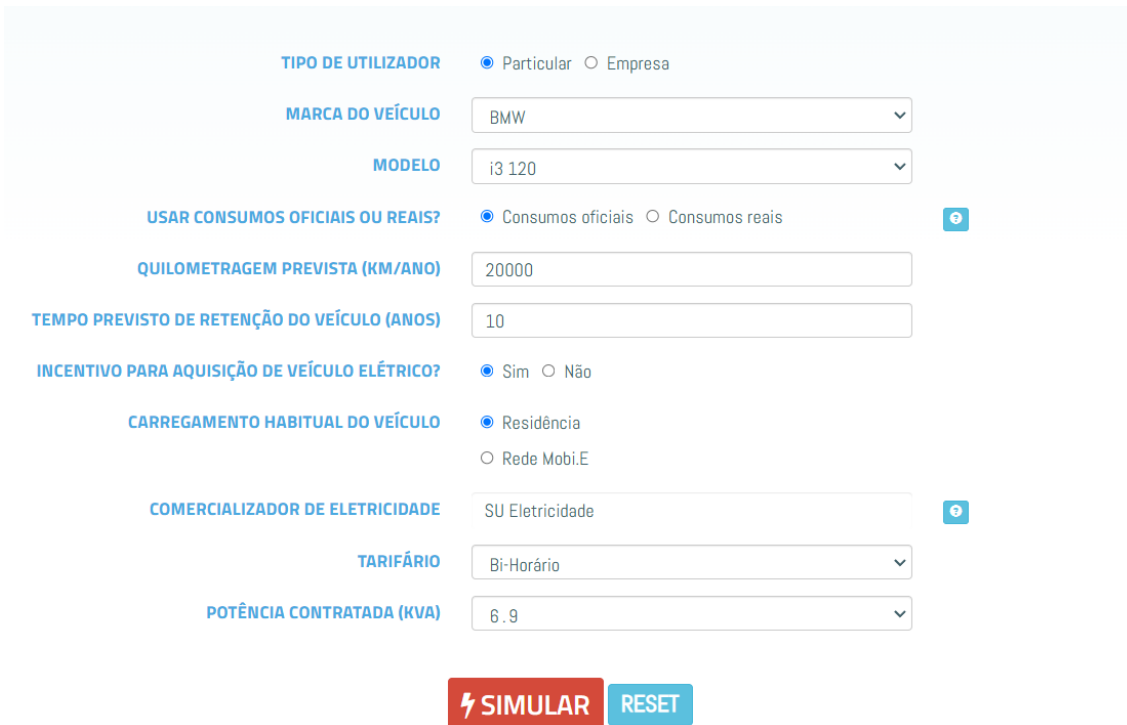
Figura 19 - Manutenção VE vs.VCI Fonte: [37]

Como se pode constatar, a comparação entre a versões elétrica e a gasóleo do mesmo automóvel (segmento carrinha), quando utilizada no mesmo ciclo de operação, parece revelar vantagens no caso elétrico. Com efeito e de acordo com a referência [37], O modelo elétrico regista, em média, 5,7 visitas à oficina, um tempo de imobilização de 2,2 dias e custos de manutenção na ordem das £239. Já a versão a diesel apresenta resultados semelhantes em número de serviços (5,0 visitas) e um tempo de imobilização ligeiramente superior (2,9 dias), mas os custos de manutenção mais do que duplicam, atingindo £523.

6. PLATAFORMAS DE SIMULAÇÃO EXISTENTES

6.1. MobZero

A Mobzero é uma plataforma de simulação que permite aos utilizadores estimar os custos de posse de diferentes veículos. A ferramenta recolhe uma série de dados personalizados como demonstrado na Figura 18, dados esses que influenciam diretamente os resultados apresentados, proporcionando uma análise detalhada e adaptada ao perfil de cada utilizador, no entanto apenas é permitido simular custos para veículos puramente elétricos, e não é permitido alterar o comercializador de eletricidade.



The image shows a web form for the MobZero simulation tool. The form is organized into several sections with labels in blue. The fields and their values are as follows:

- TIPO DE UTILIZADOR:** Radio buttons for "Particular" (selected) and "Empresa".
- MARCA DO VEÍCULO:** Dropdown menu with "BMW" selected.
- MODELO:** Dropdown menu with "i3 120" selected.
- USAR CONSUMOS OFICIAIS OU REAIS?:** Radio buttons for "Consumos oficiais" (selected) and "Consumos reais".
- QUILOMETRAGEM PREVISTA (KM/ANO):** Text input field containing "20000".
- TEMPO PREVISTO DE RETENÇÃO DO VEÍCULO (ANOS):** Text input field containing "10".
- INCENTIVO PARA AQUISIÇÃO DE VEÍCULO ELÉTRICO?:** Radio buttons for "Sim" (selected) and "Não".
- CARREGAMENTO HABITUAL DO VEÍCULO:** Radio buttons for "Residência" (selected) and "Rede Mobi.E".
- COMERCIALIZADOR DE ELETRICIDADE:** Text input field containing "SU Eletricidade".
- TARIFÁRIO:** Dropdown menu with "Bi-Horário" selected.
- POTÊNCIA CONTRATADA (KVA):** Dropdown menu with "6.9" selected.

At the bottom of the form, there are two buttons: a red button with a lightning bolt icon and the text "SIMULAR", and a blue button with the text "RESET".

Figura 20 - Dados do utilizador MobZero Fonte: [38]

No que se refere à obtenção e análise de resultados a ferramenta apresenta um quadro onde se compara o veículo em estudo com veículos semelhantes a combustão interna, sem especificar quais seriam esses veículos semelhantes e a razão dessa comparação. Este aspeto pode ser verificado na Figura 19.

Para os 10 anos de retenção do veículo	100% ELÉTRICO	GASOLINA	GASÓLEO
Preço de aquisição incl. IVA (€)	42 220	27 000	28 800
Incentivo do Estado (€)	4 000	0	0
IUC (€)	0	1 371	1 472
Manutenção (€)	2 840	5 302	4 105
Custo de condução (combustível ou eletricidade) (€)	4 532	21 332	15 047
Custo Total (€)	45 593	55 005	49 424
Total de Emissões de CO₂ (kg)	1 705	26 800	23 800
Total de Emissões de NO_x (kg)	3,69	6,20	10,40
Diferencial (€)		+ 9 412	+ 3 832
Diferencial (kg CO ₂)		+ 25 095	+ 22 095
Diferencial (kg NO _x)		+ 2,51	+ 6,71

Figura 21 - Resultados MobZero Fonte: [38]

6.2. Simulador DECO PROteste

O simulador da DECO PROteste é uma plataforma de simulação que tem como objetivo calcular o custo por quilómetro de um determinado automóvel tendo em conta o perfil do utilizador. Parece ser uma plataforma mais simples quando comparada com a Mobzero, pois apenas parece permitir ao utilizador as seguintes funcionalidades: escolher o veículo que pretende avaliar, inserir os seus quilómetros anuais e o tempo de retenção do mesmo.



Figura 22 - Página inicial simulador Fonte: [39]

Ao contrário da Mobzero este simulador já permite incluir veículos a combustão interna e híbridos suaves, mas no que se refere aos resultados, aparentam ser pouco claros e detalhados, como é possível ver na figura 20.

6.3. Notas gerais da comparação entre simuladores

A breve análise comparativa entre a Platform Zero e o Simulador DECO PROteste revela diferenças significativas nas suas finalidades e funcionalidades, refletindo abordagens distintas no apoio à sustentabilidade e ao consumo consciente.

A Platform Zero é uma iniciativa dedicada ao desenvolvimento e escalonamento de tecnologias climáticas nos setores energético e marítimo. A sua missão centra-se na criação de um ecossistema colaborativo que impulse startups e projetos inovadores, visando a transição para um planeta mais sustentável. Através de investimentos estratégicos e de um campus que reúne talentos e organizações líderes, a Platform Zero foca-se em oportunidades relacionadas com a produção, armazenamento, transporte e comércio de energia, incluindo áreas como hidrogénio, baterias e metanol.

Por outro lado, o Simulador DECO PROteste é uma ferramenta desenvolvida pela Associação Portuguesa para a Defesa do Consumidor (DECO), com o objetivo de auxiliar os consumidores na comparação de serviços e na poupança em áreas como eletricidade,

gás, seguros e crédito à habitação. Este simulador permite aos utilizadores introduzir dados específicos sobre os seus hábitos de consumo e necessidades, fornecendo recomendações personalizadas que visam otimizar despesas e promover escolhas informadas.

7. PROPOSTA DE PLATAFORMA PARA O MERCADO DOMÉSTICO

7.1. Descrição da Plataforma Proposta

A crescente preocupação com a sustentabilidade ambiental e a eficiência económica tem levado muitos consumidores a ponderar a transição para veículos elétricos ou híbridos, no entanto, a tomada de decisão nem sempre é simples, uma vez que o custo total de posse de um veículo envolve diversos fatores, como o preço de aquisição, os consumos energéticos, a manutenção e os impostos. Esta complexidade dificulta a comparação direta entre diferentes tipos de motorização, especialmente para consumidores com menor conhecimento técnico ou financeiro.

De forma a apoiar escolhas mais informadas e sustentáveis foi desenvolvida uma plataforma que visa facilitar na decisão, permitindo aos utilizadores calcular o custo de posse de um veículo específico ou identificar, com base no seu perfil de utilização, as opções mais económicas.

7.1.1. Opção 1 - Calcular o custo de posse de um veículo específico

Esta opção foi concebida para permitir que o utilizador estime o custo total de posse de um veículo específico ao longo de um determinado período, particularmente útil para quem já tem um modelo em mente, permite avaliar veículos com todos os tipos de motorização, desde combustão interna, híbridos, híbridos plug-in e elétricos, desde que os mesmos se encontrem na base de dados da plataforma, que nesta fase ainda é muito limitada como apresentado no Anexo B. Esta opção é dividida em 3 fases distintas onde o utilizador deve preencher os seus dados, sendo estas: veículo em análise, distâncias percorridas e carregamento e ainda uma fase final onde se apresentam os resultados.

Numa primeira fase o utilizador insere o modelo que pretende avaliar, por exemplo de um veículo que viu num site de venda de automóveis em segunda mão, o ano da matrícula, o custo do mesmo, tempo de retenção em anos e caso seja disponibilizado, o estado de saúde da bateria. Com estes dados a plataforma devolve a motorização de veículo, e a autonomia atual, como demonstrado no exemplo da Figura 21.

VEÍCULO EM ANÁLISE	
VEÍCULO EM ESTUDO	KIA Xceed 1.6 GDI 6DCT PHEV DRIVE
Ano da matrícula	2023
CUSTO AQUISIÇÃO (€)	37500
TIPOLOGIA	Híbrido Plug-in
ESTADO DE SAÚDE DA BATERIA (%)	95%
AUTONOMIA ATUAL (KM)	45,6
TEMPO PREVISTO DE RETENÇÃO DO VEÍCULO (ANOS)	10

Figura 23- Recolhe de dados do utilizador opção 1

Posteriormente na segunda fase serão recolhidas as informações relativas às distâncias percorridas pelo utilizador, de maneira que o cálculo seja mais preciso nos veículos híbridos plug-in a semana será dividida em dias típicos e não típicos. Por exemplo 5 dias típicos em que o utilizador se desloca para o trabalho, e 2 dias não típicos onde a quilometragem percorrida varia do normal (fim de semana). Serão também solicitadas as quilometragens previstas em viagens de longa distância, por exemplo uma ida ao algarve e qual a sua periodicidade anual.

DISTÂNCIAS PERCORRIDAS	
QUILOMETRAGEM PREVISTA NUM DIA TÍPICO (km)	100
QUANTIDADE DE DIAS TÍPICOS POR SEMANA	5
QUILOMETRAGEM PREVISTA NUM DIA NÃO TÍPICO (km)	50
QUANTIDADE DE DIAS NÃO TÍPICOS POR SEMANA	2
QUILOMETRAGEM PREVISTA EM VIAGENS DE LONGA DISTÂNCIA (km)	300
QUANTIDADE DE VIAGENS DE LONGA DISTÂNCIA ANUAIS	6

Figura 24 - Distâncias percorridas opção 1

Na terceira fase serão recolhidos os dados que tenham influência direta no carregamento de veículo, caso este seja elétrico ou plug-in, tais como, local onde pretende carregar o veículo, mercado onde se encontra, tarifas, qual o comercializador e potência contratada.

CARREGAMENTO	
CARREGAMENTO HABITUAL DO VEÍCULO	Residência
MERCADO ONDE SE ENCONTRA	Liberalizado
TARIFA PRATICADA	Tarifa fixa
PERÍODO HORÁRIO	Simplex
COMERCIALIZADOR DE ELETRICIDADE	Endesa
POTÊNCIA CONTRATADA (kVA)	10,35

Figura 25 - Dados de carregamento opção 1

Finalmente, a após a recolha de todos os dados serão apresentados os resultados como se ilustra na Figura 24. Retirando o custo de aquisição, todos os restantes valores são referentes ao número de anos que o utilizador pretende utilizar o veículo.

RESULTADOS	
Veículo em estudo	KIA Xceed 1.6 GDI 6DCT PHEV DRIVE
Preço de aquisição (€)	37500,00
Custo de condução (combustível ou eletricidade) (€)	25638,32
Inspeção periódica (€)	183,20
Manutenção (€)	1750,00
Valor Atualizado Líquido dos custos gerais (€)	14247,00
Valor Atualizado Líquido do valor residual (€)	6103,28
Custo total (€)	36643,72

Figura 26 - Demonstração de resultados opção 1

7.1.2. Opção 2 - Identificar os veículos mais económico para o perfil do utilizador

A segunda opção da plataforma foi desenvolvida para auxiliar os utilizadores que ainda não têm um modelo específico em mente e pretendem identificar a opção mais económica para o seu perfil de utilização. Está dividida igualmente em três fases, sendo

duas delas idênticas às da opção 1, a fase de distâncias percorridas e de carregamento, como indicado nas Figuras 25 e 26.

DISTÂNCIAS PERCORRIDAS	
QUILOMETRAGEM PREVISTA NUM DIA TÍPICO	100
QUANTIDADE DE DIAS TÍPICOS POR SEMANA	5
QUILOMETRAGEM PREVISTA NUM DIA NÃO TÍPICO	30
QUANTIDADE DE DIAS NÃO TÍPICOS POR SEMANA	2
QUILOMETRAGEM PREVISTA EM VIAGENS DE LONGA DISTÂNCIA	400
QUANTIDADE DE VIAGENS DE LONGA DISTÂNCIA ANUAIS	2
TEMPO PREVISTO DE RETENÇÃO DO VEÍCULO (ANOS)	10

Figura 28 - Distâncias percorridas opção 2

CARREGAMENTO	
LOCAL DE CARREGAMENTO HABITUAL DO VEÍCULO CASO SEJA NECESSÁRIO	Residência
MERCADO ONDE O CONSUMIDOR SE ENCONTRA	Regulado
TARIFA PRATICADA	Tarifa fixa
PERÍODO HORÁRIO	Simplex
COMERCIALIZADOR DE ELETRICIDADE	Gold Energy
POTÊNCIA CONTRATADA (KVA)	6,9

Figura 27 - Carregamento opção 2

Antes da devolução dos resultados, previu-se uma fase relativa a benefícios fiscais, onde o utilizador deve indicar se está disponível algum incentivo do estado, visto estes serem limitados, como descrito na Figura 27.

BENEFÍCIOS FISCAIS	
Incentivo do estado	Sim

Figura 29 - Benefícios fiscais opção 2

Finalmente serão apresentados os resultados com os veículos sugeridos, que nada mais são do que os 3 automóveis presentes na base de dados que apresentam menor custo de posse para o perfil do utilizador como indicado pela Figura 28.

Veículos Sugeridos	Fiat Grande Panda 45 kWh	Dongfeng Box 42kWh	Renault 5 EV40 evolution urban
Preço de aquisição incl. IVA (€)	23547,00	26755,00	27505,00
Incentivo do Estado (€)	4000,00	4000,00	4000,00
IUC (€)	0,00	0,00	0,00
Inspecção periódica (€)	183,20	183,20	183,20
Manutenção (€)	600,00	600,00	600,00
Custo de condução (combustível ou eletricidade) (€)	11492,07	11323,57	10749,67
Custo Total (€)	31822,27	34861,77	35037,87
Total de Emissões de CO2 (kg)	0,00	0,00	0,00
Diferencial (€)		+3039	+3216
Diferencial (kg CO2)		0	0

Figura 30 - Resultados opção 2

7.2. Diferenças em Relação às Plataformas Existentes

A plataforma desenvolvida apresenta características que a distinguem das soluções discutidas previamente no capítulo 6. Uma das principais características é a capacidade de analisar todas as tipologias de motorização, incluindo, incluindo veículos a combustão interna, híbridos, híbridos plug-in e elétricos, o que contrasta com plataformas como a MobZero, que se dedica exclusivamente à análise de veículos elétricos, além disso fornece resultados detalhados e baseados na comparação com veículos reais, permitindo que o utilizador avalie alternativas concretas disponíveis no mercado e não comparações genéricas. Apresenta com clareza e detalhadamente os resultados obtidos. A ferramenta da DECO PROteste centra-se no fornecimento do custo por quilómetro, sem especificar nenhum dos parâmetros utilizados no cálculo.

Outro fator de destaque é a capacidade de sugerir ao utilizador, caso não tenha uma ideia clara sobre qual veículo escolher, três veículos mais económicos para o seu

perfil de utilização, simplificando o processo de decisão para consumidores que desconhecem as opções mais vantajosas para as suas necessidades específicas.

7.3. Metodologia de Análise

A determinação do custo total de condução de um veículo elétrico (VE) ou de um veículo de combustão interna (VCI) requer uma análise detalhada da quilometragem percorrida ao longo do período de posse do automóvel. Assim, o primeiro passo consiste no cálculo da distância total percorrida pelo condutor, considerando diferentes tipos de deslocações: viagens típicas diárias, deslocações ocasionais (atípicas) e viagens longas. O cálculo da quilometragem total segue a equação (1):

$$km_{Total} = \left[\left((km_{típico} \cdot D_{típico}) + (km_{Atípico} \cdot D_{Atípico}) \right) N_{Semanas} + km_{VL} \times N_{VL} \right] N_{Anos} \quad (1)$$

Onde:

km_{Total} – Total de Quilómetros percorridos

$km_{típico}$ – Quilómetros percorridos num dia típico (km)

$km_{Atípico}$ – Quilómetros percorridos num dia Atípico (km)

km_{VL} - Quilómetros percorridos em viagens longas (km)

$D_{típico}$ – Número de dias típicos por semana

$D_{Atípico}$ – Número de dias atípicos por semana

$N_{Semanas}$ – Número de semanas típicas

N_{VL} – Quantidade de viagens longas

N_{Anos} – Anos de posse do veículo

Após a determinação da quilometragem total, é possível calcular os custos de condução, que diferem consoante o tipo de motorização do veículo. No caso dos veículos elétricos, o custo total de condução é calculado através da equação (2):

$$C_{Total} = \left(\frac{km_{Total} \cdot C_{elétrico}}{100} \right) P_{Energia} \quad (2)$$

Onde:

C_{Total} – Custo a total de condução (€)

$C_{elétrico}$ – Consumo médio veículo elétrico (kWh/100km)

$P_{Energia}$ – Preço da Energia (€/kWh)

De forma semelhante, no caso dos veículos a combustão interna, o custo de condução é determinado por (3):

$$C_{Total} = \left(\frac{km_{Total} \cdot C_{combustão}}{100} \right) P_{Combustivel} \quad (3)$$

Onde

C_{Total} – Custo a total de condução (€)

$C_{combustão}$ – Consumo médio veículo a combustão (litros/100km)

$P_{Combustivel}$ – Preço do combustível (€/litro)

O Preço da Energia ($P_{Energia}$) da energia foi calculado para duas modalidades, para o custo do kWh com tarifa fixa e custo do kWh com tarifa indexada. No caso do cálculo para o preço do kWh da tarifa fixa e indexada partiu-se de um pressuposto que para calcular o consumo extra de um veículo elétrico ou híbrido plug-in não faz sentido adicionar taxas que já seriam pagas à cabeça pelo utilizador (DGEG, Contribuição audiovisual, etc.). Considerou-se também que o utilizador consome sempre acima dos 200 kWh (que nos termos da legislação são taxados a IVA de 6%), pelo que o consumo do EV será para cada carregamento taxado a 23%. Em consequência, pressupõe-se que o aumento real que um carregamento com tarifa fixa irá causar na fatura do utilizador será dada pela multiplicação do consumo do veículo (kWh) com o valor resultante da equação (4) a seguir indicada.

Relativamente à tarifa indexada, o aumento na tarifa será dado com a multiplicação do consumo do veículo (kWh) com o valor resultante da equação (6). Neste caso o valor base por kWh terá de ser obtido pela equação (5) uma vez que se trata de um valor variável.

$$P_{Fixa} = (T_{Fixa} + TAR + IEC) \times IVA \quad (4)$$

Onde

P_{Fixa} – Preço real do kWh tarifa fixa após taxas e impostos

T_{Fixa} – Preço base da tarifa fixa

TAR – Energia ativa da tarifa de acesso às redes

IVA - IVA a 23%

IEC – Imposto especial de consumo (€/kWh)

Para a tarifa indexada o valor base do kWh é descrito pela equação (5):

$$PB_{indexada} = (OMIEh + CGSh) \times (1 + PerdasERSE) \times FA + Kp + FTS \quad (5)$$

Onde:

$PB_{indexada}$ – Preço base da tarifa indexada (€/kWh)

$OMIEh$ – Preço horário médio mensal, no período faturado, no mercado OMIE (em €/kWh)

$CGSh$ – Custos de operação e gestão do sistema

$PerdasERSE$ – são as perdas da rede, fixadas pela ERSE

FA – Fator de Adequação 1.02

Kp – Valor fixo correspondente aos gastos operacionais do comercializador (em €/kWh)

FTS – Financiamento da Tarifa Social definido pela ERSE em 0,001657 €/kWh

$$PR_{indexada} = (PB_{indexada} + TAR + IEC) \times IVA \quad (6)$$

Onde:

$PR_{indexada}$ – Preço real do kWh tarifa fixa após taxas e impostos

$PB_{indexada}$ – Preço base da tarifa indexada obtido em (5)

TAR – Energia ativa da tarifa de acesso às redes

IVA - IVA a 23%

IEC – Imposto especial de consumo (€/kWh)

Além do custo direto da energia ou do combustível, outros fatores devem ser considerados na análise do custo total do veículo ao longo do período de posse. Assim, a equação (7) integra elementos como impostos, manutenção e benefícios fiscais:

$$C_{Total} = CA + (CTIUC + CIPTSI + CT_{manutenção} - BE) - Valor Residual \quad (7)$$

Onde:

CA – Custo de aquisição

$CTIUC$ -Custo total de IUC

$CIPTSI$ -Custo total de inspeções periódicas/seguros/impostos

$CT_{manutenção}$ - Custo total de manutenção

BE – Benefícios fiscais para elétricos até 38500 euros no valor de 4000€

A estrutura atual inclui o Valor Atualizado Líquido (VAL) na sua análise temporal de custos, o que tem impacto direto na análise financeira da viabilidade dos veículos elétricos em comparação com as opções convencionais de motores de combustão. O VAL é uma componente essencial do modelo económico de tomada de decisão, pois permite calcular o valor presente dos custos e das poupanças futuras, tendo em conta a desvalorização do dinheiro ao longo do tempo através da aplicação de uma taxa de desconto, neste caso de 5%.

$$VAL (\text{€}) = \sum_{t=0}^n \frac{Ct}{(1+r)^n} \quad (8)$$

Onde:

- VAL - Valor Atualizado Líquido do custo total de propriedade (€);
- Ct – Custo total incorrido no ano t, incluindo energia/combustível, manutenção, impostos e inspeções (€);
- r – Taxa de desconto anual (%);
- n – Número total de anos de posse do veículo.

8. CASOS DE ESTUDO

8.1. Caso de Estudo 1

A crescente procura por veículos elétricos tem vindo a gerar dúvidas entre os consumidores relativamente aos custos reais que estes representam. Os preços pagos por cada kWh consumido em diferentes infraestruturas e tarifas são a principal causa desta preocupação. Para analisar o seu impacto foi desenvolvido um caso de estudo que avalia o custo total de posse de um veículo elétrico, tendo em conta diferentes cenários de carregamento.

O veículo escolhido para servir de base para este estudo foi o BYD Dolphin Comfort, matrícula do ano de 2023 e um estado de saúde de 93%, como detalhado na figura 29. A análise considerou três perfis distintos de utilizador, em todos eles foram considerados o mesmo número de quilómetros percorridos durante o mesmo tempo de retenção, como mostra a Figura 30.

VEÍCULO EM ESTUDO	
VEÍCULO EM ESTUDO	BYD Dolphin Comfort
Ano da matrícula	2023
CUSTO AQUISIÇÃO (€)	28500
TIPOLOGIA	Elétrico
ESTADO DA BATERIA (%)	93%
AUTONOMIA ATUAL (km)	397,1

Figura 31 - Caso de estudo 1 veículo em estudo

DISTÂNCIAS PERCORRIDAS	
QUILOMETRAGEM PREVISTA NUM DIA TÍPICO (km)	100
QUANTIDADE DE DIAS TÍPICOS POR SEMANA	5
QUILOMETRAGEM PREVISTA NUM DIA NÃO TÍPICO (km)	50
QUANTIDADE DE DIAS NÃO TÍPICOS POR SEMANA	2
QUILOMETRAGEM PREVISTA EM VIAGENS DE LONGA DISTÂNCIA (km)	300
QUANTIDADE DE VIAGENS DE LONGA DISTÂNCIA ANUAIS	6
TEMPO PREVISTO DE RETENÇÃO DO VEÍCULO (ANOS)	10

Figura 32 - Distâncias percorridas no caso de estudo 1

Cada perfil reflete uma abordagem específica no que diz respeito ao local e à forma como o veículo é carregado, permitindo comparar os custos associados a diferentes cenários energéticos. A descrição de cada perfil é apresentada de seguida:

Perfil 1 – Carregamento Residencial com Tarifa Fixa: O utilizador carrega o veículo exclusivamente em casa, utilizando uma tarifa fixa simples. Esta tarifa apresenta um preço constante por kWh durante todo o dia, permitindo um maior controlo e previsibilidade nos custos energéticos. Foi utilizada nesta data (fevereiro de 2024), a tarifa fixa simples da Luzboa no valor base de 0,2286 €/kWh com valor base em €/kWh no anexo C.

CARREGAMENTO	
CARREGAMENTO HABITUAL DO VEÍCULO	Residência
MERCADO ONDE SE ENCONTRA	Liberalizado
TARIFA PRATICADA	Tarifa fixa
PERÍODO HORÁRIO	Simple
COMERCIALIZADOR DE ELETRICIDADE	Luzboa
POTÊNCIA CONTRATADA (KVA)	6,9

Figura 33 Caso de estudo 1 perfil de carregamento 1

Perfil 2 – Carregamento Residencial com Tarifa Indexada: O utilizador carrega o veículo em casa, mas utiliza uma tarifa indexada. Este tipo de tarifa está sujeito a

variações diárias no custo da eletricidade, podendo gerar poupanças em momentos de preços baixos, mas também custos acrescidos em períodos de aumento do preço da energia, para obter o valor final em €/kWh foi usada a tarifa indexada simples da Luzboa utilizando o preço médio base de fevereiro de 2025 de 0,1444 €/kWh do anexo D.

CARREGAMENTO	
CARREGAMENTO HABITUAL DO VEÍCULO	Residência
MERCADO ONDE SE ENCONTRA	Liberalizado
TARIFA PRATICADA	Tarifa indexada
PERÍODO HORÁRIO	Simple
COMERCIALIZADOR DE ELETRICIDADE	Luzboa
POTÊNCIA CONTRATADA (KVA)	6,9

Figura 34 - Caso de estudo 1 carregamento perfil 2

Perfil 3 – Carregamento na Rede MOBI.E: O utilizador recorre principalmente à rede pública de carregamento MOBI.E e é considerado um preço fixo de 0,35 €/ kWh [27].

CARREGAMENTO	
CARREGAMENTO HABITUAL DO VEÍCULO	Rede Mobi.E

Figura 35 - Caso de estudo 1 perfil de carregamento 3

8.1.1. Resultados e Discussão

RESULTADOS	
Veículo em estudo	BYD Dolphin Comfort
Preço de aquisição (€)	28500,00
Custo de condução (combustível ou eletricidade) (€)	10627,75
Inspeção periódica/seguros/taxas/impostos (€)	400,00
Manutenção (€)	1500,00
Valor Atualizado Líquido dos custos gerais (€)	12451,62
Valor Atualizado Líquido do valor residual (€)	6103,28
Custo total (€)	34848,34
Total de emissões diretas de CO2 (kg)	18596,23

Figura 36 - Resultados do caso de estudo 1 perfil 1

RESULTADOS	
Veículo em estudo	BYD Dolphin Comfort
Preço de aquisição (€)	28500,00
Custo de condução (combustível ou eletricidade) (€)	11722,60
Inspeção periódica/seguros/taxas/impostos (€)	400,00
Manutenção (€)	1500,00
Valor Atualizado Líquido dos custos gerais (€)	13297,45
Valor Atualizado Líquido do valor residual (€)	6103,28
Custo total (€)	35694,17
Total de emissões diretas de CO2 (kg)	18596,23

Figura 37 - Resultados do caso de estudo 1 perfil 2

RESULTADOS

Veículo em estudo	BYD Dolphin Comfort
Preço de aquisição (€)	28500,00
Custo de condução (combustível ou eletricidade) (€)	16271,70
Inspeção periódica/seguros/taxas/impostos (€)	400,00
Manutenção (€)	1500,00
Valor Atualizado Líquido dos custos gerais (€)	16808,28
Valor Atualizado Líquido do valor residual (€)	6103,28
Custo total (€)	39205,00
Total de emissões diretas de CO2 (kg)	18596,23

Figura 38 - Resultados do caso de estudo 1 perfil 3

Tabela 5 - Análise de resultados do caso de estudo 1

Opção de carregamento	Residência – tarifa fixa simples	Residência – tarifa indexada simples	Rede Mobi.e
Preço de aquisição (€)	28500	28500	28500
Valor Atualizado Líquido dos custos gerais (€)	12451.52	13297.45	16808.28
Valor Atualizado Líquido do valor residual (€)	6103.28	6103.28	6103.28
Custo total (€)	34848.34	35694.17	39205.00

A análise revela diferenças significativas nos custos totais de posse, destacando a influência direta do método de carregamento na economia global do veículo. O carregamento residencial com tarifa fixa apresentou o menor custo total ao longo do período analisado, com um total de €34848.34. A previsibilidade desta tarifa, sem oscilações diárias, contribuiu para um maior controlo dos custos energéticos, sendo assim a solução mais vantajosa financeiramente.

Por outro lado, o carregamento residencial com tarifa indexada resultou num custo de condução superior, com uma diferença de aproximadamente €845.83 face à tarifa fixa, resultando num custo total de €35694.17. Embora esta diferença seja relativamente pequena, resulta das flutuações diárias da tarifa indexada, que podem proporcionar poupanças em certos períodos, mas também expõem o consumidor ao risco de custos mais elevados durante períodos de aumento do preço da eletricidade no mercado OMIE.

Por fim, o carregamento na rede MOBI.E revelou-se a opção mais dispendiosa, com um custo total de €39205.00, representando uma diferença de cerca de €4356.66 face à opção mais económica, que é a tarifa fixa. Este resultado deve-se essencialmente às tarifas significativamente mais elevadas praticadas nos pontos de carregamento públicos, sobretudo em períodos de maior procura ou em locais estratégicos. A conveniência proporcionada pela rede MOBI.E implica, assim, um custo acrescido que deve ser ponderado pelos utilizadores.

8.1.2. Conclusões do Caso de Estudo

A análise evidencia que, na decisão de compra de um veículo elétrico, não basta considerar apenas o custo de aquisição é essencial avaliar as condições de carregamento disponíveis e o padrão de utilização do veículo. Para utilizadores com possibilidade de carregar o veículo em casa, especialmente com uma tarifa fixa, esta solução revela-se claramente mais económica e eficiente. Por outro lado, para quem depende maioritariamente da rede pública MOBI.E, os custos operacionais acrescidos devem ser cuidadosamente ponderados, uma vez que podem comprometer a vantagem financeira associada aos veículos elétricos.

Em suma, este estudo reforça que a escolha do método de carregamento é um fator decisivo na viabilidade económica dos veículos elétricos, sendo crucial que os consumidores tenham acesso a informação clara e detalhada para tomarem decisões informadas e ajustadas ao seu perfil de utilização.

8.2. Caso de estudo 2

Este caso de estudo tem como objetivo avaliar como a quilometragem percorrida influencia o custo total de posse de um veículo e, conseqüentemente, as opções mais económicas para diferentes perfis de utilizador. Ao contrário do caso de estudo anterior,

onde o foco estava nas condições de carregamento, neste cenário todos os utilizadores têm direito ao benefício do estado como mostra a figura 38, e são considerados como tendo acesso a carregamento residencial com tarifa fixa simples da GoldEnergy, segundo o anexo E, como representado na figura 37. Assim, elimina-se a variável das tarifas energéticas, permitindo que a análise se concentre exclusivamente na influência da distância percorrida.

CARREGAMENTO	
LOCAL DE CARREGAMENTO HABITUAL DO VEÍCULO CASO SEJA NECESSÁRIO	Residência
MERCADO ONDE O CONSUMIDOR SE ENCONTRA	Regulado
TARIFA PRATICADA	Tarifa fixa
PERÍODO HORÁRIO	Simple
COMERCIALIZADOR DE ELETRICIDADE	Gold Energy
POTÊNCIA CONTRATADA (KVA)	6,9

Figura 39 - Caso de estudo 2 dados de carregamento

BENEFÍCIOS FISCAIS	
Incentivo do estado	Sim

Figura 40 - Caso de estudo 2 benefícios fiscais

Foram definidos dois perfis distintos de utilizador com base na sua quilometragem semanal:

Perfil 1 – Utilizador com baixa quilometragem: Este perfil representa condutores que percorrem poucas distâncias semanalmente, apresentando assim um consumo energético reduzido.

DISTÂNCIAS PERCORRIDAS	
QUILOMETRAGEM PREVISTA NUM DIA TÍPICO	20
QUANTIDADE DE DIAS TÍPICOS POR SEMANA	5
QUILOMETRAGEM PREVISTA NUM DIA NÃO TÍPICO	0
QUANTIDADE DE DIAS NÃO TÍPICOS POR SEMANA	2
QUILOMETRAGEM PREVISTA EM VIAGENS DE LONGA DISTÂNCIA	0
QUANTIDADE DE VIAGENS DE LONGA DISTÂNCIA ANUAIS	0
TEMPO PREVISTO DE RETENÇÃO DO VEÍCULO (ANOS)	10

Figura 41 - Distâncias percorridas caso de estudo 2 perfil 1

Perfil 2 – Utilizador com elevada quilometragem: Este perfil considera utilizadores que realizam percursos frequentes e de maior distância, resultando num consumo energético mais significativo.

DISTÂNCIAS PERCORRIDAS	
QUILOMETRAGEM PREVISTA NUM DIA TÍPICO	100
QUANTIDADE DE DIAS TÍPICOS POR SEMANA	5
QUILOMETRAGEM PREVISTA NUM DIA NÃO TÍPICO	30
QUANTIDADE DE DIAS NÃO TÍPICOS POR SEMANA	2
QUILOMETRAGEM PREVISTA EM VIAGENS DE LONGA DISTÂNCIA	400
QUANTIDADE DE VIAGENS DE LONGA DISTÂNCIA ANUAIS	2
TEMPO PREVISTO DE RETENÇÃO DO VEÍCULO (ANOS)	10

Figura 42 - Distâncias percorridas caso de estudo 2 perfil 2

8.2.1. Resultados e discussão

RESULTADOS			
Veículos Sugeridos	Dacia Sandero ECO-G 100 Bi-Fuel Expression	Citroën C3 1.2 Turbo 100 CVM6 YOU	Dongfeng Box 42kWh
Preço de aquisição incl. IVA (€)	16005,00	14990,00	26755,00
Incentivo do Estado (€)	0,00	0,00	4000,00
IUC (€)	1114,60	1114,60	0,00
Inspeção periódica (€)	183,20	183,20	183,20
Manutenção (€)	2250,00	2250,00	600,00
Custo de condução (combustível ou eletricidade) (€)	3664,61	5180,09	1968,14
Custo Total (€)	23217,41	23717,89	25506,34
Total de Emissões de CO2 (kg)	6361,45	6570,02	0,00
Diferencial (€)		+500	+2289
Diferencial (kg CO2)		+209	-6361

Figura 43 - Apresentação de resultados casos de estudo 2 perfil 1

RESULTADOS			
Veículos Sugeridos	Fiat Grande Panda 45 kWh	Dongfeng Box 42kWh	Renault 5 EV40 evolution urban
Preço de aquisição incl. IVA (€)	23547,00	26755,00	27505,00
Incentivo do Estado (€)	4000,00	4000,00	4000,00
IUC (€)	0,00	0,00	0,00
Inspeção periódica (€)	183,20	183,20	183,20
Manutenção (€)	600,00	600,00	600,00
Custo de condução (combustível ou eletricidade) (€)	11492,07	11323,57	10749,67
Custo Total (€)	31822,27	34861,77	35037,87
Total de Emissões de CO2 (kg)	0,00	0,00	0,00
Diferencial (€)		+3039	+3216
Diferencial (kg CO2)		0	0

Figura 44 - Apresentação de resultados casos de estudo 2 perfil 2

No Perfil 1, que representa um utilizador que percorre poucos quilómetros anualmente, os três veículos recomendados incluíram dois modelos a combustão interna o Dacia Sandero ECO e o Citroën C3 Turbo e apenas um modelo elétrico, o Dongfeng Box. Esta recomendação está diretamente relacionada com o custo inicial mais elevado dos veículos elétricos, que dificulta a recuperação desse investimento quando a quilometragem é reduzida. Apesar dos veículos elétricos apresentarem custos energéticos e de manutenção inferiores, a diferença nos preços de aquisição torna-os menos competitivos para este tipo de utilizador. Assim, para condutores que percorrem poucos quilómetros, os veículos a combustão interna continuam a apresentar uma relação custo-benefício mais favorável.

Por outro lado, no Perfil 2, que representa um utilizador que percorre muitos quilómetros anualmente, a plataforma recomendou exclusivamente veículos elétricos o Fiat Grande Panda 45 kWh, o Dongfeng Box e o Renault 5 EV40. Este resultado reflete a capacidade dos veículos elétricos de recuperarem o seu investimento inicial mais elevado através de custos operacionais significativamente inferiores. O preço reduzido da eletricidade face aos combustíveis fósseis, aliado à menor necessidade de manutenção dos veículos elétricos, torna esta opção mais económica para utilizadores que percorrem distâncias mais longas.

8.2.2. Conclusões do caso de estudo

A análise revela, assim, que a decisão entre veículos elétricos, híbridos ou a combustão interna não deve basear-se apenas no preço de aquisição, mas sim no padrão de utilização do veículo. Para condutores com uma utilização reduzida, o investimento num veículo elétrico pode não ser recuperado, tornando os veículos a combustão interna uma solução mais económica. Em contrapartida, para utilizadores que percorrem muitos quilómetros, o menor custo por quilómetro associado aos veículos elétricos acaba por compensar o investimento inicial mais elevado, tornando esta alternativa a mais vantajosa a longo prazo.

Este caso de estudo reforça a importância de uma análise personalizada, adaptada ao perfil de cada utilizador, destacando que a melhor escolha não é universal, mas sim condicionada pelo padrão de utilização e pelas condições de carregamento disponíveis.

9. AJUDA Á DECISÃO

Tendo em consideração os desafios que foram identificados (dificuldades na obtenção de dados fiáveis sobre veículos elétricos, nomeadamente no acesso a bases de dados especializadas, falta de normalização na informação técnica dos veículos elétricos e a limitação de acesso a dados detalhados), uma grande possibilidade para ajuda à decisão poderia ser a lógica fuzzy, principalmente através da aplicação do método Fuzzy TOPSIS (Técnica de Preferência de Ordem por Similaridade à Solução Ideal).

A lógica fuzzy representa uma ferramenta matemática que possibilita o tratamento de incertezas e aspetos subjetivos como os referidos pela falta ou normalização de dados. É particularmente importante, na tomada de decisão com múltiplos critérios, onde as variáveis específicas são incomensuráveis. Ao escolher o veículo certo para uma mobilidade sustentável, para além de considerações objetivas, como os custos de propriedade e a eficiência do consumo de energia, é necessário prestar atenção a critérios subjetivos, como a conveniência da recarga, o fator conforto e perceções sobre o impacto no ambiente.

O método fuzzy TOPSIS baseia-se na hipótese de que a alternativa ideal é aquela que está próxima da solução ideal e também distante da solução que não é ideal. A execução deste método na plataforma implicaria os seguintes passos:

Definição dos critérios de decisão – Incluindo custo total de posse, tempo de carregamento, autonomia, impacto ambiental, entre outros;

Atribuição de pesos através de lógica difusa – Permitir que os utilizadores indiquem a importância relativa de cada critério de forma gradual (exemplo: "muito importante", "moderadamente importante", "pouco importante"), em vez de valores absolutos;

Cálculo da similaridade com a solução ideal – Comparação entre os diferentes veículos disponíveis, determinando qual apresenta a melhor relação entre vantagens e desvantagens segundo o perfil do utilizador.

Geração de um ranking personalizado – A plataforma sugeriria a melhor opção com base na análise dos critérios ponderados, permitindo ao utilizador visualizar um ranking dos veículos mais adequados às suas necessidades.

Este método permite avaliar e classificar os veículos com base na proximidade a uma solução ideal, considerando critérios quantitativos e qualitativos. O processo pode ser resumido nos seguintes passos:

Definição dos critérios de decisão

São considerados fatores como custo (€), autonomia (km), tempo de carregamento (min) e impacto ambiental (kg CO₂/km).

Conversão para números difusos

Os valores de cada critério são convertidos em números triangulares difusos (TFN - Triangular Fuzzy Numbers), representados como:

$$\tilde{A} = (a, b, c) \quad (9)$$

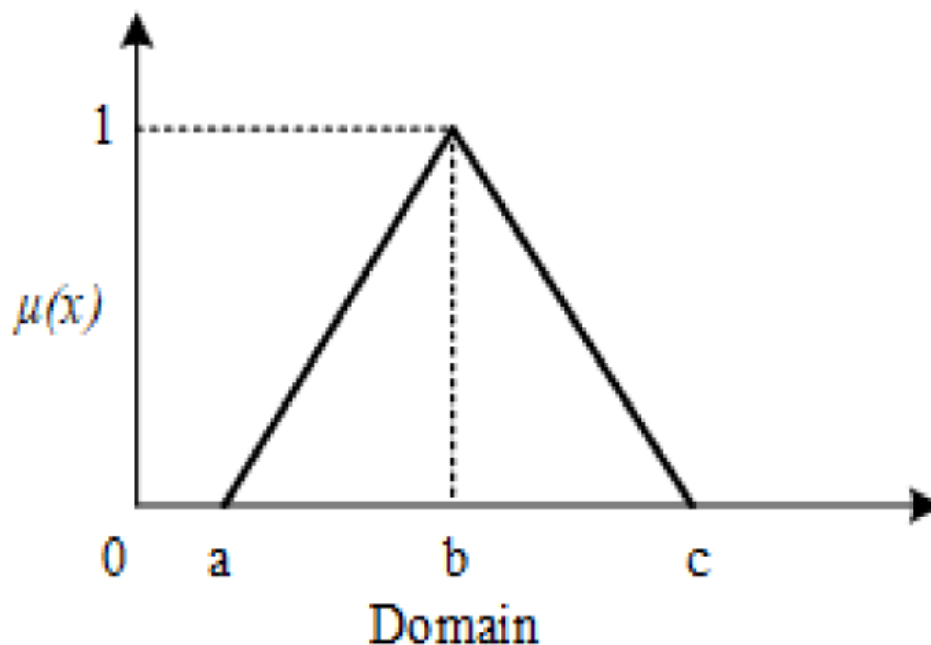


Figura 45 -Função de pertinência triangular [40]

Sendo definido por três parâmetros:

a (limite inferior): valor mínimo esperado

b (valor mais provável): estimativa central mais realista.

c (limite superior): valor máximo esperado.

As alternativas são organizadas em uma matriz de decisão, onde cada critério é representado por um número fuzzy triangular (2):

$$\tilde{A} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \cdots & \tilde{x}_{mm} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Existem alguns passos intermédios que se são o cálculo da solução ideal e o cálculo da solução menos desejável [41].

Para garantir a comparabilidade, os valores fuzzy da matriz de decisão são normalizados. A normalização depende do tipo do critério. Para critérios de benefício (onde valores maiores são desejáveis), a normalização é realizada com recurso a (11). Pelo contrário, para critérios de custo (onde valores menores são desejáveis), a normalização é realizada utilizando (12):

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^{max}}, \frac{b_{ij}}{c_j^{max}}, \frac{c_{ij}}{c_j^{max}} \right) \quad (11)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{c_j^{min}}{c_{ij}}, \frac{c_j^{min}}{b_{ij}}, \frac{c_j^{min}}{a_{ij}} \right) \quad (12)$$

Após esse ajuste, a matriz normalizada é ponderada de acordo com a importância atribuída a cada critério. Cada critério recebe um peso \tilde{w}_j baseado na sua importância. A matriz ponderada é obtida (13) multiplicando-se os valores normalizados pelos pesos correspondentes:

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \times \tilde{w}_j \quad (13)$$

Em seguida, é determinada a Solução Ideal e a Solução Anti-Ideal. As soluções ideais e não ideais representam, respetivamente os melhores valores para cada critério (14), (15).

$$\tilde{A}^+ = (\max_{vij}^1, \max_{vij}^2, \max_{vij}^3) \quad (14)$$

$$\tilde{A}^- = (\min_{vij}^1, \min_{vij}^2, \min_{vij}^3) \quad (15)$$

As distâncias das alternativas às soluções ideal e anti-ideal são calculadas usando a métrica de distância Euclidiana, sendo a distância até a solução ideal e a distância à solução anti-ideal, obtidas respetivamente por (16) e (17).

$$D_i^+ = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{A}^+) \quad (16)$$

$$D_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{A}^-) \quad (17)$$

Finalmente, o índice de preferência C_i , em relação à opção de mobilidade seria obtido por (18):

$$C_i^- = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (18)$$

Onde

C_i → Grau de adequação do veículo (quanto mais próximo de 1, melhor).

D_i^+ → Distância para a solução ideal.

D_i^- → Distância para a solução não ideal.

A integração do Fuzzy TOPSIS na plataforma não está atualmente prevista, mas, dada a escassez de informação disponível para a tomada de decisão, poderá ser um aspeto a avaliar no futuro e por este motivo decidiu-se referir o assunto na presente secção. A

aplicação deste método poderia ser útil em contextos onde a variabilidade dos dados dificulta comparações diretas entre diferentes tipos de veículos.

Embora a plataforma já ofereça uma análise detalhada dos custos de posse e utilização, a lógica difusa poderia, em certas situações, ajudar a tratar a incerteza associada a alguns critérios, como padrões de carregamento ou eficiência energética. No entanto, a viabilidade da sua implementação dependeria da disponibilidade de dados consistentes e da necessidade real de uma abordagem mais complexa para a tomada de decisão.

10. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos ao longo dos dois casos de estudo apresentados permitiram uma análise aprofundada sobre os fatores que influenciam o custo total de posse de veículos elétricos, híbridos e a combustão interna. O estudo destacou a importância de variáveis como as condições de carregamento, o padrão de utilização e o impacto dos preços de aquisição na decisão de compra. As conclusões permitem identificar não só as opções mais económicas para diferentes perfis de utilizador, mas também as limitações e oportunidades para otimizar os custos associados à mobilidade sustentável.

Foi possível concluir que não existe uma solução única que se adapte a todos os consumidores, pois a escolha do veículo mais económico e sustentável depende não só do tipo de motorização, mas também do padrão de utilização e das condições de carregamento ou abastecimento disponíveis. Esta dissertação contribui, assim, para uma maior compreensão das variáveis que influenciam os custos de posse de diferentes tipos de veículos, apoiando os consumidores na tomada de decisões mais informadas e ajustadas ao seu perfil de utilização.

Ao longo do desenvolvimento da plataforma, foram encontrados desafios na obtenção de dados fiáveis sobre veículos elétricos, principalmente em termos de acesso a determinadas bases de dados, como a EV Database. A falta de normalização nas especificações técnicas dos veículos elétricos e as restrições na obtenção de dados completos criaram complicações na aplicação de cálculos exatos e a necessidade de implementar fontes secundárias ou métodos de modelação baseados em estimativas. Este aspeto representa uma indicação da necessidade de melhorar a transparência e a facilidade de acesso à informação por parte dos fabricantes e das organizações responsáveis pela gestão de dados relevantes para os veículos elétricos.

10.1. Contribuições para a Mobilidade Sustentável

Este estudo apresenta contributos para a promoção da mobilidade sustentável, destacando que uma decisão informada na escolha de um veículo pode resultar em benefícios tanto económicos como ambientais.

Assim, este trabalho contribui não só para uma maior compreensão dos custos reais associados a diferentes tipos de veículos, como também para a promoção de práticas mais sustentáveis no setor da mobilidade.

Ao comparar veículos com base nas suas emissões de CO₂, a plataforma incentiva a escolha de opções mais sustentáveis, promovendo a redução das emissões associadas ao setor dos transportes.

Em síntese, ao facilitar o acesso a informação detalhada e personalizada sobre os custos e impactos ambientais dos diferentes tipos de veículos, esta plataforma contribui de forma significativa para a mobilidade sustentável, promovendo escolhas conscientes e ecológicas por parte dos consumidores

10.2. Limitações e Sugestões para Trabalhos Futuros

Embora este estudo tenha permitido obter conclusões relevantes, algumas limitações devem ser destacadas, uma vez que podem influenciar a precisão dos resultados apresentados.

Uma das principais limitações foi a obtenção de dados reais de consumo energético para determinados modelos, principalmente os mais recentes ou menos representativos no mercado. Mesmo que os consumos oficiais fossem disponibilizados pelos fabricantes, nunca seriam totalmente fidedignos, pois fatores como estilo de condução, condições climáticas e estado da bateria têm um impacto enorme na avaliação económica do veículo.

Como a obtenção de dados detalhados sobre potências de carregamento e capacidade do sistema on-board de cada veículo se tornou complexa, não foi possível associar o custo de posse com a utilização de uma Wallbox para carregamento doméstico, impossibilitando de relacionar o tempo de carregamento com a potência contratada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] H. Singh, A. Ambikapathy, L. K., G. Prasad, e T. Saravanan, «Plug-In Hybrid Electric Vehicles (PHEVs)», 2021, pp. 53–72. doi: 10.1007/978-981-15-9251-5_3.
- [2] Alanazi, F. Electric Vehicles: Benefits, Challenges, and Potential Solutions for Widespread Adaptation. *Appl. Sci.* 2023, 13, 6016. <https://doi.org/10.3390/app13106016>.
- [3] Y. Hakam, A. Gaga, e B. Elhadadi, «Exploring the state of electric vehicles: An evidence-based examination of current and future electric vehicle technologies and smart charging stations», *Energy Rep.*, vol. 11, pp. 4102–4114, jun. 2024, doi: 10.1016/j.egyr.2024.04.002.
- [4] A. A. El Baset A. El Halim, E. Bayoumi, W. El-Khattam, e A. Ibrahim, «Electric vehicles: a review of their components and technologies», *Int. J. Power Electron. Drive Syst.*, vol. 13, pp. 2041–2061, dez. 2022, doi: 10.11591/ijpeds.v13.i4.pp2041-2061.
- [5] M. Weiss, T. Winbush, A. Newman, e E. Helmers, «Energy Consumption of Electric Vehicles in Europe», *Sustainability*, vol. 16, n.º 17, Art. n.º 17, jan. 2024, doi: 10.3390/su16177529.
- [6] X. Hao, H. Wang, Z. Lin, e M. Ouyang, «Seasonal effects on electric vehicle energy consumption and driving range: A case study on personal, taxi, and ridesharing vehicles», *J. Clean. Prod.*, vol. 249, p. 119403, mar. 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.119403.
- [7] G. M. Fetene, S. Kaplan, S. L. Mabit, A. F. Jensen, e C. G. Prato, «Harnessing big data for estimating the energy consumption and driving range of electric vehicles», *Transp. Res. Part Transp. Environ.*, vol. 54, pp. 1–11, jul. 2017, doi: 10.1016/j.trd.2017.04.013.
- [8] «Electric Vehicle and EV charging fundamentals - Electrical Installation Guide». Acedido: 17 de março de 2025. [Online]. Disponível em: https://www.electrical-installation.org/enwiki/Electric_Vehicle_and_EV_charging_fundamentals
- [9] G. AlZohbi, «An overview on electric vehicles: Technologies, emissions, and challenges», em *Smart Electric and Hybrid Vehicles*, CRC Press, 2024.
- [10] J. Mamala, M. Graba, A. Bieniek, K. Prażnowski, A. Augustynowicz, e M. Śmieja, «Study of energy consumption of a hybrid vehicle in real-world conditions», *Eksploat. Niezawodn. – Maint. Reliab.*, vol. 23, n.º 4, pp. 636–645, dez. 2021, doi: 10.17531/ein.2021.4.6.
- [11] «Guia-VE-Ed.3-2023.pdf». Acedido: 18 de março de 2025. [Online]. Disponível em: <https://www.iep.pt/wp-content/uploads/2023/10/Guia-VE-Ed.3-2023.pdf>
- [12] «Portaria n.º 220/2016 | DR». Acedido: 17 de março de 2025. [Online]. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/220-2016-75126728>
- [13] M. Mastoi *et al.*, «An In-Depth Analysis of Electric Vehicle Charging Station Infrastructure, Policy Implications, and Future Trends», *Energy Rep.*, vol. 8, pp. 11504–11529, set. 2022, doi: 10.1016/j.egyr.2022.09.011.
- [14] «The Four EV Charging Modes in the IEC 61851 Standard - Technical Articles». Acedido: 17 de março de 2025. [Online]. Disponível em: <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/four-ev-charging-modes-iec61851-standard/>

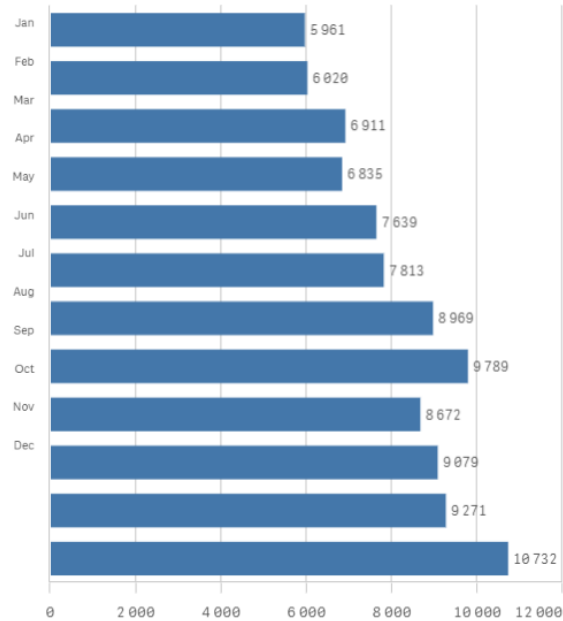
- [15] «Electric Vehicle Charging Modes, Technologies and Applications of Smart Charging». Acedido: 17 de março de 2025. [Online]. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/24/9471>
- [16] «EV Charging Connector Plug Types And Speed - GO TO-U», GO TO-U: Operating System for EV Charging Management. Acedido: 17 de março de 2025. [Online]. Disponível em: <https://go-tou.com/en/news/ev-charging-connector-plug-types-and-speed>
- [17] «Análise Jurídica - Resolução do Conselho de Ministros n.º 107/2019 | DR». Acedido: 17 de março de 2025. [Online]. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/analise-juridica/resolucao-conselho-ministros/107-2019-122777644>
- [18] B. Boitier *et al.*, «A multi-model analysis of the EU's path to net zero», *Joule*, vol. 7, n.º 12, pp. 2760–2782, dez. 2023, doi: 10.1016/j.joule.2023.11.002.
- [19] «Aviso n.º 22989/2024/2 | DR». Acedido: 17 de março de 2025. [Online]. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/aviso/22989-2024-891174432>
- [20] «Postos da rede MOBI.E – UVE». Acedido: 17 de março de 2025. [Online]. Disponível em: <https://www.uve.pt/page/postos-da-rede-mobi-e/>
- [21] M. Mastoi *et al.*, «An In-Depth Analysis of Electric Vehicle Charging Station Infrastructure, Policy Implications, and Future Trends», *Energy Rep.*, vol. 8, pp. 11504–11529, set. 2022, doi: 10.1016/j.egyr.2022.09.011.
- [22] «Green Up Access - Tomada isolante saliente 3,7kW Modo 1 e 2. IP55 - IK08.» Acedido: 17 de março de 2025. [Online]. Disponível em: <https://www.legrand.pt/e-catalogo/090472-green-up-access-tomada-isolante-saliente-3-7kw-modo-1-e-2-ip55-ik08.html>
- [23] «Tomada EV-Protecta». Acedido: 17 de março de 2025. [Online]. Disponível em: https://www.i9charge.pt/tomada_ev_protecta
- [24] E. Bjørndal, M. Bjørndal, E. Bøe, J. Dalton, e M. Guajardo, «Smart home charging of electric vehicles using a digital platform», *Smart Energy*, vol. 12, p. 100118, ago. 2023, doi: 10.1016/j.segy.2023.100118.
- [25] «Carregue em casa», EDP Comercial. Acedido: 17 de março de 2025. [Online]. Disponível em: <https://www.edp.pt/particulares/servicos/mobilidade-eletrica/wallbox-carregar-em-casa/>
- [26] «Carregador Tesla Wall Conector», ChargeGuru PT | Instalador de Pontos de Carregamento para Veiculos Eletricos. Acedido: 17 de março de 2025. [Online]. Disponível em: <https://chargeguru.com/pt/carregador-tesla-wall-connector/>
- [27] J. Kaldellis, G. Spyropoulos, e E. Kondili, *Clean Electro-mobility Solutions Only Using Green Energy Input*. 2019. doi: 10.30955/gnc2019.00513.
- [28] I. Veza, M. Z. Asy'ari, M. Idris, V. Epin, I. M. Rizwanul Fattah, e M. Spraggon, «Electric vehicle (EV) and driving towards sustainability: Comparison between EV, HEV, PHEV, and ICE vehicles to achieve net zero emissions by 2050 from EV», *Alex. Eng. J.*, vol. 82, pp. 459–467, nov. 2023, doi: 10.1016/j.aej.2023.10.020.

- [29] A. Kęska, M. Dziubek, e D. Michalik, «The economic aspects of vehicle operation in the context of electromobility strategies», *Combust. Engines*, vol. 196, n.º 1, pp. 146–152, jan. 2024, doi: 10.19206/CE-172821.
- [30] E. Helmers, «The Energy and Emissions Case and the Lifecycle Impact of Electric Cars», em *Electrifying Mobility: Realising a Sustainable Future for the Car*, vol. 15, Emerald Publishing Limited, 2022, pp. 33–50. doi: 10.1108/S2044-994120220000015005.
- [31] «0000300185.pdf». Acedido: 17 de março de 2025. [Online]. Disponível em: <https://files.dre.pt/1s/2022/01/01000/0000300185.pdf>
- [32] «Regulamento n.º 828/2023 | DR». Acedido: 17 de março de 2025. [Online]. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/regulamento/828-2023-216305858>
- [33] «Diretiva n.º 2/2025 | DR». Acedido: 17 de março de 2025. [Online]. Disponível em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/diretiva/2-2025-902932772>
- [34] «Tarifas e preços - eletricidade - ERSE». Acedido: 17 de março de 2025. [Online]. Disponível em: <https://www.erse.pt/atividade/regulacao/tarifas-e-precos-eletricidade/>
- [35] «periodos-horários-de-energia-elétrica-em-portugal.pdf». Acedido: 17 de março de 2025. [Online]. Disponível em: <https://www.erse.pt/media/wijn0vgt/periodos-hor%C3%A1rios-de-energia-el%C3%A9trica-em-portugal.pdf>
- [36] «Tarifas e preços - eletricidade - ERSE». Acedido: 18 de março de 2025. [Online]. Disponível em: <https://www.erse.pt/atividade/regulacao/tarifas-e-precos-eletricidade/?filtro=Per%C3%ADodo%20Regula%C3%A7%C3%A3o%202022-2025#tarifas-e-precos-regulados>
- [37] A. Gale, «Real world fleet data shows “mixed picture” comparing EV servicing costs to petrol and diesel», epyx. Acedido: 18 de março de 2025. [Online]. Disponível em: <https://www.epyx.co.uk/2022/10/18/real-world-fleet-data-shows-mixed-picture-comparing-ev-servicing-costs-to-petrol-and-diesel/>
- [38] «Simulador», MobZero. Acedido: 18 de março de 2025. [Online]. Disponível em: <https://mobzero.pt/simulador/>
- [39] «Afinal, quanto custa carregar um carro elétrico?», PRIO. Acedido: 17 de março de 2025. [Online]. Disponível em: https://www.prio.pt/pt/prio.pt/blog_236.html?idb=684
- [40] H. Husniah e A. K. Supriatna, «Computing the Number of Failures for Fuzzy Weibull Hazard Function», *Mathematics*, vol. 9, n.º 22, Art. n.º 22, jan. 2021, doi: 10.3390/math9222858.
- [41] B. Sahin, T. L. Yip, P.-H. Tseng, M. Kabak, e A. Soylu, «An Application of a Fuzzy TOPSIS Multi-Criteria Decision Analysis Algorithm for Dry Bulk Carrier Selection», *Information*, vol. 11, n.º 5, Art. n.º 5, mai. 2020, doi: 10.3390/info11050251.

ANEXOS

ANEXO A – Total de emissões de CO2 evitadas pela Mobi.e

Tons of CO2 saved per month



Key indicators

121 507 Energy (MWh)
97 691 CO2 tons saved



810 044 324
 Kms travelled, on average, by a light vehicle to fossil fuels



1 611 907
 Number of trees in urban environment, with 10 years, necessary to retain the same CO2



55 640
 Number of houses in Portugal that consume the same electricity per year



19 937
 Number of inhabitants in Portugal who produce the same tCO2 per year



36 451 995
 Unconsumed diesel liters



7 975
 Number of families in Portugal that produce the same tCO2 per year

ANEXO B – Veículos disponíveis na base de dados da plataforma em desenvolvimento

VEICULOS	CUSTO AQUISIÇÃO (€)	TIPOLOGIA
Citroën C3 1.2 Turbo 100 CVM6 YOU	14990	Combustão
Renault Clio TCe 90 Evolution	20055	Combustão
Hyundai i20 1.2 MPi Comfort MY25	20567	Combustão
SEAT Leon 2.0 TDI STYLE Cx Man 6v S&S	32619	Combustão
Renault Mégane 1.5 Blue dCi 115 Equilibre EDC	33375	Combustão
Volkswagen Golf 2.0 TDI 115cv Variant	34134	Combustão
Dacia Sandero ECO-G 100 Bi-Fuel Expression	16005	Combustão
Renault Clio TCe 100 Bi-Fuel Evolution	20555	Combustão
Nissan Leaf Acenta	37405	Elétrico
Renault 5 EV40 Evolution Urban	27505	Elétrico
Tesla Model 3 NV35 RWD	39995	Elétrico
Fiat Grande Panda 45 kWh	23547	Elétrico
Dongfeng Box 42kWh	26755	Elétrico
Opel Corsa EV 100kw	33590	Elétrico
Skoda Elroq 50	34985	Elétrico
BYD Dolphin Comfort	35695	Elétrico
Toyota Yaris 1.5 Hybrid115 Dynamic Force Comfort	24886	Híbrido
MG MG3 1.5L HEV Standard	22469	Híbrido
Hyundai KAUAI 1.6 GDi Vanguard MY25	36675	Híbrido
Opel Astra 1.6T Hybrid Plug-in	39990	Híbrido Plug-in
KIA Xceed 1.6 GDI 6DCT PHEV DRIVE	41532	Híbrido Plug-in
Toyota C-Hr 2.0 Plug-in Hybrid Dynamic	43525	Híbrido Plug-in

ANEXO C – Tarifa fixa simples Luzboa

Tarifa indexada
Tarifa preço fixo
Tarifa indexada - Para aderentes myWorld Apelo ao cliente



A Luzboa
Tarifários
Adesão online
Serviços
Informações

Balcão digital

Potência contratada (kVA)



0.43740 €/dia

Energia €/kWh

Simplex

Bi-Horário

Tri-Horário


	TAR	Energia	Total
Simplex	0.0600 €/kWh	0.1232 €/kWh	0.1832 €/ kWh

Ao preço de energia no presente tarifário soma-se o custo do Financiamento da Tarifa Social definido pela ERSE em 0,001657 €/kWh, segundo a Diretiva 04/2024.

Para mais informação consulte o site da [ERSE](#)

Aos valores apresentados acresce IVA à taxa legal em vigor assim como outros custos ou taxas obrigatórias que integram a factura final de electricidade e que sejam exigíveis ao cliente.
 Os valores apresentados são baseados nos custos Regulados pela ERSE para 2025. Qualquer alteração a esses custos poderá importar numa actualização das tarifas ao cliente final.
 O presente contrato tem um período de vigência desde a sua contratação até ao dia 31/12/2025.
 Renovação automática por períodos de 1 ano nos termos das condições gerais.
 O presente tarifário é exclusivo para consumidores em BTN com uma potência contratada entre os 1,15kVA e os 20,7kVA.
 Sem obrigação de factura electrónica ou débito directo

ANEXO D – Tarifa indexada simples Luzboa



grupo nexus energia

[A Luzboa](#)
[Tarifários](#)
[Adesão online](#)
[Serviços](#)
[Informações](#)

[Mais Detalhes](#)
✉ Apoio ao cliente

1.15 ————— 6.9 ————— 20.7

0.43740 €/dia

Indexado

$$P_p = (OMIE_h + CGS_h) * (1 + Perdas_{ERSE}) * FA + K_p$$

Simples

Bi-Horário

Tri-Horário

	TAR	Energia	Total
Simples	0.0600 €/kWh	0.1444 €/kWh	0.2044 €/kWh

Simulação para preço de 108.22 €/MWh

Ao preço de energia no presente tarifário soma-se o custo do Financiamento da Tarifa Social definido pela ERSE em 0,001657 €/kWh, segundo a Diretiva 04/2024.

Para mais informação consulte o site da [ERSE](#)

Preço (Pp) = Preço de energia ativa a pagar (em €/kWh);

OMIE (OMIEh) = Preço horário médio mensal, no período faturado, no mercado OMIE (em €/kWh);

Perdas (Perdas ERSE) = são as perdas da rede, fixadas pela [ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos](#)

CGS = Custos de operação e gestão do sistema (valor de 0.0095 €/kWh);

FA = Fator de Adequação 1.02

Kp = 0.005 Valor fixo correspondente aos gastos operacionais da Luzboa (em €/kWh)

Os valores apresentados tiveram como base as tarifas de acesso às redes, reguladas pela ERSE para o ano em curso na data da assinatura do contrato.

Aos valores acresce o IVA à taxa legal em vigor e outras taxas e custos obrigatórios que deverão refletir-se na composição da fatura final do cliente.

ANEXO E – Tabela de preços de referência Goldenergy

Potência Contratada (kVA)	Termo Potência (€/dia)	Energia (€/kWh)			
		Preço base	5%	8,5%	12%
			Sem débito direto e sem Fatura eletrônica	Sem débito direto ou Fatura eletrônica	Com débito direto e Fatura eletrônica
1,15	0,1290	0,1881	0,1787	0,1721	0,1655
2,3	0,2002	0,1881	0,1787	0,1721	0,1655
3,45	0,2509	0,1881	0,1787	0,1721	0,1655
4,6	0,3610	0,1881	0,1787	0,1721	0,1655
5,75	0,4452	0,1881	0,1787	0,1721	0,1655
6,9	0,5315	0,1881	0,1787	0,1721	0,1655
10,35	0,7369	0,1881	0,1787	0,1721	0,1655
13,8	0,9590	0,1881	0,1787	0,1721	0,1655
17,25	1,2692	0,1881	0,1787	0,1721	0,1655
20,7	1,5519	0,1881	0,1787	0,1721	0,1655