

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Área Departamental de Engenharia Eletrotécnica Energia e Automação**



## **Evolução da Mobilidade Elétrica associada à Eficiência Energética e Ambiental num Campus Empresarial**

**BRUNO PINTO**  
(Licenciado em Engenharia Eletrotécnica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre  
em Engenharia Eletrotécnica – Ramo Energia

Orientador (es):

Professor Constantino Vital Sopa Soares (ISEL)  
Professor Filipe André de Sousa Figueira Barata (ISEL)

Júri:

Presidente: Professor Luís Manuel dos Santos Redondo (ISEL)

Vogais:

Professor Fernando Manuel Duarte Oliveira Nunes (ISEL)  
Professor Filipe André de Sousa Figueira Barata (ISEL)

**Setembro 2019**



## Agradecimentos

Durante este trabalho, foram muitos os sentimentos presentes. Foi um processo maioritariamente solitário, recheado de alegrias e tristezas, com muitas incertezas e alguns percalços, e por tudo isto revelou-se um estimulante desafio. Apesar de tudo, foram muitas as pessoas que deram o seu contributo para o desenvolvimento desta dissertação. Um pelo tempo, meios ou conhecimentos que generosamente puseram à minha disposição e outras com a sua compreensão, apoio e dedicação.

Agradeço aos meus orientadores, Professor Constantino Soares e Professor Filipe Barata por todo o apoio prestado, por todas as ideias sugeridas e que contribuíram para a definição do caminho trilhado.

A todos os meus colegas do ISQ que contribuíram direta e indiretamente para este trabalho, de destacar a Eng.ª Elsa Cantiga, o Eng.º João Duque e o Eng.º Paulo Fontes, não só por todo o incentivo nas horas de maior dificuldade mas também por todo o companheirismo e camaradagem que me proporcionaram.

A todos os elementos da SIVA que tão bem me receberam nas suas instalações, sempre com uma enorme disponibilidade e vontade de ajudar, não esquecerei tamanha demonstração de solidariedade, foi uma honra partilhar estes dias convosco.

À minha família e amigos, pelo apoio e estabilidade que souberam transmitir.

À minha companheira de vida, não apenas pelas revisões aos textos, mas sobretudo pela paciência, amizade, carinho e compreensão que tem perdurado durante todos estes anos.

A todos, o meu sincero obrigado.

## Resumo

Numa era marcada pela constante e frenética evolução tecnológica, a utilização sustentável dos recursos energéticos continua a ser um dos maiores desafios que enfrentamos como sociedade. É urgente enraizar culturalmente a sensibilidade e orientação para as questões relacionadas com a proteção ambiental, evitando assim comprometer as futuras gerações.

A instabilidade geopolítica vivida em alguns centros de poder mundial, as guerras comerciais, os protecionismos e as constantes ameaças de escassez de petróleo, criam uma certa volatilidade no mercado petrolífero internacional. São épocas de incerteza, como a que vivemos, que podem servir de mote a alternativas que permitam uma melhoria substancial na eficiência energética e ambiental do nosso quotidiano.

Este trabalho pretende contribuir para essa reflexão, tendo como foco o estudo das frotas automóveis nas empresas. Dentro de um contexto empresarial, será estudada a substituição gradual de veículos de combustão por veículos de tração elétrica e será verificada qual a margem de melhoramento no que trata à problemática da eficiência na utilização dos recursos energéticos, numa fase inicial, tentando manter inalterados os hábitos de mobilidade dos colaboradores.

A abordagem ao tema pretende também mensurar o grau de maturidade da Mobilidade Elétrica em Portugal, para onde caminha o seu desenvolvimento e, ao mesmo tempo, desconstruir alguns mitos associados à construção, comercialização e utilização de veículos elétricos.

A verdade é que se fala em tempos de mudança, os entendidos dizem que é inevitável! A esperada proliferação massiva dos veículos elétricos *plug-in* será acompanhada de um aumento de ligações à rede destas novas cargas. Apesar de se esperar uma mudança gradual, torna-se indispensável compreender qual será o real impacto nas Redes e Instalações Elétricas.

É importante também perceber se já estão a ser equacionadas medidas pelas entidades gestoras e reguladoras no sentido de haver uma preparação para um previsível aumento da demanda de energia e potência. A criação de alguns cenários de carregamento tentará replicar esse aumento da demanda energética após a instalação de um ou mais postos de carregamento numa infraestrutura existente. Serão estudadas e comparadas as diversas alterações resultantes ao perfil de consumo da instalação, bem como alguns parâmetros importantes no âmbito da qualidade da energia.

Palavras chave: Mobilidade Elétrica, Eficiência Energética, ISQ, Veículos Elétricos, Posto de Carregamento

## Abstract

In an era marked by constant and frantic technological evolution, the sustainable use of energy resources remains one of the greatest challenges that we face as a society. There's an urgent need to root culturally the sensitivity and guidance on issues related to environmental protection, thus avoiding jeopardizing future generations.

The geopolitical instability that is experienced in some of the most influents countries in the world initiate phenoms like trade wars, protectionism and constant threats of oil shortages, creates a certain volatility in the international oil market. These times of uncertainty can serve as a motto for alternatives that allow a substantial improvement in the efficiency associated at the use of energy in our daily normal lives.

This paper intends to contribute to this reflection, focus is study on company car fleets. In this business context it will be studied the gradual substitution of the ICE vehicles by EV's, and what the improvement margin off the energy efficiency resources associated too that change. At an early stage, the mobility habits of the employees must stay unchanged.

The approach to this theme is also intended to measure the point of maturity of electric mobility in Portugal, which path follows its development and at the same time, deconstruct some of the myths associated to the construction, commercialization and the utilization of EV's.

The truth is that we live times of change, the experts say it's inevitable! The expected massive proliferation of plug-in EV's it will be accompanied by an increase off the connections in the electric grid. It's essential to understand what the real impact on networks and electrical installations will be, although it's expected a slow and gradual change.

It's also important to understand whether measures are already being taken by management and regulators entities to prepare the electric system for a supposed increase in energy and power demand. The creation of some charging scenarios will attempt to replicate this increase in energy demand after the installation of one or more charging stations on an existing infrastructure. The resulted changes at the profile consumption of the installation it will be studied and compared, as well as some important parameters related to the energy quality.

Keywords: Electric Mobility, Energy Efficiency, ISQ, Electric Vehicles, Charging Station



## Índice

Lista de Figuras.....	viii
Lista de Tabelas .....	x
Lista de Siglas/Abreviaturas.....	xi
Lista de Símbolos/Variáveis .....	xii
<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1 Contexto e motivação .....	1
1.2 Objetivo .....	4
1.3 Contribuição .....	5
1.4 Estrutura da Dissertação .....	6
<b>2. Estado da arte .....</b>	<b>7</b>
2.1 Introdução .....	7
2.2 Veículo 100% Elétrico (BEV) .....	7
2.3 Veículo Elétrico Híbrido (HEV).....	8
2.4 Veículo Elétrico Híbrido Plug-in (PHEV).....	13
2.5 Baterias – custo económico e ambiental .....	14
2.6 Travagem regenerativa .....	18
2.7 Motores elétricos para VE .....	19
2.8 Posto de Carregamento (PC).....	20
2.8.1 Sistema de Alimentação de Veículos Elétricos.....	21
2.8.2 Modos de carga .....	23
2.8.3 Tipos de Posto de Carregamento .....	25
<b>3. Mobilidade Elétrica em Portugal .....</b>	<b>27</b>
3.1 Introdução .....	27
3.2 Atores, direitos e deveres .....	29
3.3 Vetores de Desenvolvimento .....	30
3.4 Designação dos locais de instalação de PC .....	32
3.5 Resposta às necessidades, críticas .....	33
3.6 Pagamento dos carregamentos .....	34
3.7 Estatística do Parque Automóvel .....	35
3.8 Enquadramento Europeu .....	37
3.8.1 Grau de Maturidade .....	37
3.8.2 Incentivos de aquisição .....	41
3.8.3 Projetos Cofinanciados pela UE .....	43
<b>4. Impactos no Sistema Elétrico Nacional .....</b>	<b>47</b>
4.1 Sistema Elétrico Nacional .....	47
4.2 Sustentabilidade ambiental dos VE.....	47

4.3	Impacto dos carregamentos .....	49
<b>5.</b>	<b>Caracterização da empresa ISQ.....</b>	<b>53</b>
5.1.	Introdução .....	53
5.2.	Caracterização da frota .....	54
5.3.	Caracterização do estacionamento.....	54
5.4.	Caracterização da Instalação Elétrica.....	55
5.5.	Perfil consumo PT “Formação” .....	56
<b>6.</b>	<b>Ensaio, consequências e previsibilidade de carregamento.....</b>	<b>59</b>
6.1	Introdução .....	59
6.2	Ensaio em instalação com PC .....	59
6.2.1	PC Rápido Trifásico ies VAS 681 003 20 kW .....	60
6.2.2	PC Normal Bifásico ABL Sursum VAS 6923 7,2 kW.....	63
6.2.3	PC Normal Monofásico Wallbox Circuitor RVE-WB MIX230V 7,4 kW.....	66
6.3	Taxa de Distorção Harmónica - <i>THD</i> .....	69
6.3.1	Análise <i>THD</i> Tensão.....	71
6.3.2	Análise <i>THD</i> Corrente (PC 20 kW) Trifásico.....	72
6.3.3	Análise <i>THD</i> Corrente (PC 7,2 kW) Bifásico .....	74
6.3.4	Análise <i>THD</i> Corrente (PC 7,4 kW) Monofásico .....	76
6.3.5	Consequências de um nível elevado de <i>THD</i> .....	77
6.4	Criação e simulação de cenários de carregamento .....	78
6.4.1	Cenário 1: Não controlado (41 PC de 7,2 kW).....	78
6.4.2	Cenário 2: Programado não controlado (41 PC de 7,2 kW) .....	79
6.4.3	Cenário 3: Programado e controlado (41 PC de 7,2 kW) .....	80
6.4.4	Cenário 4: Não controlado (84 PC de 7,2 kW).....	81
6.4.5	Conclusão Cenários .....	82
<b>7.</b>	<b>Análise de Custos .....</b>	<b>83</b>
7.1	Introdução .....	83
7.2	Custos com viaturas .....	83
7.2.1	Aquisição definitiva .....	83
7.2.2	Solução <i>Renting</i> .....	85
7.3	Custos com Posto Carregamento .....	87
7.3.1	Custos com aquisição, instalação e manutenção.....	87
7.3.2	Custos com consumo em <i>Standby</i> .....	88
<b>8.</b>	<b>Conclusões.....</b>	<b>91</b>
8.1	Conclusão .....	91
8.2	Perspetiva de trabalhos futuros.....	93
<b>9.</b>	<b>Referências .....</b>	<b>95</b>

<b>10. Anexos .....</b>	<b>99</b>
10.1 Alguns Modelos de BEV.....	99
10.2 Tipos de motor em VE .....	104
10.3 Listagem de Fabricantes de PC Autorizados pela MOBI.E .....	105
10.4 Resumo resultados ensaio 1 .....	106
10.5 Resumo resultados ensaio 2 .....	107
10.6 Resumo resultados ensaio 3 .....	108
10.7 Características Técnicas do Analisador de Rede .....	109
10.8 Estimativa crescimento Mobilidade Elétrica em Portugal .....	110
10.9 Tarifa Transitória de venda a clientes finais em MT .....	111
10.10 Demonstração exercício a 4 anos - Aquisição definitiva (Comparação entre viaturas ligeiras de passageiros) .....	112
10.11 Demonstração exercício a 4 anos - Aquisição definitiva (Comparação entre viaturas comerciais ligeiras).....	113
10.12 Demonstração exercício a 4 anos - <i>Renting</i> (Comparação entre viaturas ligeiras de passageiros).....	114
10.13 Demonstração exercício a 4 anos - <i>Renting</i> (Comparação entre viaturas comerciais ligeiras)	115

## Lista de Figuras

Figura 1 - Produção Mundial Anual Petróleo 2017 – em Mbpd [4] .....	2
Figura 2 - Consumo Mundial Anual Petróleo 2017 – em Mbpd [4] .....	2
Figura 3 – Consumo Petróleo 2017 na Europa – em Mbpd [4].....	3
Figura 4 - Reservas de Petróleo em 2018 [4] .....	3
Figura 5 - Representação do Ciclo de Condução Europeu (EDC) .....	9
Figura 6 – Representação Arquitetura Série de um VEH [8].....	10
Figura 7 – Representação Arquitetura Paralelo de um VEH [8].....	11
Figura 8 - Representação Arquitetura Série-Paralelo de um VEH [8] .....	11
Figura 9 – Representação Arquitetura Complexa de um VEH [8] .....	12
Figura 10 – Comparação entre um PHEV e um HEV [6] .....	13
Figura 11 – Bateria 8,7 kWh VW Golf GTE PHEV (Centro técnico VW) .....	14
Figura 12 – Previsão da evolução do custo de produção baterias VE.....	15
Figura 13 – Produção e Reservas Mundiais de Lítio [10] .....	15
Figura 14 – Previsão circulação de VE em 2025 [11].....	16
Figura 15 – Diferença do Processamento Metalúrgico [46] .....	16
Figura 16 – Cooperação entre travagem hidráulica e regenerativa utilizada nos VE [17].....	18
Figura 17 – Exemplos de SAVE [18].....	22
Figura 18 – Caso A de conexão [18] .....	22
Figura 19 – Caso B de conexão [18] .....	23
Figura 20 – Caso C de conexão [18] .....	23
Figura 21 – Exemplo que retrata a diferença entre carregamento rápido e normal.....	25
Figura 22 – Exemplo de PC Portátil (VW XL1) .....	25
Figura 23 – Exemplo de PC tipo Wallbox (Centro técnico VW).....	26
Figura 24 – Exemplo de PC Poste (IKEA Loures).....	26
Figura 25 – PC Rápido 50 kW (Estação Serviço A8 – Torres Vedras).....	28
Figura 26 – Exemplo de PC vandalizado: MOBI.E (Rua da Cintura do Porto de Lisboa) .....	34
Figura 27 – Parque Automóvel de 1974 a 2017 [31].....	35
Figura 28 – Vendas de Veículos de 2000 a 2017 [31].....	36
Figura 29 – Idade Ligeiros Passageiros em circulação – final 2016 [31] .....	36
Figura 30 – Idade Comerciais Ligeiros em circulação – final 2016 [31] .....	37
Figura 31 – Evolução das Vendas de BEV e PHEV em Portugal [32] .....	38
Figura 32 - Cota de Mercado de BEV e PHEV em Portugal - 2018 [32].....	38
Figura 33 - TOP10 EU28 com maior cota de mercado provisória de BEV – 2018 [32].....	39
Figura 34 – TOP10 EU28 com maior cota de mercado provisória de PHEV – 2018 [32] .....	39
Figura 35 – TOP10 Europa com maior cota de mercado provisória de BEV – 2018 [32].....	40
Figura 36 – TOP10 Europa com maior cota de mercado provisória de PHEV – 2018 [32] .....	40
Figura 37 – Relação entre o número de PC e a quantidade de BEV [32] .....	41
Figura 38 – Mapa com implementação E-VIA FLEX-E (Fonte: ec.europa) .....	43
Figura 39 – Mapa com implementação ULTRA-E (Fonte: ec.europa) .....	44
Figura 40 – Mapa com implementação IONITY (fonte: electrek.co).....	45
Figura 41 – Mapa com implementação MEGA-E (fonte: ec.europa) .....	45
Figura 42 – Representação Sistema Elétrico tradicional.....	47
Figura 43 - Esquema da rede MT do campus empresarial ISQ .....	56
Figura 44 – Diagrama de Carga do Posto Transformação “Formação” – Potência Ativa .....	57
Figura 45 – Diagrama de Carga do Posto Transformação “Formação” – Potência Reativa.....	57
Figura 46 – Diagrama de Carga do Posto Transformação “Formação” – Potência Aparente.....	58
Figura 47 – Ligação do analisador de rede ao circuito em análise.....	59

Figura 48 – Analisador de Rede QUALISTAR CA 8332 .....	60
Figura 49 e 50 – PC Rápido 20 kW ies VAS 681 003 e ligação ao E-Golf .....	60
Figura 51 – Evolução das Correntes (Valor Eficaz) .....	61
Figura 52 – Evolução da Potência Ativa .....	61
Figura 53 – Evolução da Potência Reativa (Capacitiva).....	62
Figura 54 – Evolução da Potência Aparente.....	62
Figura 55 – Evolução do Fator de Potência.....	63
Figura 56 – PC Normal 7,2 kW ABL SURSUM VAS 6923 .....	63
Figura 57 – Evolução das Correntes (Valor Eficaz) .....	64
Figura 58 – Evolução da Potência Ativa .....	64
Figura 59 – Evolução da Potência Reativa (Capacitiva).....	65
Figura 60 – Evolução da Potência Aparente.....	65
Figura 61 – Evolução do Fator de Potência.....	66
Figura 62 – PC Wallbox Circuitor RVE-WB MIX230V 7,4 kW .....	66
Figura 63 – Evolução das Correntes (Valor Eficaz) .....	67
Figura 64 – Evolução da Potência Ativa .....	67
Figura 65 – Evolução da Potência Reativa (Capacitiva).....	68
Figura 66 – Evolução da Potência Aparente.....	68
Figura 67 – Evolução do Fator de Potência.....	69
Figura 68 – Componente Fundamental da Corrente e suas Harmónicas (PC 20 kW).....	72
Figura 69 – Evolução THD das Correntes (PC 20 kW).....	73
Figura 70 – Componente Fundamental da Corrente e suas Harmónicas (PC 7,2 kW).....	74
Figura 71 – Evolução TDH das Correntes (PC 7,2 kW).....	75
Figura 72 – Componente Fundamental da Corrente e suas Harmónicas (PC 7,4 kW).....	76
Figura 73 – Evolução TDH das Correntes (PC 7,4 kW).....	76
Figura 74 – Diagrama de Carga: Cenário 1 .....	79
Figura 75 – Diagrama de carga: Cenário 2 .....	80
Figura 76 – Diagrama de carga: Cenário 3 .....	80
Figura 77 – Diagrama de carga: Cenário 4 .....	81
Figura 78 – Consumo em standby PC Rápido EFACEC 50 kW .....	88

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de Motor Elétrico [15] .....	19
Tabela 2 – Diferentes tipos de conetores e tomadas [18] .....	21
Tabela 3 – Resumo de incentivos e deduções de impostos - espaço Europeu [32] .....	42
Tabela 4 – Resumo Potência Nominal dos PT rede ISQ .....	55
Tabela 5 – Média Consumo Diário registado PT “Formação” .....	58
Tabela 6 – THD registado no instante 12h:00m durante Ensaio 1.....	71
Tabela 7 – Comparação com valores limite definidos pela norma NP EN 50160.....	72
Tabela 8 – Comparação com valores limite definidos pela norma IEC 61000-3-12.....	73
Tabela 9 – Comparação com limite definido pela norma IEC 61000-3-4.....	75
Tabela 10 – Comparação com valores limite definidos pela norma IEC 61000-3-12.....	77
Tabela 11 – Resumo de resultados dos cenários de carregamento .....	82
Tabela 12 – Comparação entre duas viaturas ligeiras de passageiros, exercício a 4 anos .....	84
Tabela 13 – Comparação entre duas viaturas ligeiras comerciais, exercício a 4 anos.....	84
Tabela 14 – Comparação rendas viaturas ligeiras passageiros, contrato de 4 anos.....	86
Tabela 15 – Comparação rendas viaturas comerciais ligeiras, contrato de 4 anos .....	86
Tabela 16 – Resumo de resultados medição Standby .....	88
Tabela 17 – Previsão de custos com Standby de um PC .....	89
Tabela 18 – Resumo da previsão de custos com aquisição e utilização a 4 anos .....	91
Tabela 19 – Resumo de custos estimados com o carregamento de VE.....	92

## Lista de Siglas/Abreviaturas

- ACAP – Associação Automóvel de Portugal
- AT – Alta Tensão
- BEV – Veículo 100% Elétrico (Battery Electric Vehicle)
- BT – Baixa Tensão
- CEME – Comercializador de Eletricidade para Mobilidade Elétrica
- DPC – Detentor de Ponto de Carregamento
- EGME – Entidade Gestora da Rede Mobilidade Elétrica
- ERSE – Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
- g/Km CO<sub>2</sub> – Pegada de carbono associada à distância percorrida
- HEV – Veículo Elétrico Híbrido (Hybrid Electric Vehicle)
- HPC – Carregador de Alta Potência (High Power Charger)
- ICE – Motor de Combustão Interna (Internal Combustion Engine)
- IE – Instalação Elétrica
- IRC – Imposto Sobre Rendimento das Pessoas Coletivas
- ISV – Imposto Sobre Veículos
- ISQ – Instituto Soldadura e Qualidade
- IUC – Imposto Único de Circulação
- IVA – Imposto sobre o Valor Acrescentado
- Wh – Unidade de medida consumo de Potência Ativa num determinado período
- varh – Unidade de medida consumo de Potência reativa num determinado período
- MAT – Muito Alta Tensão
- MT – Médio Tensão
- Mbpd – Milhões de Barris por Dia (Millions Barrels per Day)
- NEDC – Novo Ciclo de Condução Europeu (New European Drive Cycle)
- OPC – Operador de Ponto de Carregamento
- PC – Posto de Carregamento (com um ou mais pontos de conexão)
- PCR – Posto de Carregamento Rápido (com um ou mais pontos de conexão)
- PHEV – Veículo Elétrico Híbrido Plug-in (Plug-in Hybrid Electric Vehicle)
- SEN – Sistema Elétrico Nacional
- TA – Tributação Autónoma
- THD – Taxa de Distorção Harmónica (Total Harmonic Distortion)
- tg  $\varphi$  – Tangente do ângulo de defasagem
- UVE – Utilizador de Veículo elétrico
- VE – Veículo Elétrico
- V2G – Abreviatura do termo “Vehicle-to-Grid”

## Lista de Símbolos/Variáveis

$FE$	Fator de Emissão	$CO_2(g/kwh)$
$h$	Ordem da Harmónica	
$I_{RMS}$	Valor Eficaz da Corrente no condutor de Fase	A
$I_1$	Valor Eficaz Componente Fundamental da Corrente	A
$I_h$	Valor Eficaz Componente de Harmónica de ordem h da corrente	A
$L1, L2, L3$	Valor Eficaz da Corrente nos condutores de fases 1, 2 e 3	A
$m$	Fase em análise	
$N$	Número mínimo lugares destinado ao carregamento de EV	
$n$	Número total de lugares do estacionamento	
Neutro	Valor Eficaz da Corrente no condutor de Neutro	A
$P$	Potência Ativa	W
$PF$	Fator de Potência	
$Q$	Potência Reativa	var
$R_{SCE}$	Relação de Curto-Circuito da Instalação	
$S$	Potência Aparente	VA
$THD$	Taxa de Distorção Harmónica	%
$x$	Número de quilómetros	km





## 1. Introdução

### 1.1 Contexto e motivação

O crescimento da população mundial, a crise económica generalizada e a galopante degradação climática, colocam sobre os sistemas de mobilidade uma pressão significativa, motivando assim a urgência na adoção de alternativas mais eficientes e sustentáveis. Ao mesmo tempo que se exige uma mudança de paradigma, quer seja por razões económicas ou ambientais, é imperativo refletir nas consequências, positivas e negativas, que podem resultar desta alteração. É neste contexto de reflexão que se insere esta dissertação.

Na União Europeia, mais de 60% da população vive em zonas urbanas. A poluição atmosférica e sonora intensifica-se ano após ano, devido ao aumento da necessidade de mobilidade de passageiros. A circulação urbana está na origem de 40% das emissões de CO<sub>2</sub> e de 70% das emissões de outros poluentes resultantes dos transportes rodoviários. A inversão desta tendência tem de ser estrategicamente definida a nível Europeu e implementada decisivamente ao nível local [1].

Os combustíveis fósseis ainda representam uma das principais fontes de energia primária, o que espelha a grande dependência da economia face ao petróleo. Na Europa de 1990 a 2015, a utilização de combustíveis fósseis reduziu cerca de 2,5%, mas paradoxalmente a dependência de energia aumentou de 53% para 73% [3].

Atualmente, a maior parte dos combustíveis utilizados no setor dos transportes, direta ou indiretamente, dependem deste recurso finito, o petróleo. Estando o consumo deste tipo de energia a aumentar, Figura 1 e Figura 2, devido à necessidade de crescimento que as economias de países desenvolvidos e em desenvolvimento impõem, o resultado é uma forte dependência dos países importadores para com os países produtores.

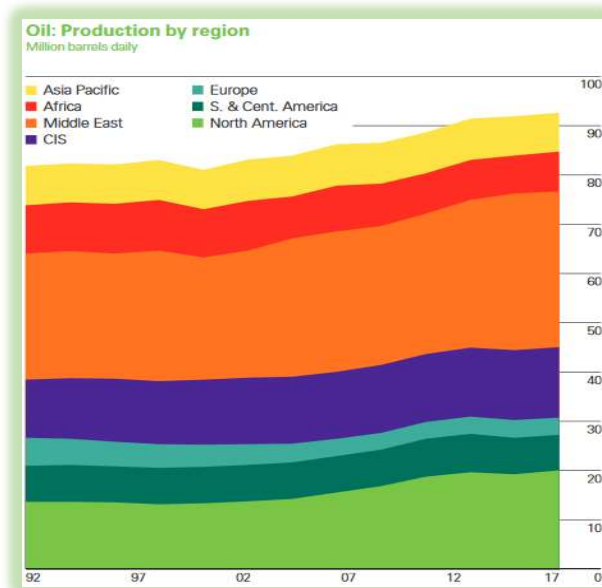


Figura 1 - Produção Mundial Anual Petróleo 2017 – em Mbpd [4]

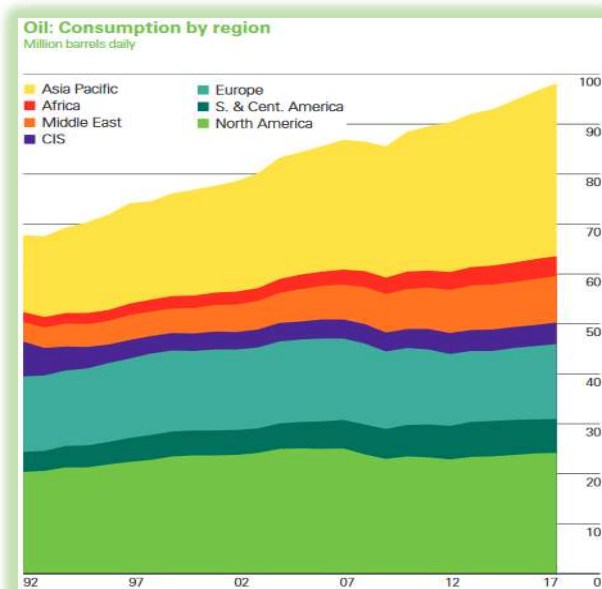


Figura 2 - Consumo Mundial Anual Petróleo 2017 – em Mbpd [4]

De acordo com os dados divulgados pelo observatório anual de 2017 da BP [4], apenas na região do Centro e Sul Americano, houve um ligeiro decréscimo no consumo de petróleo, representando uma cota de 6,9% do consumo mundial. O maior aumento (3,0%), deu-se na região Asiática, onde está representada a maior fatia do consumo mundial, cerca de 35,2%. Na Europa, Figura 3, onde a cota de consumo representa 15,3% do consumo mundial, sofreu um aumento de 1,9%. Portugal, embora tenha um dos consumos mais baixos, foi dos países que mais contribuiu para o aumento do consumo europeu.

Austria	276	274	264	276	262	259	264	260	262	266	<b>268</b>	1.0%	-0.9%	0.3%
Belgium	700	731	654	678	637	622	636	635	666	670	<b>661</b>	-1.4%	-0.2%	0.7%
Czech Republic	205	209	204	195	193	192	184	195	189	175	<b>204</b>	16.4%	-1.6%	0.2%
Finland	226	223	212	222	204	193	191	183	203	211	<b>203</b>	-3.6%	-0.6%	0.2%
France	1911	1889	1822	1763	1730	1676	1664	1616	1615	1600	<b>1615</b>	1.0%	-1.9%	1.6%
Germany	2380	2502	2409	2445	2369	2356	2408	2348	2340	2378	<b>2447</b>	2.9%	-0.9%	2.5%
Greece	435	414	398	369	348	312	295	294	306	312	<b>314</b>	0.7%	-3.2%	0.3%
Hungary	168	164	154	146	139	129	129	144	153	154	<b>167</b>	8.3%	-0.9%	0.2%
Italy	1740	1661	1563	1532	1475	1346	1260	1184	1222	1228	<b>1247</b>	1.6%	-3.7%	1.3%
Netherlands	1031	977	945	964	971	926	898	866	835	851	<b>848</b>	-0.4%	-1.4%	0.9%
Norway	237	228	237	235	239	235	243	232	237	221	<b>223</b>	0.9%	-0.3%	0.2%
Poland	548	567	567	594	592	571	538	539	559	606	<b>659</b>	8.7%	1.4%	0.7%
Portugal	<b>307</b>	<b>291</b>	<b>273</b>	<b>271</b>	<b>255</b>	<b>230</b>	<b>239</b>	<b>238</b>	<b>244</b>	<b>245</b>	<b>256</b>	<b>4.6%</b>	<b>-2.1%</b>	<b>0.3%</b>
Romania	218	216	195	184	191	191	174	187	191	202	<b>203</b>	0.6%	-0.6%	0.2%
Spain	1613	1558	1473	1446	1378	1291	1195	1191	1237	1280	<b>1293</b>	1.1%	-2.2%	1.3%
Sweden	363	356	329	331	313	311	309	311	300	319	<b>320</b>	0.3%	-1.3%	0.3%
Switzerland	241	256	260	242	235	238	249	224	228	216	<b>222</b>	3.2%	-2.1%	0.2%
Turkey	695	686	709	694	673	704	757	777	915	972	<b>1007</b>	3.5%	3.6%	1.0%
United Kingdom	1752	1720	1646	1623	1590	1533	1518	1518	1561	1592	<b>1598</b>	0.3%	-1.3%	1.6%
Other Europe	1306	1306	1224	1208	1181	1127	1111	1107	1151	1197	<b>1224</b>	2.3%	-0.6%	1.2%
Total Europe	16356	16227	15537	15418	14975	14443	14263	14049	14413	14696	<b>14980</b>	1.9%	-1.2%	15.3%

Figura 3 – Consumo Petróleo 2017 na Europa – em Mbpd [4]

Nos países em vias de desenvolvimento, normalmente com maior densidade populacional, prevê-se que à medida que os seus indicadores económicos cresçam, exista um aumento do número de veículos em circulação. Tendo em conta a perspetiva de consumo a nível global e a escassez de descobertas de novos recursos petrolíferos, antevê-se que o fim deste recurso possa estar próximo, Figura 4.

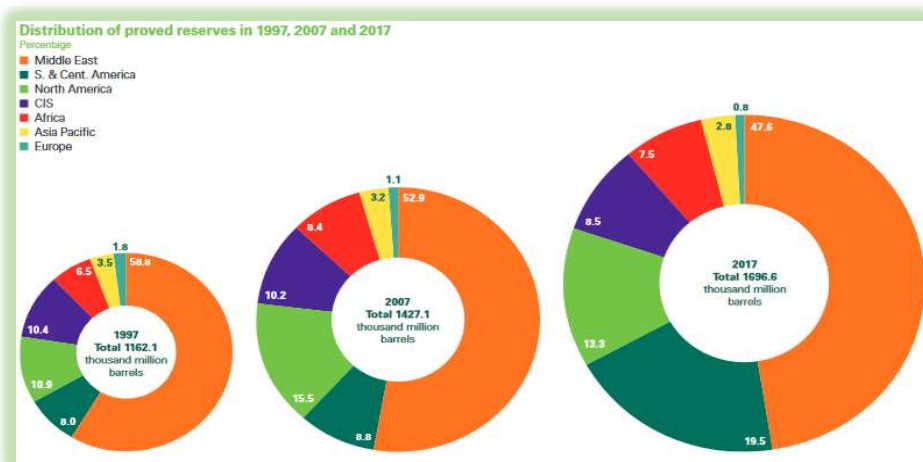


Figura 4 - Reservas de Petróleo em 2018 [4]

Em fevereiro de 2018, a OPEP (Organização dos Países Exportadores de Petróleo) [5] fez a revisão em alta da sua previsão anterior sobre o consumo de petróleo para o ano de 2018. Esta correção teve por base indicadores que revelam uma perspetiva económica positiva, a um nível global. Esta nova estimativa indica que o consumo de petróleo superará em cerca de 1,64% o ano de 2017. No entanto, a OPEP adverte que este consumo tende a ver-se limitado por uma série de fatores, grande parte relacionados com os esforços para reduzir o aquecimento global. Apesar da lenta substituição dos combustíveis fósseis por outras energias alternativas, as

medidas para melhorar a eficiência energética e a redução dos subsídios no setor, são algumas das razões que fundamentam estas reservas.

Perante a necessidade urgente de reforçar a regulação das emissões de carbono e outros gases nocivos que levam à poluição atmosférica e ao aquecimento global, todo o desenvolvimento e investigação relacionada com a sustentabilidade do sistema de transporte rodoviário, coletivo e individual, apontam para que os veículos elétricos sejam a derradeira alternativa aos veículos convencionais. Apesar de já existirem alguns casos, na esmagadora maioria dos países a produção da energia elétrica não é totalmente “limpa”, ou seja, não é proveniente apenas de fontes renováveis. Ainda que este último não resulte num sistema de transporte totalmente “verde”, a transferência destas emissões para os sistemas de produção de energia elétrica, nomeadamente para as centrais, seriam muito mais facilmente controláveis.

Desta forma, o desenvolvimento de uma rede de carregamento e a integração massiva dos VE no parque automóvel, é sinónimo de criação de um excedente de carga a satisfazer pela Rede Elétrica Nacional, tornando-se necessário estudar e prever quais os impactos e as consequências desta mudança. A modernização da rede elétrica, alavancada por campanhas do género *smart grid*, pode ser um trunfo no sentido de permitir contabilizar os consumos instantâneos reais de uma forma dinâmica, capaz de ajustar os diagramas de carga sem sobrecargas adicionais. O incentivo ao carregamento durante o período em vazio e o aumento das cargas neste mesmo horário, permitirá uma maior penetração da produção renovável, ao mesmo tempo que promove o emprego e o crescimento da economia local, devido à descentralização da produção.

A nível nacional, foram definidos os programas operacionais que compõem o objetivo *Portugal 2020*, que aplicam as orientações externas definidas pela estratégia Europeia em resposta a uma série de desafios identificados, nos mais diversos setores da sociedade. O programa organiza-se em vários domínios temáticos, como Competitividade e Internacionalização, Inclusão Social e Emprego, Capital humano e Sustentabilidade e Eficiência no uso de Recursos [2].

Assim, e sendo este um tema tão atual, surge a oportunidade única para estudar a criação e o desenvolvimento de um projeto de Mobilidade Elétrica em ambiente empresarial. O objetivo passa por estudar um processo gradual de renovação de uma frota automóvel e quais as alterações e implicações à Instalação Elétrica do *campus* empresarial afetado, sempre com evidente orientação para a eficiência ambiental e energética.

## 1.2 Objetivo

Com a dissertação “*Evolução da Mobilidade Elétrica associada à Eficiência Energética e Ambiental num Campus Empresarial*”, pretende-se verificar a viabilidade técnico-económica da

substituição da frota automóvel de uma empresa composta na integra por veículos de combustão, por veículos 100% elétricos e identificar algumas das eventuais alterações que poderão advir desta mudança. Este projeto propõem uma execução faseada da seguinte forma:

- Numa fase piloto, o foco incidirá no aproveitamento da totalidade dos diversos benefícios fiscais e incentivos financeiros disponibilizados pelas entidades governamentais com o objetivo de desenvolver algum *know-how* na área, através da aquisição de 4 viaturas;
- Numa segunda fase, o objetivo é fazer a transição de 50% da frota (225 viaturas) e iniciar a instalação de Postos de Carregamento dentro do *campus* empresarial. Depois do levantamento das características da Instalação Elétrica pretende-se compreender de que forma esta será afetada, tomando em consideração a tecnologia sugerida.
- Numa terceira e última fase é executada a derradeira transição para uma frota 100% elétrica. O número de pontos de carregamento pode (e deve) ser reforçado, porque apesar de terem sido garantidos os números mínimos para o parque de estacionamento na fase anterior, para uma quantidade tal de VE este número pode ser insuficiente. Assim, a proposta passa por atingir um valor próximo da potência nominal do transformador que alimenta a IE afetada.

A duração do período de implementação destas 3 fases, certamente dependerá de fatores como o contínuo nível de desenvolvimento da rede pública de carregamento (MOBI.E) ou então da duração dos contratos de *Renting* com a entidade locadora.

### 1.3 Contribuição

Para além de um claro incentivo à penetração dos veículos de tração elétrica no mercado, este trabalho pretende ser mais um pequeno passo na direção do desenvolvimento, na desmistificação e na compreensão da comunidade, em torno de toda a incerteza que é ainda a sustentabilidade dos sistemas de Mobilidade Elétrica.

Todas as pesquisas sobre o assunto, que vão no sentido de verificar a sua viabilidade económica, ambiental ou até tecnológica, assumem uma dimensão tal, que facilmente se podem tornar vagas e dissuasoras. Este trabalho pretende apresentar a tecnologia com uma abordagem mais tradicional, com base num projeto de proximidade, assente numa realidade compartilhada ou experienciada por todos.

Como internamente ainda estamos numa fase inicial do desenvolvimento do mercado, as políticas de estimulação ao nível governamental e local têm um papel central e são um elemento chave no sucesso da difusão da Mobilidade Elétrica. A utilização diária de um veículo elétrico, que dependa apenas da rede de postos de carregamento pública ainda é vista como um risco e

a situação agrava-se se considerarmos um contexto de utilização fora das grandes cidades, onde a escassez de Postos de Carregamento (PC) é evidente. Aprender com a experiência de países que já apresentam maior maturidade neste assunto, é outro dos objetivos deste trabalho.

A generalização desta tecnologia, e mesmo perspetivando-se uma transição progressiva a médio-longo prazo, requer que se dê relevância à previsão dos impactos ao nível da Rede Elétrica e das Instalações Elétricas, que poderão advir do carregamento de baterias. Neste trabalho foram efetuadas monitorizações em três equipamentos diferentes, culminando com a análise à evolução de alguns parâmetros considerados importantes.

#### **1.4 Estrutura da Dissertação**

O conteúdo desta dissertação está dividido em 8 capítulos e 13 anexos. No primeiro e atual capítulo, é realizada uma breve descrição do tema a ser estudado e serão definidos os objetivos e apresentadas as pretensas contribuições.

O capítulo 2 pretende fazer uma caracterização do estado da arte dos elementos mais importantes do ecossistema, que estão disponíveis ou que compõem a Mobilidade Elétrica em Portugal.

O capítulo 3 tem como finalidade retratar a atualidade da Mobilidade Elétrica em Portugal e efetuar uma comparação com os restantes parceiros Europeus.

No capítulo 4 é realizado um sumário das etapas que compõem o Sistema Elétrico Nacional (SEN) e analisados os impactos dos carregamentos na Rede Elétrica Nacional e nas Instalações Elétricas particulares. Neste capítulo é também verificada a sustentabilidade ambiental de um VE e as circunstâncias em que acontece.

A caracterização do objeto de estudo encontra-se no capítulo 5. É efetuada a descrição da empresa, da frota automóvel, do estacionamento e das suas Instalações Elétricas.

No capítulo 6 são apresentados os resultados dos ensaios aos Postos de Carregamento, após ser analisada a evolução de alguns parâmetros elétricos durante o recarregamento de uma bateria. São equacionados alguns cenários de utilização das infraestruturas de recarga e projetadas alterações ao diagrama de carga base.

A comparação dos custos de aquisição e utilização entre veículos convencionais e elétricos, bem como encargos gerais com Postos de Carregamento, são apresentados no capítulo 7.

As conclusões finais e as expectativas de futuros trabalhos relacionados com o tema estão apresentadas no capítulo 8.

## 2. Estado da arte

### 2.1 Introdução

Neste ponto, pretende-se compendiar os elementos que compõem a estrutura tecnológica da Mobilidade Elétrica implementada em Portugal, e o seu estado da arte. Compreender as diferentes opções de veículos elétricos e algumas das suas funcionalidades, bem como as características mais interessantes. Apresentar a forma de utilização e instalação das infraestruturas de carregamento disponíveis a nível nacional, de acesso público ou privado.

### 2.2 Veículo 100% Elétrico (BEV)

Contrariamente ao que se possa pensar, os veículos movidos a eletricidade não são uma novidade. Embora não exista uma data precisa, sabe-se que os primeiros modelos apareceram durante os anos 30 do século XIX, mas foram apenas alvo de produção por parte de algumas empresas já na última década do mesmo século. O rápido desenvolvimento dos veículos de combustão (ICE) e a limitação que as baterias apresentavam, fizeram com que esta tecnologia acabasse por “desaparecer”. No século XX, no início dos anos 70, é retomado o interesse neste tipo de veículos. Contudo os obstáculos à sua comercialização mantiveram-se, apesar dos avanços tecnológicos associados às baterias e à eletrónica de potência [6].

Hoje em dia, os veículos 100% elétricos, também designados por BEV, são tipicamente veículos pequenos e leves (de pequeno e médio segmento). As suas características sugerem uma utilização em percursos com distâncias curtas ou condução citadina, mas em alguns modelos, e mediante alguns custos adicionais, adicionar baterias com maior capacidade pode permitir a utilização mais frequente em distâncias longas. São veículos que apresentam um alto desempenho energético, são bastante silenciosos e apresentam, de uma forma direta, emissões nulas. Por outro lado, ainda é uma tecnologia cara, têm uma autonomia relativamente curta, apesar de todos os desenvolvimentos recentes, e ainda apresentam um tempo de recarga elevado comparando com os ICE's.

A eletricidade que alimenta as baterias instaladas no BEV é obtida por intermédio de um Posto de Carregamento, por norma interligados à rede de distribuição ou a uma qualquer Instalação Elétrica preparada para o efeito. As baterias têm como função acumular e fornecer essa mesma energia ao motor elétrico. A solução clássica é ter o motor colocado à frente e/ou atrás, nos sistemas mais complexos os motores elétricos estão acoplados às rodas motrizes dianteiras e/ou traseiras.

Os VE ainda são uma pequena fatia do mercado, mas já há poucas dúvidas que o dominarão no futuro. Esta nova geração de veículos elétricos que surge em 2017, irá virar o jogo da Mobilidade

Elétrica a seu favor. Esta mudança já se vai sentindo, por exemplo, nas vendas em Portugal, que duplicaram em 2017. Os incentivos fiscais e de aquisição, o aumento das autonomias anunciadas, a consciência coletiva de que é preciso reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> para mitigar os efeitos das alterações climáticas e o efeito de imitação, são os principais fatores que explicam estes resultados.

Alguns estudos defendem que o custo económico total de posse de um VE, ou seja, compra, manutenção, combustível e outros custos durante a vida do veículo, atingirá a paridade com um veículo a gasolina, o que pode ser considerado por muitos, um ponto de viragem que conduzirá a um crescimento progressivo na venda dos VE [7].

Já os custos ambientais, quer na produção das baterias de íões de Lítio que estão presentes na esmagadora maioria dos VE, quer na produção da energia elétrica que alimentará essas mesmas baterias, representam as maiores dúvidas e críticas à Mobilidade Elétrica.

No anexo 10.1 encontra-se uma listagem com alguns dos BEV disponíveis no mercado.

### **2.3 Veículo Elétrico Híbrido (HEV)**

Os HEV são aqueles que combinam um motor de combustão interna com um, ou mais, motores elétricos para propulsão. Porque combinam dois tipos de motores, estes têm um menor porte que as configurações plenas. A “hibridização” ocorre por meio de diferentes arquiteturas (série e paralelo) e níveis (*micro, mild, full*) [8]. De uma forma geral, quanto maior o nível de “hibridização”, maior é o motor elétrico, o alternador e a bateria e menor o motor a combustão.

Alguns modelos já permitem que os dois motores funcionem em sinergia, de modo a disponibilizarem toda a potência sempre que seja necessário, proporcionando o máximo de eficiência. O momento de aceleração é um bom exemplo, em que ambos os motores funcionam em sinergia para oferecer o melhor desempenho. Em desaceleração e travagem, o sistema recicla a energia cinética produzida para carregar a bateria. Contudo, esta é a única forma de recarregamento que esta tipologia oferece, pois o automóvel não dispõe de um sistema que o conecte a um PC. Não há cabo, nem conector que possa ser utilizado para recarregar a bateria diretamente. Para que o veículo circule convenientemente, o utilizador necessita de abastecer o veículo com combustível.

O conceito de HEV já é tão antigo como o de automóvel, no entanto, as primeiras configurações não tinham o propósito de reduzir o consumo de combustível, mas sim de assistir o motor de combustão a garantir um nível de desempenho aceitável. Isto porque houve uma altura em que a tecnologia dos motores elétricos estava mais avançada que a dos motores de combustão. Mas mais uma vez, estas configurações acabaram por “desaparecer” devido ao rápido

desenvolvimento do automóvel convencional. O interesse no conceito de HEV voltou durante anos 90, quando se consumou a ideia de que os BEV's ainda não eram uma alternativa energética séria. Então, a indústria automóvel virou as suas atenções para este tipo de veículo elétrico e, alguns anos mais tarde, foram disponibilizados diversos modelos no mercado.

O Toyota Prius, o Honda Insight e o Honda Civic Hybrid são a prova do sucesso dos HEV's. Estes veículos são caracterizados por terem emissões inferiores e um menor consumo de combustível em comparação com os veículos convencionais, devido à otimização do funcionamento do motor de combustão e à travagem regenerativa (*regenerative braking*).

Porém, este tipo de veículos ainda está dependente dos combustíveis fósseis e apresentam um custo elevado de produção devido à introdução do motor elétrico, dos sistemas de armazenamento de energia e dos conversores de potência. A eficiência e a redução das emissões dependem do nível de potência do motor e das baterias instaladas, assim como dos hábitos de condução do utilizador.

A componente elétrica de um HEV deve funcionar como motor, principalmente em baixas rotações quando o motor de combustão tem um fraco rendimento, ou como gerador, durante a travagem regenerativa e durante a absorção de energia cinética remanescente. Na Figura 5 é possível demonstrar o potencial que o HEV pode representar, em relação ao modo de condução:

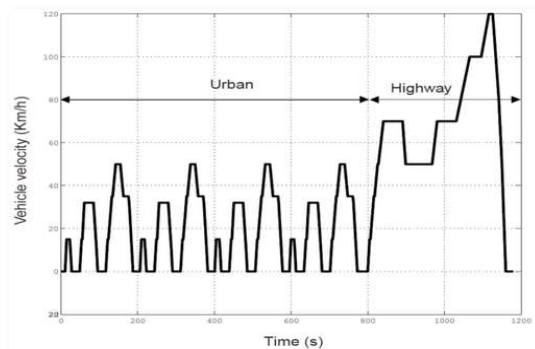


Figura 5 - Representação do Ciclo de Condução Europeu (EDC)

Em ambiente urbano, a velocidade média ronda os 35 km/h e existem vários intervalos de elevada aceleração, assim como de desaceleração, devido às limitações de velocidade, trânsito, semáforos, etc.

Em autoestrada, a velocidade raramente desce dos 50 km/h e durante o percurso, os intervalos de aceleração e desaceleração são bastante inferiores, comparando com o caso anterior. Isto porque nas autoestradas os limites de velocidade são superiores e geralmente existe maior fluidez do trânsito.

Mas como este é um apenas modelo teórico (Figura 5), houve a necessidade de evoluir para algo mais realista, o *Novo Ciclo de Condução Europeu* (NEDC), que representa o uso típico de um automóvel na Europa, e é utilizado como referência para a homologação de veículos segundo a norma Europeia ambiental *Euro6* [19]. Isto permite efetuar a comparação dos diversos modelos disponíveis, não apenas de natureza híbrida mas também de todos os outros tipos, e funciona também como mecanismo de implementação da legislação que regula as emissões de gases poluentes [9].

A associação entre o motor de combustão e o motor elétrico apresentam quatro diferentes tipos de arquiteturas:

#### Série:

Na arquitetura série, Figura 6, um gerador converte a energia mecânica do motor de combustão em energia elétrica. Esta energia é depois usada para carregar a bateria ou para a propulsão através do motor elétrico, que está ligado mecanicamente à transmissão, resultando num veículo elétrico assistido por motor de combustão. A necessidade de três engenhos para a propulsão, o motor elétrico, o motor de combustão e o gerador, resulta numa eficiência mais baixa em comparação com as outras arquiteturas.

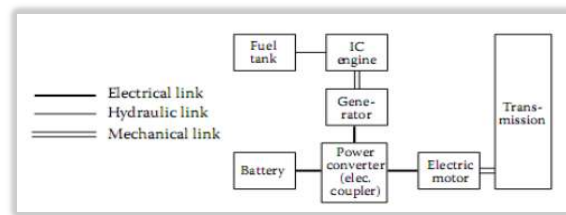


Figura 6 – Representação Arquitetura Série de um VEH [8]

Esta arquitetura está mais vocacionada para uma utilização urbana, pois utiliza muito frequentemente a parte elétrica. No que trata a longas distâncias, a utilização da cadeia completa resulta em maiores perdas de transmissão.

#### Paralelo:

Na arquitetura paralelo, Figura 7, o motor de combustão e o motor elétrico estão ambos ligados mecanicamente e em paralelo à transmissão, logo a potência pode ser fornecida por ambos, ou apenas por um deles, de forma isolada. As vantagens desta arquitetura em relação à série é a utilização de apenas dois sistemas de propulsão. Neste modo, o motor principal é o de combustão, enquanto que o motor elétrico é usado principalmente no auxílio de subidas e/ou acelerações.

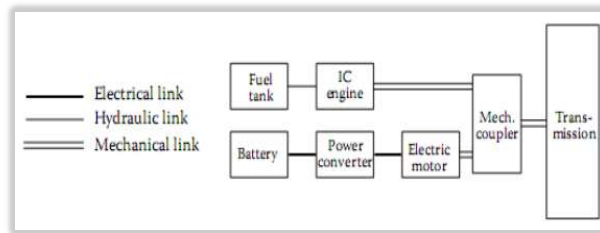


Figura 7 – Representação Arquitetura Paralelo de um VEH [8]

Esta arquitetura permite várias possibilidades de operação e o motor elétrico pode desempenhar diferentes funcionalidades, dependendo da sua potência. O motor elétrico funciona como gerador durante a travagem regenerativa ou quando a potência fornecida pelo motor de combustão é superior à necessária à tração (velocidade cruzeiro).

#### Série-Paralelo:

Este tipo de arquitetura combina as características de ambos os sistemas, Figura 8. É, contudo, necessário recorrer a meios adicionais, tal como um veio mecânico, comparativamente à configuração série, e a um gerador relativamente à configuração paralelo, tornando este tipo de arquitetura mais cara e complexa.

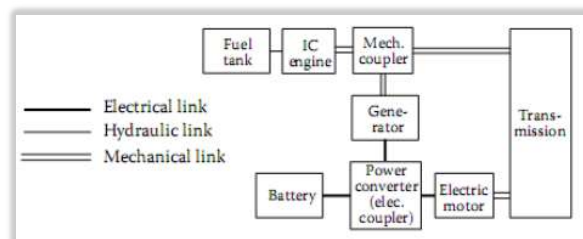


Figura 8 - Representação Arquitetura Série-Paralelo de um VEH [8]

Este tipo de configuração apresenta uma característica operacional bastante vantajosa. Esta permite que o motor elétrico seja utilizado sozinho no arranque, com o motor de combustão desligado.

#### Complexa:

Este tipo de arquitetura, Figura 9, é considerada uma evolução da série-paralela, mas apesar das semelhanças, esta é mais dispendiosa em virtude da sua maior complexidade. A diferença está na agregação de mais um elemento, um conversor de potência que permite o gerador funcionar também como motor.

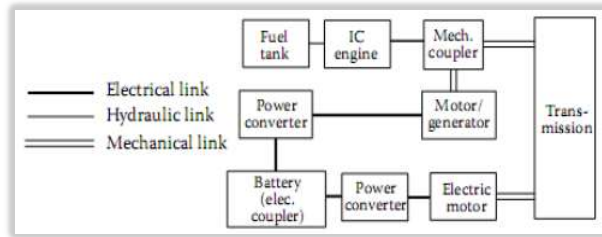


Figura 9 – Representação Arquitetura Complexa de um VEH [8]

Desta forma, o veículo pode funcionar com um motor de combustão e dois motores elétricos, apresentando assim três fontes de potência.

Os veículos que seguem a arquitetura em paralelo e série-paralelo podem ainda ser categorizados segundo o seu grau de hibridização. Isto, na prática, mede a percentagem da potência elétrica face à potência de tração total do veículo, e também considera que tipo de função tem o motor elétrico no funcionamento do mesmo. Os três níveis são os seguintes [20]:

#### Micro:

Por norma, utilizam motores elétricos com potências até cerca de 2,5 kW a 12V. A função do motor elétrico prende-se, basicamente, com a realização do “*Start and Stop*” conseguindo assim uma maior eficiência, na ordem dos 5% a 10%. Isto não é mais do que a integração da função de motor de arranque e de alternador, num único equipamento.

#### Médio:

Apresentam motores elétricos com uma potência típica entre os 10 kW e os 20 kW, para valores de tensão entre 100 e 200 V. Neste caso, o motor é desenhado para ser diretamente incorporado na transmissão e, para ter elevada inércia para fins de auxílio ao motor de combustão. Isto é característico de uma arquitetura em paralelo, onde é possível obter uma poupança de 20% a 30% de energia, em condução urbana.

#### Completo:

A potência do motor elétrico num híbrido completo é cerca de 50 kW, para uma tensão entre os 200 V e os 300 V. Normalmente é associado à arquitetura série-paralelo ou complexa, em que se podem ter todas as combinações possíveis entre o funcionamento, ou não dos motores. Note-se que existe a tentativa de otimizar a eficiência energética através do regime de funcionamento mais apropriado a cada situação, apenas motor elétrico, apenas motor de combustão ou operação conjunta. Nesta classe, o motor elétrico pode desempenhar todos os tipos de funções: arranque, auxílio ou funcionamento isolado. Tipicamente, em condução urbana, é possível obter uma melhoria na eficiência de 30%, embora o custo do veículo se agrave cerca de 30% a 40%.

## 2.4 Veículo Elétrico Híbrido Plug-in (PHEV)

Um PHEV, sendo um híbrido completo, é simplesmente um veículo híbrido elétrico com a capacidade de extrair e armazenar energia a partir de uma fonte exterior. No fundo, é uma evolução do conceito de HEV. Esta simples alteração permite combinar a energia dos combustíveis fósseis com uma variedade de fontes de energia elétrica, com impactos benéficos, sobretudo no que trata ao consumo de petróleo e nas emissões diretas de gases poluentes.

O conceito de PHEV, Figura 10, defende que este deverá estar equipado com uma bateria de pelo menos 4 kWh, possuir método de recarregamento da bateria por uma fonte de energia elétrica exterior e uma autonomia mínima de 16 km (10 milhas) em modo elétrico [6]. Apesar de existirem outras definições, esta é talvez das mais completas, pois restringe a designação de PHEV, apelando a uma autonomia elétrica mínima (bateria de maior capacidade que nos HEV's). Pretende-se com isto estabelecer valores mínimos, de modo a maximizar o usufruto das vantagens deste tipo de veículo. As arquiteturas já apresentadas que associam os motores elétricos com os de combustão, mantêm-se para os PHEV.

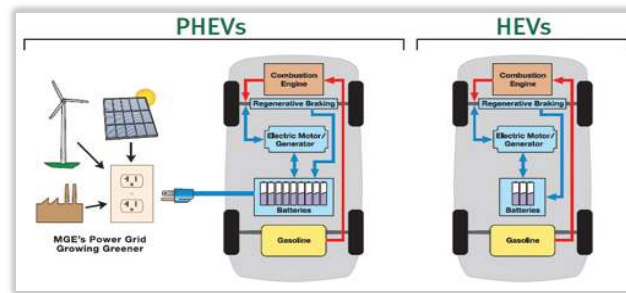


Figura 10 – Comparação entre um PHEV e um HEV [6]

Esta solução, para além de complementar os hábitos de condução de grande parte da população, conjuga as vantagens ambientais de um veículo puramente elétrico, com as vantagens de um veículo de combustão interna, a capacidade de ser rapidamente reabastecido. Neste tipo de veículos, o sistema de armazenamento de energia elétrica é a fonte primária, no que trata a percursos com distâncias curtas. Já para distâncias longas, e uma vez atingido um determinado estado de carga (SOC – *State of charge*), o veículo transita para o modo híbrido.

Os PHEV's apresentam-se como uma solução bastante promissora, capazes de deslocar grande parte do consumo de combustível fóssil para a rede elétrica. Os baixos custos de operação, a redução da dependência dos combustíveis fósseis e a possibilidade de aplicações V2G, são algumas das vantagens deste tipo de veículos.

As principais desvantagens, ou problemas associados a este tipo de veículo, são os previsíveis custos adicionais, o peso, o tamanho e a distribuição das baterias, assim como a disponibilidade de pontos de carregamento para carga do veículo, uma preocupação que é partilhada com os utilizadores de BEV, mas não assume um carácter tão decisivo.

## 2.5 Baterias – custo económico e ambiental

As baterias compostas por iões de Lítio estão por todo lado. O seu elevado desempenho, o largo período de vida útil e o baixo peso, em comparação com outro tipo de baterias recargáveis (por exemplo: Níquel), explicam a elevada aplicabilidade.

O grande desafio inicia com a aplicação à indústria automóvel, onde este tipo de baterias começa a equipar os veículos em larga escala. É exigida potência, fiabilidade e autonomia ao elemento que ficará encarregue de ser a principal fonte de força motriz, e ainda é necessário que tudo isto seja possível a baixo custo. Apesar de ser uma tecnologia relativamente recente, muitos especialistas afirmam que está estabilizada, contudo ainda continua por resolver o problema do tamanho, as baterias ainda são muito grandes, Figura 11 [23].



Figura 11 – Bateria 8,7 kWh VW Golf GTE PHEV (Centro técnico VW)

Perante esta expectativa, é legítimo questionarmo-nos se o Lítio estará condenado a ser o petróleo dos tempos futuros? E haverá matéria prima suficiente para este aumento da produção?

A cotação do Lítio tem vindo a aumentar desde o início do ano de 2016, quando a China anuncia o seu plano de descarbonização, acelerando a produção de VE o que manteve a procura por compostos de Lítio muito acima da oferta [24]. De acordo com alguns analistas [25], com a perspectiva de novos projetos de exploração pelos maiores produtores mundiais, 2018 foi o último ano em que se registou um défice global desta matéria prima. É previsível que num futuro próximo, nem as satisfatórias taxas de penetração de VE serão suficientes para absorver todo o excedente. Contudo, é necessária alguma cautela pois podemos estar perante a repetição do que aconteceu com o petróleo, que estaria há muito esgotado caso continuasse nos 20 dólares por barril.

No sentido oposto, e com origem no aumento da produção de VE, está o custo médio das baterias, que em 2013 esteve nos 599 dólares por kWh, e que em 5 anos baixou até aos 179 dólares. A perspetiva é que durante a próxima década seja possível baixar para valores perto dos 70 dólares por kWh, Figura 12 [57].

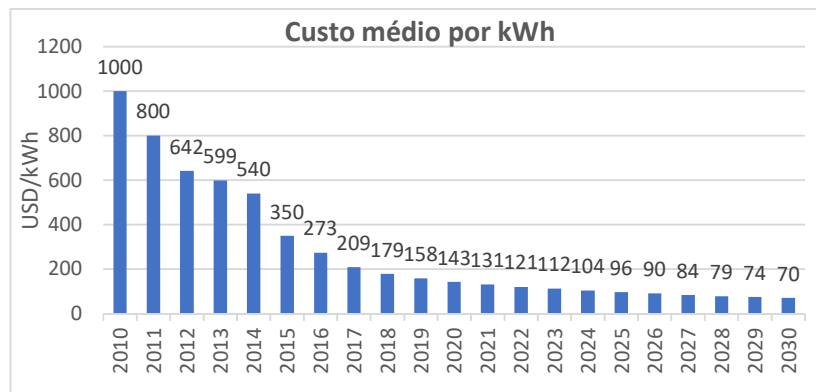


Figura 12 – Previsão da evolução do custo de produção baterias VE

No presente, a bateria ainda representa uma parcela importante do custo total de uma viatura elétrica (dois quintos em 2017) [7]. Os requisitos construtivos das baterias apontam para a utilização de, mais ou menos 6,29 kg de Lítio por cada bateria de 85 kWh [22].

Outros fatores podem contribuir para as variações do custo de produção destas baterias. O desenvolvimento de outras indústrias que utilizam esta mesma matéria prima ou o agravamento da instabilidade política vivida em países como a República Democrática do Congo, o maior produtor mundial de Cobalto (ingrediente essencial nas baterias dos VE) são bons exemplos a ter em consideração.

De acordo com um estudo desenvolvido pelo U.S. *Geological Survey* [10], as reservas mundiais de Lítio em 2017 apontavam para 16 milhões de toneladas, projetando o seu consumo ao longo de 373 anos, caso se mantivesse a produção anual de 43000 Toneladas, Figura 13. A produção de baterias absorve cerca de 39% desta matéria prima.

	Mine production		Reserves <sup>6</sup>
	2016	2017 <sup>a</sup>	
United States	W	W	35,000
Argentina	5,800	5,500	2,000,000
Australia	14,000	18,700	7,700,000
Brazil	200	200	48,000
Chile	14,300	14,100	7,500,000
China	2,300	3,000	3,200,000
Portugal	400	400	60,000
Zimbabwe	1,000	1,000	23,000
World total (rounded)	<sup>a</sup> 38,000	<sup>a</sup> 43,000	16,000,000

Figura 13 – Produção e Reservas Mundiais de Lítio [10]

Inicialmente, estes números parecem ter dado algum alento à indústria, mas quando a expectativa dos construtores estabelece que em 2025 se atinja uma representatividade de 25% de VE nas suas linhas de produção, o que de acordo com o mais recente relatório do

observatório mundial da Mobilidade Elétrica [11], isto representará cerca de 100 milhões de unidades a circular nas estradas mundiais, Figura 14. Os 373 anos inicialmente estimados descem para 25,4 anos, o que é manifestamente pouco [21]. Entretanto, aguarda-se que o anunciado arranque dos novos projetos de exploração de Lítio contrariem esta estimativa.

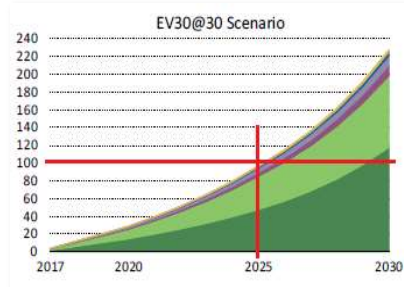


Figura 14 – Previsão circulação de VE em 2025 [11]

Portugal tem um enorme potencial para ser peça chave na cadeia de valor emergente do Lítio na Europa. As diversas regiões que concentram o minério colocam o país no top 10 mundial de reservas de Lítio. Por outro lado, o Lítio português é de difícil alcance e de transformação dispendiosa, Figura 15, ao contrário do que se encontra na América do Sul, onde basta uma salmoura e pouco mais para que o carbonato de Lítio ( $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ) fique pronto a ser utilizado na produção de baterias.

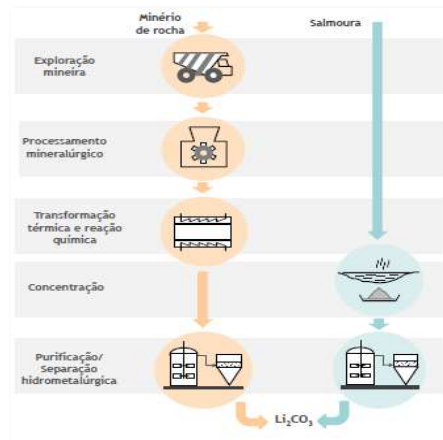


Figura 15 – Diferença do Processamento Metalúrgico [46]

Em países com reservas de Pegmatite (Portugal, Austrália, Brasil, Zimbabué, etc.), ricos em minerais como Espodumena e Petalite (que concentram até 4,5% de Lítio), o Lítio está hospedado na rocha e a sua extração requer duros processos de britagem e moagem, que custam mais do dobro da produção em salmoura. Com a tecnologia atual, não é fácil de competir com a América do Sul. Mas nem tudo são desvantagens. Mesmo que seja um pouco mais caro, aos produtores de baterias interessa que o fornecimento seja europeu, devido à

sustentabilidade da pegada ecológica [45]. O Lítio já é explorado em Portugal há décadas, mas o seu uso tem sido quase exclusivo na indústria da cerâmica.

O Lítio apresenta de facto um excelente desempenho devido à elevada densidade de energia que lhe é característica, mas a durabilidade destas baterias ainda não convence totalmente a opinião pública. É certo que os hábitos de utilização são muito importantes. As recorrentes sessões de carregamento rápido reduzem o ciclo de vida das baterias, até a própria potência do motor pode ser um fator chave na perda de capacidade. Mas até que ponto? Talvez a resposta possa ser dada depois da consolidação desta segunda geração de VE, aguardando-se que nos “conduza” a um nível superior de maturidade da Mobilidade Elétrica.

No entanto, devido à sua raridade e onerosidade, a evolução desta tecnologia caminhará para o desenvolvimento de baterias com alto desempenho, a baixo custo e com base em elementos abundantes. As alternativas passarão por baterias que substituirão o eletrólito líquido por um eletrólito sólido (de vidro), possibilitando um incremento na densidade de energia e um prolongar do ciclo de vida. As desvantagens deverão surgir na montagem destas baterias, onde é exigido um ambiente seco e de preferência livre de oxigénio. Neste momento, esta nova tecnologia encontra-se em fase de laboratório e é esperado que ainda leve cerca de 15 anos até à comercialização [54].

Em relação à forma de recolha, tratamento e reciclagem das baterias, já estão a ser desenvolvidos alguns projetos que fogem à forma tradicional de tratamento, como os processos de derretimento e lixiviação normalmente recorrendo a produtos químicos, com o objetivo final de proceder à recuperação de metais. Existem também outros programas do género *second life*, que se comprometem a dar uma segunda utilização à bateria, depois de esta ter perdido a sua capacidade para alimentar uma fonte de tração, como a de um VE.

Nesta área do reaproveitamento, um dos projetos mais interessantes a nível Europeu, utilizado por uma estrutura comercial, é o do estádio de futebol do AFC Ajax, o *Amsterdam Arena*, onde o sistema de *back-up* de alimentação é garantido por baterias em fim de ciclo, proveniente do BEV Nissan Leaf. Este sistema é composto por 280 baterias, contabilizando 4 MW de potência e de armazenamento. Para além do fornecimento de energia em modo *back-up*, espera-se que este sistema permita ajudar na estabilização da rede nacional de energia elétrica Holandesa, em momentos de alta demanda energética [12].

Outro programa relevante no âmbito *second life*, partiu do fabricante de automóveis japonês Nissan, que tem um programa de reciclagem em curso na cidade de Namie, no Japão, em que o objetivo é fazer o reaproveitamento das baterias dos VE em fim de ciclo, para iluminar as ruas. Este complemento à rede de iluminação pública, que não está interligada com a mesma, efetua

o carregamento das baterias durante o dia, através da radiação solar, estando disponíveis para iluminar as ruas durante a noite [13]. Outro fabricante de automóveis, a francesa Renault, desenvolve um projeto semelhante, mas neste caso com atuação na ilha da Madeira, o chamado programa *Smart Island* [14].

## 2.6 Travagem regenerativa

Ao contrário dos veículos tradicionais, onde toda a energia cinética associada ao seu movimento é desperdiçada, maioritariamente sob a forma de calor, nos veículos 100% elétricos ou híbridos, há a possibilidade de reaproveitar essa energia para recarregar as suas baterias, gerando assim mais energia.

O princípio de funcionamento deste sistema é bastante simples, pois consiste na utilização do motor do veículo que impulsiona o seu movimento, como gerador de energia elétrica durante o processo de travagem ou desaceleração, resultando posteriormente na sua absorção e no armazenamento na bateria, refletindo-se num consequentemente aumento de autonomia. O motor está ligado às baterias do veículo através de cabos, que têm o propósito de entregar ou receber energia, consoante o funcionamento como motor ou gerador. Este sistema de travagem é ainda auxiliado por travões convencionais, mas como não têm uma utilização tão frequente, os custos de manutenção são significativamente inferiores, comparativamente a um veículo tradicional. A utilização do pedal do travão por parte do condutor, nem sempre significa que os travões de roda sejam ativados.

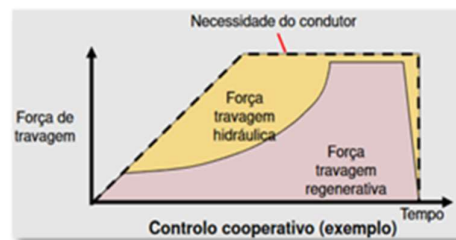


Figura 16 – Cooperação entre travagem hidráulica e regenerativa utilizada nos VE [17]

Quando o binário de desaceleração desenvolvido pelo motor elétrico do veículo não é suficiente para efetuar uma paragem de acordo com as necessidades da dinâmica de condução, por exemplo, uma travagem repentina, neste caso é acionado o travão de roda, conforme se ilustra na Figura 16. A pouca frequência de utilização destes travões “mais convencionais”, pode resultar em demasiada ferrugem no disco, o que pode reduzir o seu desempenho numa futura travagem de emergência. Já existem soluções no mercado capazes de precaver estes inconvenientes [17].

## 2.7 Motores elétricos para VE

Existem diferentes tipos de motores elétricos que podemos encontrar nos mais variados modelos de VE disponíveis no mercado. A escolha dos fabricantes, é feita consoante as suas características (eficiência, peso, custo e características dinâmicas) e do tipo de *output* que se pretende atribuir ao veículo. Essencialmente, podem ser categorizados em dois tipos: Motores de Corrente Contínua (DC) e em Corrente Alternada (AC) [anexo 10.3].

Estes motores podem ser instalados de forma a que o VE funcione com tração traseira (RWD), dianteira (FWD), às quatro rodas (FRWD ou 4WD), ou podem mesmo ser instalados diretamente nas rodas (*in-wheel mounted*). Na larga maioria dos modelos de VE, os fabricantes utilizam Motores Assíncronos de Indução ou Motores Síncronos de Ímanes Permanentes. Os Motores DC são de facto bastante mais fáceis de controlar, mas devido aos elevados custos de manutenção que apresentam, raramente se encontra um modelo no mercado equipado com esta tecnologia. São mais encontrados em aplicações que necessitem de grande variação de velocidade. Por outro lado, os Motores de Relutância Magnética, com grande potencial de desenvolvimento na área, é ainda uma tecnologia pouco aplicada. Na Tabela 1, são apresentadas as vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de motores:

Tipo de Motores	Vantagens	Desvantagens
<b>Indução / Assíncronos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Construção simples, robusto, de baixo custo e pouca manutenção;</li> <li>▪ Velocidade máxima de rotação;</li> <li>▪ Permite obter cadeias de tração compactas e de elevado rendimento;</li> <li>▪ Os conversores eletrónicos (tensão e frequência variáveis) que lhe estão associados são eficientes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlo de velocidade complexo (nomeadamente a baixa velocidade);</li> <li>• Custo dos sistemas de controlo;</li> <li>• Funcionam a fluxo constante (o que impede o enfraquecimento de campo, para que possam operar a potência constante);</li> <li>• O conjunto motor + controlador é uma solução dispendiosa.</li> </ul>
<b>Síncronos Ímanes permanentes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Compactos e com Rendimento elevado;</li> <li>▪ Comportamento térmico (induzido no estator facilita a evacuação de calor);</li> <li>▪ Inercia menor do que a de outros motores (menos peso, nomeadamente devido ao uso de ímanes);</li> <li>▪ Ausência de contactos elétricos moveis;</li> <li>▪ Velocidade máxima de rotação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ímanes caros e que perdem as características magnéticas com o aumento da temperatura;</li> <li>• O motor + controlador constitui uma solução dispendiosa;</li> <li>• Operam a fluxo constante.</li> </ul>
<b>Corrente Contínua</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bom desempenho para binários elevados;</li> <li>▪ Gama de variação de velocidade;</li> <li>▪ Sistema de controlo relativamente simples.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desgaste e manutenção das escovas e coletor;</li> <li>• A estrutura do rotor limita a velocidade máxima;</li> <li>• Perdas elevadas no rotor (dificulta a dispersão de calor influenciando o comportamento térmico).</li> </ul>
<b>Relutância Magnética</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Estrutura simples e compacta;</li> <li>▪ Gama de controlo de binário ampla e velocidade máxima elevada;</li> <li>▪ Robusto e não requer praticamente manutenção;</li> <li>▪ Produz binários elevados a baixa rotação (ideal para a tração elétrica);</li> <li>▪ Baixa inercia e elevada densidade de binário (o que permite acelerar e travar o veículo rapidamente);</li> <li>▪ Permite eliminar a caixa velocidades;</li> <li>▪ Custo e eficiência.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• São ruidosos;</li> <li>• Não existem (ainda) em grande número.</li> </ul>

Tabela 1 – Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de Motor Elétrico [15]

Os Motores Assíncronos de Indução e os Síncronos de Imanes Permanentes são as soluções mais utilizadas hoje em dia, e talvez as melhores para o presente nível de maturidade da Mobilidade Elétrica. A preocupação aparece a médio-longo prazo, quando se der o esperado aumento da produção de VE, prevista para a próxima década, já assumida por grande parte dos fabricantes de automóveis. Para além das desvantagens técnicas já enumeradas que estes tipos de motor apresentam, surgem outras preocupações que não podem ser desconsideradas. Dificilmente haverá cobre suficiente no mundo, para a construção do rotor bobinado da Máquina de Indução, se a produção passasse dos 6 milhões de VE, para 600 milhões. Em relação à Máquina Síncrona de Imanes Permanentes, para além de ser uma solução bastante dispendiosa, 80% desta da matéria prima provém do mercado chinês, o que poderá manter refém toda uma indústria.

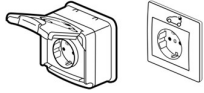





Por estes motivos, os Motores de Relutância Magnética são considerados a grande opção de futuro, e não apenas na Mobilidade Elétrica [16].

No anexo 10.2 encontra-se uma tabela com os vários tipos de motor que podemos encontrar em alguns BEV.

## **2.8 Posto de Carregamento (PC)**

Um Posto de Carregamento é o conjunto de todos os equipamentos utilizados para o fornecimento de energia elétrica aos VE, através do carregamento das suas baterias. Podem ser instalados num único ou em vários invólucros, assegurando funções especiais de controlo e comunicação [18].

Os modelos recentes possuem um módulo de comunicação que atua como interface entre o utilizador e, se for o caso, com a Rede de Mobilidade Elétrica, permitindo assim a sua autenticação, o registo dos consumos e outras funcionalidades. Distinguem-se pelo tipo de tomadas que possuem para efetivar o carregamento e também pela potência que disponibilizam em cada sessão. O tipo de cada união depende do modo de carregamento, da configuração da conexão e também do fabricante do veículo elétrico. Assim é possível afirmar que não existe nenhuma conexão standard. Todos os requisitos das normas em vigor têm, obrigatoriamente, de ser satisfeitos. Na Tabela 2 são apresentadas as diversas tomadas e conectores disponíveis na rede MOBI.E e em qualquer Instalação Elétrica particular, coletiva ou doméstica:

Exemplos	Descrição	Norma de fabrico	Características estipuladas
	Tomadas para usos domésticos e análogos, compatível com carga de VE em modo 1 ou em modo 2 <sup>(1)</sup>	NP 1260 <sup>(2)/(3)</sup>	16 A – 250 V (2P+T)
	Tomadas para usos industriais, compatível com carga de VE em modo 1 ou em modo 2 <sup>(1)</sup>	Normas da série EN 60309 <sup>(2)</sup>	16 A – 6h/200/250 V 32 A – 6h/200/250 V (2P+T) 16 A – 6h/380/415 V 32 A – 6h/380/415 V (3P+N+T)
	Tomada de corrente dedicada para carga de VE em modo 3 <sup>(1)</sup>	EN 62196-2 Tomada do tipo 2	70 A – 250 V (monofásico) 63 A – 380/480 V (trifásico)
	Conetor móvel para carga de VE em modo 3 <sup>(1)</sup>	EN 62196-2 Conetor do tipo 2	70 A – 250 V (monofásico) 63 A – 480 V (trifásico)
	Conetor móvel para carga de VE em modo 4 “Combo 2”	EN 62196-3 Configuração FF	200 A – 1 000 V
	Conetor móvel para carga de VE em modo 4 “CHAdeMO”	EN 62196-3 Configuração AA	200 A – 600 V

(1) – De acordo com as RTIEBT:2006, nas zonas onde o público tenha acesso, nos estabelecimentos recebendo público, e em locais de habitação, as tomadas de corrente estipulada não superior a 16 A devem ser do tipo “tomadas com obturadores”. Quando forem de corrente estipulada superior a 16 A, as tomadas, se não forem do tipo “tomadas com obturadores” devem ser dotadas de tampa. Em locais apenas acessíveis a BA4 (pessoas instruídas) e BA5 (pessoas qualificadas) é admissível a instalação de tomadas sem obturadores.

(2) – As correntes estipuladas indicadas são as definidas nesta norma, mas os fabricantes podem indicar um valor inferior de corrente para o carregamento de VE.

(3) – Tomadas especialmente concebidas para carregamento de VE, marcadas e declaradas pelo fabricante como adequadas para o efeito.

Tabela 2 – Diferentes tipos de conetores e tomadas [18]

Como já foi referido, o conetor utilizado na carga rápida varia consoante o fabricante do VE. Normalmente em viaturas de fabrico Europeu é o utilizado o conetor CCS, enquanto que nos modelos de fabricantes Asiáticos é mais comum encontrar o conetor CHAdeMO.

### 2.8.1 Sistema de Alimentação de Veículos Elétricos

Ao conjunto constituído pelo cabo de carga, pelos conetores dos Veículos Elétricos, pelas fichas e por todos os outros acessórios, dispositivos, tomadas ou aparelhos especificamente instalados com o objetivo de fornecer energia a um VE, a partir da Instalação Elétrica de alimentação, e

permitindo, se necessário, a comunicação entre eles, dá-se o nome de **SAVE** (Sistema de alimentação de Veículos elétricos) [18]. A Figura 17 apresenta os modos SAVE mais comuns:

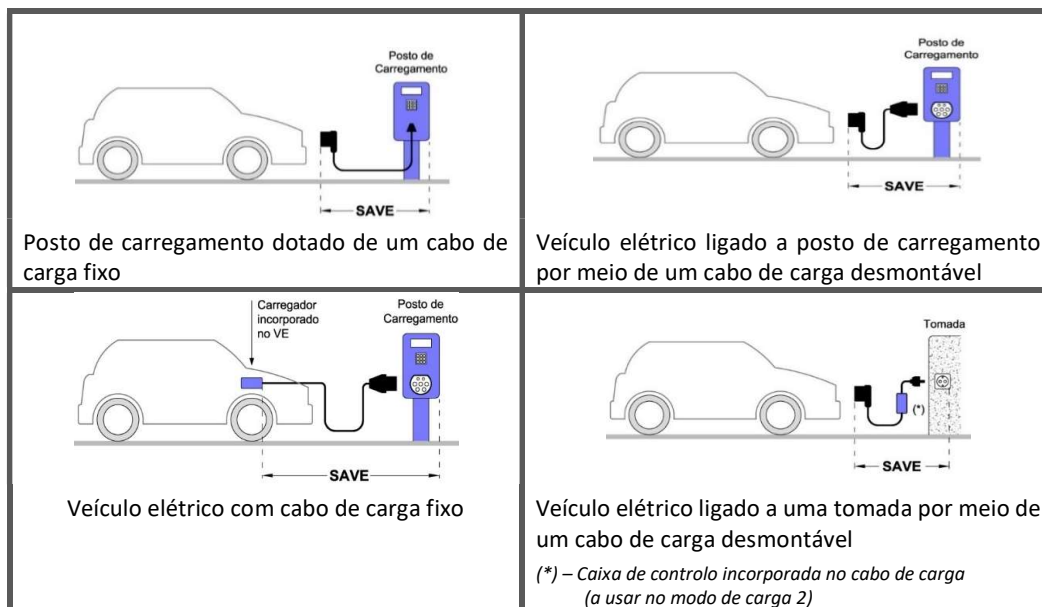


Figura 17 – Exemplos de SAVE [18]

De acordo com as especificidades e características do veículo, e do modo de carga em que se pretende efetuar o carregamento da bateria do mesmo, os veículos elétricos podem ser conectados à instalação de alimentação, de acordo com as seguintes opções:

**Caso A de conexão:**

A conexão é efetuada por meio de um cabo de carga, que inclui a ficha, e que está ligado ao veículo de forma permanente (Figura 18).

- Caso A1:* O cabo de carga é ligado a uma tomada pertencente à Instalação Elétrica fixa;
- Caso A2:* O cabo de carga é ligado a um posto de carregamento específico.

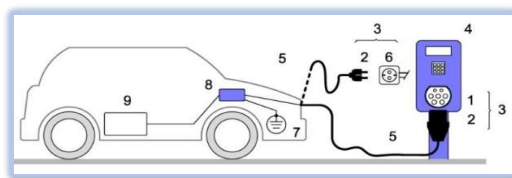


Figura 18 – Caso A de conexão [18]

**Legenda:**

- |                                     |                                |   |
|-------------------------------------|--------------------------------|---|
| 1 - Tomada do posto de Carregamento | 2 - Ficha                      | 3 – Sistema de ficha/tomada   |
| 4 – Posto de Carregamento           | 5 – Cabo de carga              | 6 - Tomada para usos domésticos, industriais ou específica para a carga de VE |
| 7 - Ligador de massa do VE          | 8 - Carregador integrado no VE | 9 - Bateria de acumuladores (bateria de tração)                               |

### Caso B de conexão:

A Conexão é feita por meio de um cabo de carga que não está ligado ao VE de forma permanente (separado), que inclui o conector móvel do VE e o equipamento de alimentação em corrente alternada (Figura 19).

*Caso B1:* O cabo de carga é ligado a uma tomada pertencente à Instalação Elétrica fixa;

*Caso B2:* O cabo de carga é ligado a um posto de carregamento específico.

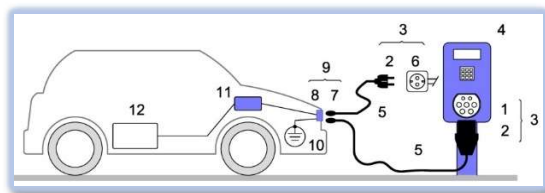


Figura 19 – Caso B de conexão [18]

#### **Legenda:**

1 - Tomada do posto de carregamento	2- Ficha	3 – Sistema de ficha/tomada
4 – Posto de carregamento (PC)	5 – Cabo de carga	6 – Tomada para usos domésticos, industriais ou específica para carga de VE
7 – Conector móvel do VE	8 – Entrada de conector do VE	9 - Sistema de conexão do VE
10 – Ligador de massa do VE	11 – Carregador integrado no VE	12 – Bateria de acumuladores (bateria de tração)

### Caso C de conexão:

Conexão é realizada por intermédio de um cabo de carga, que inclui um conector móvel de VE e que está ligado ao posto de carregamento de forma permanente (Figura 20).

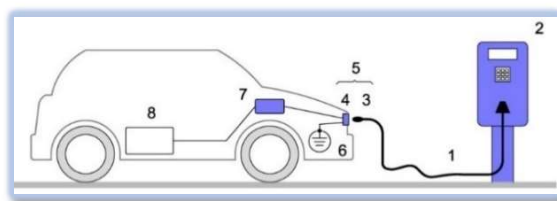


Figura 20 – Caso C de conexão [18]

#### **Legenda:**

1 – Cabo de Carga	2 – Posto Carregamento (PC)	3 – Conector móvel do VE
4 – Entrada de conector do VE	5 – Sistema de conexão do VE	6 - Ligador de massa do VE
7 – Carregador integrado no VE	8 – Bateria de acumuladores (bateria de tração)	

Este último caso apresentado é o único que é permitido para o modo de carga 4 (carga rápida), por óbvios motivos de segurança [18].

### **2.8.2 Modos de carga**

Os diferentes modos de carga [18] determinam de que forma é efetuado o carregamento das baterias. As particularidades do veículo (tipo de conexão, potência máxima admitida do carregador interno, capacidade da bateria ou autonomia, etc.), as circunstâncias pessoais do utilizador (distância diária percorrida, possibilidade de carregamento doméstico/empresa, etc.)

e as características da Instalação Elétrica onde pretendemos instalar o nosso PC (instalação particular ou coletiva, potência disponível reservada/disponível para Mobilidade Elétrica, etc.), são algumas das variáveis a considerar. De forma detalhada, os quatro modos de carga são os seguintes:

Modo de carga 1:

Caracteriza-se por ser um modo de carga lento, em que a conexão entre o VE e a instalação, em corrente alternada, é feita através de tomadas normalizadas de corrente estipulada não superior da 16 A e de tensão não superior a 250 V, em circuitos monofásicos, ou a 480 V em circuitos trifásicos. O circuito de alimentação é constituído por condutores de fase, neutro e de proteção. É, por norma, uma solução de carregamento com forte vertente doméstica.

Modo de Carga 2:

É categorizado por carregamento lento ou normal. A ligação do VE à instalação de alimentação em corrente alternada é feita por meio de tomadas normalizadas de corrente estipulada não superior a 32 A e de tensão estipulada não superior a 250 V, em circuitos monofásicos, ou a 480 V, em circuitos trifásicos. O circuito de alimentação é constituído por condutores de fase, neutro e de proteção com função piloto, e com um sistema de proteção das pessoas contra os choques elétricos por meio de dispositivo diferencial (DR) localizado entre o VE e a ficha ou na caixa de controlo integrada no cabo.

Modo de Carga 3:

Caracterizado por ser um modo de carga lenta, normal ou semirrápida. A ligação do VE à instalação de alimentação em corrente alternada é feita por intermédio de um SAVE (Sistema de Alimentação de Veículo Elétrico) dedicado, onde a função piloto se estende aos aparelhos de controlo localizados no interior do SAVE que são ligados em permanência à instalação. A gama de potência é em tudo semelhante à do modo de carga 2.

Modo de carga 4:

É o modo de carga que está associado ao carregamento rápido. A ligação da infraestrutura de alimentação ao VE é feita em corrente contínua através de um carregador externo fixo, onde a função piloto se estende aos aparelhos ligados em permanência à instalação. A intensidade do carregamento é tal que 80% da bateria é carregada em, aproximadamente, 30 min. O “estrangulamento” na transferência de energia para a bateria, imposto pelas características do carregador interno do veículo é contornado. A desvantagem é a elevada alocação de potência

que estes equipamentos solicitam à Instalação Elétrica a que estão interligados e o desgaste que poderão provocar nas baterias, acelerando o processo de perda de característica das mesmas.

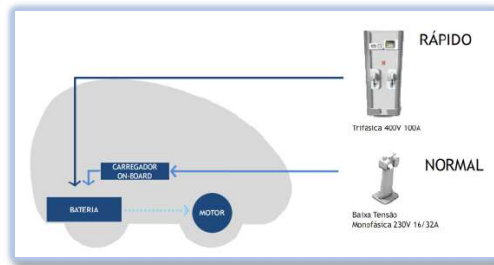


Figura 21 – Exemplo que retrata a diferença entre carregamento rápido e normal

Estes tipos de PC normalmente estão instalados em empresas, espaços públicos comerciais, áreas de serviço, e vão permitindo uma melhor gestão na programação de viagens mais longas.

### 2.8.3 Tipos de Posto de Carregamento

O critério de funcionalidade, a necessidade do utilizador e os modos de carga disponíveis permitem segmentar as diferentes tecnologias de postos de carregamento atualmente existentes.

#### Postos de Carregamento Portáteis:

São especialmente úteis para quem possui uma multiplicidade de locais para efetuar o carregamento, bem como a perspetiva de realizar viagens relativamente longas, Figura 22. Para além disso, com um simples suporte é fácil transformar um carregador de portátil num “carregador de parede - Wallbox”. Associado ao modo de carga 1 e 2.



Figura 22 – Exemplo de PC Portátil (VW XL1)

#### Postos de Carregamento de Parede:

Instalados na parede, são a opção mais conveniente, cómoda e usual para os utilizadores de VE, Figura 23. Supõe um investimento mais elevado que os dispositivos de carregamento portátil, mas apresentam uma maior comodidade no carregamento da viatura elétrica. Associado ao modo de carga 3.



Figura 23 – Exemplo de PC tipo Wallbox (Centro técnico VW)

**Postos de Carregamento em Poste:**

O tipo de PC em poste não está pensado para o carregamento doméstico. São normalmente encontrados em empresas ou no espaço público, Figura 24, onde o projeto de investimento é significativo. Associado ao modo de carga 3 e 4.



Figura 24 – Exemplo de PC Poste (IKEA Loures)

### 3. Mobilidade Elétrica em Portugal

#### 3.1 Introdução

A rede nacional de Mobilidade Elétrica em Portugal é mais conhecida pelo nome da empresa que faz a gestão da atividade, a MOBI.E. Desde o início que os objetivos principais são contribuir para um desenvolvimento de uma mobilidade sustentável e para o aumento da eficiência energética no transporte.

A Resolução do Conselho de Ministros n.º169/2005 de 24 de outubro de 2005, que aprovou a Estratégia Nacional para a Energia, associada a alguns dos objetivos fixados pela Diretiva n.º2006/32/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 5 de abril, estabeleceu a obrigação dos Estados membros publicarem um plano de ação para a eficiência energética, abriu portas à aprovação do *Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE)– Portugal Eficiência 2015*, com a Resolução do Conselho de Ministros n.º80/2008 de 20 de maio [26].

O PNAEE foi criado com o intuito de convergir a estratégia Portuguesa com as tendências dos diversos membros da comunidade europeia, adotando novos modelos para a mobilidade dentro das cidades, de grande propensão à sustentabilidade ambiental.

Então, tornou-se indispensável a criação de incentivos e regulamentação que possibilitasse um ambiente favorável à inovação e atrativa aos investidores. Através da Resolução de Ministros n.º20/2009 de 20 de fevereiro, foi aprovada a criação da rede piloto de carregamento de VE bem como uma série de medidas para o seu desenvolvimento.

Como houve a necessidade de definir os seus princípios fundamentais, o Governo através da Resolução do Conselho de Ministros n.º81/2009 de 7 setembro, aprovou o Programa para a Mobilidade Elétrica (PME). Este projeto desenvolvido ao longo do ano de 2009, apoiado pelo Fundo de Apoio à Inovação (FAI), foi ao encontro dos objetivos nacionais e europeus, de redução da dependência energética e de combate às alterações climáticas, promovendo a substituição do uso de combustíveis fósseis e a consequente redução de emissões no sector dos transportes. Permitiu que a implementação da Mobilidade Elétrica em Portugal fosse baseada num conceito de sistema de carregamento que anteciparia as principais tendências, que se começam a consolidar a nível dos principais países da União Europeia [27].

A fase piloto do programa arrancou em 2010 (DL 39/2010) e a primeira resposta não foi muito positiva, verificando-se uma introdução reduzida do número de veículos elétricos no mercado português, que culminou numa fraca utilização das infraestruturas criadas para o efeito.

Com Portugal a atravessar uma grave crise económica e financeira, culminando com o pedido de ajuda externo e a chegada da *Troika*, levou a que em 2012 assistíssemos à interrupção do

projeto, resultando na suspensão da instalação de Postos de Carregamento e na inexistência de manutenção dos existentes. O previsível recuo nas vendas de VE, devido às medidas de austeridade impostas, levaram ao cancelamento dos incentivos de aquisição de veículos elétricos. Contudo, este “insucesso” inicial permitiu o teste e o desenvolvimento de soluções tecnológicas de um modelo de mobilidade inovador.

Em 2014, depois de toda a experiência que foi adquirida, o quadro legal inicial (antigo DL 39/2010) foi atualizado com o principal objetivo de estimular a procura e também de garantir a sustentabilidade do projeto (DL 90/2014). Foram definidos novos grupos alvo, novos cenários de penetração, foram revistas as principais atividades da Mobilidade Elétrica e por consequência a reorganização de funções, desde agentes de gestão da rede, como sistemas de informação ou serviços de suporte a agentes de mercado e utilizadores. O alargamento da aplicação da legislação e dos princípios da rede Mobilidade Elétrica às regiões autónomas dos Açores e da Madeira, foi também uma das medidas de incentivo.

A sociedade gestora da empresa MOBI.E é constituída por diversas entidades. A EDP Distribuição, concessionária da rede nacional de distribuição de eletricidade, é a empresa com a maior participação, pelo menos 51% do capital, ficando o restante disperso por outras entidades públicas e privadas, em participações de até 5% ou 10%, respetivamente.

Informação disponível no site da MOBI.E refere que existem mais de 500 postos de carregamento, que correspondem a cerca de 1250 pontos de carregamento em Portugal Continental e Região Autónoma da Madeira, fazendo-se representar num total de 50 municípios [28]. A rede conta ainda com muitos pontos de carregamento lento de baterias, mas também já vão surgindo, em maior número os pontos de carregamento rápido, em localizações estrategicamente escolhidas, Figura 25.



*Figura 25 – PC Rápido 50 kW (Estação Serviço A8 – Torres Vedras)*

A substituição de antigos PC lento com maior afluência e a criação de corredores elétricos nas autoestradas, interligando Portugal de Norte a Sul, são algumas das medidas mais esperadas pela comunidade de utilizadores de VE.

### **3.2 Atores, direitos e deveres**

Com a Resolução do Conselho de Ministros n.º20/2009, foi criado o Gabinete para a Mobilidade Elétrica em Portugal (GAMEP), dirigido por um gabinete no âmbito do Ministério da Economia e da Inovação. Este tinha como missão a criação dos mecanismos necessários para o arranque da rede piloto e toda a definição da gestão técnica, financeira e empresarial do programa. Foram então definidos os atores envolvidos, as suas responsabilidades, direitos e deveres.

#### EGME – Entidade Gestora da Rede Mobilidade Elétrica (MOBI.E até 12-06-2018 renovável por períodos mínimos de 1 ano – Despacho n.º 6826/2015)

A EGME é a entidade, constituída nos termos do Artigo 20.º do Decreto-Lei n.º39/2010, de 26 de abril, alterado pelo Decreto-Lei n.º90/2014, de 11 de junho, cuja atividade consiste na gestão e monitorização da rede de Mobilidade Elétrica, nomeadamente em termos dos fluxos energéticos, de informação e financeiros, necessários ao seu funcionamento.

#### CEME – Comercializador de Eletricidade para Mobilidade Elétrica

O CEME é uma entidade titular de licença de operação de pontos de carregamento e de registo de comercialização de eletricidade para a Mobilidade Elétrica, nos termos dos Artigos 7.º e 8.º do Decreto-Lei n.º39/2010, de 26 de abril, alterado pelo Decreto-Lei n.º90/2014, de 11 de junho, cuja atividade consiste na compra a grosso e venda a retalho de energia elétrica, para fornecimento aos UVE. (lista de empresas disponível no site da MOBI.E)

#### OPC – Operador de Ponto de Carregamento

O OPC é a entidade titular de licença, nos termos dos Artigos 14.º e 15.º do Decreto-Lei n.º 39/2010, de 26 de abril, alterado pelo Decreto-Lei n.º 90/2014, de 11 de junho, cuja atividade consiste na instalação, disponibilização, exploração e manutenção de infraestruturas de acesso público ou privativo, integradas na rede de Mobilidade Elétrica e que permitam o carregamento de baterias de veículos elétricos. (lista de empresas disponível no site da MOBI.E)

#### DPC – Detentor de Ponto Carregamento

O detentor de ponto de carregamento de acesso privativo é um possuidor de ponto de carregamento, que esteja situado em local de acesso privativo, integrado na rede de mobilidade elétrica.

#### UVE – Utilizador de Veículos Elétricos

O UVE é um cliente da rede de Mobilidade Elétrica que, para o carregamento das baterias do seu veículo, utiliza os pontos de carregamento integrados na Rede de Mobilidade Elétrica, sendo para o efeito estabelecido vínculo contratual com um ou mais CEME.

Foi atribuído à ERSE o importante papel de aprovação do Regulamento da Mobilidade Elétrica (Regulamento n.º 879/2015), que trata das matérias relativas à EGME sujeitas a regulação, ao relacionamento comercial entre os diversos agentes, na forma de comunicação do setor da Mobilidade Elétrica com o setor elétrico, e da proteção dos direitos e dos interesses dos UVE em relação aos preços e à qualidade de serviços.

### **3.3 Vetores de Desenvolvimento**

Considerando que estamos no final da fase piloto do lançamento da Mobilidade Elétrica em Portugal, declarada por muitos dos entendidos como o momento mais crítico do seu desenvolvimento, é tempo de iniciar a estruturação da próxima fase, a da massificação da tecnologia e fase comercial de exploração. Espera-se que nesse momento seja possível o aparecimento de novos modelos de negócio e que sejam economicamente sustentáveis.

É espectável que com a proliferação dos veículos elétricos, o carregamento doméstico continue a ser o mais competitivo, mesmo que possa obrigar a algum investimento inicial.

Quando o mercado começar a dar sinais de crescimento, tudo indica que a realidade passará pela criação de grandes infraestruturas de acesso público, localizadas em zonas de permanência habitual dos utilizadores. É esta a tendência que se observa em alguns mercados com um nível mais elevado de maturidade neste assunto.

Para que passemos a uma outra fase de desenvolvimento, as opiniões convergem no sentido de que é necessário simplificar e desregulamentar o atual modelo, permitindo aos agentes de mercado uma livre organização.

É defendido que o modelo deve ser fomentado conforme a Diretiva 2014/94/EU (transportada pelo Decreto-Lei n.º 60/2017, de 9 de junho) sugere, com medidas e legislação que promovam a eliminação de barreiras, a redução dos custos de entrada das infraestruturas, que dinamize a inovação e que favoreça a iniciativa dos privados, em concorrência e com liberdade de definição dos preços e das condições de serviço. Para permitir o rápido crescimento da rede, é muito importante incentivar os investidores a decidirem-se por infraestruturas de baixo custo, focando a qualidade do serviço, captando clientes e oferecendo uma maior visibilidade, com o objetivo de acelerar o retorno económico.

É de extrema importância englobar os municípios neste desenvolvimento, incentivando-os a agir dentro da sua área de responsabilidade, contribuindo com incentivos financeiros e não-financeiros, fomentando o sentimento generalizado que se está a instaurar uma discriminação positiva. Já alguns municípios aderiram, cumprindo o seu papel ao nível do incentivo local, e têm feito um esforço neste sentido, mas ainda é possível introduzir mais medidas, copiando, por

exemplo, alguns modelos positivos em vigor na Europa, e que possam ser enquadrados à realidade nacional. Medidas como o estacionamento temporário gratuito ou de preço reduzido (Lisboa já tem o Dístico Verde), prioridade na atribuição de autorizações de estacionamento, redes de *car-sharing*, carregamentos gratuitos (em Portugal ainda se verifica, exceto PCR), utilização de vias dedicadas a transportes públicos. São todas medidas que podem ser aplicadas em zonas de tráfego elevado (mais estacionamento e maior facilidade de circulação) e em zonas históricas e/ou centrais, assegurando menor poluição e ruído.

Estes incentivos podem ser de extrema importância nesta fase inicial do mercado, devendo ser revistos periodicamente e aferindo a pertinência/utilidade da sua manutenção.

Já fora das zonas habitacionais, é importante continuar a disponibilização do número de postos de carregamento rápidos nas autoestradas, visando a utilização entre cidades e regiões. Outro importante vetor de desenvolvimento poderá passar pela instalação desta tecnologia no interior do país, em maior número. Estando muitas destas regiões associadas fortemente ao turismo, poderá ser criado também mais um fator diferenciador. Seria também um importante reforço das ligações internacionais num país tão periférico, com postos de carregamento disponíveis perto das fronteiras. Muitas destas políticas ativas de apoio já foram estudadas e desenvolvidas um pouco por toda a Europa, estando agora a ser implementados uma série de grandes projetos, impulsionados pelo investimento público e por alguns fabricantes de automóveis.

A eletrificação das frotas pode ser outro importante agente impulsionador. O potencial que estas apresentam podem estimular o mercado, uma vez que estes veículos têm uma maior utilização que os veículos individuais. Seja através de veículos de empresas, ou até *car-sharing*, como são conduzidos por inúmeras pessoas, a provável boa experiência dos utilizadores será difundida e pode representar mais um fator de mudança.

A mudança de mentalidade é também um importante vetor de desenvolvimento. É certo que a generalidade dos consumidores tem um razoável conhecimento dos benefícios globais dos veículos elétricos, que por exemplo, não são barulhentos e não têm emissões de escape. Mas ao mesmo tempo, questões como tempo de carregamento da bateria, custo da eletricidade para percorrer 100 km, autonomias ou necessidade de manutenção, são temas que oferecem ainda algum preconceito e que assombram esta nova geração de veículos elétricos. Esta medida poderia refletir-se em campanhas públicas de informação e educação, onde se destaquem os atributos positivos e benefícios, ações de demonstração que permitam aos consumidores experienciar a utilização de um veículo elétrico.

### 3.4 Designação dos locais de instalação de PC

Este ano de 2019 trouxe uma novidade importante para quem pretende adquirir postos de carregamento. Em março foi anunciado um incentivo que abrange (apenas) os PC rápidos, ou seja, com potências superiores a 43 kVA, a ser instalados em espaços públicos ou privados, desde que seja garantido o acesso público aos mesmos. O objetivo principal é expandir a oferta da rede pública, fomentando mais ainda o uso destes veículos. O incentivo pode chegar a 50% do custo de aquisição e instalação, até um limite de 15 000 € por cada candidatura (Dotação global de 1 500 000 €).

Reconhecendo que a adesão das empresas à Mobilidade Elétrica pode ser decisiva para impulsionar as vendas deste tipo de veículos, e que até á bem pouco tempo não estava contemplado qualquer incentivo nesta área do sector, pode esta medida resultar num conforto essencial para as empresas que queiram efetivar a substituição da frota e assim munir-se de PC nas suas instalações.

Para os casos em que os encargos fiquem à responsabilidade dos próprios detentores, estes poderão também optar por solicitar a integração dos seus PC na Rede da Mobilidade Elétrica, de forma a usufruir da possibilidade de fornecimento de eletricidade para Mobilidade Elétrica ou de outros serviços associados e garantir os devidos acertos de energia com a instalação local (artigo 27.º - DL 90/2014).

De acordo com o guia técnico em vigor [18], o carregamento das baterias dos veículos elétricos, deve ser feito nas zonas dedicadas para o efeito e as respetivas canalizações devem ser concebidas de forma a não interferirem com as restantes Instalações Elétricas, afetas a outros serviços.

Para o dimensionamento, a potência mínima a considerar por cada ponto de conexão não deve ser inferior a 3680 VA, mas para os casos em que a potência seja superior, por cada ponto de conexão, é esse o valor que deve ser considerado, em substituição dos 3680 VA [18].

Como o fator de simultaneidade a aplicar é 1, a potência mínima total a considerar num parque de estacionamento deve ser obtida pelo somatório das potências atribuídas a cada um dos lugares de estacionamento, considerados para esse fim.

Para efeitos de obtenção do valor da potência mínima a disponibilizar nos parques de estacionamento para o carregamento de VE, deve ser considerado um número mínimo de lugares ( $N$ ), obtido pela aplicação da expressão a seguir indicada (1.1), com arredondamento para cima ao número inteiro mais próximo, consoante o caso:

a). Para os prédios de habitação multifamiliar, o número de lugares ( $N$ ) deve ser obtido pela expressão 1.1:

$$(1.1) \quad N = 0,8 + 0,2 \times n$$

em que  $n$  é o número total de lugares de estacionamento do parque, deduzido do número de boxes alimentadas diretamente das frações;

b). Para as situações não abrangidas pela alínea a), em que o carregamento do VE seja efetuado em zona dedicada, o número de lugares ( $N$ ) deve ser obtido pela expressão 1.2:

$$(1.2) \quad N = 0,9 + 0,1 \times n$$

em que  $n$  é o número total de lugares de estacionamento do parque.

Na situação da alínea b), para os parques de estacionamento de grande dimensão (com capacidade superior a 400 veículos) o número de lugares destinados ao carregamento de VE ( $N$ ) pode ser limitado a 41 [18].

No anexo 10.3 está a listagem de fabricantes de PC autorizados ou licenciados.

### 3.5 Resposta às necessidades, críticas

É tão importante conhecer os modelos de VE disponíveis e as suas especificações, os benefícios fiscais ou incentivos financeiros, como ter consciência da experiência diária dos utilizadores habituais.

Em janeiro de 2018, a rede pública abasteceu menos de metade dos utilizadores de veículos elétricos que estão registados na MOBI.E, o que sugere que até à data, os seus proprietários não confiam nos postos de rua, ou não precisam deles, porque conseguem efetuar os carregamentos dos veículos em pontos de carregamento privados (casa ou trabalho).

Em março do mesmo ano, a rede pública de carregamento vem acumulando críticas de utilizadores em fóruns online da especialidade, quer pelas avarias nos postos ou pelos roubos de cabos de alimentação, quer pelo aumento das filas de espera nos PC, denunciando a latente escassez de tomadas disponíveis. O sentimento mais comum nos utilizadores da rede pública, prende-se com a incerteza generalizada, pois não se importariam de pagar para efetuar o carregamento, desde que tivessem a garantia que o posto estaria a funcionar. Estes problemas com a rede pública de carregamento impede que os VE sejam uma solução geral e democrática, pois é quase obrigatório ter uma garagem ou lugar de estacionamento privado, onde haja a plena confiança que se possa efetuar o carregamento da viatura.

Os responsáveis da MOBI.E já admitiram que cerca de 20% dos PC estão indisponíveis. Situação que não revela surpresa, uma vez que a rede esteve ao abandono durante 5 anos, mas está agora em franca recuperação. Em alguns casos só é possível que voltem a funcionar com uma atualização tecnológica de larga escala.



Figura 26 – Exemplo de PC vandalizado: MOBI.E (Rua da Cintura do Porto de Lisboa)

Não como resposta a todas estas críticas, mas porque existe uma necessidade natural de renovação e atualização da rede Mobilidade Elétrica, a entidade gestora MOBI.E, em março de 2017, lançou um concurso para proceder à atualização da potência dos 100 postos mais utilizados no país, de 3,7 kVA para 22 kVA.

No entanto, e para a associação de utilizadores de veículos elétricos (UVE), que acompanha de perto desde de 2016 o relançamento da rede pública de carregamentos, assinala que existe um abrandamento no ritmo da instalação dos PC Rápidos, bem como a atualização tecnológica dos PC Normais, da sua manutenção e recuperação, assim como a instalação de PC de 22 kVA, ao abrigo dos novos concursos já lançados.

A UVE alerta todas as entidades intervenientes para a necessidade urgente de simplificar, desburocratizar ou agilizar os processos, pois podem agravar alguns dos constrangimentos já identificados, como processos de certificação, homologação e licenciamento de equipamentos e de instalações (algumas delas requerem um novo ramal elétrico, ou aumento de potência do já existente) [29]. Um fator determinante na adoção dos VE pelos consumidores, é a existência de uma rede de carregamento abrangente que mitigue as limitações associadas à autonomia, e em Portugal, com muitos avanços e recuos, está em vias de ser terminada a fase piloto e iniciada a fase de comercialização.

### 3.6 Pagamento dos carregamentos

O início das cobranças nos postos de carregamento rápidos, cuja eletricidade é suportada pelos operadores e não pelo Estado, foi iniciada a 1 de novembro de 2018, depois de ter sido sucessivamente adiada ao longo dos anos de 2017 e 2018. Em relação aos pagamentos nos PC normais, só deverão começar a ser pagos em meados de 2019, data que coincide com a perspetiva da MOBI.E em terminar a recuperação da rede.

Algumas das justificações avançadas pela MOBI.E para os sucessivos adiamentos, têm em consideração que muitos utilizadores pretendiam mais tempo para avaliar a adesão a um CEME, tal como os CEME manifestaram a vantagem de dispor de mais tempo para melhorarem as condições de acesso e as opções tarifárias que pretendem oferecer. Além disto, continuam algumas questões tecnológicas por ajustar, sobretudo relacionadas com a interligação dos sistemas de informação dos diferentes intervenientes.

Um tema que ofereceu preocupação por parte dos utilizadores de VE, seria a vontade do governo em efetuar a cobrança da Contribuição Audiovisual (CAV) na fatura da Mobilidade Elétrica. Esta taxa abrange todas as Instalações Elétricas, e não apenas de uso doméstico. Contudo, já existe a certeza que os utilizadores da MOBI.E não vão suportar este custo, depois de negociações entre o Governo e a ERSE. Este avanço vai na direção da opinião da UVE, onde tantas vezes é referida a urgência de iniciar a fase de pagamento dos carregamentos rápidos, pois os repetidos adiamentos ao longo dos últimos meses, têm impedido que os operadores vejam no sector uma oportunidade de investimento, quando poderia beneficiar a rede de um crescimento mais sustentável.

Claramente aos comercializadores interessa, por um lado manter o custo do serviço o mais baixo possível para que possam garantir aos clientes tarifários competitivos e condições vantajosas nos carregamentos e por outro procuram ser recompensados pelo investimento nos equipamentos e garantir a sua manutenção.

### 3.7 Estatística do Parque Automóvel

De um modo generalizado, todos os países devem de apostar numa renovação constante dos seus parques automóveis, com o objetivo de melhorar as condições de funcionamento dos veículos, e principalmente por questões de segurança rodoviária. O parque automóvel nacional de ligeiros de passageiros tem vindo a crescer lentamente, tendo atingido no fim de 2016 os 4,6 milhões de veículos, Figura 27.

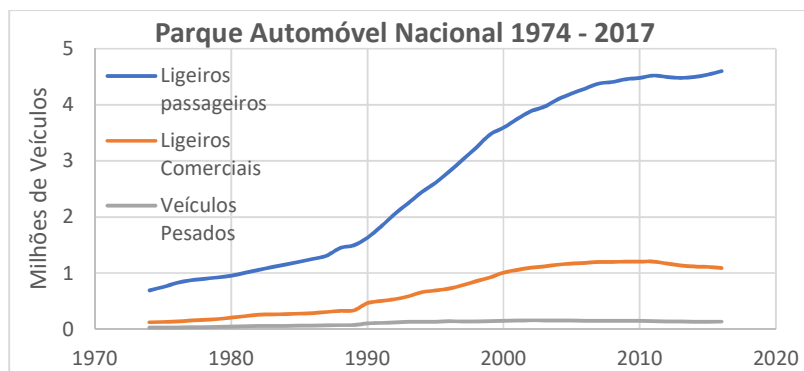


Figura 27 – Parque Automóvel de 1974 a 2017 [31]

De acordo com um estudo da ACAP [30] a média de idade dos carros que circulam nas estradas portuguesas também voltou a aumentar. No fim de 2016 a idade média era de 12,5 anos e em 2017 de 12,6 anos (este último já foi divulgado, mas os dados ainda não estão disponíveis).

A elevada fiscalidade automóvel e a grave crise económica vivida, são alguns dos fatores responsáveis pela contração nas vendas de veículos dos últimos anos. Em 2017, o mercado automóvel teve um crescimento de 7,7% face a 2016, Figura 28. Esta percentagem de crescimento perspetiva um estabilizar do mercado nacional nos seus valores normais.

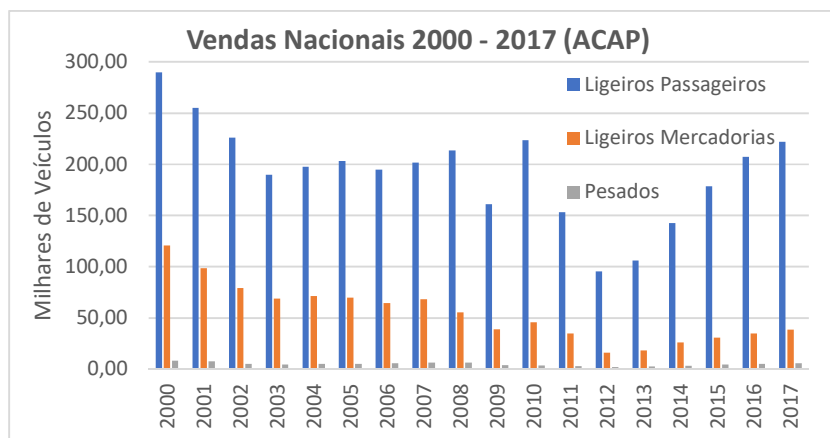


Figura 28 – Vendas de Veículos de 2000 a 2017 [31]

Esta recuperação dos últimos anos nas vendas de automóveis, ainda não foi argumento suficiente para inverter a tendência de envelhecimento do parque automóvel nacional. Se tivermos em consideração que neste momento existem incentivos financeiros e benefícios fiscais na aquisição de VE e PHEV's, ou relembando as medidas de incentivo ao abate, a realidade poderia ser pior. As Figuras 29 e 30 mostram de forma aprofundada, a idade do parque automóvel nacional, tendo em conta os últimos dados disponibilizados pela ACAP [31].

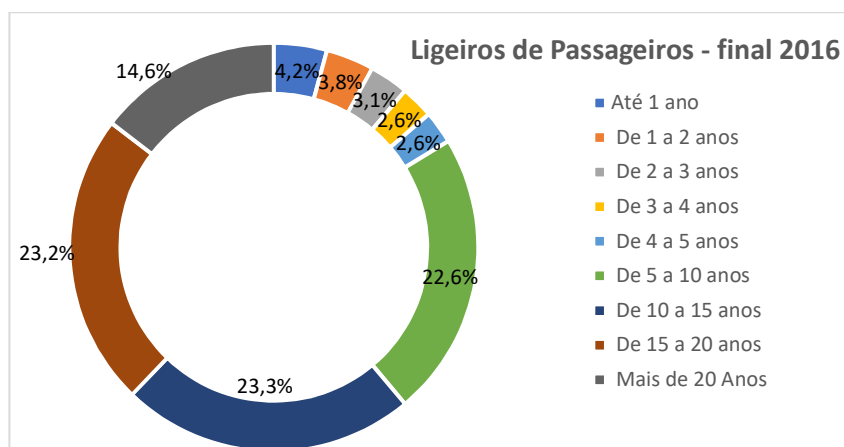


Figura 29 – Idade Ligeiros Passageiros em circulação – final 2016 [31]

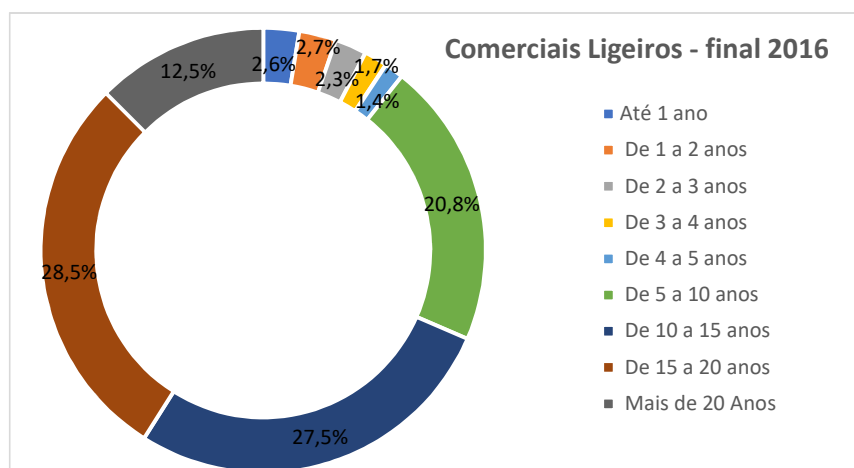


Figura 30 – Idade Comerciais Ligeiros em circulação – final 2016 [31]

Neste momento existe o receio do aumento dos preços dos carros novos. O novo cálculo do imposto sobre os novos valores das emissões poluentes (Novo ciclo de consumos e emissões - WLTP), que vem reduzir a disparidade entre os consumos anunciados e os consumos reais dos automóveis, fará com que os modelos mudem de escalão, e em alguns dos casos o preço pode encarecer de forma significativa. As novas tabelas de Imposto Único Automóvel (IUC) e do Imposto sobre veículos (ISV), já estão aplicadas no presente Orçamento de Estado.

### 3.8 Enquadramento Europeu

Muito do que está a ser desenvolvido em Portugal segue as indicações das normas da Comunidade Europeia, mas se em alguns dos setores da Mobilidade Elétrica estamos bem posicionados, há outros que ainda se notam algumas diferenças e em que é necessário um maior investimento.

#### 3.8.1 Grau de Maturidade

Em Portugal, o crescimento dos últimos anos das vendas de veículos elétricos e híbridos *plug-in*, revelam o interesse e a procura que existe neste segmento do mercado. Em 2010, venderam-se cinco veículos híbridos *plug-in*. Em 2017, as vendas foram de 2444 unidades. Nos veículos elétricos puros, o crescimento foi de 117% em 2017, Figura 31.

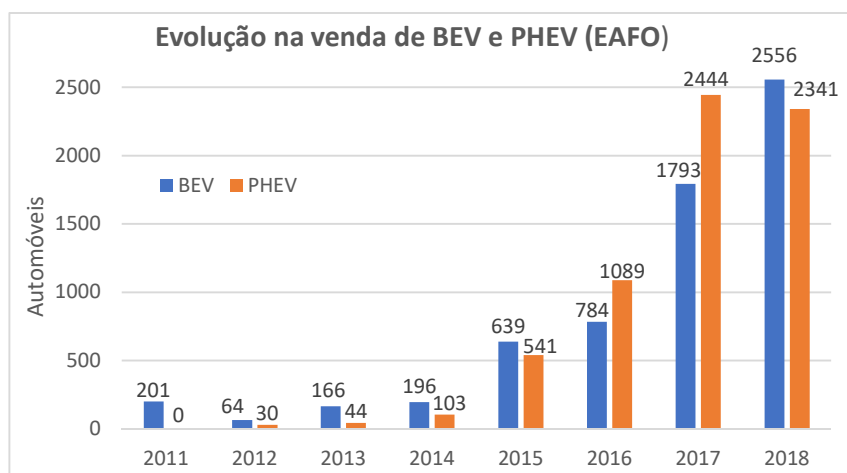


Figura 31 – Evolução das Vendas de BEV e PHEV em Portugal [32]

Nos últimos dois anos, a preferência caiu sobre os veículos PHEV, talvez refletindo a latente falta de investimento e quebra de confiança generalizada dos utilizadores na rede de Mobilidade Elétrica. Este ano (2018) já se assiste a uma recuperação significativa dos BEV, suportada também pela anunciada aposta na renovação dos PC de acesso público e na consolidação dos corredores entre regiões nas autoestradas, com a instalação de PC rápidos em algumas áreas de serviço, Figura 32.

Na escolha entre BEV e PHEV, para além dos encargos com a viatura, é também importante ter em conta o tipo de utilização pretendida. Se a preferência for por um veículo tipicamente citadino, de segmento pequeno ou médio, com um uso generalizado apenas de distâncias curtas, o BEV é a opção mais lógica. Por outro lado, um PHEV, já é uma viatura que pode ter um segmento mais elevado, o recurso a duas fontes de tração garante uma maior autonomia.

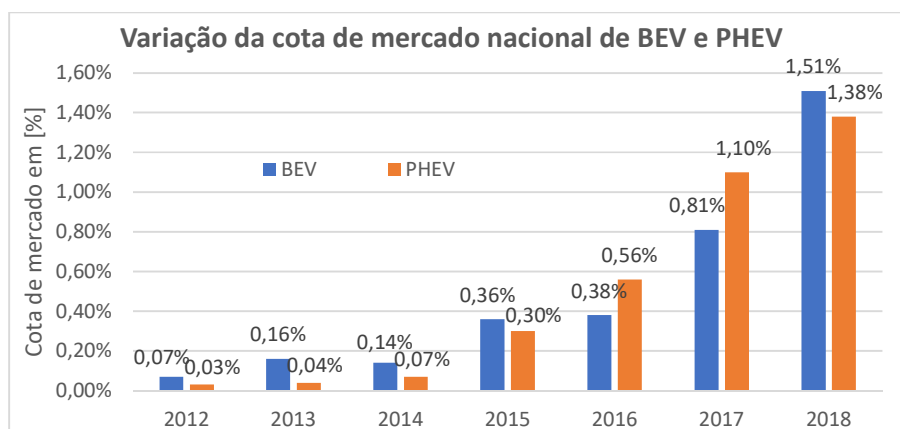


Figura 32 - Cota de Mercado de BEV e PHEV em Portugal - 2018 [32]

Atualmente, os Híbridos disponíveis no mercado apresentam também uma grande vantagem ao nível da capacidade da bateria, onde muitas delas já permitem que um percurso diário seja

efetuado apenas em modo elétrico. A disponibilidade de stock nos concessionários dos fabricantes, em alguns casos é, também relevante na hora de optar por BEV ou PHEV.

Apesar de algumas notícias que durante o ano de 2018 antecipavam uma regressão nas medidas de incentivo à aquisição e a fragilidade que a rede MOBI.E ainda apresenta em muitas zonas do país, Portugal consegue manter-se no TOP10 dos países da zona Euro com maior cota de mercado de BEV's. Não deixa de ser um prémio para todos aqueles que “remam contra a maré” e apostam na Mobilidade Elétrica, diariamente.

Dos números decorrentes da atividade em curso do ano de 2018, da Figura 33 a 36, ainda que provisórios, curiosamente colocam Portugal numa posição melhor comparativamente a países como a Alemanha e a França, onde os indicadores económicos são bastante mais sólidos e otimistas, com incentivos de aquisição bastante mais apelativos e com uma aposta na rede pública de carregamento não comparável à realidade nacional. A Noruega é um caso extraordinário de sucesso, onde a quota de BEV já ultrapassa os 26%, ou seja, mais de um quarto dos veículos que compõem o parque automóvel Norueguês, são elétricos puros.

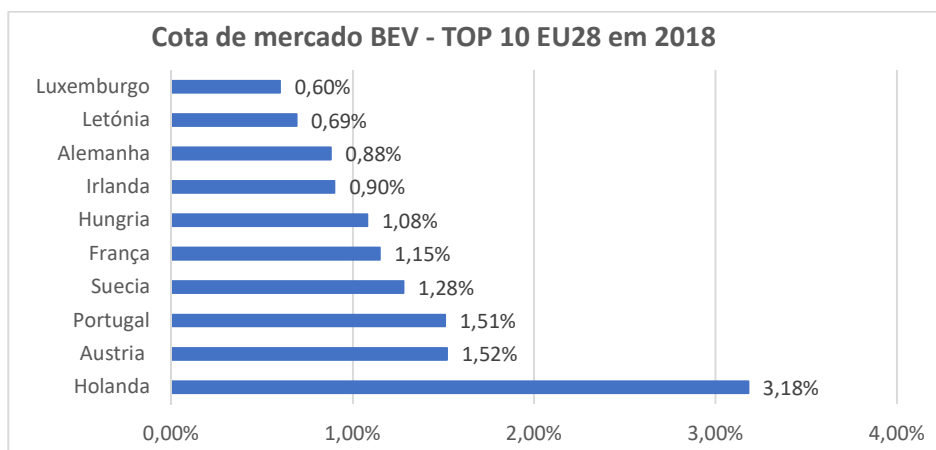


Figura 33 - TOP10 EU28 com maior cota de mercado provisória de BEV – 2018 [32]

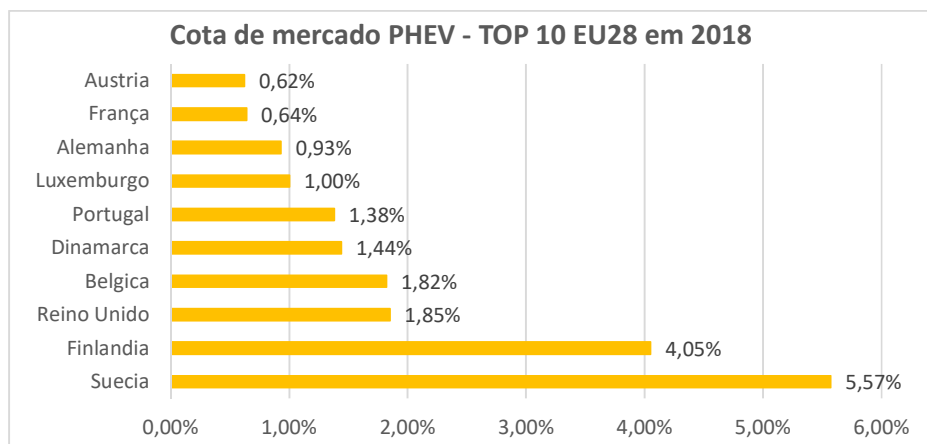


Figura 34 – TOP10 EU28 com maior cota de mercado provisória de PHEV – 2018 [32]

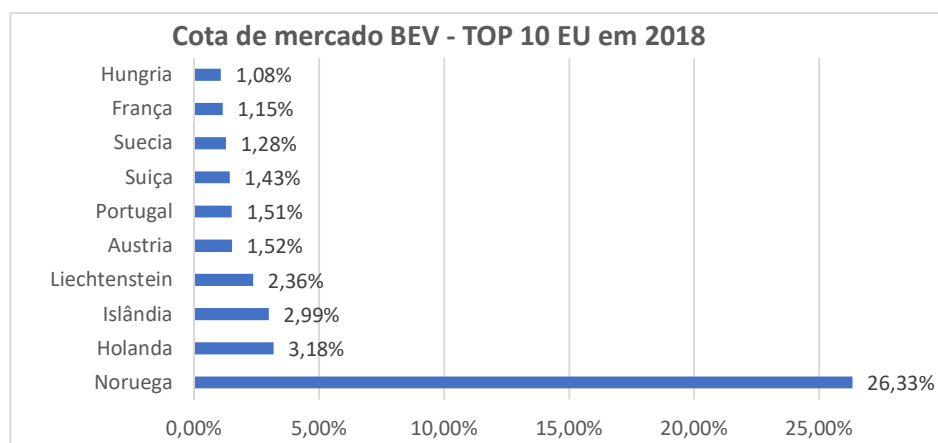


Figura 35 – TOP10 Europa com maior cota de mercado provisória de BEV – 2018 [32]

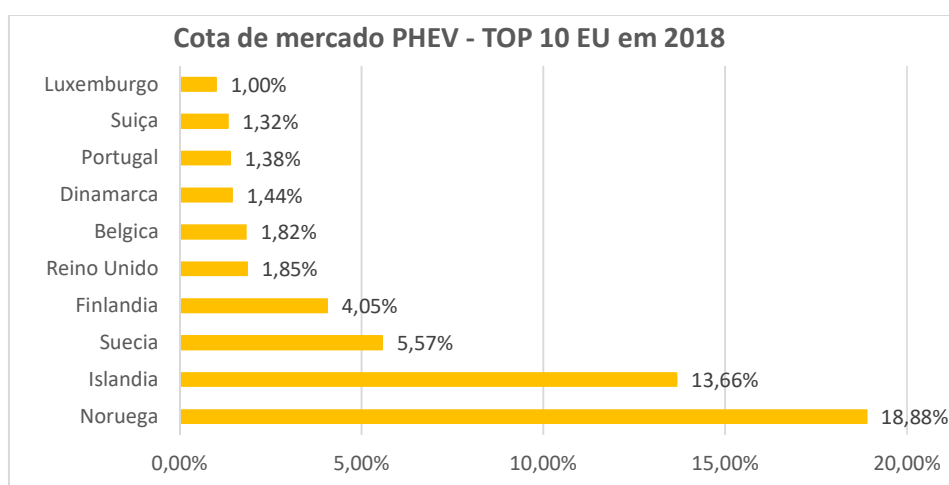


Figura 36 – TOP10 Europa com maior cota de mercado provisória de PHEV – 2018 [32]

De forma objetiva, durante a fase de arranque da Mobilidade Elétrica, é considerado que a relação entre o número de PC de acesso público e número de BEV é um importante indicador do compromisso governamental, mas não um fator crítico no desenvolvimento da tecnologia, Figura 37. Um comprometimento sério do Estado tem como objetivo encorajar os consumidores, reduzir os riscos dos investidores e incentivar os fabricantes a alargar a escala de produção.

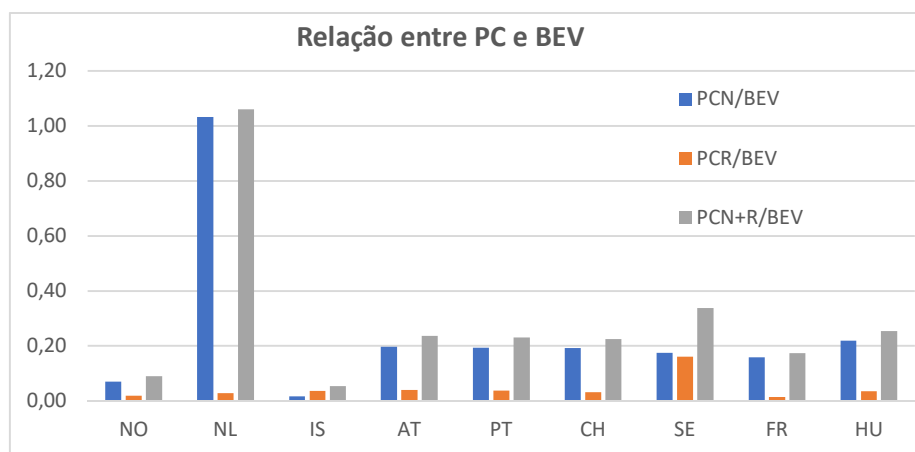


Figura 37 – Relação entre o número de PC e a quantidade de BEV [32]

Na Noruega, o número de PC públicos não acompanhou o rápido crescimento do número de BEV's, resultando num valor reduzido da relação PC/BEV. Isto sugere que o crescimento da rede de PC não depende do número de vendas de BEV's, mas sim de fatores como o tamanho do país, do número e do tipo de habitações, e da densidade populacional. Nos países Nórdicos, os utilizadores preferem o carregamento doméstico porque têm as condições ótimas para tal. Devido aos invernos rigorosos, todas as garagens estão equipadas com tomadas preparadas para potências elevadas, utilizadas para o aquecimento do espaço e que agora também utilizadas para efetuar o carregamento das viaturas [33].

Na Holanda, país relativamente pequeno e tão densamente povoado, é difícil ter acesso a um parque privado por parte dos utilizadores de BEV's, o que cria uma grande dependência da rede pública de carregamento e a uma relação PC/BEV com um valor bastante elevado.

### 3.8.2 Incentivos de aquisição

Para o OE de 2019, o governo Português decidiu manter, de uma forma geral, os incentivos na compra de veículos elétricos, motociclos de duas rodas e ciclomotores elétricos, ainda assim existem algumas diferenças. De realçar o aumento do valor do incentivo de 2 250 € para 3 000 € para os particulares e a redução do número de viaturas (5 para 4) que uma empresa pode englobar numa candidatura ao fundo ambiental.

A Tabela 3 resume algumas das medidas adotadas por diversos países Europeus, que visam o desenvolvimento da Mobilidade Elétrica:

Países	Subsídio compra	Impostos	Outros
<b>Portugal (MOBI.E)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empresas: 2 250 € (até 4 viaturas); Particulares: 3 000€ (primeiras 1000 unidades – excluindo a partir de 62 500 €);</li> <li>• 400 € ou 20% Motos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ISV BEV isentos;</li> <li>• ISV PHEV pagam 25%;</li> <li>• IUC BEV isentos.</li> </ul>	
<b>Espanha (Movea)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entre 1 100 € e 15 000 €, BEV/PHEV, de acordo com a autonomia, do preço ou se é empresa/particular;</li> <li>• 700 € a 750 € motociclos elétricos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IUC até 75%, depende da região;</li> <li>• Para empresas, reduções nos impostos de 30% se BEV e 20% se PHEV.</li> </ul>	
<b>Itália</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entre 1 800 € e 5 000 €, de acordo com o grau ecológico do veículo;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• IUC isentos durante 5 anos, depois beneficiam de uma redução de 75%.</li> </ul>	
<b>França</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trocar um Diesel (2016) por um BEV, ilegível para bónus entre 6 000 € e 4 000 €;</li> <li>• Trocar um Diesel (2016) por um PHEV, ilegível para bónus entre 1000 € e 2500 €;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BEV ou PHEV, ambos têm 50% desconto no registo matrícula, ou isentos, dependendo da região;</li> <li>• Empresas: BEV isentos, PHEV isentos durante 2 anos.</li> </ul>	
<b>Reino Unido</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PHEV garantem 35% do custo da viatura, até máximo de £ 4 500;</li> <li>• Carrinha (Van), 20% do custo, até limite de £ 8000.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Isentos os veículos elétricos que custam abaixo de £ 40 000;</li> <li>• Para empresas, PHEV com emissões inferiores a 50 g/km de CO<sub>2</sub>, em 2017/2018 -9%, em 2018/2019 -13% e em 2019/2020 -16%.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para veículos a Diesel, os impostos acrescem 4-8%.</li> </ul>
<b>Alemanha</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abaixo dos 60 000 €, BEV: 4 000 € e PHEV: 3 000 €;</li> <li>• Empresas: Desconto no preço de 250 €/km de autonomia, até 7 500 € para BEV e PHEV, em 2018.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10 anos de isenção IUC para BEV registados entre 2011 e 2020;</li> <li>• Os PHEV têm desconto consoante as emissões de CO<sub>2</sub>.</li> </ul>	
<b>Holanda</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imposto de aquisição: BEV isentos, PHEV adicionalmente com base nas emissões de CO<sub>2</sub>;</li> <li>• Imposto propriedade: BEV isentos, PHEV 50%;</li> <li>• Empresas: 4% BEV e 22% PHEV e veículos alta emissão CO<sub>2</sub>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taxa propriedade: veículos com alta emissão de CO<sub>2</sub> com mais de 12 anos pagarão mais 15% depois de 2019.</li> </ul>
<b>Noruega</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Isenção do imposto de aquisição e IVA: BEV;</li> <li>• Isenção do IVA foi alargada ao leasing, em 2015;</li> <li>• Os PHEV receberam uma redução de 26% do imposto de registo.</li> </ul>	
<b>Suécia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Privado ou empresas: BEV (SEK 40 000), PHEV com emissões abaixo de 50 g/km CO<sub>2</sub> (SEK 20 000);</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Isenção de 5 anos de IUC a BEV e PHEV com consumo abaixo de 37 kWh/100 km;</li> <li>• Empresas: redução de imposto em 40% para BEV e PHEV.</li> </ul>	
<b>Dinamarca</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imposto de matrícula aumenta gradualmente: 20% em 2016, 40% em 2017, 65% em 2018, 90% em 2019 e 100% em 2020;</li> <li>• Em 2017, foi introduzida dedução consoante a capacidade bateria e manteve o imposto nos 20% por mais dois anos ou até 5000 registos.</li> </ul>	
<b>Finlândia</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Imposto de registo é aplicado consoante as emissões de CO<sub>2</sub>, para os BEV a taxa é de 3,8% em 2017 e 2,7% em 2019.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A taxa máxima é imposta quando as emissões estão acima de 360 g/km de CO<sub>2</sub> (50% custo de importação).</li> </ul>
<b>Islândia</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Isenção de IVA: BEV até 1440000 ISK, PHEV até 9600000 ISK;</li> <li>• Imposto de registo agrava-se consoante os níveis de emissão de CO<sub>2</sub>, veículos abaixo de 80 g/km de CO<sub>2</sub> estão isentos.</li> </ul>	

Tabela 3 – Resumo de incentivos e deduções de impostos - espaço Europeu [32]



### Projeto ULTRA-E (março de 2016)

Este projeto tem dois objetivos:

Implementar uma rede piloto de 25 carregadores ultrarrápidos (150-300 kW) nas principais vias Europeias interligando Holanda, Bélgica, Alemanha e Áustria, Figura 39, trazendo benefícios diretos aos utilizadores de VE [50].

Utilizar esta experiência piloto para impulsionar/promover os carregadores ultrarrápidos na Europa. Tal vai ser realizado através da análise dos mercados e modelos de negócio, fazendo a avaliação da experiência piloto e do plano de promoção. Neste contexto, será estudada a oportunidade de utilizar os instrumentos financeiros inovadores do Banco de Investimento Europeu.

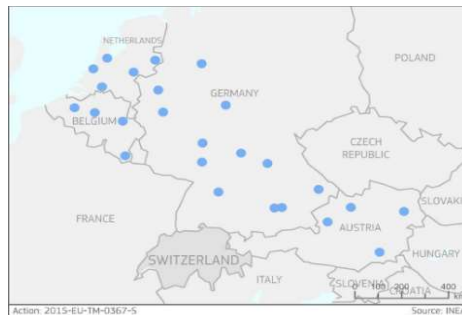


Figura 39 – Mapa com implementação ULTRA-E (Fonte: ec.europa)

O custo estimado do projeto é de 13 085 300 € e a EU tem prevista uma contribuição máxima de 6 542 650 €. O projeto iniciou em março de 2016, terminando em dezembro de 2018.

O parceiros deste consorcio são a Allego, Audi, BMW, Magna, Renault, Hubject e outros.

### Projeto IONITY (2017)

Este projeto prevê a implementação de cerca 400 estações de carregamento equipados com PC (ultra) rápidos, com uma capacidade até 350 kW, nas estradas principais da Europa até 2020. Durante o ano de 2017 iniciaram-se os trabalhos em 20 estações nas principais estradas da Alemanha, Noruega e na Áustria, em intervalos de 120 Km, e em 2018 estão previstas a construção de mais 100 estações, Figura 40.

Com uma capacidade até 350 KW por ponto de carga, a rede utilizará a ficha Europeia estandardizada CCS, com o objetivo de reduzir o tempo de carga comparativamente a outros sistemas de carregamento. A abordagem “brand-agnostic” e a distribuição transversal ao nível europeu, cria a expectativa de tornar os veículos elétricos mais apelativos.





## 4. Impactos no Sistema Elétrico Nacional

### 4.1 Sistema Elétrico Nacional

O SEN foi concebido para a função de produzir e entregar energia elétrica aos consumidores. A eletricidade é produzida em centrais elétricas, normalmente situadas em locais afastados dos pontos de consumo. Desta forma, é necessário efetuar o transporte da energia produzida até aos consumidores. À saída das centrais de produção, a energia é injetada na Rede de Transporte de Energia com um elevado nível de tensão (MAT: 400, 220 e 150 kV). Depois, esta energia é entregue em subestações, normalmente estrategicamente colocadas nas periferias das cidades, e é transformada para um nível mais baixo de tensão (AT: 60 kV; MT: 30,15 ou 10 kV), capaz de ser entregue à Rede de Distribuição. Já muito perto do consumidor final, existem os Postos de Transformação que são parte integrante da Rede de Distribuição, onde é reduzido o nível de tensão de forma a que a eletricidade possa ser utilizável a nível doméstico. A Figura 42 exemplifica o SEN atual.

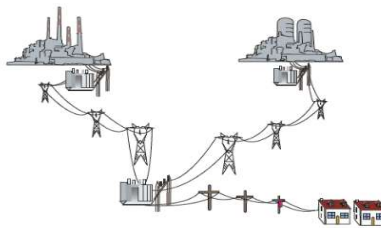


Figura 42 – Representação Sistema Elétrico tradicional

As atividades de Transporte e Distribuição de energia elétrica é realizada pelos respetivos operadores, a REN e a EDP Distribuição. Cada um destes deve de assegurar o plano de desenvolvimento (PDIRT [35] e PDIRD [37]) de forma cíclica e considerando todas as demais exigências técnicas e regulamentares, bem como a evolução do consumo e pontas, discriminando entre outros pontos a criação de cenários que antecipam a evolução das poupanças de energia resultante de medidas de eficiência energética e o aumento da necessidade no consumo proveniente da evolução da Mobilidade Elétrica. A EDP Distribuição, ao contrário da REN, considerou que em relação à penetração do veículo elétrico, o PDIRD sugere que o impacto na rede não apresentará grande relevância, devido ao elevado grau de incerteza com base no seu estado atual e à previsão de crescimento para os próximos 2 a 3 anos.

### 4.2 Sustentabilidade ambiental dos VE

A sustentabilidade da Mobilidade Elétrica sai claramente reforçada quando o perfil de produção de energia elétrica apresenta uma baixa emissão de CO<sub>2</sub>. Quanto maior for a produção de energia proveniente de fontes renováveis, menor será o custo ambiental de utilização de um

VE. Mas a principal desvantagem ainda é a construção do VE, onde a bateria representa um custo ambiental elevado de fabrico. Este fator é decisivo para elevar o custo ambiental de produção de um VE em comparação com um veículo convencional de combustão.

Neste fase deste trabalho, o objetivo é quantificar esta desvantagem e verificar quando a Mobilidade Elétrica é uma verdadeira alternativa ambiental quando comparada com os veículos convencionais. Para este exercício de comparação é considerada uma previsão de utilização idêntica. Como o custo ambiental de produção é entendido como semelhante, não será tido em conta (com exceção da bateria). Como é pretendido colocar a Mobilidade Elétrica num cenário claramente conservador, não foram assumidos quaisquer custos ambientais de produção com o combustível fóssil ou com a distribuição (por exemplo: refinarias, transporte, etc.).

O fator de emissão anual considerado é o mesmo atribuído aos clientes residenciais e pequenos negócios, discriminado na fatura de qualquer comercializador (FE=268,76 CO<sub>2</sub>(g/kWh)).

O VE utilizado para esta comparação é um ligeiro comercial da Renault, o **Kangoo ZE 33 kWh**, modelo sugerido para substituir os veículos atuais da frota da empresa ISQ, com um consumo médio anunciado de 15,5 kWh/100 km. Esta informação permite-nos obter quais as emissões de CO<sub>2</sub> resultantes num qualquer percurso, através da fórmula (2.1):

$$(2.1) \quad 268,76 \text{ CO}_2 \times \frac{\text{g}}{\text{kWh}} \times 15,5 \frac{\text{kWh}}{100 \text{ km}} = 41,66 \text{ g/km}$$

Considerando que durante o fabrico da bateria, por cada kWh de capacidade são emitidos cerca de 200 kg de dióxido de carbono, a sua produção cria uma desvantagem inicial de 6600 kg de emissões de CO<sub>2</sub> [38].

Para que a comparação seja coerente, foi escolhido um veículo da mesma gama mas a gasóleo, a **Ford Transit Courier**, modelo utilizado pela empresa ISQ no presente, com uma média anunciada de 0,12 kg CO<sub>2</sub>/km de emissões. Neste caso, para que se identifique o momento em que a mobilidade elétrica passe a ser uma mais valia em termos ambientais, é utilizada a seguinte fórmula para calcular quais os quilómetros a percorrer para que tal se verifique (2.2):

$$(2.2) \quad (0,12 \times x) = 6600 + (0,04166 \times x)$$

Sendo  $x$  o número de quilómetros a apurar.

$$x = \frac{6600}{0,12 - 0,04166} = 84248 \text{ km}$$

É proposto que as viaturas em estudo apresentem um padrão de utilização típico de uma viatura de serviço, circulando apenas durante a semana, percorrendo uma média de 130 km diários, totalizando mensalmente cerca de 2860 km. Com esta rotina de utilização, o valor anual de quilometragem chegará muito perto dos 35000 km, número idêntico ao contratualizado com a empresa de *Renting*, uma das formas de equipar o parque automóvel da empresa ISQ. Para o exemplo apresentado, o VE precisará de quase dois anos e meio para se tornar uma verdadeira alternativa ambiental.

É também possível quantificar a poupança de emissões diretas, por viatura, que esta alteração proporcionará:

$$(2.3) \quad 140000 \text{ km} - 84248 \text{ km} = 55752 \text{ km}$$

$$(2.4) \quad 0,12 \text{ kg CO}_2/\text{km} \times 55.752 \text{ km} = 6.690,24 \text{ kg CO}_2$$

Isto significa uma previsão média de 1672,56 kg CO<sub>2</sub> anual por viatura. Mas se considerarmos um universo de 450 unidades, apenas com a contribuição da empresa ISQ, por ano, poderão ser evitadas cerca de 753 t CO<sub>2</sub> de emissões de gases com efeito de estufa proveniente da mobilidade dos colaboradores.

Resumindo, no aspeto ambiental, quanto maior for a utilização mais vantajosa se torna a Mobilidade Elétrica. Paralelamente, é importante não recuar no desenvolvimento dos sistemas de produção de energia elétrica, no sentido de continuarmos a trabalhar para um baixo fator de emissão. Se o *mix* de produção apresentar elevados níveis de emissões associadas, num cenário extremo a Mobilidade Elétrica pode deixar de ser uma alternativa. Por exemplo, num país como a China, onde a produção de energia elétrica está tão dependente de fontes não renováveis, torna-se mais ecológico utilizar os veículos de combustão tradicionais.

### 4.3 Impacto dos carregamentos

Os dados recolhidos em setembro de 2018 na plataforma *European Alternative Fuels Observatory*, revelam que a Mobilidade Elétrica em Portugal apresenta uma quota percentual do parque automóvel ainda muito reduzida (0,81% - BEV, 1,1% - PHEV) [32], o que apesar do interessante crescimento registado nos últimos anos, é previsível que ainda não haja grande impacto no SEN. Já no caso das Instalações Elétricas, o impacto com os carregamentos pode levar à necessidade de diversas alterações. Encargos relacionados com a mitigação do *THD*, correção do Fator de Potência, sistemas de gestão de carga, alteração da seção dos condutores e aparelhagem de alguns circuitos, bem como reforço do ramal têm de ser estudados e equacionados.

Se considerarmos apenas os números oficiais do ano de 2017, a Entidade Gestora da Mobilidade Elétrica em Portugal (MOBI.E) revelou que foram efetuados cerca de 229 mil carregamentos, contabilizando um consumo de 2,1 GWh [39] nos seus PC. Se durante o mesmo ano o consumo de energia elétrica em Portugal foi na ordem dos 49,6 TWh [36], apenas 0,004% da energia consumida a nível nacional foi aplicada na rede pública de Mobilidade Elétrica. Mas esta previsão não considera a totalidade dos carregamentos, uma vez que o consumo adicional com a Mobilidade Elétrica entra na fatura da energia elétrica das empresas ou dos clientes domésticos como um excedente não discriminado.

Esta circunstância obriga à procura de respostas em bases estimáveis. Olhando à necessidade de carregamento diário que cada um dos 12419 veículos elétricos (previsão para o ano de 2017 de veículos ligeiros, motociclos e autocarros – Anexo 10.8) carece, é possível considerar a hipótese que o carregamento diário é feito através de um PC lento de 3,7 kW e que cada sessão dura 8 horas seguidas. Desta suposição resultaria um consumo médio diário de 29,6 kWh por viatura. Para o tal universo de 12419 veículos, o consumo total estimado seria de 134,2 GWh durante o ano. Assim, e considerando novamente o total consumido a nível nacional em 2017 (49,6 TWh) a percentagem de consumo com os VE seria de 0,27%. De uma forma geral e mesmo com números mais ambiciosos no carregamento, o impacto no SEN ainda seria difícil de se fazer sentir [33].

Em Portugal, a maioria dos consumidores domésticos são do tipo habitação multifamiliar em prédio sem garagens individuais, com uma potência contratada entre os 3,45 kVA e os 6,9 kVA (monofásicos) por fração. Neste contexto torna-se muito difícil exigir que o carregamento doméstico seja um dos grandes alicerces da Mobilidade Elétrica, como acontece em outros países referência. Mesmo para residências de habitação unifamiliar, considerado o caso ideal para o carregamento doméstico, onde habitualmente a potência contratada ronda entre os 10,35 kVA e os 20,70 kVA, sem uma gestão eficiente o carregamento do veículo pode levar a um aumento do pico de consumo da instalação e, por consequência, da própria Rede de Distribuição.

Por outro lado, devido à natureza Capacitiva da Energia Reativa produzida pelos carregamentos das baterias, os PC podem funcionar como compensadores do Fator de Potência em instalações com valores tipicamente elevados de Potência Reativa Indutiva [58].

É de salientar que mesmo a nível particular é importante contribuir para que a potência do transformador local não seja excedida, estimulando a procura de soluções alternativas ao invés de solicitar incremento de potência. Nos países Nórdicos [33], quando tal acontece, o custo é atribuído ao último cliente que solicita este aumento. Esta medida fez com que muitos

condomínios adotassem uma solução que passa pela gestão do sistema de recarga em sequência, com um baixo nível de potência.

Apesar de as redes nacionais, de um modo geral, apresentarem um nível de robustez e de qualidade de serviço aceitável, com poucas interrupções registadas no fornecimento, um aumento repentino de VE poderia causar problemas no serviço de abastecimento em zonas de grande densidade populacional, em áreas rurais ou em zonas com grandes fluxos sazonais. A região Algarvia é um excelente exemplo. Durante o verão sofre um grande crescimento populacional e por consequência, um aumento na procura de eletricidade que pode revelar-se problemática para a Rede de Distribuição.

Para que em algumas destas zonas de risco seja adiado o *upgrade* da rede, evitando soluções dispendiosas com a substituição de transformadores e/ou cabos na Rede de Distribuição (alguns subterrâneos), devem ser implementadas medidas como mecanismos de mercado capazes de “manipular” a resposta do consumidor em reação ao custo da energia, com preços dinâmicos, ou reforçadas as recomendações das gestoras de rede para que seja considerada a instalação de equipamentos com maior capacidade, contribuindo desta forma para um previsível aumento da demanda energética. É imperativo que o planeamento e o investimento na rede seja preparado em conjunto com o crescimento da Mobilidade Elétrica.

Todavia, para o SEN, o desenvolvimento da Mobilidade Elétrica não tem apenas desvantagens. A utilização da rede nos períodos de menor carga para efetuar a carga da bateria pode permitir um aumento da segurança dinâmica do sistema, e pode ser mais um fator de penetração de produção renovável, tão caracterizada pela sua intermitência, o que de outra forma seria desperdiçada. A integração das baterias como parte das reservas do Sistema Elétrico, aproveitando a sua possibilidade de injetar potência ativa na rede (V2G), é outra vantagem.

Desta maneira, as baterias dos VE, quando ligadas à rede elétrica podem ser consideradas cargas de natureza [40]:

- Simples — quando os utilizadores definem que as baterias têm de ser carregadas a uma certa cadência;
- Dinâmicas — quando os utilizadores definem um intervalo de tempo, durante o qual o carregamento da bateria pode ser efetuado.
- Dispositivos de armazenamento — quando é considerada uma carga dinâmica, com possibilidade de injetar potência ativa na rede, quando funciona em modo V2G.

Para o caso das Redes Isoladas (Regiões autónomas da Madeira e dos Açores), normalmente caracterizadas pela sua dimensão relativamente pequena, alimentadas por centros de produção

constituídos por máquinas de pequena dimensão e possuindo pouca carga, caso a penetração de VE seja significativa e se assumirmos que as baterias são apenas cargas simples, a qualidade de serviço e a robustez de operação do sistema pode estar em causa. Sendo redes eletricamente fracas, estão muito suscetíveis a variações de frequência resultante de desequilíbrios entre carga e produção.

Nestes casos, a integração dos VE com a rede em regime V2G seria uma vantagem. Permitiria que as suas baterias se tornassem dispositivos de armazenamento temporário, prestando um serviço auxiliar ao sistema durante picos de carga ou servindo de reserva girante do sistema [40]. Para que isto seja possível, o PC tem de apresentar bidirecionalidade do fluxo de energia, funcionalidade que encarece bastante a implementação do sistema.

## 5. Caracterização da empresa ISQ

### 5.1. Introdução

Já foi referido que este trabalho pretende ser mais um incentivo à progressiva afirmação da Mobilidade Elétrica, reforçando as práticas que promovem a eficiência energética, com uma aplicabilidade muito acentuada em contexto empresarial. O ISQ, Instituto de Soldadura e Qualidade, fornecerá o enquadramento para o estudo. Enquanto organização reconhecida como plataforma de investigação e tecnologia, não pode deixar de participar e contribuir para a mudança que se aproxima.

Fundado em 1965, o ISQ é uma associação privada e independente, de utilidade pública, inicialmente vocacionada para o sector da construção soldada, sendo já nessa altura considerada uma empresa inovadora tecnologicamente com um desempenho crucial no desenvolvimento da indústria portuguesa. No início dos anos 80, iniciou a diversificação das atividades para outros sectores como o ambiente, a segurança, a metrologia, as inspeções de instalações e equipamentos elétricos e de construção, e os ensaios de segurança de bens e equipamentos. Resumidamente, ao longo de mais de 50 anos o ISQ tem vindo a alargar a sua atividade, apostando na Inovação e Investigação & Desenvolvimento, prestando hoje serviços de inspeção, formação, ensaios e consultoria técnica nos mais variados sectores de atividade:

- Administração Pública;
- Aeronáutica/Aeroespacial;
- Centros de investigação;
- Comercio e serviços;
- Construção civil;
- Energia;
- Indústria automóvel;
- Indústrias de Processos;
- Outras Indústrias;
- Petróleo e Gás;
- Saúde;
- Transportes e Infraestruturas;
- Turismo e hotelaria.

Estes serviços são assegurados por 1400 profissionais qualificados, dos quais cerca de 800 estão em território nacional espalhados por seis polos. Entre estes está a sede da empresa, situada no *Taguspark*, em Porto Salvo, Oeiras.

## 5.2. Caracterização da frota

O ISQ optou por constituir a sua frota recorrendo a duas modalidades: *Renting* e aquisição definitiva. O parque automóvel totaliza 450 viaturas, onde perto de 80% das mesmas são veículos ligeiros de mercadorias. O contrato de *Renting* abrange cerca de 400 unidades, todas de combustão interna, e o mesmo acontece com as restantes 50, propriedade da empresa.

A opção por *Renting* permite que o cliente usufrua do veículo sem se tornar proprietário do mesmo. O veículo fica alocado durante um período contratualizado mediante o pagamento de uma renda mensal. Esta variante permite uma série de poupanças a nível fiscal e liberta os colaboradores das empresas de funções associadas à gestão de frota, podendo estes focar-se apenas na realização de tarefas que promovam mais e melhor produção, deixando esta gestão a cargos de empresas especializadas.

Nos contratos são especificadas as cláusulas que definem as condições do aluguer operacional, como número de quilómetros previsível ou qualquer outro serviço adicional. No presente, o ISQ tem contratualizada a modalidade de 4 anos e 140000 km. Na entrega da viatura, e de acordo com a diferença para com o total contratualizado, o cliente suporta um suplemento de custo ou em caso de utilização inferior ao previsto, recebe um crédito. As condições do contrato podem ser modificadas a qualquer altura da sua vigência, e o próprio contrato pode ser cancelado mediante um pagamento definido.

Durante o período contratual, o cliente é obrigado a zelar pela preservação da viatura como se fosse seu proprietário, inclui-se aqui, por exemplo, a verificação do estado de preservação dos pneus, dos níveis de óleo e água, a realização de quaisquer manutenções preventivas ou corretivas, de acordo com as instruções do fabricante, ou a notificação à empresa proprietária de qualquer incidente que afete o bom estado de conservação do automóvel.

No final do contrato o cliente pode optar por devolver o automóvel à empresa, prolongar o contrato de *Renting* ou então optar pela aquisição [41].

## 5.3. Caracterização do estacionamento

No total, o parque de estacionamento do ISQ tem capacidade para 392 lugares, mas junto ao PT "Formação", local escolhido para a alimentação dos PC, existem apenas 84 lugares disponíveis. Aplicando o dimensionamento descrito na seção 3.4 deste trabalho ao caso em estudo, circunstância abrangida pela *alínea b)*., o número mínimo de lugares a equipar com pontos de carregamento é de 41, de acordo com a expressão (1.2):

$$N = 0,9 + 0,1 \times 392 = 41 \text{ lugares}$$

Estes 41 lugares correspondem a 151,70 kVA de potência mínima a considerar para efeitos de dimensionamento da Instalação Elétrica. Este trabalho propõe a instalação de equipamentos de 7,2 kW, justificadamente, porque é um valor que está dentro da média da capacidade dos carregadores *Onboard* da maioria dos VE disponíveis no mercado. Desta forma, o mínimo de 41 lugares equipados que o guia [18] exige, requerem uma disponibilidade de 303,40 kVA de potência, o que é viável para o presente caso. Numa fase posterior, e com a frota a caminhar para os 100% elétrico, propõe-se o reforço do número de pontos de carregamento até que a potência do transformador seja atingida, partindo do princípio que não existirá variação significativa das cargas existentes. O incremento poderia ser feito dos 41 até aos 91 pontos de carregamento (da mesma potência), mas não há necessidade de tanto porque só existem 84 lugares no estacionamento perto do Posto Transformação escolhido para alimentar estes equipamentos. Assim, a potência a disponibilizar sobe para 604,80 kVA para os 84 lugares agregados.

#### 5.4. Caracterização da Instalação Elétrica

A Instalação Elétrica do *campus* empresarial do ISQ é composta por 7 Postos de Transformação, Tabela 4, onde 6 deles estão interligados em anel alimentados em Média Tensão através do PT1 (PTC OER 4101), com ponto de entrega localizado no Posto de Secionamento da EDP com a descrição PS OER 7815. A rede de MT está enterrada e entubada (tubagem PVC Ø120 mm), os cabos são do tipo “LXHIOV 1 x 95 mm<sup>2</sup> (6/10)”, funcionando com uma tensão de serviço de 10 kV.

A descrição da rede complementa-se com o Posto de Transformação PTC OER 4923 (“Formação”). A alimentação é efetuada através do Posto de Secionamento EDP com a descrição PS OER 9390. É este o PTC escolhido para efetuar a alimentação aos futuros Postos de Carregamento de VE devido à proximidade que este tem com o estacionamento, Figura 43.

Designação	Potência (kVA)	Nomenclatura EDP	Posto Secc. EDP
PT1	50	PTC – OER - 4101	PS – OER – 7815
PT2	1000	N/A	N/A
PT3	315 + 400	N/A	N/A
PT4	1000	N/A	N/A
PT5	800	N/A	N/A
PT6	1000 + 500	N/A	N/A
PT“Formação”	800	PTC – OER - 4923	PS – OER - 9390

Tabela 4 – Resumo Potência Nominal dos PT rede ISQ

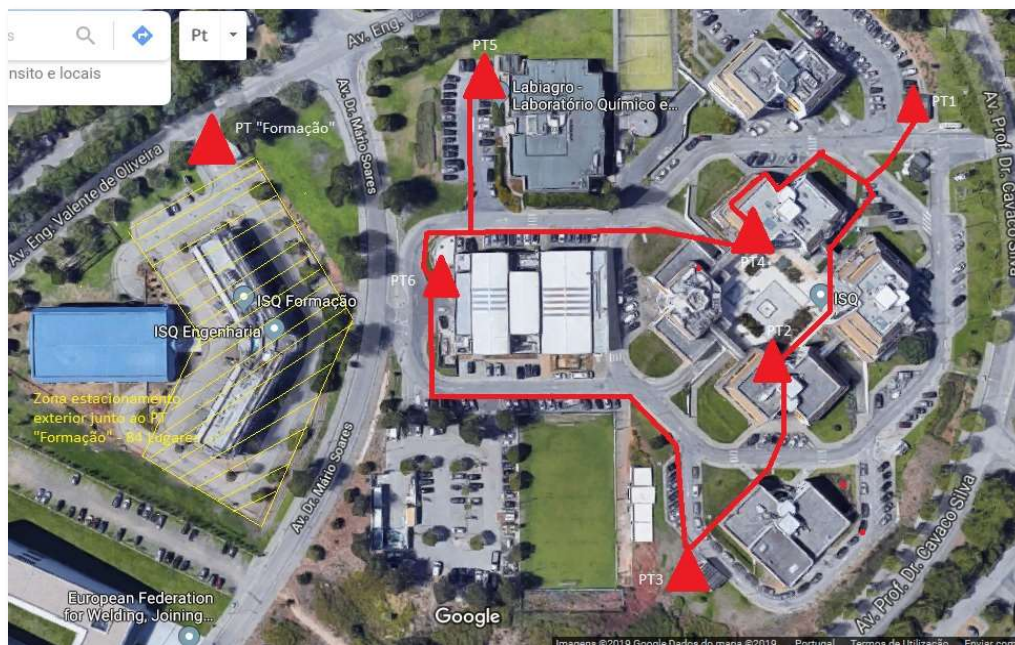


Figura 43 - Esquema da rede MT do campus empresarial ISQ

Importa referir que a rede do ISQ é privada e está inserida na rede do *Tagus Park*, que por sua vez está inserida na Rede de Distribuição.

Recentemente foram efetuadas algumas medições e verificou-se que a maioria destes Postos de Transformação estão a funcionar com cargas muito abaixo dos valores inicialmente projetados. Têm sido efetuadas algumas alterações ao nível do equipamento instalado em alguns dos laboratórios, o que pode ajudar a explicar tamanha discrepância. Estes PT alimentam 7 edifícios de escritórios, laboratórios, iluminação exterior, sistemas de bombagem, a portaria e até algumas “mini-infraestruturas” desportivas, logo, inicialmente foi prevista uma necessidade de potência relevante.

Se as mais recentes previsões sugerem que as cargas existentes se mantenham sem grandes alterações, seria recomendável a substituição do transformador por outro de potência nominal inferior até que não seja iniciada a última fase de instalação de PC. Seria uma medida adotada no âmbito da eficiência energética, que resultaria na otimização da instalação, com redução das perdas com o transformador e dos custos associados à fatura com a energia elétrica (Taxa de Potência nunca inferior a 50% da Potência Instalada para pontos de entrega em MAT, AT e MT).

### 5.5. Perfil consumo PT “Formação”

Nesta seção será explicado como foi obtido o perfil de consumo do Posto de Transformação “Formação”. A medição foi realizada por intermédio de um analisador de rede que fez o registo do consumo durante o período de uma semana, obtendo assim um intervalo alargado de

amostragem, considerando que é representativo de todo o ano. O PT escolhido alimenta o edifício da formação, o polidesportivo e a iluminação pública das zonas circundantes aos parques de estacionamento, local onde ficarão instalados os PC. Traçado o perfil de carga, é possível verificar que existe uma considerável folga de potência que pode ser “desviada” para a Mobilidade Elétrica, lembrando que o transformador é de 800 kVA.

O PT está equipado com uma bateria de condensadores de potência nominal de 140 kvar (Efacec tipo B6 - H20 + 3x40), com regulação para uma  $\text{tg}\phi = 0,3$ . Durante o intervalo de medição, o pico de potência (que ronda os 20% da Potência Nominal do Transformador) foi atingido no dia 19-11-2018 às 11h:07m, onde foram contabilizados 146,92 kVA de Potência Aparente (Figura 46), 140,72 kW de Potência Ativa (Figura 44), e 42,31 kvar de Potência Reativa Indutiva (Figura 45).

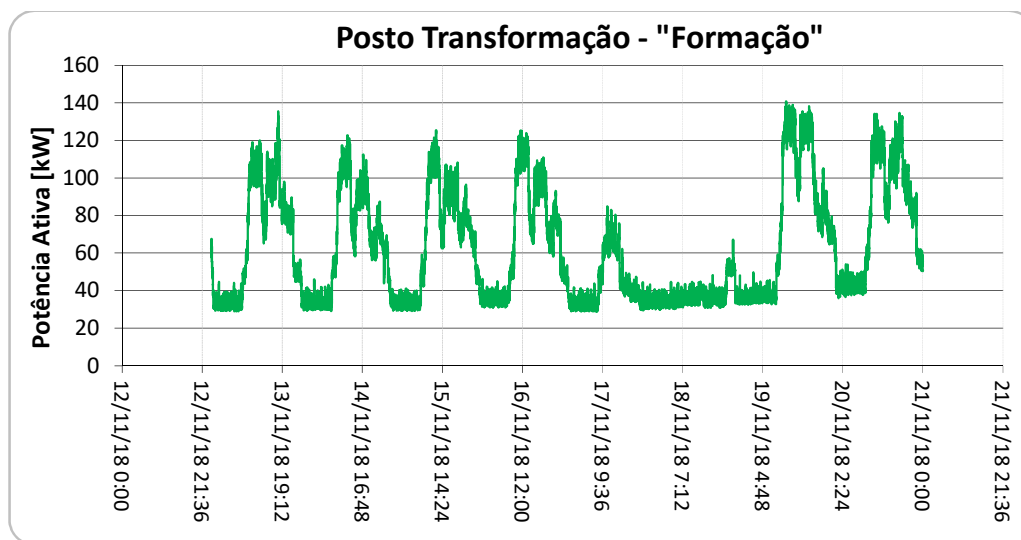


Figura 44 – Diagrama de Carga do Posto Transformação “Formação” – Potência Ativa

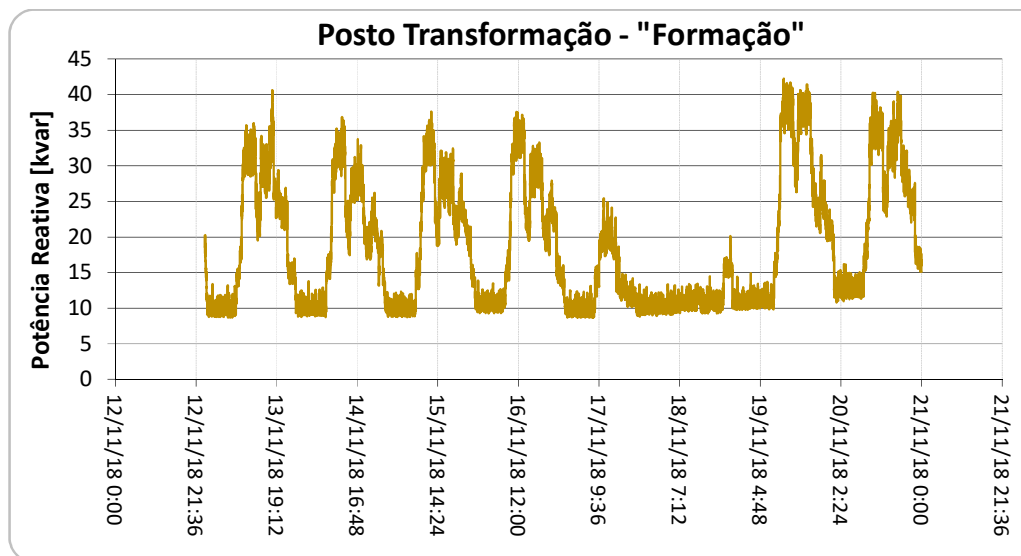


Figura 45 – Diagrama de Carga do Posto Transformação “Formação” – Potência Reativa

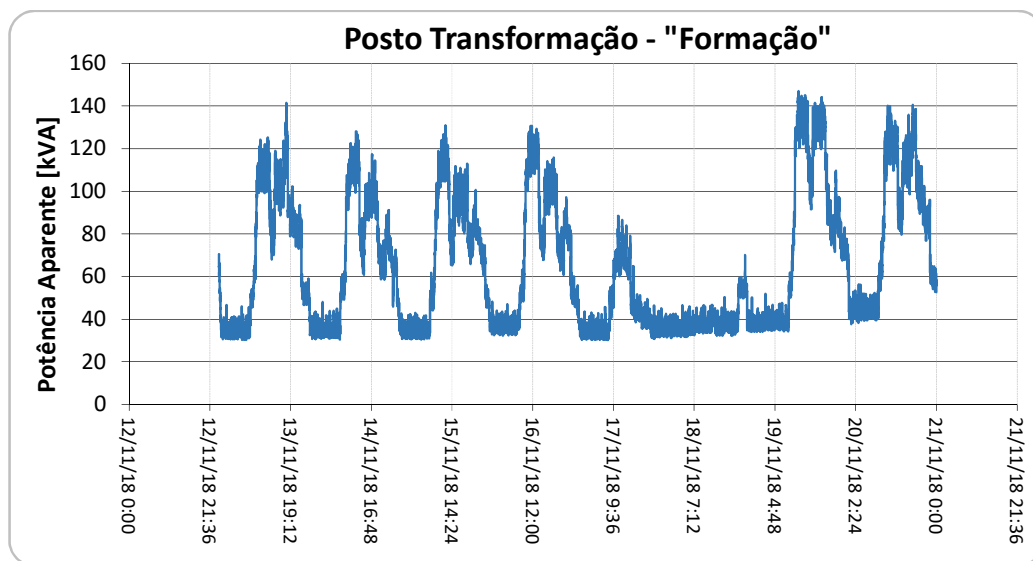


Figura 46 – Diagrama de Carga do Posto Transformação "Formação" – Potência Aparente

Foi verificado que o pico de potência registado está muito longe da potência nominal do transformador (800 kVA). De forma resumida, a Tabela 5 espelha o consumo médio diário registado durante o período analisado:

Estatística Diária		
Dia	Consumo Diário Energia Ativa [kWh]	Consumo Diário Energia Reativa [kvarh]
Semana	1.707	512
Sábado	1.022	307
Domingo	913	274

Tabela 5 – Média Consumo Diário registado PT "Formação"

## 6. Ensaios, consequências e previsibilidade de carregamento

### 6.1 Introdução

Foram realizados três ensaios em Postos de Carregamento de natureza diferente, sendo dois deles muito próximos da solução proposta neste trabalho. O objetivo foi analisar o desenvolvimento de algumas grandezas durante o carregamento das baterias de um VE (representando o universo dos carregamentos-tipo devido às suas características - capacidade da bateria e carregador *onboard*) em ambiente real, e compreender o real impacto na Instalação Elétrica. Desta forma será mais fácil prever de que forma será influenciada a instalação e o seu o diagrama de carga.

### 6.2 Ensaios em instalação com PC

Durante a realização destas monitorizações, Figura 47, foi registada a evolução de várias grandezas, tais como os valores eficazes das Tensões e Correntes, Potência Ativa e Reativa, Fator de Potência, bem como a Taxa de Distorção Harmónica. O equipamento utilizado foi programado para efetuar o registo dos valores médios das grandezas de minuto em minuto.



*Figura 47 – Ligação do analisador de rede ao circuito em análise*

O primeiro ensaio foi efetuado num PC rápido de 20 kW portátil, normalmente disponível nos mais importantes centros técnicos da VW a nível Europeu. Este pode ser ligado em qualquer tomada trifásica, desde que sejam garantidos no mínimo 32 A por fase. A ligação ao VE é realizada através da tomada CCS-Combo2 (modelo europeu), compatível com todas as viaturas do mesmo fabricante automóvel. O veículo disponível foi o E-Golf com uma bateria de 35,8 kWh, que não estava totalmente descarregada.

A segunda medição foi efetuada num PC normal portátil de 7,2 kW, muito comum também nos centros técnicos da VW. Este deve ser ligado a uma qualquer tomada trifásica, mas necessita apenas que sejam garantidos como mínimo, os 16 A por fase (utilizando este apenas duas das três fases). A ligação ao VE é realizada através da tomada tipo2. A bateria do E-Golf também não estava totalmente descarregada.

Complementando o estudo, foi realizada uma monitorização extraordinária, agora nas instalações da ZEEV, durante uma sessão de carregamento através de uma Wallbox de 7,4 kW que efetuou o carregamento a um Fiat 500e, com uma bateria de 24 kWh. A ligação ao VE é realizada através da tomada tipo2.

O equipamento utilizado para efetuar estas monitorizações foi um analisador de rede que mede, calcula e regista em memória, e de forma programável, os principais parâmetros das grandezas elétricas presentes na rede de BT. São aparelhos portáteis e de utilização bastante intuitiva. Possuem 4 pinças amperimétricas e 4 pontas de tensão. Este modelo possibilita também medir e analisar a distorção harmónica total (THD) e o fator de deslocamento (DF) até à 50.<sup>a</sup> harmónica, permitindo estudar a influência das cargas na rede elétrica, o aquecimento nos equipamentos de medida e proteção e a sobrecarga no neutro.

O equipamento utilizado foi o QUALISTAR CA 8332, Figura 48, cujas especificações técnicas podem ser encontradas no anexo 10.6.



Figura 48 – Analisador de Rede QUALISTAR CA 8332

Após a recolha dos dados, a informação foi processada através de um software próprio e exportada diretamente para Excel.

### 6.2.1 PC Rápido Trifásico ies VAS 681 003 20 kW

O ensaio realizou-se durante o carregamento de um E-Golf, Figura 50, com uma bateria de 35,8 kWh, utilizando um carregador rápido portátil, de 20 kW, apresentado na Figura 49. O veículo iniciou o carregamento com 47% de bateria, terminando nos 100%.



Figura 49 e 50 – PC Rápido 20 kW ies VAS 681 003 e ligação ao E-Golf

O carregamento durou cerca de 65 min tendo registando um consumo de 18,80 kWh. Até aos 94% o carregador manteve o consumo nominal (cerca de 32 A por fase), depois disto reduziu

para metade o seu consumo até aos 100% de carga. Quando terminou o carregamento, o veículo entrou em modo *sleep* e o carregador desliga, não registando qualquer consumo em *standby*.

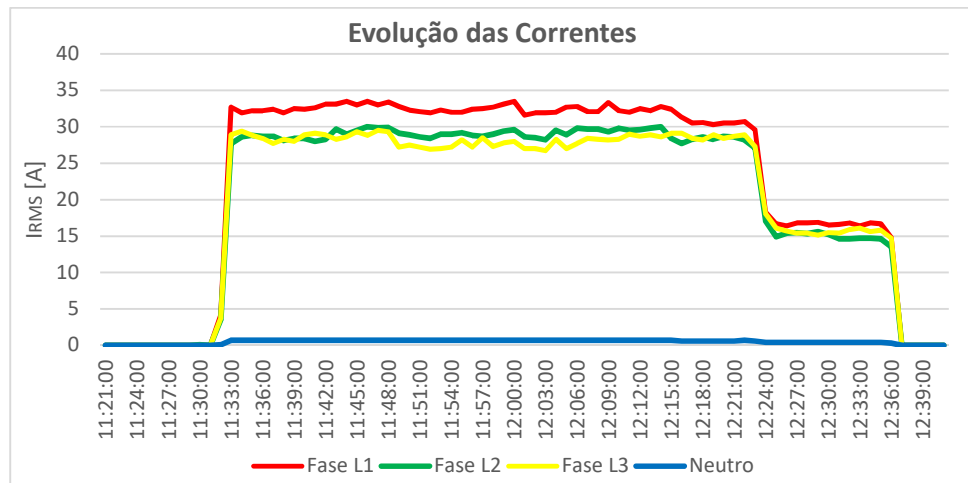


Figura 51 – Evolução das Correntes (Valor Eficaz)

O valor da corrente eficaz da fase L1 está sempre muito perto do valor nominal do equipamento (32 A por fase), passando para metade após a bateria atingir os 94% de carga. As fases L2 e L3 apresentam um comportamento idêntico, mas mantêm-se sempre abaixo dos 30 A, Figura 51.

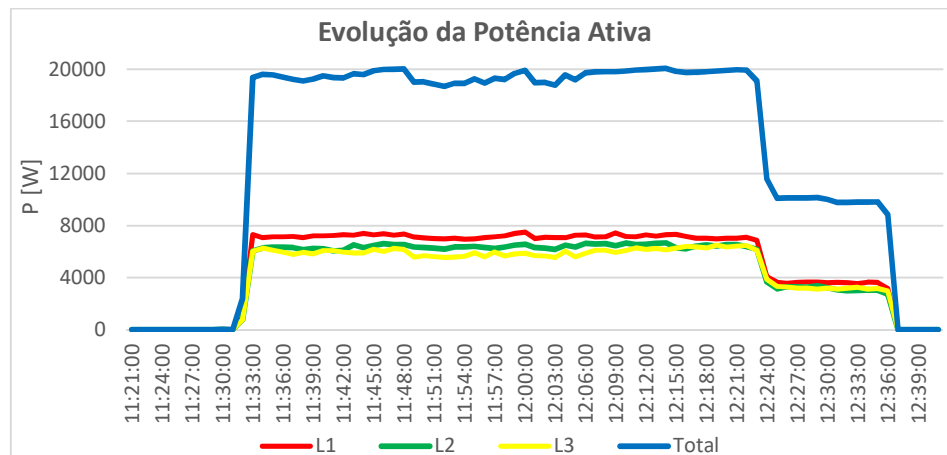


Figura 52 – Evolução da Potência Ativa

Durante o período de entrega máxima de Potência Ativa, Figura 52, o valor nominal do carregador é atingido por diversas vezes (até ultrapassado), tendo um valor médio de 19,50 kW. Após a bateria atingir os 94% de carga, o consumo de Potência Ativa desce para metade, replicando o comportamento das correntes.

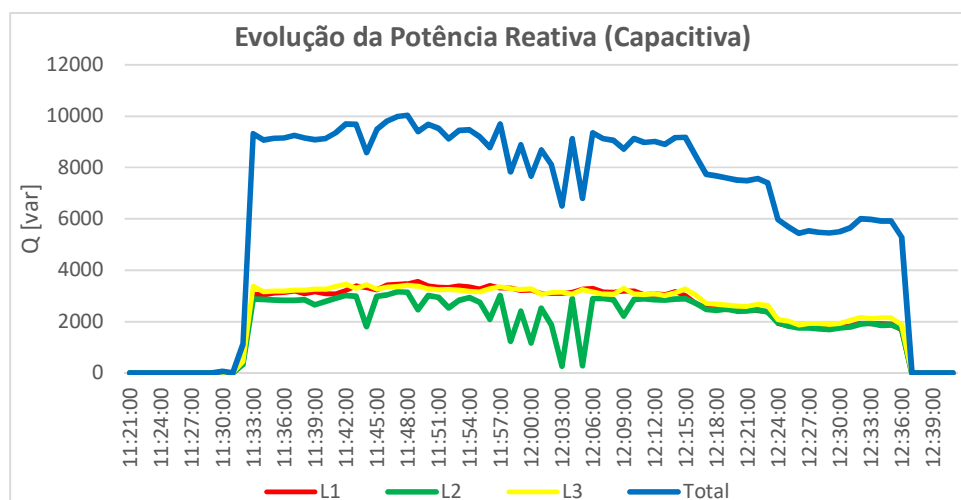


Figura 53 – Evolução da Potência Reativa (Capacitiva)

A Potência Reativa consumida, Figura 53, apresenta natureza capacitiva, levando o fluxo de potência entregue à carga a situar-se durante toda a medição no 4º quadrante. A fase L2 apresenta grande variação durante quase todo o período em que o carregador está a funcionar perto dos valores nominais.

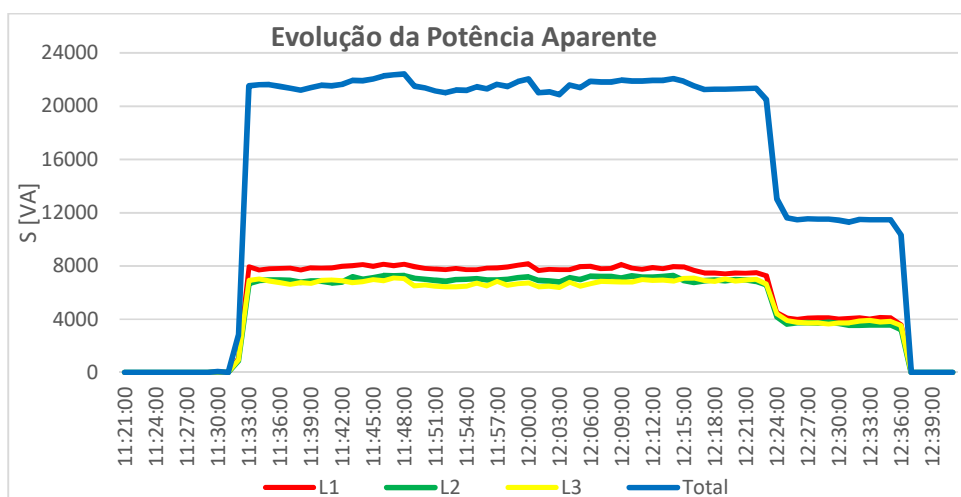


Figura 54 – Evolução da Potência Aparente

Durante o período de carga máxima, o valor eficaz da Potência Aparente, Figura 54, andou muito perto do valor nominal do equipamento, por vezes até ultrapassou. Após os 94% de carga de bateria, o valor reduziu para metade, como todas as outras grandezas. O total representa a soma aritmética da Potência Aparente registada em cada fase.

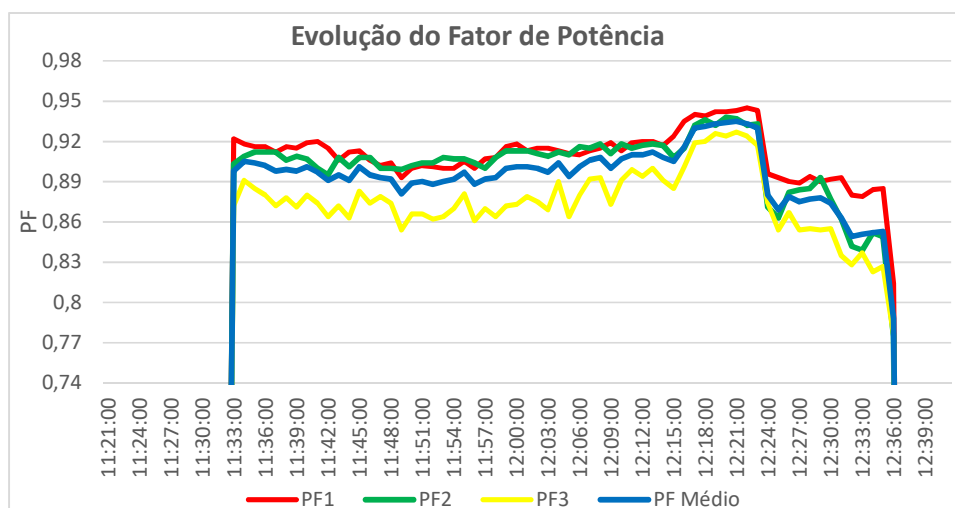


Figura 55 – Evolução do Fator de Potência

O PF médio (0,90) durante o intervalo em plena carga, está longe do PF anunciado no catálogo do equipamento ( $>0,93$ ), como se verifica na Figura 55. A degradação deste acentua-se quando a bateria atinge os 94% e o carregador passa a entregar apenas metade do valor da corrente nominal, reduzindo para 0,86 como era espectável.

O resumo de resultado deste ensaio está disponível no anexo 10.4.

### 6.2.2 PC Normal Bifásico ABL Sursum VAS 6923 7,2 kW

A medição foi também realizada durante o carregamento de um E-Golf, com uma bateria de 35,8 kWh, utilizando para este caso um carregador normal também portátil, Figura 57, de 7,2 kW. O veículo iniciou o carregamento com 76% de bateria, terminando nos 100%. O carregamento durou cerca de 75 min registrando um consumo total de 8,7 kWh. O carregador foi conectado a uma tomada trifásica, confirmando-se o seu princípio de funcionamento com a utilização de apenas duas fases, cada uma com cerca de 15 A constantes.



Figura 56 – PC Normal 7,2 kW ABL SURSUM VAS 6923

Quando terminado o carregamento, o veículo entrou em modo *sleep* e o carregador desliga, não se registando qualquer consumo em *standby*.

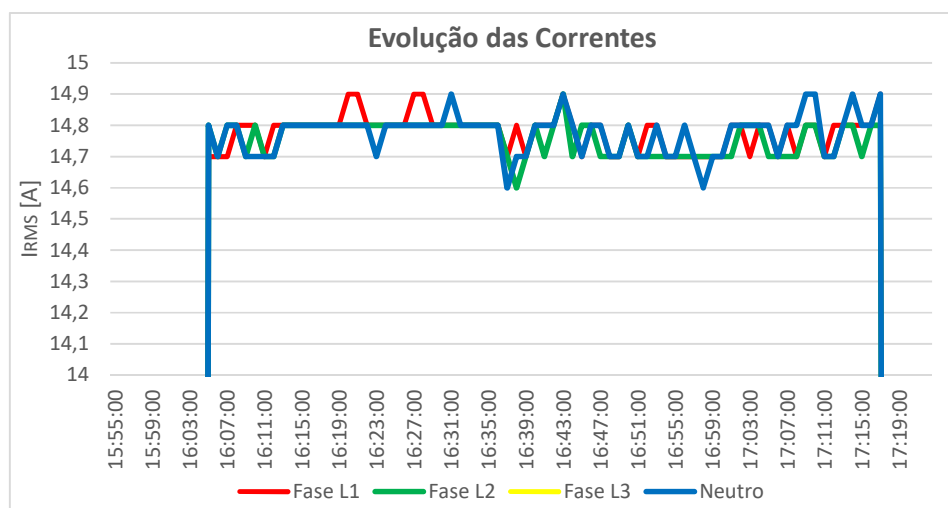


Figura 57 – Evolução das Correntes (Valor Eficaz)

Como se pode verificar na Figura 57, o valor da corrente eficaz das fases L1 e L2 estão sempre muito perto do valor nominal do equipamento (15 A). Comparando com o carregamento rápido, devido ao desequilíbrio do sistema vamos ter um valor eficaz de corrente no neutro semelhante ao que percorre cada uma das fases em utilização.

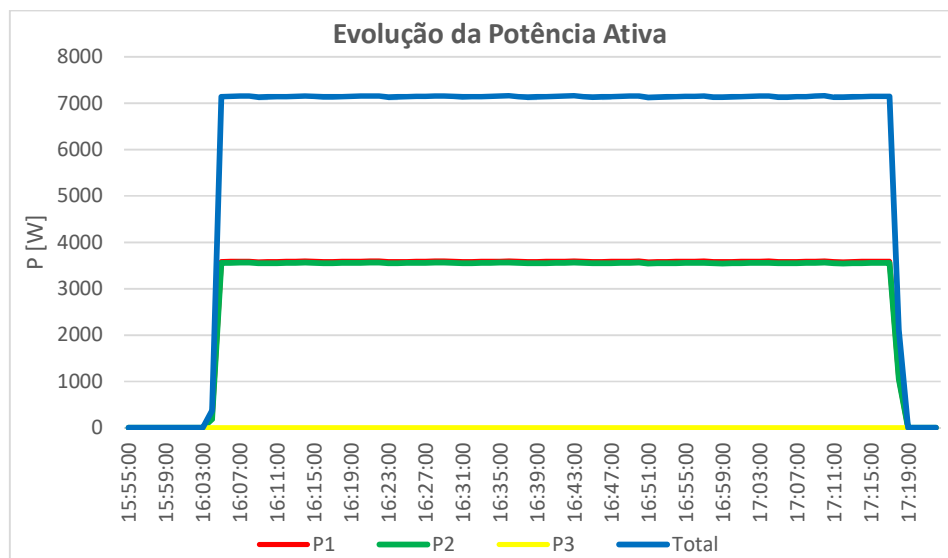


Figura 58 – Evolução da Potência Ativa

Durante o intervalo de carregamento, a Potência Ativa consumida mantém-se constante e muito próxima do valor nominal previsto (7,2 kW), Figura 58. Verifica-se a contribuição equitativa de ambas as fases, também muito constantes até ao final do carregamento.

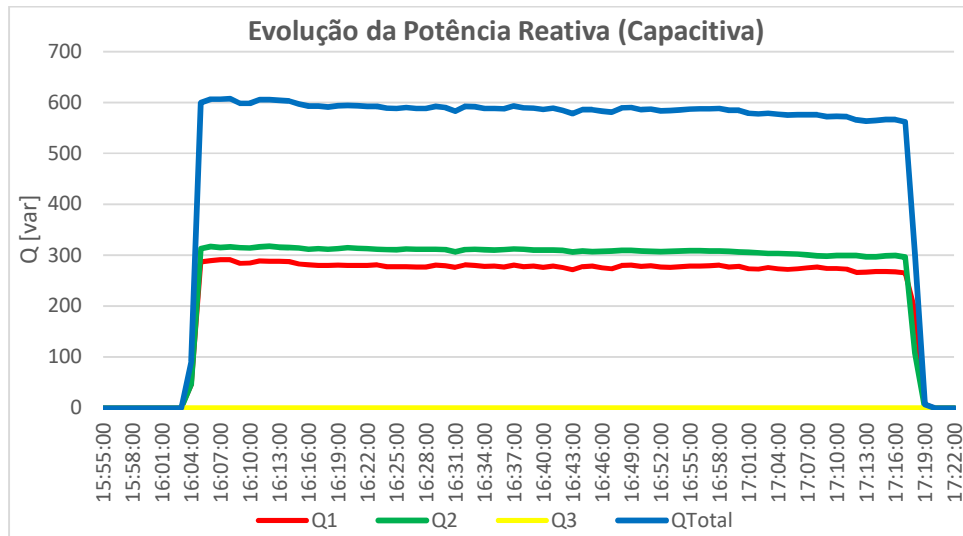


Figura 59 – Evolução da Potência Reativa (Capacitiva)

A Potência Reativa consumida apresenta natureza capacitiva, Figura 59, levando o fluxo de potência entregue à carga a situar-se durante todo o carregamento no 4º quadrante. Neste caso também a contribuição de cada fase é bastante similar. Regista-se uma ligeira diminuição do seu valor eficaz total à medida que a bateria vai atingindo 100% de carga.

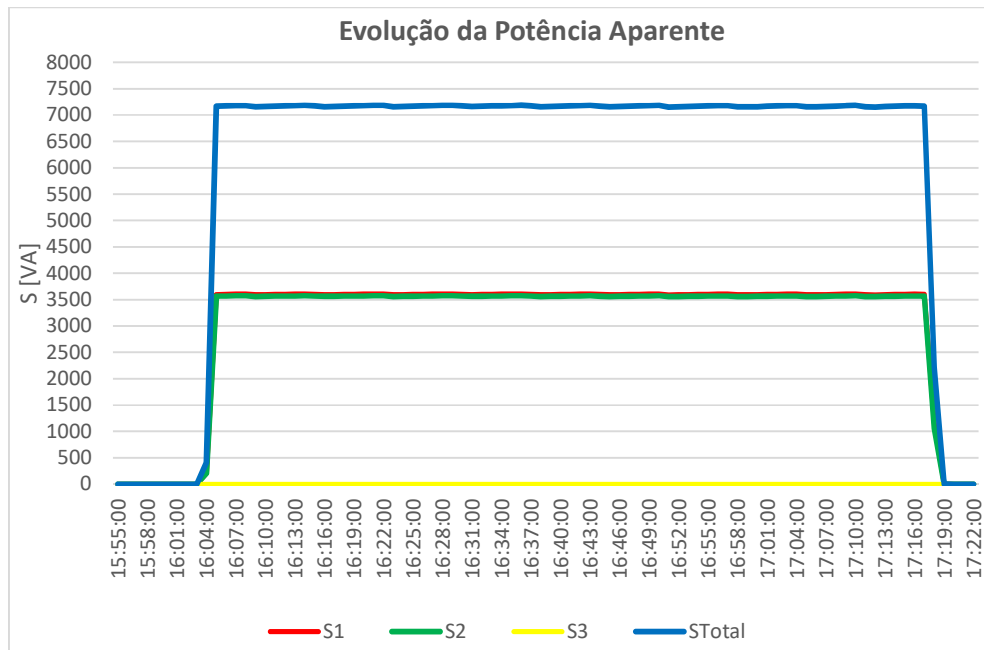


Figura 60 – Evolução da Potência Aparente

A evolução do valor da Potência Aparente, Figura 60, é muito semelhante ao da Potência Ativa, verificando-se um desenvolvimento típico de uma carga com alto fator de potência. O total representa a soma aritmética da Potência Aparente registada em cada fase.

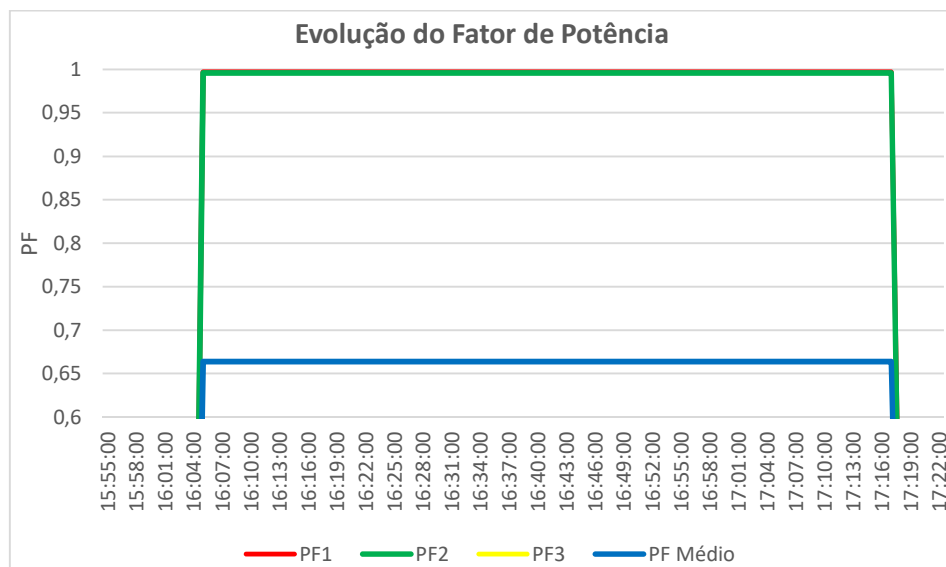


Figura 61 – Evolução do Fator de Potência

Neste Posto de Carregamento o Fator de Potência registado é praticamente unitário nas duas fases que apresentam consumo, Figura 61, reforçando a ideia que para este tipo de carregadores, 7,2 kW é equivalente a 7,2 kVA. Não é possível comparar o resultado experimental com o anunciado pelo fabricante, pois este não é disponibilizado no catálogo.

O resumo de resultado deste ensaio está disponível no anexo 10.5.

### 6.2.3 PC Normal Monofásico Wallbox Circuitor RVE-WB MIX230V 7,4 kW

A medição foi realizada durante o carregamento de um Fiat 500e com uma bateria de 24 kWh, e foi utilizado um carregador monofásico tipo *Wallbox*, Figura 64, de 7,4 kW. O veículo iniciou o carregamento com 53% de bateria, terminando nos 100%. O carregamento durou cerca de 97 min registando um consumo total de 9,02 kWh.



Figura 62 – PC Wallbox Circuitor RVE-WB MIX230V 7,4 kW

Quando terminado o carregamento, o veículo entrou em modo *sleep* e o carregador desliga, não se registando qualquer consumo em *standby*.

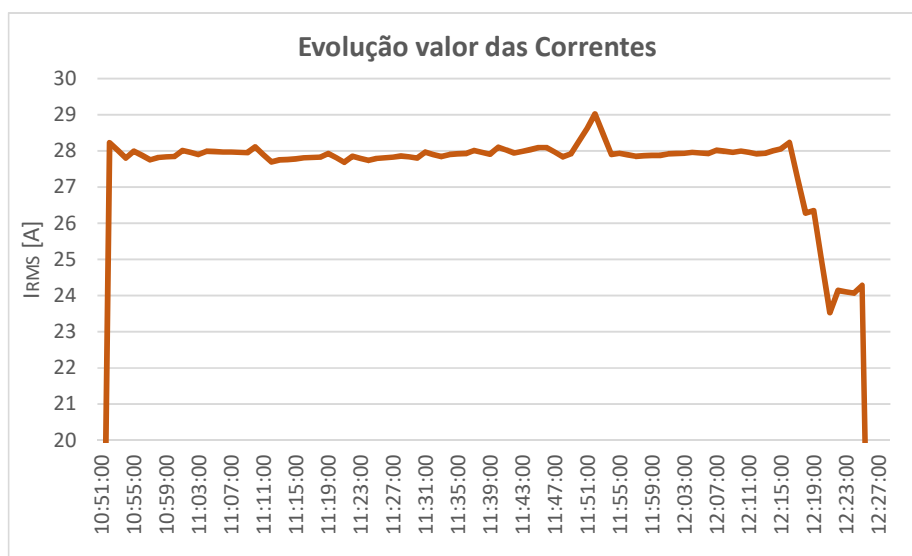


Figura 63 – Evolução das Correntes (Valor Eficaz)

Como se verifica na Figura 63, o valor da corrente eficaz nunca atinge o valor nominal do equipamento de carregamento (32 A). Isto deve-se à limitação imposta pelo carregador interno do VE, situado nos 6,6 kW (ou 29 A). Nos últimos minutos de carregamento, à medida que a capacidade da bateria se aproxima dos 100%, regista-se um decréscimo significativo do consumo.

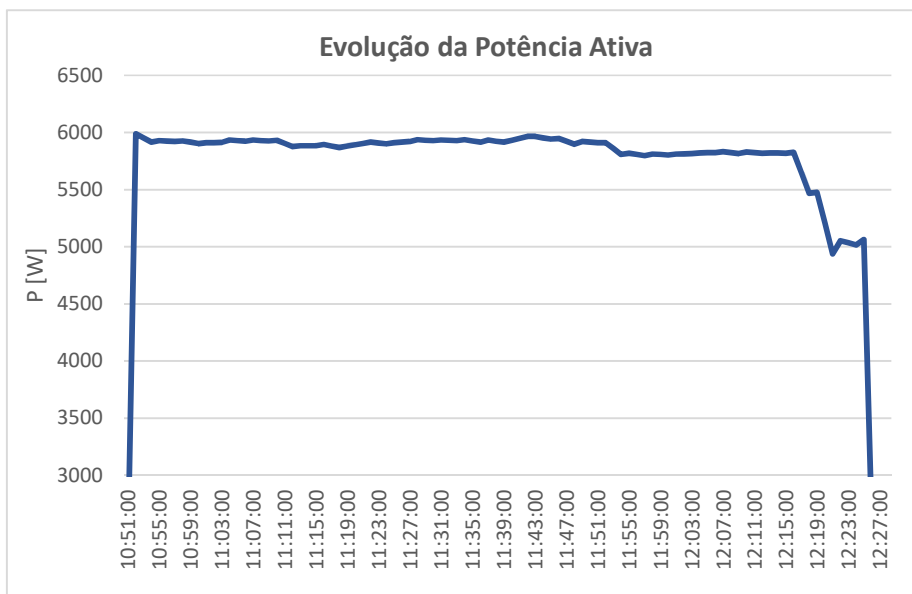


Figura 64 – Evolução da Potência Ativa

Durante a sessão de carregamento, a Potência Ativa consumida manteve-se quase sempre constante mas sem atingir um valor próximo dos 6,60 kW (potência nominal do carregador *onboard* do VE), Figura 64. Tal como sucede na figura anterior, nos últimos minutos da sessão de carregamento é registado um decréscimo no consumo.



Figura 65 – Evolução da Potência Reativa (Capacitiva)

A Potência Reativa consumida apresenta natureza capacitiva, Figura 65, levando o fluxo de potência entregue à carga a situar-se durante todo o carregamento no 4º quadrante. Regista-se igualmente uma ligeira diminuição do seu valor eficaz total à medida que a bateria vai atingindo 100% de carga. O pico máximo de Reativa é coincidente com o valor de pico de corrente registado. Este é o carregador que apresenta o valor mais baixo de consumo de energia Reativa dos três ensaios realizados.

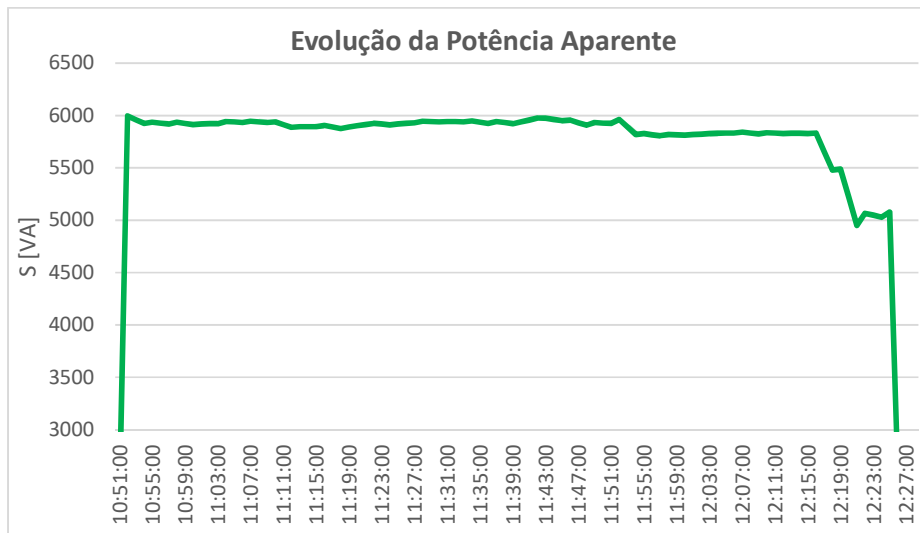


Figura 66 – Evolução da Potência Aparente

A evolução do valor da Potência Aparente, Figura 66, é muito semelhante ao da Potência Ativa, verificando-se um desenvolvimento típico de uma carga com alto fator de potência, fenómeno característico dos PC lentos e normais.

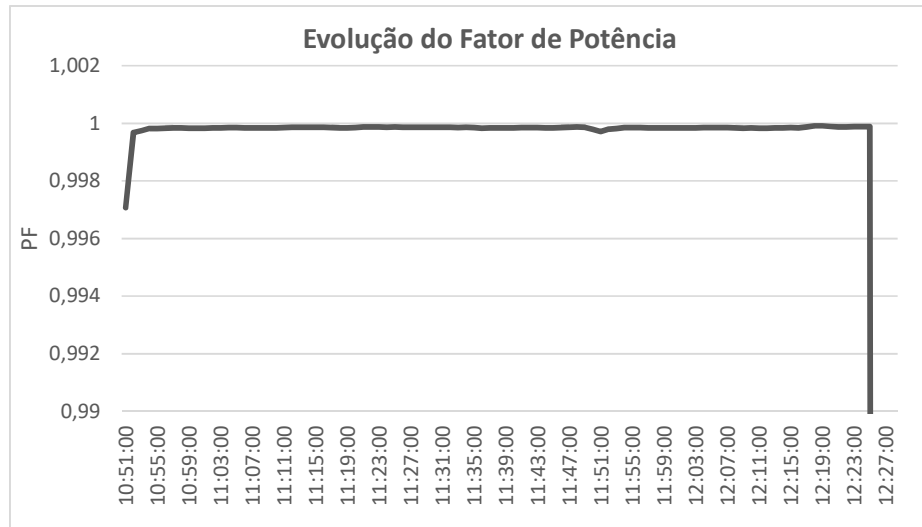


Figura 67 – Evolução do Fator de Potência

Durante a sessão de carregamento, a evolução do Fator de Potência manteve-se sempre perto do valor sempre unitário, Figura 67, bastante semelhante ao registado no ensaio anterior, reforçando a ideia que para este tipo de carregadores, 7,4 kW é equivalente a 7,4 kVA. De salientar que este resultado foi obtido apesar do equipamento não ter funcionado no seu valor nominal.

O resumo de resultado deste ensaio está disponível no anexo 10.6.

### 6.3 Taxa de Distorção Harmónica - THD

Nos atuais sistemas de energia as cargas não lineares estão por todo o lado, em aparelhos domésticos ou industriais, consumindo correntes não sinusoidais que geram harmónicas capazes de introduzir distorção na forma de onda da tensão da rede de distribuição. Com o contínuo crescimento da Mobilidade Elétrica, o fenómeno da distorção harmónica assume cada vez mais importância, porque os sistemas de carregamento de baterias são equipamentos com muita eletrónica de elevada potência, especialmente os PC Rápidos.

Assim, as grandezas periódicas não sinusoidais podem ser estudadas recorrendo ao Teorema de Fourier, que pode ser descrito da seguinte forma genérica (3.1):

$$(3.1) \quad x(t) = A_0 + \sum_{k=1}^{+\infty} A_k \text{sen}(kw_0t + \phi_k)$$

Tomando como exemplo uma grandeza elétrica como a corrente (3.2), o valor instantâneo gerado por uma carga não linear por ser expressa por [56]:

$$(3.2) \quad i(t) = I_0 + \sum_{h=1}^{+\infty} I_{ph} \text{sen}(hw_0t + \phi_h)$$

Sendo que:

$i(t)$  – valor instantâneo;

$I_0$  – Valor médio da corrente (Componente DC);

$I_{ph}$  – Valor de pico da harmónica  $h$  (amplitude);

$\phi_h$  – Atraso da componente harmónica  $h$  em  $t=0$ ;

$w_0$  – ( $2 \times \pi \times f_0$ ) sendo  $f$  a frequência da componente fundamental.

Considerando que esta grandeza apresenta semi-ciclos positivos e negativos semelhantes, é possível ignorar a componente DC, pois o valor médio da função  $i(t)$  durante um período seria nulo, (3.3):

$$(3.3) \quad i(t) = \sum_{h=1}^{+\infty} I_{ph} \text{sen}(hw_0t + \phi_h)$$

Considerando que:

$$(3.4) \quad I_{ph} = \sqrt{2} \times I_h$$

$I_h$  – Valor de Corrente Eficaz da componente harmónica  $h$ ;

O valor instantâneo da corrente pode ser traduzido como:

$$(3.5) \quad i(t) = \sum_{h=1}^{+\infty} (\sqrt{2} \times I_h) \text{sen}(hw_0t + \phi_h)$$

Assim, o valor eficaz da corrente pode ser obtido da seguinte forma (3.6):

$$(3.6) \quad I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt} = \sqrt{\sum_{h=1}^{+\infty} I_h^2} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_h^2}$$

A Taxa de Distorção Harmónica ( $THD$ ) pode ser obtida através da relação entre fundamental e restante conteúdo harmónico, expresso sob a forma de percentagem, considerando as harmónicas até uma certa ordem (3.7).

$$(3.7) \quad THD_i = \frac{1}{I_1} \sqrt{\sum_{h=2}^{+\infty} I_h^2} = \sqrt{\left[\frac{I_2}{I_1}\right]^2 + \left[\frac{I_3}{I_1}\right]^2 + \dots + \left[\frac{I_h}{I_1}\right]^2}$$

Neste trabalho, a  $THD$  foi obtida pelo analisador de rede durante a realização dos ensaios. O conteúdo harmónico das formas de onda da tensão e da corrente para cada fase, foi

determinado e expresso em percentagem de acordo com as expressões matemáticas (3.8) (3.9).

Para o cálculo, o equipamento considerou todo o conteúdo harmónico ímpar até à 50ª ordem.

$$(3.8) \quad THD_i[m] = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} I_{h[m]}^2}}{I_{1[m]}} \times 100\% \quad [m]: \text{fase (1,2,3)}$$

Da mesma forma, para a tensão:

$$(3.9) \quad THD_v[m] = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{50} V_{h[m]}^2}}{V_{1[m]}} \times 100\% \quad [m]: \text{fase (1,2,3)}$$

Onde:

$h$  – Ordem da Harmónica;

$m$  – Fase em análise;

Para uma grandeza periódica, a frequência de uma qualquer componente harmónica de ordem  $h$ , assume um número múltiplo inteiro da frequência da sua componente fundamental.

Recorrendo aos valores eficazes das correntes medidos durante o Ensaio 1 (PC 20 kW) e analisando um determinado instante da sessão de carregamento (12h:00m), é possível verificar que os resultados obtidos através da expressão (3.7) se aproximam bastante dos resultados apresentados pelo equipamento de medição nesse mesmo ponto (Tabela 6):

$$THD_i[1] = \left(\frac{1}{31,30}\right) \times \sqrt{[3,35]^2 + [9,95]^2 + [4,95]^2 + \dots + [0,22]^2} \times 100\% = 38,33\%$$

$$THD_i[2] = \left(\frac{1}{27,00}\right) \times \sqrt{[4,43]^2 + [10,21]^2 + [2,99]^2 + \dots + [0,32]^2} \times 100\% = 44,53\%$$

$$THD_i[3] = \left(\frac{1}{25,00}\right) \times \sqrt{[3,08]^2 + [10,40]^2 + [5,20]^2 + \dots + [0,25]^2} \times 100\% = 50,30\%$$

$THD_i$ [L1]	$THD_i$ [L2]	$THD_i$ [L3]
38,20 %	44,40 %	50,10 %

Tabela 6 – THD registado no instante 12h:00m durante Ensaio 1

### 6.3.1 Análise THD Tensão

A Taxa de Distorção Harmónica da forma de onda da tensão de alimentação é provocada diretamente pelas harmónicas presentes nas correntes injetadas pelo PC. Apesar de os valores não terem sido obtidos conforme os critérios definidos pelas normas internacionais, os resultados de THD foram comparados e todos ficaram abaixo dos limites imposto pela norma NP EN 50160, que estabelece os principais parâmetros para a tensão, Tabela 7:

Ordem $h$	NP EN 50160	Ensaio 1 PC 20 kW			Ensaio 2 PC 7,2 kW			Ensaio 3 PC 7,4 kW
	Valor Relativo [%]	L1 [%]	L2 [%]	L3 [%]	L1 [%]	L2 [%]	L3 [%]	L1 [%]
3	5,0	0,52	0,61	0,79	0,63	0,64	1,02	1,03
5	6,0	1,92	1,37	1,81	2,18	1,60	1,78	0,73
7	5,0	4,74	3,70	2,76	4,87	3,67	2,28	1,35
9	1,5	0,56	0,62	0,43	0,65	0,77	0,53	0,48
11	3,5	0,25	0,19	0,43	0,30	0,18	0,40	0,46
13	3,0	0,01	0,01	0,00	0,00	0,09	0,01	0,24
15	0,5	0,06	0,11	0,12	0,09	0,11	0,15	0,10
17	2,0	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
19	1,5	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
21	0,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
23	1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
25	1,5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
<i>THD médio</i>	< 8,0	5,12	4,03	3,49	5,59	4,24	3,31	1,99

Tabela 7 – Comparação com valores limite definidos pela norma NP EN 50160

Perante os resultados obtidos, é fácil de concluir que a principal preocupação neste âmbito não passa pelas harmónicas de tensão, independentemente do tipo de utilização (PC domésticos ou rápidos).

### 6.3.2 Análise THD Corrente (PC 20 kW) Trifásico

A Figura 68 apresenta o espectro das Harmónicas de Corrente registados no ensaio ao PC Rápido de 20 kW. Como era esperado, as componentes das fases L2 e L3 apresentam uma contribuição acima da fase L1, pois esta última apresentou valores sempre muito perto do valor nominal do equipamento. Depois da fundamental, a harmónica com maior contribuição é a 5ª ordem.

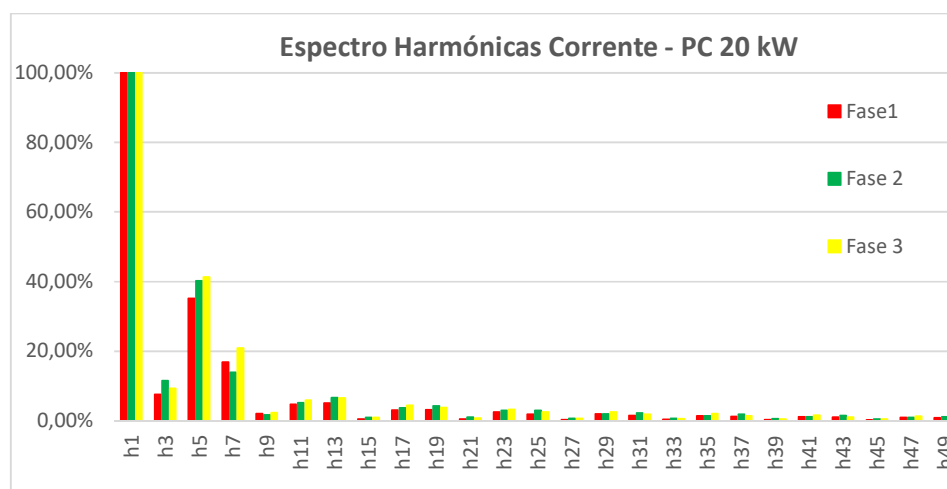


Figura 68 – Componente Fundamental da Corrente e suas Harmónicas (PC 20 kW)

O registo da evolução do *THD*, Figura 69, sugere que durante o período em que as correntes estão perto do valor nominal, ou seja, o Posto de carregamento está em plena carga, o valor

médio de THD é mais baixo e mais estável (L1: 32,19%; L2: 35,91%; L3: 38,72%), comparativamente ao período iniciado após a bateria ter atingido os 94% de capacidade de carga, onde o valor das correntes solicitado pela bateria reduz para metade (L1: 49,56%; L2: 56,42%; L3: 57,19%).

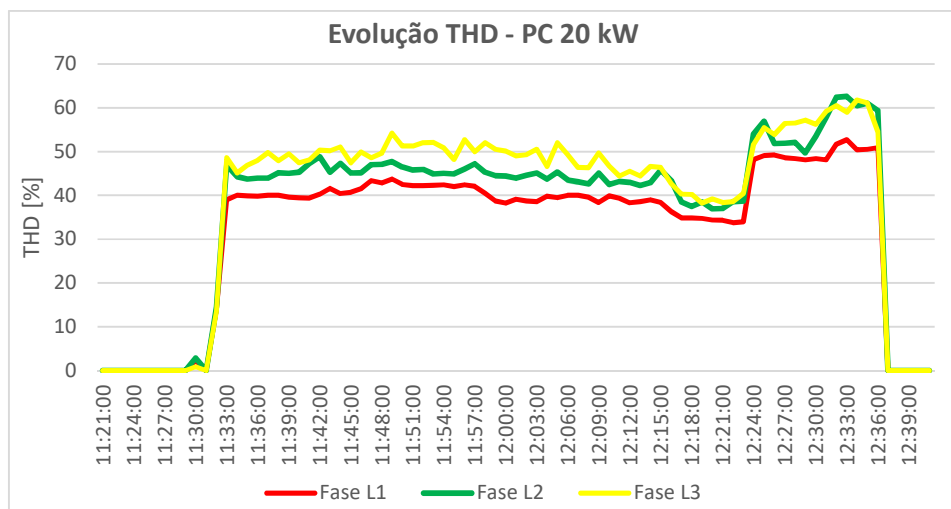


Figura 69 – Evolução THD das Correntes (PC 20 kW)

Sendo este PC um equipamento que apresenta uma corrente nominal de 32 A e apesar do ensaio não cumprir com alguns dos requisitos da norma IEC 61000-3-12 (que define o limite harmónico em equipamentos com corrente de serviço dos 16 até 75 A), os resultados foram comparados possibilitando compreender o panorama real da utilização deste tipo de carregador (Tabela 8) [56].

A norma IEC 61000-3-12 é composta por três níveis, obrigando a um avanço de patamar sempre que o equipamento não garanta as condições do nível anterior. Neste caso as condições do primeiro nível não foram cumpridas, logo análise será feita no segundo nível com a utilização da tabela para equipamentos trifásicos equilibrados.

Ordem h	IEC 61000-3-12 Valor Relativo [%]	Ensaio 1 PC 20 kW		
		L1 [%]	L2 [%]	L3 [%]
5	40	35,15	40,18	41,23
7	25	16,78	13,87	20,86
11	15	4,68	5,12	5,86
13	10	5,03	6,56	6,49
THD médio	48	41,08	46,05	48,95

Tabela 8 – Comparação com valores limite definidos pela norma IEC 61000-3-12

Apesar de o equipamento funcionar próximo do seu valor nominal, nem todos os valores registados estão dentro dos parâmetros da norma (fase L3), mesmo considerando o patamar menos exigente (Relação de curto circuito  $R_{SCE} = 350$ ). Perante este resultado e de uma forma global, o Posto de Carregamento em análise confirma a espectável aptidão na geração de

harmónicas e que podem causar bastante impacto numa instalação. Este elevado nível de *THD* pode ser justificado pela antiguidade do equipamento, uma vez que os novos modelos de PC já estão equipados com filtros capazes de limitar estes fenómenos.

### 6.3.3 Análise *THD* Corrente (PC 7,2 kW) Bifásico

A Figura 70 apresenta o espectro das Harmónicas de Corrente registados no ensaio ao PC 7,2 kVA bifásico. Verifica-se que se trata de um equipamento que apresenta uma emissão reduzida de distorção harmónica para o sistema, isto comparando diretamente ao PC rápido do ensaio anterior. A harmónica com maior contribuição é a de 7ª ordem.

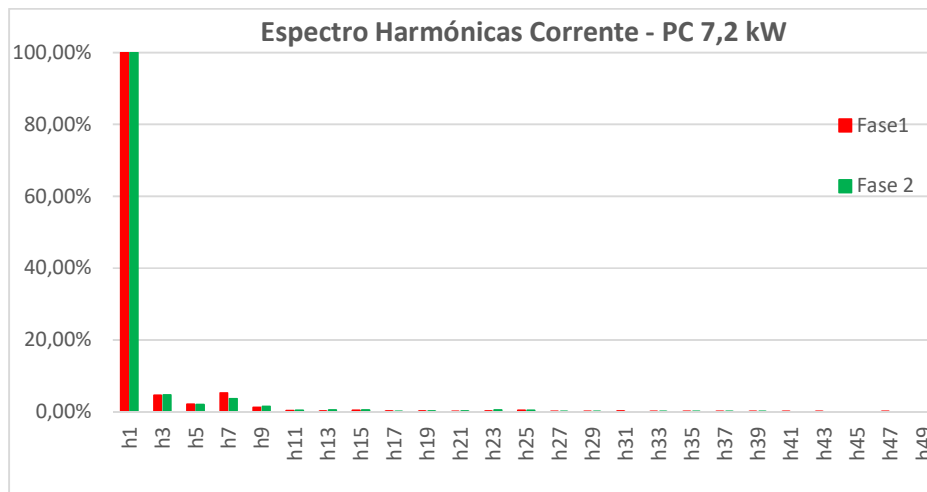


Figura 70 – Componente Fundamental da Corrente e suas Harmónicas (PC 7,2 kW)

Neste caso, os valores de *THD* das correntes mantêm-se bastantes estáveis (perto dos 7%), até que perto do final do carregamento, a fase L1 atinge um pico máximo de 24%, num momento onde o valor de corrente estava mais distante do valor nominal, Figura 71.

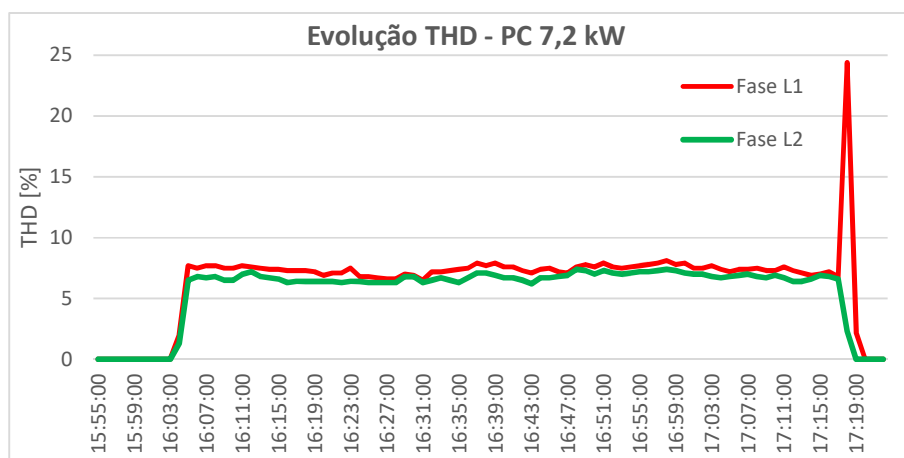


Figura 71 – Evolução THD das Correntes (PC 7,2 kW)

Sendo este PC um equipamento que apresenta uma corrente nominal de 15 A e apesar de não cumprir com alguns dos requisitos da norma IEC 61000-3-2 (que define o limite harmónico em equipamentos com corrente de serviço até 16 A), os resultados foram comparados, o que possibilita compreender o panorama real da utilização deste tipo de carregador (Tabela 9) [56].

Ordem h	IEC 61000-3-2	Ensaio 2 PC 7,2 kW		
	Max. Permissível [A]	L1 [A]	L2 [A]	L3 [A]
3	2,30	0,66	0,68	----
5	1,14	0,29	0,28	----
7	0,77	0,75	0,53	----
9	0,40	0,17	0,21	----
11	0,33	0,04	0,06	----
13	0,21	0,02	0,06	----
15	0,08	0,06	0,07	----
17	0,07	0,02	0,00	----
19	0,06	0,02	0,02	----
21	0,06	0,01	0,02	----
23	0,05	0,02	0,06	----
25	0,05	0,06	0,05	----
27	0,04	0,01	0,01	----
29	0,04	0,00	0,01	----
31	0,04	0,02	0,00	----
33	0,04	0,00	0,01	----
35	0,03	0,0	0,01	----
37	0,03	0,0	0,01	----
39	0,03	0,0	0,01	----

Tabela 9 – Comparação com limite definido pela norma IEC 61000-3-4

Perante este resultado e de uma forma global, o Posto de Carregamento em análise apenas ultrapassa os limites nas componentes 23ª (fase L2) e 25ª (fase L1), justificável com o erro de leitura do equipamento de medição, e uma vez que os valores são bastante diminutos podem ser considerados irrelevantes. Os limites da norma IEC 61000-3-2 apresentados na Tabela 8, referem-se a equipamentos de classe A.

### 6.3.4 Análise THD Corrente (PC 7,4 kW) Monofásico

A Figura 72 apresenta o espectro das Harmónicas de Corrente registados no ensaio ao PC 7,4 kVA monofásico. Da mesma forma que o PC em análise no ensaio 2, é também verificado que se trata de um equipamento que apresenta uma emissão reduzida de distorção harmónica para o sistema. De igual forma, depois da fundamental, a harmónica com maior contribuição é a de 3ª ordem.

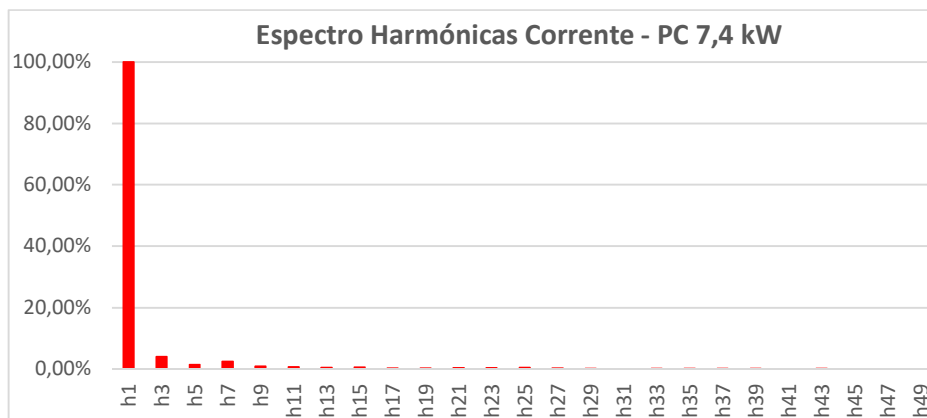


Figura 72 – Componente Fundamental da Corrente e suas Harmónicas (PC 7,4 kW)

No 3º ensaio, os valores de THD das correntes mantêm-se também bastantes estáveis (abaixo dos 5%), até que perto do final do carregamento é atingido um pico máximo de 20%, num momento onde o valor de corrente estava distante do valor nominal, Figura 73.

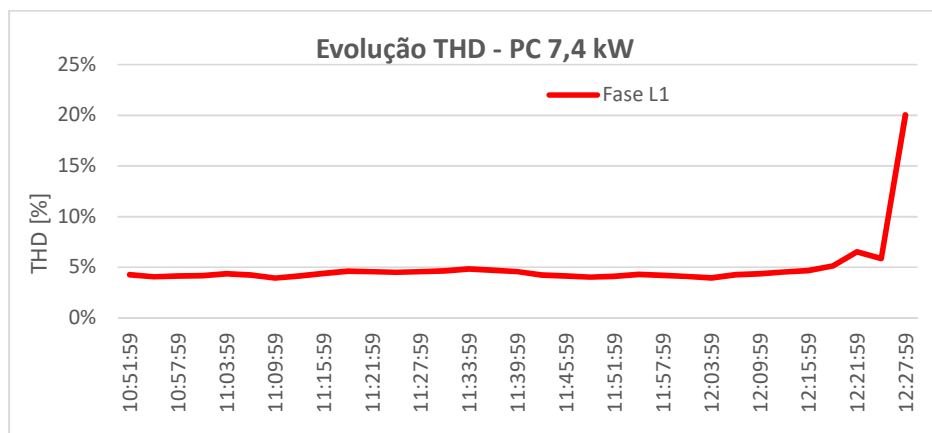


Figura 73 – Evolução THD das Correntes (PC 7,4 kW)

Tal como o que acontece no ensaio 1, uma vez que o PC em análise é um equipamento que apresenta uma corrente nominal de 32 A e apesar do ensaio não cumprir com alguns dos requisitos da norma IEC 61000-3-12 (que define o limite harmónico em equipamentos com corrente de serviço dos 16 até 75 A), os resultados foram comparados possibilitando compreender o panorama real da utilização deste tipo de carregador (Tabela 10) [56].

	IEC 61000-3-12	Ensaio 3 PC 7,4 kW
Ordem $h$	Valor Relativo [%]	L1 [%]
3	21,6	4,00
5	10,7	1,46
7	7,2	2,47
9	3,8	0,87
11	3,1	0,72
13	2,0	0,45
THD médio	23	4,40

Tabela 10 – Comparação com valores limite definidos pela norma IEC 61000-3-12

Apesar de o equipamento funcionar sempre fora do seu valor nominal, de todos os ensaios realizados este foi o único que manteve todos os seus parâmetros dentro dos limites da norma, garantindo a sua conformidade logo no primeiro patamar com a utilização da tabela simplificada. Esta assume que a relação de curto circuito da instalação é semelhante com o que é observado na maioria das instalações comerciais ( $R_{SCE} = 33$ ).

### 6.3.5 Consequências de um nível elevado de THD

A distorção harmónica apresenta como consequência alguns efeitos prejudiciais nos diversos componentes da instalação, nomeadamente nos sistemas eletrónicos mais sensíveis. Tal pode também resultar num aumento das perdas e no sobreaquecimento dos condutores eléctricos e originar problemas na operação de relés de proteção e disjuntores. A diminuição do tempo útil de vida de transformadores de potência ou os erros provocados em equipamentos de medição, são mais algumas das repercussões de um sistema com um *THD* elevado.

Neste trabalho, o caso mais problemático foi identificado durante a utilização do PC de 20 kW (Ensaio 1) durante um carregamento, onde em plena carga apenas a fase L3 estava ligeiramente acima do valor médio de *THD* permitido pela norma IEC 61000-3-12. Mas quando o carregador passa a funcionar em regime de meia carga, o *THD* aumenta consideravelmente.

Pelas razões mencionadas, os equipamentos de carregamento de baterias mais modernos já estão equipados com sistemas capazes de efetuar o controlo das harmónicas, cumprindo com as normas em vigor, evitando que estes injetem distorção acima do permitido na Rede de Distribuição, sobrecarregando assim a sua aparelhagem.

Em alguns países europeus, onde são atingidas temperaturas muito baixas, existe uma grande preocupação com a degradação dos valores de *THD*. O frio extremo faz com que a resistência interna das baterias aumente, levando a que o valor da tensão máxima aos seus terminais seja atingido mais cedo. Desta forma a bateria solicita menos corrente ao PC, e como já foi verificado neste trabalho, o valor de *THD* degrada-se quando o valor da corrente de carga se afasta do seu

valor nominal. Este fenómeno também sucede quando o fluxo de energia segue em sentido contrário, ou seja, quando o motor solicita mais corrente à bateria, levando a uma perda de capacidade de aceleração do VE. Para além do problema das harmónicas, nestas condições o tempo de recarga também aumenta [55].

#### **6.4 Criação e simulação de cenários de carregamento**

É importante encontrar uma metodologia que possa garantir o carregamento dos VE com algum critério. A diferente utilização das tarifas com horários mais ou menos económicos ou a soma de consumo extra aos picos de potência já identificados no diagrama de carga, poderão resultar num ultrapassar da potência disponível/instalada e assim originar o *upgrade* prematuro da Instalação Elétrica. Foram estudadas algumas possibilidades e comparadas.

A construção destes cenários tem em conta a sugestão da instalação dos PC de 7,2 kW bem como os dados recolhidos durante o ensaio 2, considerando as mesmas condições durante os mesmos, ou seja, mesma viatura, mesma percentagem de bateria a restabelecer e mesmo tempo de carregamento. O excedente de carga será somado ao diagrama construído para o PT “Formação”, espelhando de forma clara os cenários expectáveis.

Serão discriminados os custos com o carregamento de cada cenário, onde a contagem da energia é feita em Média Tensão, e aplicando-se os seguintes critérios: Média Utilização, Semestre I e IV (mesmo mês dos ensaios), ciclo diário transitório e se aplicável, ao preço da Energia Reativa Indutiva a utilização do Fator Multiplicativo referente ao escalão 1, anexo 10.8.

Foi verificado que para o caso mais desfavorável (cenário 4), a bateria de condensadores disponível garante a total compensação do fator de potência. Assim foi considerado que não existirá qualquer preocupação em relação a custos suplementares com a compensação de Energia Reativa, para este caso é assumido que a tecnologia já está disponível.

##### **6.4.1 Cenário 1: Não controlado (41 PC de 7,2 kW)**

O cenário 1 é dos que apresenta maior probabilidade de acontecer, porém menos favorável. Supõe que o carregamento é iniciado logo que os utilizadores terminem o seu horário laboral e de forma não controlada. Sem dúvida que este panorama levará a um aumento da necessidade de procura energética num horário com tarifário pouco atrativo.

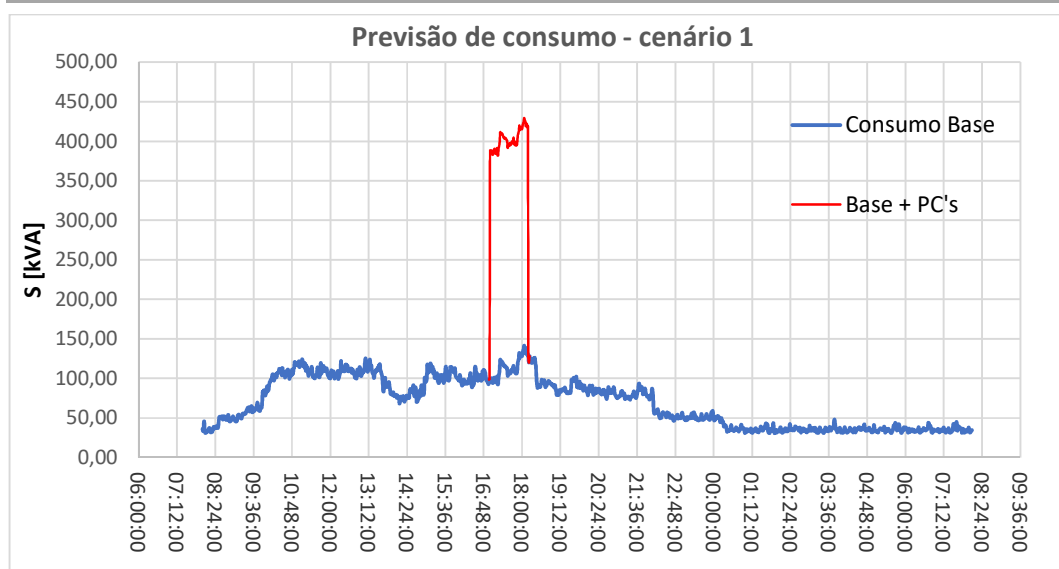


Figura 74 – Diagrama de Carga: Cenário 1

O carregamento simultâneo das 41 viaturas inicia por volta das 17h:00m, contabilizando um total de 356,70 kWh de energia ativa e 29,52 kvarh de energia reativa, que se traduz num custo diário adicional de 41,25 €. O pico de carga, anteriormente de 141,38 kVA registado às 18h:04m, passou a ser de 429,35 kVA à mesma hora, Figura 74. Já o pico de consumo de Energia Reativa é reduzido durante a sessão de carregamento dos 40,63 kvar para 17,13 kvar, ambos de natureza indutiva. É registado um aumento significativo do valor de pico máximo do diagrama de carga, sensivelmente metade do valor nominal do transformador de potência.

#### 6.4.2 Cenário 2: Programado não controlado (41 PC de 7,2 kW)

O cenário 2 é um pouco mais favorável que o anterior pois aproveita o período de tarifa em super vazio para efetuar os carregamentos. O novo pico de procura energética deixa de ser coincidente com o pico de potência do diagrama de carga. O carregamento programado requer que o utilizador deixe o veículo conectado para que este ocorra no período pretendido.



Figura 75 – Diagrama de carga: Cenário 2

O carregamento simultâneo das 41 viaturas inicia às 02h:00m, contabilizando um total de 356,70 kWh de energia ativa e 29,52 kvarh de energia reativa, resultando num custo diário adicional de 24,91 €. O pico de carga em vazio normal e super vazio passou de 86,88 kVA (22h:04m) para 334,17 kVA, registado às 02h:23m, Figura 75. Já o pico de consumo de Energia Reativa passa de 12,12 kvar (indutivo) para 15,53 kvar (capacitivo) durante a sessão de carregamento.

#### 6.4.3 Cenário 3: Programado e controlado (41 PC de 7,2 kW)

O cenário 3, que já inclui a possibilidade de nivelamento de carga, será talvez a opção mais favorável. O excedente de necessidade energética será acomodado ao diagrama de carga, aproveitando de forma controlada os horários com as tarifas mais económicas, minimizando também o pico de procura.

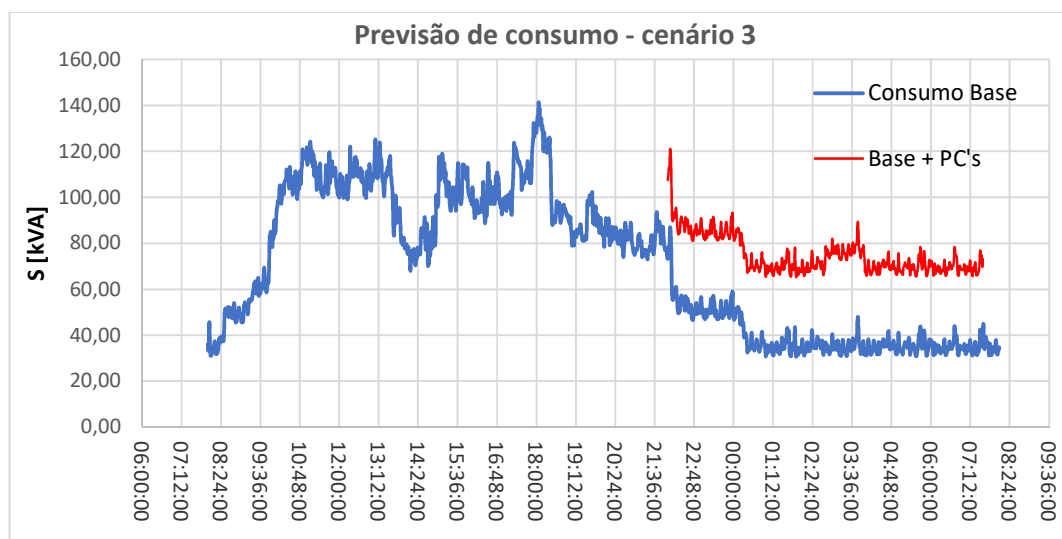


Figura 76 – Diagrama de carga: Cenário 3

Os carregamentos iniciam às 22h:00m de forma sequencial, maioritariamente em grupos de 5. Foi contabilizado um total de 356,70 kWh de energia ativa e 29,52 kvarh de energia reativa, o que significa um custo adicional de 26,31 €. O pico de carga em vazio normal e super vazio passou de 86,88 kVA para 120,91 kVA (muito abaixo do registado no cenário 2), ambos registados às 22h:04m, Figura 76. Já o pico de consumo de Energia Reativa é reduzido durante a sessão de carregamento dos 24,96 kvar para 21,97 kvar, ambos de natureza indutiva.

#### 6.4.4 Cenário 4: Não controlado (84 PC de 7,2 kW)

O cenário 4 procura preencher a totalidade da potência do PT “Formação”, ou seja, os 800 kVA. Sendo o pico máximo do diagrama de carga os 141,38 kVA, sobra bastante potência que pode ser canalizada para a Mobilidade Elétrica. Num exercício puramente académico, partindo do valor de ponta máxima até ao limite do transformador de potência, seria possível a instalação de 84 PC de 7,2 kW com um fator de utilização unitário, ou seja, cada um com uma viatura conectada.

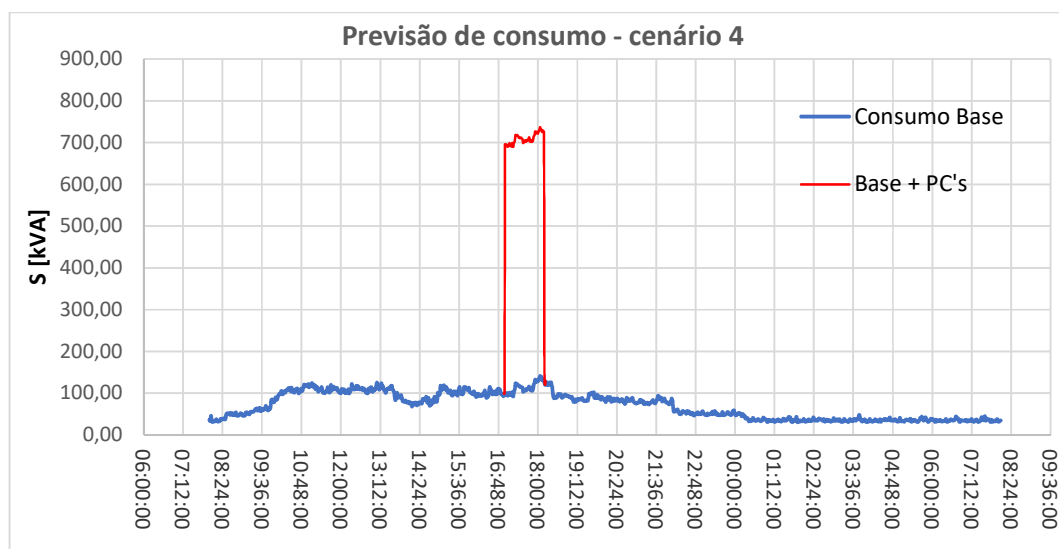


Figura 77 – Diagrama de carga: Cenário 4

Apostando num cenário claramente desfavorável, o carregamento simultâneo das 84 viaturas inicia por volta das 17h:00m, contabilizando um total de 730,80 kWh de energia ativa e 60,48 kvarh de energia reativa, significando um custo adicional diário de 84,52 €. O pico de carga, anteriormente de 141,38 kVA registado às 18h:04m, passou a ser de 736,96 kVA à mesma hora, Figura 77. Já o pico de consumo de Energia Reativa passa de 40,63 kvar (indutivo) para 23,82 kvar (capacitivo) durante a sessão de carregamento. Com este aumento de procura energética, o valor de pico máximo do diagrama de carga passa a estar próximo da potência nominal do transformador de potência.

#### 6.4.5 Conclusão Cenários

Os resultados dos cenários simulados estão resumidamente expostos na Tabela 11, com o objetivo de contribuir para uma análise simplificada, focando o aspeto técnico e financeiro:

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4
Quantidade de PC	41	41	41	84
Custos extraordinários com energia elétrica	41,25 €/dia	24,91 €/dia	26,31 €/dia	84,52 €/dia
Antigo pico de carga durante intervalo carregamento	141,38 kVA	86,88 kVA	86,88 kVA	141,38 kVA
Novo pico de carga durante intervalo carregamento	429,35 kVA	334,17 kVA	120,91 kVA	736,96 kVA
Índice de carga do Transformador Potência	54 %	42%	15%	92 %

Tabela 11 – Resumo de resultados dos cenários de carregamento

O cenário 2 é o mais económico porque aproveita o horário de tarifa mais vantajoso, e tem a vantagem de contribuir para que o transformador de potência instalado funcione num patamar de carga que permite um valor máximo de rendimento, mesmo que de forma momentânea [59].

O cenário 3 aproveita as duas tarifas mais económicas, apresentando um custo ligeiramente acima do cenário 2. Devido a um sistema de gestão de carga programado para efetuar o carregamento das viaturas de forma sequencial e em grupos de 5, este cenário não vai permitir a sobrecarga do sistema, contudo apresenta um regime de carga que vai deteriorar o rendimento do transformador de potência, podendo aumentar os custos de exploração da instalação [59].

Deste conjunto de previsões, os cenários 1 e 4 são claramente os mais desfavoráveis, comprovando que é essencial a implementação de um sistema de gestão de carga quando se trata do carregamento de viaturas. A sobrecarga da instalação está perto de ser uma realidade para o cenário 4, mesmo sem um regime de carga muito elevado em permanência. O horário em que decorrem ambas as sessões de carregamento não utiliza a tarifa mais adequada, o que vai contribuir de forma decisiva para o aumento significativo da despesa com energia elétrica.

## 7. Análise de Custos

### 7.1 Introdução

Para além de todas as questões técnicas e ambientais indicadas, este trabalho considera também importante identificar e avaliar os custos financeiros resultante desta mudança, dada a relevância que a mobilidade dos funcionários representa no orçamento das empresas. Foram analisadas as duas formas escolhidas pela empresa para equipar a sua frota, aquisição definitiva e *Renting*, bem como estimados os custos inerentes à instalação, manutenção e utilização de Postos de Carregamento.

### 7.2 Custos com viaturas

Perante a diversidade de viaturas disponíveis no mercado, foram escolhidos dois modelos de VE e dois de veículos combustão equivalentes, e criados dois exemplos dentro de cada modalidade de aquisição, muito próximo das soluções praticadas pela empresa ISQ. A escolha dos modelos teve como critério a disponibilidade da empresa de *Renting*. De uma forma objetiva, a intenção é verificar qual poderá ser a solução mais vantajosa para a empresa de acordo com a utilização e o enquadramento fiscal [42].

Os critérios de comparação assentam numa base equiparável de aquisição e utilização, ou seja, com o mesmo número de quilómetros percorridos e mesmo tempo de vida útil.

#### 7.2.1 Aquisição definitiva

A comparação será feita entre veículos da mesma gama, ligeiros comerciais e de passageiros, num exercício a 4 anos com um percurso estimado anual perto dos 35000 km. O custo médio por cada litro de gasóleo é o que está em vigor à data (1,403 €/km), acontecendo o mesmo com o custo da energia elétrica para clientes BTN (0,16 €/kWh).

Embora esta comparação considere iguais custos com manutenção/utilização para os veículos de combustão e os elétricos, é necessário salientar que para o caso dos VE são previsivelmente mais reduzidos, por exemplo, em determinados locais o estacionamento é gratuito e o abastecimento não é pago. De salientar que o VE está elegível para a candidatura ao fundo ambiental no valor de 2 250 € e que é considerado que a empresa não apresenta prejuízos fiscais e neste caso não existe TA com agravamento (+ 10%, se fosse o caso).

Para o primeiro caso serão comparados os custos com a aquisição definitiva de duas viaturas ligeiras de passageiros:

- Para o Diesel é possível deduzir 50% do IVA do custo associado, estando sujeito a TA;

- Ao valor de aquisição não é possível a dedução do IVA do veículo ligeiro de passageiros a gasóleo, exatamente o oposto ao enquadramento fiscal do VE;
- A dedução do IVA dos custos de manutenção/utilização não é possível para ambos os veículos, mas o veículo de combustão está sujeito a TA;
- O imposto a pagar por depreciação não aceite fiscalmente também está sujeita a TA;
- O custo com a eletricidade utilizada para efetuar o carregamento do VE não está sujeito a dedução IVA.

	E-Golf (Elétrico)	Golf 1,6 TDI 115 cv (Diesel)
PVP (C/ IVA + ISV)	41 398 €	29 028 €
IVA dedutível	- 9 521,54 €	0,00 €
Poupança em sede de IRC (fim dos 4 anos)	- 6 694,06 € (- 1 673,52 € por ano)	- 5 250 € (máximo de 25 000€) (- 1 312,50 € por ano)
Taxa Tributação Autónoma	(N/A)	27,5%
Imposto a pagar por depreciação não aceite fiscalmente	-----	845,88 € (211,47 € por ano)
TA Global	(isento)	13 435,76 €
Peso relativo TA em relação custo aquisição	-----	46,29 %
Resultado (4 anos)	36 177,20 €	57 043,04 €

Tabela 12 – Comparação entre duas viaturas ligeiras de passageiros, exercício a 4 anos

Estimados os custos de aquisição e utilização, e depois de aplicada a respetiva fiscalidade, o VE anuncia uma poupança na ordem dos 20 000 € em relação ao veículo de combustão, Tabela 12.

(Demonstração completa do exercício disponível no [anexo 10.9](#))

Para o segundo caso desta modalidade, é comparada a aquisição de duas viaturas ligeiras comerciais (até três lugares), tendo em conta o seu enquadramento fiscal:

- Para o Diesel é possível deduzir 50% do IVA do custo associado e não está sujeito a TA;
- A dedução do IVA do custo global é possível para ambos os veículos;
- A dedução do IVA dos custos de manutenção/utilização é possível para o veículo comercial de combustão, mas para o elétrico não. Ambos estão excluídos de TA;
- O custo com a eletricidade utilizada para efetuar o carregamento do VE não está sujeito a dedução IVA.

	Kangoo ZE 33 Flex	Kangoo Express Confort 1.5 dCi
PVP (C/ IVA + ISV)	27 682,00 €	21 126,00 €
Incentivo Fund. Ambiental	- 2 250 €	-----
IVA dedutível	- 6 366,86 €	- 4 858,98 €
Poupança em sede de IRC (fim dos 4 anos)	- 4 476,18 € (- 1 119,04 € por ano)	- 3 416,07 € (- 854,02 € por ano)
TA global	(isento)	(isento)
Resultado (4 anos)	28 393,76 €	29 288,91 €

Tabela 13 – Comparação entre duas viaturas ligeiras comerciais, exercício a 4 anos

Estimados os custos de aquisição e utilização, o veículo de combustão apresenta uma ligeira vantagem, Tabela 13. A moldura fiscal para estas duas categorias de veículos é bastante similar mas com ligeiras diferenças a favor do veículo a diesel. O custo com combustível representa a parcela com maior peso no resultado do veículo de combustão.

(Demonstração completa do exercício disponível no [anexo 10.10](#)).

### 7.2.2 Solução *Renting*

Esta solução, designada também por aluguer operacional, representa a maioria dos veículos da frota do ISQ. O contrato prevê a inclusão de custos como manutenção programada e corretiva, a substituição de pneus, viatura de substituição, seguro, inspeção periódica, e gestão da fiscalidade. Para esta modalidade de aquisição, a candidatura ao fundo ambiental também é possível, mas no lugar da fatura deve ser entregue a cópia do contrato que deve ter uma duração mínima de 24 meses.

A comparação é feita entre veículos da mesma gama, ligeiros de passageiros e ligeiros comerciais. Os encargos utilizados são resultado das simulações disponíveis no site da LeasePlan [41]. O custo médio unitário por cada litro de gasóleo é o que está em vigor à data (1,403 €/km), acontecendo o mesmo com o custo da energia elétrica (0,16 €/kWh).

Importa referir que esta comparação considera iguais custos com manutenção/utilização entre veículos de combustão e elétricos, repetindo-se o contexto na comparação para a aquisição definitiva. Assume-se que a quantidade de quilómetros foi cumprida, logo não existem implicações adicionais por excesso ou por defeito. Também não está prevista a aplicação de qualquer penalização por abreviação contratual.

Para este primeiro caso serão comparadas as soluções *Renting* de duas viaturas ligeiras de passageiro, tendo em conta o seu enquadramento fiscal [43]:

- Para o Diesel é possível deduzir 50% do IVA do custo associado, mas está sujeito a TA;
- No caso do *Renting*, o “custo de aquisição” é o valor do contrato, ou seja, para este caso a soma das 48 rendas mensais;
- Não é possível a dedução do IVA nas rendas do veículo ligeiro de passageiros a gasóleo, ao contrário do VE, onde essa dedução é possível;
- A dedução do IVA dos custos de manutenção/utilização não é possível para ambos os veículos, mas o veículo de combustão está sujeito a TA;
- O imposto a pagar por depreciação não aceite fiscalmente também está sujeita a TA.
- O custo com eletricidade utilizada para efetuar o carregamento do VE não foi sujeito a dedução IVA.

	E-Golf	Golf 1.6 TDI Confortline
Rendas (LeasePlan Go)	863,59 € (x48)	683,40 € (x48)
IVA Dedutível	- 198,63 €	-----
Valor contrato	31 918,08 € (s/ IVA)	32 803,20 €
Incentivo Fund. Ambiental	- 2 250 €	-----
Poupança em sede de IRC (fim 4 anos)	- 6 702,80 € (- 1 675,70 € por ano)	- 5 250 € (- 1 312,50 € por ano)
Taxa Tributação Autónoma	(N/A)	27,5%
Imposto a pagar por depreciação não aceite fiscalmente	-----	1 638,67 € (409,67 € por ano)
TA global	(N/A)	14 691,96 €
Peso relativo TA em relação custo contrato	-----	44,79 %
Resultado (4 anos)	30 610,08 €	55 041,40 €

Tabela 14 – Comparação rendas viaturas ligeiras passageiros, contrato de 4 anos

Estimados os custos de aquisição e utilização, depois de aplicada a respetiva fiscalidade, o veículo elétrico anuncia uma poupança ainda superior (perto dos 24 000 €), comparativamente ao exercício anterior para veículos da mesma classe, Tabela 14.

(Demonstração completa do exercício disponível no [anexo 10.11](#))

Para o segundo caso desta modalidade, é comparada a solução *Renting* de duas viaturas ligeiras comerciais (até três lugares), considerando o seu enquadramento fiscal:

- Para o Diesel é possível deduzir 50% do IVA do custo associado e não está sujeito a TA;
- Para o caso do *Renting*, o “custo de aquisição” é o valor do contrato, ou seja, a soma das 48 rendas mensais;
- A dedução do IVA das rendas é possível em ambos os casos;
- A dedução do IVA dos custos de manutenção/utilização é possível para o veículo comercial de combustão, mas para o elétrico não. Ambos estão excluídos de TA;
- O custo com eletricidade utilizada para efetuar o carregamento do VE não foi sujeito a dedução IVA.

	Kangoo ZE 33 Flex	Kangoo Express Confort 1.5 dCi
Rendas (LeasePlan Go)	825,64 € (x48)	440,70 € (x48)
IVA Dedutível	- 189,90 €	- 101,36 €
Valor contrato	30 515,52 € (s/ IVA)	16 288,32 € (s/ IVA)
Incentivo Fund. Ambiental	- 2 250 €	-----
Poupança em sede de IRC (fim 4 anos)	- 6 408,26 € (- 1 602,06 € por ano)	- 3 420,55 € (- 855,14 € por ano)
TA global	(isento)	(isento)
Resultado	30 062,06 €	24 038,57 €

Tabela 15 – Comparação rendas viaturas comerciais ligeiras, contrato de 4 anos

Estimados os custos de aquisição e utilização, o veículo ligeiro de mercadorias a gasóleo aumenta a vantagem em relação ao VE (perto dos 6 000 €), comparativamente ao exercício anterior para veículos da mesma classe, Tabela 15.

(Demonstração completa do exercício disponível no anexo 10.12)

### 7.3 Custos com Posto Carregamento

Ao contrário dos PC rápidos, os encargos com PC lentos e normais ainda não dispõem de qualquer benefício fiscal ou incentivo financeiro, apesar do investimento relativamente elevado que a aquisição, instalação e manutenção pode exigir. Pretende-se neste ponto identificar os custos associados a estes equipamentos.

No mercado existem PC adaptáveis a todas as necessidades e situações. Para este estudo é considerada a aquisição de equipamentos capazes de efetuar uma gestão inteligente, e que de uma forma simples e intuitiva permita o controlo total do carregamento ao utilizador (programação dos horários e duração do carregamento, autenticação, acesso remoto aos dados de carregamento, etc.).

#### 7.3.1 Custos com aquisição, instalação e manutenção

Os custos com a instalação estão estimados entre os 1 500 € e os 4 000 €, por cada PC [44] em poste. Esta variação depende de uma série de fatores: distância à alimentação, do tipo de solo ou até mesmo dos custos com licenciamento camarário. Neste caso, estes últimos seriam evitados pois a instalação é realizada em espaço privado. Por uma questão de coerência, assumindo uma vida útil de 4 anos, podemos considerar um custo anual de 375 € a 1 000 € por ano.

Como já foi referido, para equipar as instalações do ISQ, os PC escolhidos seriam de 7,2 kW em poste para montagem exterior, que apresentam um custo médio por unidade entre os 1 800 € e os 2 500 € (cada unidade com duas tomadas).

Um Carregador Rápido Portátil DC de 20 kW, com características semelhantes ao utilizado no ensaio, tem um custo de aquisição perto dos 10 000 €. Neste caso, a vantagem é que os custos de instalação são mínimos e os de *standby* são inexistentes. Já um carregador Rápido DC de 50 kW de montagem exterior, o custo de aquisição entre os 25 000 € a 30 000 €. Este último já tem o apoio do fundo ambiental que pode atingir o valor máximo de 15 000 € por candidatura.

Um programa de manutenção preventiva semestral terá como valor referência os 90 €/ano, por cada ponto de carga. Este é um custo médio para uma instalação com várias tomadas de carregamento [44]. Os custos associados a roubo e vandalismo assumem-se nulos, pois os carregadores estão instalados numa instalação com acesso privado.

Não é considerado neste trabalho, mas sugere-se a realização de um estudo prévio que faça a previsão de como será afetado o consumo de Energia Reativa. Dependendo da instalação e do

tipo de equipamento de carregamento, pode haver necessidade de investimento com equipamentos que realizem a compensação do PF, como as Bateria de Condensadores, sob pena de agravamento da fatura com eletricidade.

### 7.3.2 Custos com consumo em *Standby*

O consumo em *standby* refere-se à energia elétrica consumida por um PC quando este não está em operação real, mas conectado à alimentação e pronto a ser utilizado. Este consumo é originado pela operação contínua do ecrã e pelos circuitos internos do carregador. Alguns equipamentos dispõem de ventiladores para mitigar o calor ou resistências para manter uma temperatura mínima de operacionalidade [55].

Pretende-se demonstrar que existe um consumo associado à disponibilidade do equipamento que deve ser tido em conta quando é escolhido o modelo de PC a adquirir. De forma a estimar o custo com energia elétrica que pode representar o *standby*, foi efetuada a medição a um PC rápido da EFACEC, modelo Q\_45, Figura 78, instalado no centro técnico da VW (mesmo local dos ensaios 1 e 2).



Figura 78 – Consumo em *standby* PC Rápido EFACEC 50 kW

A medição foi realizada durante uma hora com uma viatura conectada ao PC, que não estava em carregamento. No ensaio foi possível verificar um consumo por fase muito estável e bastante equilibrado. Já o Fator de Potência (PF) apresenta um valor muito baixo, refletindo-se num consumo predominante de energia reativa (capacitiva), Tabela 16.

L1 [A]	L2 [A]	L3 [A]	Neutro [A]	P [kW]	Consumo Ativa [kWh]	Q [kvar]	Consumo Reativa [kvarh]	S [kVA]	PF
1,50	1,50	1,60	0,30	0,083	0,083	1,112	1,12	1,116	0,073

Tabela 16 – Resumo de resultados medição *Standby*

Para determinar o custo associado ao consumo registado, Tabela 17, vamos recorrer novamente aos critérios utilizados no índice 6.4, que pressupõem a contagem em MT, com média utilização,

ciclo diário e se aplicável, ao preço da Energia Reativa Indutiva a utilização do Fator Multiplicativo referente ao escalão 1, anexo 10.8.

Custo	Energia Ativa [kWh]	Custo [€]	Energia Reativa [kvarh]	Custo [€]	Custo total [€]
Por dia	2	0,20	26,90	0,50	0,70
Por mês	60	6,00	807,00	15,09	21,09
Por ano	730	73,00	9 818,50	183,61	256,61

Tabela 17 – Previsão de custos com Standby de um PC

Para este equipamento, é previsto um custo máximo de *standby* diário de 0,70 €. Este cálculo pretende apenas servir de referência, uma vez que este consumo pode apresentar variações consoante a complexidade do equipamento de carregamento.

Para uma empresa que opte pela instalação deste tipo de equipamentos de carregamento, seria rentável que o tempo de *standby* fosse reduzido ao mínimo, aumentando então as horas de utilização, por exemplo, possibilitando o carregamento também aos colaboradores, através de protocolos que possam ser vantajosos para ambas as partes, fomentando também a utilização destes veículos.



## 8. Conclusões

### 8.1 Conclusão

Todas as pesquisas sobre o tema, bem como os ensaios realizados permitiram alcançar um conjunto de referências fundamentais para a conclusão deste trabalho.

De acordo com o enquadramento fiscal e considerando a totalidade dos incentivos financeiros para as empresas disponibilizado pelo Fundo Ambiental, foi verificado que perante as duas formas de aquisição de viaturas praticada pela empresa ISQ, os VE estão quase sempre em vantagem no que trata à minimização de custos financeiros. A exceção verifica-se na modalidade de *Renting*, quando comparados dois veículos ligeiros comerciais. Como este tipo de viaturas são abrangidos por um plano fiscal muito semelhante, é mais difícil minimizar o elevado custo de aquisição do VE. Pode concluir-se que todas as medidas que penalizem fiscalmente os veículos mais poluentes funcionam como mecanismo de discriminação positiva, fomentando a aquisição e utilização dos VE. Relacionando as opções aquisição definitiva e *Renting*, esta última modalidade demonstra alguma vantagem porque é a opção tendencialmente mais económica e também porque o risco com a perda de característica ou avarias das baterias é eliminado, uma vez que a empresa não se torna proprietária da viatura. Existem também outras vantagens indiretas, salientando a gestão das frotas, que é feita por empresas especializadas libertando os colaboradores da empresa locatária para a realização de tarefas que promovam a produção.

Aquisição e utilização 4 anos	Aquisição Definitiva	<i>Renting</i>
E-Golf	36 177,20 €	30 610,08 €
Golf 1.6 TDI	57 043,04 €	55 041,40 €
Kangoo ZE 33 Flex	28 393,76 €	30 062,06 €
Kangoo Express 1.5 dCi	29 288,91 €	24 038,57 €

Tabela 18 – Resumo da previsão de custos com aquisição e utilização a 4 anos

Quanto à aquisição de Postos de Carregamento a instalar, fatores como as necessidades do utilizador (tempo de carga), as características mais importantes dos VE disponíveis no mercado (Potência Carregador *onboard*) ou até as particularidades do parque de estacionamento do *campus* empresarial, indicam que a tipologia de PC de montagem exterior em poste com uma potência de 7,2 kW sugerido, é uma solução bastante viável. De qualquer forma, a escolha deve ter em conta outros critérios, tais como custos de aquisição, instalação, manutenção e *standby*. Durante os ensaios efetuados neste trabalho, este tipo de equipamento apresentou resultados com baixo conteúdo harmónico e dentro dos requisitos da norma, independentemente do regime de carga. Já o consumo de Energia Reativa é reduzido e de natureza Capacitiva, verificando-se que é possível a contribuição para a redução do valor das pontas de consumo em

Reativa quando presente numa IE de natureza maioritariamente Indutiva, como é demonstrado nas 4 previsões de carregamento estudadas. Este trabalho salienta a importância de uma gestão eficiente das sessões de carregamento e uma orientação para a utilização em tarifas com preços mais baratos, que procure influenciar o diagrama de carga em períodos de menor consumo, adiando o *upgrade* da Instalação Elétrica e economizar na faturação com a energia elétrica.

	Custo diário com energia	Índice de carga TP
Cenário 1	41,25 €	54 %
Cenário 2	24,91 €	42 %
Cenário 3	26,31 €	15 %

Tabela 19 – Resumo de custos estimados com o carregamento de VE

O ensaio ao PC Rápido de 20 kW demonstrou que existe uma deterioração do *THD* quando o índice de carga reduz para a metade, chegando a sair dos parâmetros requisitados pela norma. Dos 3 casos ensaiados neste trabalho, este foi o que apresentou uma produção significativa de Energia Reativa de carácter Capacitivo, podendo este tipo de equipamento contribuir de forma relevante para a compensação do Fator de Potência em instalações com forte tendência para produção de Potência Reativa Indutiva.

Depois de analisadas as políticas de incentivo e apesar de todas as dificuldades económicas e financeiras vividas em Portugal, os números comprovam que a Mobilidade Elétrica tem conseguido uma adesão interessante nos últimos anos, mesmo comparando com outros países europeus. Apesar das diferentes realidades, é imprescindível olhar e refletir naquilo que consideramos as “boas práticas” aplicadas noutros países tecnologicamente mais desenvolvidos.

É de salientar que de um modo geral, em Portugal o resultado só não é mais favorável porque ainda existem alguns constrangimentos no acesso à rede pública de carregamento e poucos incentivos a nível local. Perante os custos ainda elevados de compra e instalação de PC, fica a sensação que faltam políticas de incentivo nesta área do ecossistema. Seria importante que as empresas pudessem requerer ainda mais apoios, pois é reconhecida a sua extrema importância na proliferação da Mobilidade Elétrica e porque não podem estar dependentes da rede MOBI.E. Só garantindo uma maior estabilidade às empresas é possível garantir o VE como ferramenta de trabalho funcional do ponto de vista logístico.

Em relação à anunciada vantagem ambiental dos VE, foi comprovado que em relação a um veículo de combustão, esta só é atingida após um certo nível de utilização e que a construção da bateria é um fator de extrema importância. Depois de atingido o objetivo principal deste trabalho, a substituição da totalidade da frota por VE, a estimativa de poupança anual de

emissões é na ordem das 685 t CO<sub>2</sub>, ou seja, 1522,56 kg CO<sub>2</sub> por viatura. Foi acentuada a importância da estreita relação entre a Mobilidade Elétrica e as energias renováveis, reforçando que um sistema elétrico com um *mix* de produção com baixas emissões de CO<sub>2</sub> levará ao alcançar de uma forma mais rápida a esperada alternativa “limpa” e contribuir de forma decisiva para que a ideia de “emissões zero” saia do sentido figurado e se torne cada vez mais real.

## **8.2 Perspetiva de trabalhos futuros**

Com todos os avanços tecnológicos a serem noticiados e divulgados de forma tão rápida no tema da Mobilidade Elétrica, existe sempre a possibilidade de dar continuidade a alguns assuntos importantes e desenvolver algumas ideias novas baseadas na informação recolhida. Desta forma, são sugeridas duas ideias para continuidade de desenvolvimento:

- Alargar a análise a um maior leque de PC de tecnologia recente e a funcionar sob diferentes condições atmosféricas. A qualidade de energia da Instalação Elétrica ou o tempo de recarga das baterias em condições extremas é de enorme importância, para uma tecnologia que se quer desenvolver de forma sólida e sustentável.
- A criação de um software que utilize a informação recolhida e que permita a uma empresa com necessidades semelhantes à que serviu de plataforma para este trabalho, de forma simples e intuitiva, escolher a opção que mais lhe convém.



## 9. Referências

- [1] Documento de trabalho da Comissão Europeia, Direção-Geral da Energia e dos Transportes; “Livro Verde – Por uma nova cultura de mobilidade urbana”, 25 de setembro de 2007.
- [2] Portugal 2020 – “Programa Operacional de Sustentabilidade e eficiência no uso de recursos 2014 a 2020”; site: [www.poseur.portugal2020.pt](http://www.poseur.portugal2020.pt).
- [3] Rita Faria, em Jornal de Negócios; Artigo: “Consumo de energia na União Europeia caiu 2,5% em 25 anos”, a 20 de fevereiro de 2017.
- [4] BP “Statistical Review of World Energy 67<sup>th</sup> edition”; junho 2018.
- [5] OPEP – Organization of the Petroleum Exporting Countries. Site: [https://www.opec.org/opec\\_web/en/](https://www.opec.org/opec_web/en/)
- [6] Luís Manuel Martins Gomes, “O Veículo Elétrico e a sua Integração no Sistema Elétrico” – Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, outubro 2010.
- [7] Raquel Murgeira, em Jornal de Negócios; Artigo: “Elétricos podem tornar-se mais baratos que carros a gasolina ou diesel em sete anos”, a 22 de março de 2018.
- [8] Mehrdad Ehsani, Yimin Gao, Sebastien E. Gay, Ali Emadi; “Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles”, 2005.
- [9] Bruno José de Oliveira Araújo, “Desenvolvimento de um Modelo de Caracterização Energética de Ciclos de Condução” – Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho Escola de Engenharia, janeiro 2015.
- [10] U.S. Geological Survey, “Mineral Commodity Summaries 2018”, 31 de janeiro de 2018.
- [11] International Energy Agency, “Global EV Outlook 2018 – Towards cross-modal electrification”, [Online]. Disponível: [www.iea.org](http://www.iea.org)
- [12] Opinion Nissan Insider – News “Second life LEAF batteries to power Amsterdam Arena”, [Online]. Disponível: <http://nissaninsider.co.uk/second-life-leaf-batteries-to-power-amsterdam-arena/>
- [13] Reuters, 27 março 2018 – “Nissan spins up new plant to give second life to EV batteries”, [Online]. Disponível: <https://www.reuters.com/article/us-nissan-battery/nissan-spins-up-new-plant-to-give-second-life-to-ev-batteries-idUSKBN1H30DD>
- [14] Media Groupe Renault Press Releases – “Groupe Renault and EEM create first *smart island* in Porto Santo”, [Online]. Disponível: <https://media.group.renault.com/global/en-gb/groupe-renault/media/pressreleases/21204577/le-groupe-renault-et-eem-creent-la-premiere-ile-intelligente-a-porto-santo>
- [15] IEEE in association with International Transportation Electrification Conference (Chicago – junho 2017) – Tubitak Energy Institute Presentation.
- [16] X. D. Xue, K. W. E. Cheng, and N.C. Cheung Department of Electrical Engineering; “Selection of Electric Motor Drives for Electric Vehicles”, junho 2009.












- [17] Hélio Costa, Toyota Caetano Portugal S.A.; “Tecnologia Híbrida – Formação Técnica”, janeiro 2018.
- [18] DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia: “Guia Técnico Das Instalações Elétricas para Alimentação de Veículos Elétricos” – Versão 19 de setembro de 2017.
- [19] Norma ambiental Euro6, Regulamento (EU) N.º 459/2012 da Comissão de 29 maio de 2012.
- [20] Paulo Marmé, em revista digital Watts On; Artigo: “Híbridos: O cruzamento de espécies diferentes”, a 4 de março de 2018.
- [21] Tam Hunt, em Greentech Media; Artigo: “Is There Enough Lithium to Maintain the Growth of the Lithium-Ion Battery Market?”, a 2 de junho de 2015.
- [22] Paolo Varga Mendoza, “Lithium and the Foreseeable Future” – Thesis for the degree of Bachelor of Science in Mechanical Engineering, University of Arkansas, May 2018.
- [23] Fernando Diniz, em revista digital Watts On; Artigo: “Lítio, o Petróleo Branco”, a 8 de janeiro de 2019.
- [24] Ana Sanlez, em Dinheiro Vivo; Artigo: “Preço alto do lítio pode tornar Portugal em potência dos carros elétricos”, a 8 de abril de 2018.
- [25] Mariana Adam, em jornal digital Negócios; Artigo: “Morgan Stanley: Preço do lítio vai cair 45 % em três anos”, a 27 fevereiro de 2018.
- [26] Frederica Gonçalves Santos, “A rede de Mobilidade Elétrica em Portugal – as incidências do Direito Público e Europeu na criação de um novo paradigma de mobilidade” – Dissertação de Mestrado em Direito Administrativo, Universidade Católica Portuguesa, maio 2017.
- [27] Mário Jorge Fonseca Duarte Gamas, “Mobilidade Elétrica Sustentável: Casos de estudo” – Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Instituto Superior Técnico, novembro 2015.
- [28] MOBI.E, “faqs”. [Online]. Disponível: <https://www.mobie.pt/faqs>
- [29] Associação de Utilizadores de Veículos Elétricos, “Memorando – A Mobilidade Elétrica em Portugal 2018”, em 10 de junho de 2018.
- [30] ACAP – Associação Automóvel de Portugal, “Estatísticas do Sector Automóvel – edição de 2016”.
- [31] Autoinforma, “Estatísticas do Parque Automóvel de 1974 a 2017” [Online]. Disponível: <http://www.autoinforma.pt>.  
[Acedido 29-set-2018]
- [32] European Alternative Fuels Observatory, “Vehicle and fleet data” [Online]. Disponível: <https://www.eafo.eu/>.  
[Acedido 29-set-2018]
- [33] International Energy Agency (iea), “Nordic EV Outlook 2018 – Insights from leaders in electric mobility”, 2018.


















- [34] Innovation and Networks Executive Agency (INEA), “Connecting Europe Facility – Energy Supported Actions”, January 2016.
- [35] REN – Rede Elétrica Nacional S.A, “PDIRT – Plano de Desenvolvimento e Investimento da Rede Nacional de Transporte 2018-27”, proposta de junho 2017.
- [36] REN – Rede Elétrica Nacional S.A., “Dados Técnicos 2017”, em abril de 2018.
- [37] EDP Distribuição – Energia, S.A., “PDIRT – Plano de Desenvolvimento e Investimento da Rede Distribuição 2017-21”, versão de junho 2016.
- [38] Estudo feito pelo Instituto Sueco de Pesquisa Ambiental, difundido pela revista online Motor24; artigo: “Produzir baterias para carros elétricos polui mais que anos a guiar uma carro a gasolina”, em 29 de outubro de 2017.
- [39] Revista Digital Veículos Elétricos; Artigo: “Carregamento de Veículos Elétricos começa a ser pago em outubro”, em 8 de maio 2018.
- [40] Carlos Manuel da Silva Oliveira, “Integração de Veículos Elétricos em Redes Isoladas” - Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e Computadores, Instituto Superior Técnico, fevereiro de 2011.
- [41] LeasePlan; site: <https://www.leaseplan.com/pt-pt/>.
- [42] Ana Clara Borrego, Paula Gaia e José de Campos Amorim; Artigo: “Gestão do parque automóvel empresarial de viaturas ligeiras de passageiros: A importância das normas de fiscalidade ambiental” – VII GECAMB Conference on Environmental Management and Accounting.
- [43] ALF – Associação Portuguesa de Leasing, Factoring e Renting; Site: <http://www.alf.pt>.
- [44] Charles W. Botsford, P.E.; “The Economics of Non-Residential Level 2 EVSE Charging Infrastructure”, EVS26 International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium, Los Angeles, California, May 6-9, 2012.
- [45] Alexandra Correia, em Revista Visão; Artigo: “A corrida ao Lítio Português”, em 13 julho de 2017.
- [46] M. R. Machado Leite, LNEG (Laboratório Nacional de Energia e Geologia); Apresentação: “Lítio em Portugal ... do recurso Mineral aos produtos de Lítio” - Encontro Ciência '17, julho de 2017.
- [47] Fleet Europe, “Renault joins EV Charging project in southern Europe” [Online]. Disponível: <https://www.fleeteurope.com/en/news/renault-joins-ev-charging-project-southern-europe>.  
[Acedido 08-fev-2019]
- [48] Enel, “Enel kicks off the “E-VIA FLEX-E” project for the installation of ultra-fast charging stations in Italy, France and Spain” [Online]. Disponível: <https://www.enel.com/media/press/d/2017/12/e-via-flex-e-eng>.  
[Acedido 08-fev-2019]
- [49] European Commission, “E-VIA – FLEX-E mobility in Spain, France, Italy” [Online]. Disponível: <https://ec.europa.eu/inea/en/connecting-europe-facility/cef-transport/2016-eu-tm-0337-s>.















- [Acedido 08-fev-2019]
- [50] European Commission, “ULTRA-E – mobility in Baltic-Adriatic, North Sea-Baltic, North Sea-Mediterranean, Rhine-Alpine, Rhine-Danube and Scandinavian-Mediterranean corridors” [Online]. Disponível: [https://ec.europa.eu/inea/sites/inea/files/fiche\\_2015-eu-tm-0367-s\\_final.pdf](https://ec.europa.eu/inea/sites/inea/files/fiche_2015-eu-tm-0367-s_final.pdf).  
[Acedido 08-fev-2019]
- [51] Ionity GmbH, “Who we are” [Online]. Disponível: <http://ionity.eu/ionity-en.html#howeare>.  
[Acedido 08-fev-2019]
- [52] Electrek, “First look at Ionity ‘ultra-fast’ charging network map of planned stations” [Online]. Disponível: <https://electrek.co/2018/02/06/map-ionity-ultra-fast-charging-network/>  
[Acedido 08-fev-2019]
- [53] Fortum, “Online news - New High Power Charging Network Planned Europe’s Metropolitan areas” [Online]. Disponível: <https://www3.fortum.com/media/2018/01/new-high-power-charging-network-planned-europes-metropolitan-areas>.  
[Acedido 08-fev-2019]
- [54] Fernando Gomes, em Razão Automóvel; Artigo: “Investigadora portuguesa pode ter descoberto a bateria do futuro”, em abril de 2017.
- [55] Alexandre Lucas, Germana Trentadue, Harald Scholz e Marcos Otura; Artigo: “Power Quality Performance of Fast-Charging under Extreme Temperature Conditions”, em 2 de outubro de 2018.
- [56] Nuno Melo, Francisco Mira, Anibal de Almeida e Joaquim Delgado; Artigo: “Integration of PEV in Portuguese Distribution Grid – Analysis of harmonic current emissions in charging points”, em 12 de janeiro de 2012.
- [57] Paulo Marmé, em revista digital Watts On; Artigo: “Custo de produção de baterias caiu mais de dois terços nos últimos cinco anos”, a 30 de janeiro de 2019.
- [58] Rita Pinto, “Análise dos Perfis de Carregamento de Veículos Elétricos numa Estação de Carregamento” - Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e Computadores, Universidade da Beira Interior, junho de 2014.
- [59] Hélder Miguel Dias Freitas, “Análise da Eficiência Energética em Edifícios Alimentados em Média Tensão” - Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, junho de 2008.
















## 10. Anexos


## 10.1 Alguns Modelos de BEV

Marca/Modelo	Principais Características	Ficha Carregamento rápido
<p>BMW</p>  <p>i3</p>	<p>Baterias iões de lítio de 33 kWh;            Motor de 125 kW;            Carregador on-board 11 kW;            Velocidade máxima 150 km/h;            Autonomia 300 km (NEDC) <sup>(1)</sup>.</p>	 <p>CCS</p>
<p>BMW</p>  <p>i3s</p>	<p>Baterias iões de lítio de 33 kWh;            Motor de 135 kW;            Carregador on-board 11 kW;            Velocidade máxima 160 km/h;            Autonomia 280 km (NEDC) <sup>(1)</sup>.</p>	 <p>CCS</p>
<p>Citroen</p>  <p>C - Zero</p>	<p>Baterias iões de lítio de 14,5 kWh;            Motor de 49 kW;            Carregador on-board 3,7 kW;            Velocidade máxima 130 km/h;            Autonomia 150 km (NEDC) <sup>(1)</sup>.</p>	 <p>CHAdeMO</p>
<p>Citroen</p>  <p>e-Berlingo</p>	<p>Baterias iões de lítio de 22,5 kWh;            Motor de 49 kW;            Carregador on-board 3,7 kW;            Velocidade máxima 110 km/h;            Autonomia 170 km (NEDC) <sup>(1)</sup>.</p>	 <p>CHAdeMO</p>
<p>Citroen</p>  <p>e-Mehari</p>	<p>Baterias iões de lítio de 30 kWh;            Motor de 50 kW;            Carregador on-board 3,7 kW;            Velocidade máxima 110 km/h;            Autonomia 200 km (NEDC) <sup>(1)</sup>.</p>	<p>-----</p>
<p>Chevrolet</p>  <p>Bolt EV</p>	<p>Baterias iões de lítio de 60 kWh;            Motor de 150 kW;            Carregador on-board 7,2 kW;            Velocidade máxima 145 km/h;            Autonomia 383 km (EPA) <sup>(2)</sup>.</p>	 <p>CCS</p>














<p>Fiat</p>  <p>500e</p>	<p>Baterias iões de lítio de 24 kWh;                  Motor de 83 kW;                  Carregador on-board 6,6 kW;                  Velocidade máxima 136 km/h;                  Autonomia 140 km (EPA) <sup>(2)</sup>.</p>	 <p>CCS (versão de 40 e 56 kWh)</p>
<p>Ford</p>  <p>Focus Electric</p>	<p>Baterias iões de lítio de 33,5 kWh;                  Motor de 107 kW;                  Carregador on-board 6,6 kW;                  Velocidade máxima 135 km/h;                  Autonomia 185 km (EPA) <sup>(2)</sup>.</p>	 <p>CCS</p>
<p>Hyundai</p>  <p>Ioniq EV</p>	<p>Baterias iões de lítio de 28 kWh;                  Motor de 88 kW;                  Carregador on-board 6,6 kW;                  Velocidade máxima 165 km/h;                  Autonomia 250 km (NEDC) <sup>(1)</sup>.</p>	 <p>CCS</p>
<p>Hyundai</p>  <p>Kauai EV</p>	<p>Baterias iões de lítio de 64 kWh;                  Motor de 150 kW;                  Carregador on-board 7,2 kW;                  Velocidade máxima 167 km/h;                  Autonomia 470 km (NEDC) <sup>(1)</sup>.</p>	 <p>CCS</p>
<p>Hyundai</p>  <p>Kauai EV Standard</p>	<p>Baterias iões de lítio de 39,2 kWh;                  Motor de 99 kW;                  Carregador on-board 7,2 kW;                  Velocidade máxima 167 km/h;                  Autonomia 300 km (NEDC) <sup>(1)</sup>.</p>	 <p>CCS</p>
<p>Kia</p>  <p>Soul EV</p>	<p>Baterias iões de lítio de 30 kWh;                  Motor de 81,6 kW;                  Carregador on-board 6,6 kW;                  Velocidade máxima 145 km/h;                  Autonomia 250 km (NEDC) <sup>(1)</sup>.</p>	 <p>CHAdeMO</p>
<p>Mercedes</p>  <p>Classe B Electric Drive</p>	<p>Baterias iões de lítio de 28 kWh;                  Motor de 132 kW;                  Carregador on-board 11 kW;                  Velocidade máxima 160 km/h;                  Autonomia 200 km (NEDC) <sup>(1)</sup>.</p>	<p>-----</p>
<p>Mitsubishi</p>  <p>i-MiEV</p>	<p>Baterias iões de lítio de 16 kWh;                  Motor de 49 kW;                  Carregador on-board 3,7 kW;                  Velocidade máxima 130 km/h;                  Autonomia 160 km (NEDC) <sup>(1)</sup>.</p>	 <p>CHAdeMO (max. 44 kW)</p>
<p>Nissan</p>  <p>Leaf</p>	<p>Baterias iões de lítio de 40 kWh;                  Motor de 110 kW;                  Carregador on-board 6,6 kW;                  Velocidade máxima 144 km/h;                  Autonomia 378 km (NEDC) <sup>(1)</sup>.</p>	 <p>CHAdeMO</p>

<p><b>Nissan</b></p>  <p><b>E-NV200 van</b></p>	<p>Baterias iões de lítio de 24 kWh;                  Motor de 80 kW;                  Carregador on-board 6,6 kW;                  Velocidade máxima 122 km/h;                  Autonomia 170 km (NEDC) <sup>(1)</sup>.</p>	 <p><b>CHAdeMO</b></p>
<p><b>Nissan</b></p>  <p><b>E-NV200 Evalia</b></p>	<p>Baterias iões de lítio de 24 kWh;                  Motor de 80 kW;                  Carregador on-board 6,6 kW;                  Velocidade máxima 122 km/h;                  Autonomia 170 km (NEDC) <sup>(1)</sup>.</p>	 <p><b>CHAdeMO</b></p>
<p><b>Opel</b></p>  <p><b>Ampera</b></p>	<p>Baterias iões de lítio de 60 kWh;                  Motor de 150 kW;                  Carregador on-board 7,4 kW;                  Velocidade máxima 150 km/h;                  Autonomia 520 km (NEDC) <sup>(1)</sup>.</p>	 <p><b>CCS</b></p>
<p><b>Peugeot</b></p>  <p><b>iOn</b></p>	<p>Baterias iões de lítio de 14,5 kWh;                  Motor de 49 kW;                  Carregador on-board 3,7 kW;                  Velocidade máxima 130 km/h;                  Autonomia 150 km (NEDC) <sup>(1)</sup>.</p>	 <p><b>CHAdeMO</b></p>
<p><b>Peugeot</b></p>  <p><b>Partner Electric</b></p>	<p>Baterias iões de lítio de 22,5 kWh;                  Motor de 49 kW;                  Carregador on-board 3,7 kW;                  Velocidade máxima 110 km/h;                  Autonomia 170 km (NEDC) <sup>(1)</sup>.</p>	 <p><b>CHAdeMO</b></p>
<p><b>Renault</b></p>  <p><b>Fluence ZE</b></p>	<p>Baterias iões de lítio de 22 kWh;                  Motor de 70 kW;                  Carregador on-board 3,5 (ou 43) kW;                  Velocidade máxima 135 km/h;                  Autonomia 185 km (NEDC) <sup>(1)</sup>.</p>	<p>-----</p>
<p><b>Renault</b></p>  <p><b>Zoe 22</b></p>	<p>Baterias iões de lítio de 22 kWh;                  Motor de 68 kW;                  Carregador on-board 22 kW;                  Velocidade máxima 135 km/h;                  Autonomia 240 km (NEDC) <sup>(1)</sup>.</p>	<p>-----</p>
<p><b>Renault</b></p>  <p><b>Zoe 40</b></p>	<p>Baterias iões de lítio de 40 kWh;                  Motor de 65 kW;                  Carregador on-board 43 kW;                  Velocidade máxima 135 km/h;                  Autonomia 403 km (NEDC) <sup>(1)</sup>.</p>	<p>-----</p>
<p><b>Renault</b></p>  <p><b>Kangoo ZE</b></p>	<p>Baterias iões de lítio de 33 kWh;                  Motor de 44 kW;                  Carregador on-board 7 kW;                  Velocidade máxima 130 km/h;                  Autonomia 270 km (NEDC) <sup>(1)</sup>.</p>	<p>-----</p>

<p><b>Renault</b></p>  <p><b>Twizy</b></p>	<p>Baterias iões de lítio de 6,1 kWh;                  Motor de 13 kW;                  Carregador on-board 2,3 kW;                  Velocidade máxima 80 km/h;                  Autonomia 90 km (NEDC) <sup>(1)</sup>.</p>	<p>-----</p>
<p><b>Smart</b></p>  <p><b>forfour electric drive</b></p>	<p>Baterias iões de lítio de 17,6 kWh;                  Motor de 60 kW;                  Carregador on-board 7,2 kW;                  Velocidade máxima 130 km/h;                  Autonomia 155 km (NEDC) <sup>(1)</sup>.</p>	<p>-----</p>
<p><b>Smart</b></p>  <p><b>fortwo electric drive</b></p>	<p>Baterias iões de lítio de 17,6 kWh;                  Motor de 35 kW;                  Carregador on-board 7,2 kW;                  Velocidade máxima 125 km/h;                  Autonomia 145 km (NEDC) <sup>(1)</sup>.</p>	<p>-----</p>
<p><b>Tesla</b></p>  <p><b>Model S 75 D</b></p>	<p>Baterias iões de lítio de 75 kWh;                  Motor de 193 kW;                  Carregador on-board: mid-range 7,4 kW; long-range 11 kW;                  Velocidade máxima 225 km/h;                  Autonomia 417 km (EPA) <sup>(2)</sup>.</p>	 <p><b>Tesla Type 2</b></p>
<p><b>Tesla</b></p>  <p><b>Model S 100 D</b></p>	<p>Baterias iões de lítio de 100 kWh;                  Motor de 193 kW;                  Carregador on-board: mid-range 7,4 kW; long-range 11 kW;                  Velocidade máxima 250 km/h;                  Autonomia 539 km (EPA) <sup>(2)</sup>.</p>	 <p><b>Tesla Type 2</b></p>
<p><b>Tesla</b></p>  <p><b>Model S P100D</b></p>	<p>Baterias iões de lítio de 100 kWh;                  Motor de 375 + 193 kW;                  Carregador on-board: mid-range 7,4 kW; long-range 11 kW;                  Velocidade máxima 250 km/h;                  Autonomia 507 km (EPA) <sup>(2)</sup>.</p>	 <p><b>Tesla Type 2</b></p>
<p><b>Tesla</b></p>  <p><b>Model X 75 D</b></p>	<p>Baterias iões de lítio de 75 kWh;                  Motor de 193 kW;                  Carregador on-board: mid-range 7,4 kW; long-range 11 kW;                  Velocidade máxima 210 km/h;                  Autonomia 383 km (EPA) <sup>(2)</sup>.</p>	 <p><b>Tesla Type 2</b></p>
<p><b>Tesla</b></p>  <p><b>Model X 100 D</b></p>	<p>Baterias iões de lítio de 100 kWh;                  Motor de 193 kW;                  Carregador on-board: mid-range 7,4 kW; long-range 11 kW;                  Velocidade máxima 250 km/h;                  Autonomia 475 km (EPA) <sup>(2)</sup>.</p>	 <p><b>Tesla Type 2</b></p>
<p><b>Tesla</b></p>  <p><b>Model X P100D</b></p>	<p>Baterias iões de lítio de 100 kWh;                  Motor de 375 + 193 kW;                  Carregador on-board: mid-range 7,4 kW; long-range 11 kW;                  Velocidade máxima 250 km/h;                  Autonomia 465 km (EPA) <sup>(2)</sup>.</p>	 <p><b>Tesla Type 2</b></p>

<p><b>Tesla</b></p>  <p><b>Model 3 (Mid-Range)</b></p>	<p><b>Baterias iões de lítio de 50 kWh;</b>  <b>Motor de 193 kW;</b>  <b>Carregador on-board: mid-range 7,4 kW; long-range 11 kW;</b>  <b>Velocidade máxima 209 km/h;</b>  <b>Autonomia 354 km (EPA) <sup>(2)</sup>.</b></p>	 <p><b>Tesla Type 2</b></p>
<p><b>Volkswagen</b></p>  <p><b>e-Golf</b></p>	<p><b>Baterias iões de lítio de 35,8 kWh;</b>  <b>Motor de 100 kW;</b>  <b>Carregador on-board 7,2 kW;</b>  <b>Velocidade máxima 150 km/h;</b>  <b>Autonomia 300 km (NEDC) <sup>(1)</sup>.</b></p>	 <p><b>CCS</b></p>
<p><b>Volkswagen</b></p>  <p><b>e-Up!</b></p>	<p><b>Baterias iões de lítio de 18,7 kWh;</b>  <b>Motor de 60 kW;</b>  <b>Carregador on-board 3,6 kW;</b>  <b>Velocidade máxima 130 km/h;</b>  <b>Autonomia 160 km (NEDC) <sup>(1)</sup>.</b></p>	 <p><b>CCS</b></p>
<p><b>Honda</b></p>  <p><b>Clarity E</b></p>	<p><b>Baterias iões de lítio de 25,5 kWh;</b>  <b>Motor de 120 kW;</b>  <b>Carregador on-board 6,6 kW;</b>  <b>Velocidade máxima 160 km/h;</b>  <b>Autonomia 143 km (EPA) <sup>(2)</sup>.</b></p>	 <p><b>CCS</b></p>
<p><b>Jaguar</b></p>  <p><b>I-Pace</b></p>	<p><b>Baterias iões de lítio de 90 kWh;</b>  <b>Motor de 147 + 147 kW;</b>  <b>Carregador on-board 7 kW;</b>  <b>Velocidade máxima 200 km/h;</b>  <b>Autonomia 377 km (EPA) <sup>(2)</sup>.</b></p>	 <p><b>CCS</b></p>
<p><i>(1) – NEDC – <b>New European Driving Cycle</b> – Agência com atuação no espaço Europeu, concebida para avaliar os níveis de emissão de CO<sub>2</sub> dos motores de veículos ligeiros e/ou a medição dos consumos de energia elétrica e da autonomia nos veículos híbridos ou totalmente elétricos.</i></p> <p><i>(2) – EPA - <b>United States Environmental Protection Agency</b> – Agência independente de proteção ambiental dos EUA, que nos últimos anos iniciou a regulamentação e a definição de ensaios, que visam as emissões de CO<sub>2</sub> de veículos automóveis ligeiros, centrais de produção de energia, ou ainda outras indústrias que contribuam para as alterações climáticas.</i></p>		

## 10.2 Tipos de motor em VE

Marca	Modelo	Região	Tração	Ano	Tipo Motor
	i3	EU & US	RWD	2018	Indução AC
	Bolt	US	FWD	2017	Sync PM AC
	500e	US	FWD	2017	Indução AC
	Focus E	EU & US	FWD	2018	Sync PM AC
	Clarity E	US	FWD	2018	Sync PM AC
	Ioniq E	EU & US	FWD	2018	Sync PM AC
	I-Pace	EU & US	FRWD	2018	Sync PM AC
	Soul EV	EU & US	FWD	2018	Sync PM AC
	Mi EV	US	FWD	2017	Sync PM AC
	Leaf	EU & US	FWD	2018	Sync PM AC
	Zoe	EU	FWD	2017	Sync PM AC
	Electric Drive	EU & US	FWD	2017	Sync AC
	Model 3 (Long Range)	EU & US	FWD	2018	Sync PM AC
	Model S 100D	EU & US	FRWD	2017	Indução AC
	Model S 75D	EU & US	FRWD	2017	Indução AC
	Model S P100D	EU & US	FRWD	2017	Indução AC
	Model X 100D	EU & US	FRWD	2017	Indução AC
	Model X 75D	EU & US	FRWD	2017	Indução AC
	Model X P100D	EU & US	FRWD	2017	Indução AC
	e-Golf	EU & US	FWD	2017	Sync PM AC
	e-Up!	EU	FWD	2017	Sync PM AC

## 10.3 Listagem de Fabricantes de PC Autorizados pela MOBI.E

Fabricante	Doméstico / Wallbox	PC em Poste (CA)	PC Rápido (DC)
	230 V 3,7 kW ... 7,2 kW Modo carga 1, 2 (Schuko) e 3 (Tipo 1 e 2)	230/400 V < 22 kW Modo carga 1, 2 (Schuko) e 3 (Tipo 2)	400 V 22 kW ... 50 kW Modo carga 3 (CA) e 4 (CC) CHAdMo e Combo2
 efacec Electric Mobility, S.A.	230/400 V 3,7 kW ... 22 kW Modo carga 1, 2 e 3 (Tipo 1 e 2)	230/400 V 3,7 kW ... 22 kW Modo carga 1, 2 e 3 (Tipo 1 e 2)	400 V 50 kW (U 161 kW ... 322 kW) Modo carga 3 (CA) e 4 (CC) Combo2 e CHAdMo/CCS
	230/400 V < 22 kW Modo carga 3 (Tipo 2)	230/400 V < 22 kW Modo carga 3 (Tipo 2)	400 V 22 e 43 kW (AC) 150 kW (DC) Modo carga 3 (CA) e 4 (CC) Combo2 e CHAdMo/CCS
	230/400 V 3,7 ... 22 kW Modo carga 3 (Tipo 2)	230/400 V 3,7 ... 22 kW Modo carga 3 (Tipo 2)	-----
	230/400 V 4,6 ... 22 kW Modo carga 1, 2 e 3 (Tipo 1 e 2)	230/400 V 3,7 ... 22 kW Modo carga 1, 2 e 3 (Tipo 1 e 2)	400 V < 43,5 kW (AC) 50 kW (DC) Modo carga 3 (CA) e 4 (CC) Combo2 e CHAdMo/CCS
	230/400 V 2 ... 43 kW Modo carga 1, 2 e 3 (Tipo 1 e 2)	230/400 V 3,7 ... 22 kW Modo carga 3 (Tipo 2)	400 V 30, 40 e 50 kW (DC) < 43 kW (AC) Modo carga 3 (CA) e 4 (CC) CHAdMo e Combo2
	400 V < 22 kW Modo carga 3 (Tipo 2)	400 V < 22 kW Modo carga 3 (Tipo 2)	400 V 45 kW (DC) 22 kW (AC) Modo carga 3 (CA) e 4 (CC) Combo2 e Tipo 2
	230/400 V 3,7 kW ... 22 kW Modo carga 1, 2 e 3 (Tipo 1 e 2)	230/400 V 2,3 kW ... 22 kW Modo carga 1, 2 e 3 (Tipo 1 e 2)	400 V 50 kW (DC) 43 kW (AC) Modo carga 3 (CA) e 4 (CC) Combo2 e Tipo 2
	-----	-----	400 V 50 kW (DC) Modo carga 4 CHAdMo/CCS

## 10.4 Resumo resultados ensaio 1

Tensões Simples	AVG	MIN	MAX
U <sub>1</sub> [V]	242,65	240,50	245,20
U <sub>2</sub> [V]	241,64	239,60	243,70
U <sub>3</sub> [V]	239,78	237,20	242,80

THD Tensões simples	AVG	MIN	MAX
THD <sub>U1</sub> [%]	5,14	2,20	7,00
THD <sub>U2</sub> [%]	4,04	1,90	5,70
THD <sub>U3</sub> [%]	3,45	1,90	4,30

Correntes	AVG	MIN	MAX
I <sub>1</sub> [A]	28,65	4,20	33,50
I <sub>2</sub> [A]	25,74	3,50	30,00
I <sub>3</sub> [A]	25,35	3,80	29,50
I <sub>Neutro</sub> [A]	0,62	0,10	0,70

THD Correntes	AVG	MIN	MAX
THD <sub>I1</sub> [%]	30,71	0,00	52,70
THD <sub>I2</sub> [%]	34,44	0,00	62,60
THD <sub>I3</sub> [%]	36,58	0,00	61,80

Potência Ativa	AVG	MIN	MAX
P <sub>1</sub> [W]	6351,29	918,44	7491,01
P <sub>2</sub> [W]	5648,78	745,51	6662,83
P <sub>3</sub> [W]	5349,92	756,90	6492,55
P <sub>Total</sub> [W]	17349,99	2420,85	20075,68

Potência Reativa	AVG	MIN	MAX
Q <sub>1</sub> [var]	2818,23	352,44	3564,09
Q <sub>2</sub> [var]	2378,12	262,09	3160,61
Q <sub>3</sub> [var]	2877,51	434,75	3460,94
Q <sub>Total</sub> [var]	8073,85	1118,96	10033,37

Potência Aparente	AVG	MIN	MAX
S <sub>1</sub> [VA]	6954,51	1040,22	8154,63
S <sub>2</sub> [VA]	6226,97	866,36	7266,37
S <sub>3</sub> [VA]	6083,14	909,95	7087,09
S <sub>Total</sub> [VA]	19264,63	2816,52	22413,23

Fator de Potência	AVG	MIN	MAX
PF <sub>1</sub>	0,90	0,16	0,95
PF <sub>2</sub>	0,89	0,14	0,94
PF <sub>3</sub>	0,86	0,14	0,93
PF <sub>Médio</sub>	0,88	0,15	0,94

Tan(φ)	AVG	MIN	MAX
Tan(φ <sub>1</sub> )	-0,135	-0,187	-0,040
Tan(φ <sub>2</sub> )	-0,050	-0,171	-0,002
Tan(φ <sub>3</sub> )	-0,189	-0,248	-0,025

Frequência	AVG	MIN	MAX
Freq. [Hz]	49,99	49,96	50,02

Consumo em 65 min de carregamento	
Energia Ativa (Wh)	18796,04
Energia Reativa (varh)	8745,62

## 10.5 Resumo resultados ensaio 2

Tensões Simples	AVG	MIN	MAX
U <sub>1</sub> [V]	243,01	240,80	245,20
U <sub>2</sub> [V]	241,14	239,40	243,60
U <sub>3</sub> [V]	241,82	240,00	243,40

THD Tensões simples	AVG	MIN	MAX
THD <sub>U1</sub> [%]	5,41	4,50	6,30
THD <sub>U2</sub> [%]	4,14	3,30	5,00
THD <sub>U3</sub> [%]	3,26	2,80	3,70

Correntes	AVG	MIN	MAX
I <sub>1</sub> [A]	14,46	0,80	14,90
I <sub>2</sub> [A]	14,43	0,80	14,90
I <sub>3</sub> [A]	0,00	0,00	0,00
I <sub>Neutro</sub> [A]	14,45	0,80	14,45

THD Correntes	AVG	MIN	MAX
THD <sub>I1</sub> [%]	3,71	0,00	24,40
THD <sub>I2</sub> [%]	3,24	0,00	7,40
THD <sub>I3</sub> [%]	0,00	0,00	0,00

Potência Ativa	AVG	MIN	MAX
P <sub>1</sub> [W]	3467,10	0,36	3600,91
P <sub>2</sub> [W]	3429,40	182,10	3561,77
P <sub>3</sub> [W]	0,00	0,00	0,00
P <sub>Total</sub> [W]	6896,50	0,36	7162,69

Potência Reativa	AVG	MIN	MAX
Q <sub>1</sub> [var]	270,32	6,67	291,23
Q <sub>2</sub> [var]	298,38	0,00	317,60
Q <sub>3</sub> [var]	0,00	0,00	0,00
Q <sub>Total</sub> [var]	568,70	6,67	607,34

Potência Aparente	AVG	MIN	MAX
S <sub>1</sub> [VA]	3479,02	6,68	3611,30
S <sub>2</sub> [VA]	3488,54	201,78	3575,07
S <sub>3</sub> [VA]	0,00	0,00	0,00
S <sub>Total</sub> [VA]	6921,65	6,68	7186,12

Fator de Potência	AVG	MIN	MAX
PF <sub>1</sub>	0,98	0,08	0,99
PF <sub>2</sub>	0,97	0,07	0,99
PF <sub>3</sub>	0,00	0,00	0,00
PF <sub>Médio</sub>	0,64	0,01	0,66

Tan(φ)	AVG	MIN	MAX
Tan(φ <sub>1</sub> )	-0,255	-13,949	-0,055
Tan(φ <sub>2</sub> )	-0,067	-0,072	0,000
Tan(φ <sub>3</sub> )	0,000	0,000	0,000

Frequência	AVG	MIN	MAX
Freq. [Hz]	50,00	49,97	50,05

Consumo em 75 min de carregamento	
Energia Ativa (Wh)	8735,57
Energia Reativa (varh)	720,35

## 10.6 Resumo resultados ensaio 3

Tensões Simples	AVG	MIN	MAX
U [V]	212,25	207,83	224,19

THD Tensões simples	AVG	MIN	MAX
THD <sub>U1</sub> [%]	1,99	1,62	2,32

Correntes	AVG	MIN	MAX
I <sub>1</sub> [A]	26,78	0,49	29,02

THD Correntes	AVG	MIN	MAX
THD <sub>I1</sub> [%]	4,40	3,94	20,03

Potência Ativa	AVG	MIN	MAX
P [W]	5639,91	70,12	5988,15

Potência Reativa	AVG	MIN	MAX
Q [var]	121,13	71,78	786,25

Potência Aparente	AVG	MIN	MAX
S [VA]	5650,30	109,46	5995,55

Fator de Potência	AVG	MIN	MAX
PF	0,99	0,65	1,00

Consumo em 75 min de carregamento	
Energia Ativa (Wh)	9022,00
Energia Reativa (varh)	195,83

## 10.7 Características Técnicas do Analisador de Rede

Modelo QUALISTAR CA 8332:

Número de canais	3 Para medidas de intensidade de corrente e 4 para medidas de tensão
Tensão (TRMS AC + DC) fase-fase	6 V a 960 V
Fase-neutro	6 V a 480 V
Corrente (TRMS AC + DC)	
Com pinça série <b>MN</b>	MN93: 2 a 240 A <sub>ca</sub> , MN93A: 0,1 a 5 A <sub>ca</sub> / 0,1 a 120 A <sub>ca</sub>
Com pinça <b>C193</b>	3 A a 1200 A <sub>ca</sub>
Pinças flexíveis <b>Ampflex</b>	10 A a 6500 A <sub>ca</sub>
Pinças mini flexíveis <b>MA</b>	10 A a 6500 A <sub>ca</sub>
Com pinça <b>PAC</b>	10 A a 1000 A <sub>ca</sub> / 10 A a 1400 A <sub>cc</sub>
Frequência	40 Hz a 69 Hz
Valores de potência	W, VA, var, PF, DPF, cos φ, tan φ
Harmónicas	Até 50
<i>Flicker</i>	Sim
Memória	2 MB (interno) (memória para 21 min até mais de 17 dias) *
Alarmes	4000 de 10 tipos diferentes
Valores pico	Sim
Desequilíbrio entre fases	Sim
Representação vetorial	Sim, automaticamente
Visor	LCD a Cores, 320 × 240 VGA
Segurança elétrica	IEC 61010, 1000 V, cat. III / 600 V cat. IV
Comunicação / interface	Porta série RS232
Alimentação	Bateria recarregável 9,6 V NiMH ou alimentação externa
Dimensões	240 × 180 × 55 mm
Peso	2,1 kg

\*A capacidade de memória depende do intervalo de registo programado (mínimo 1 segundos até ao máximo de 15 min) e ainda da quantidade de parâmetros a registar.

Pinças utilizadas:



3 unidades MN93 para gamas de corrente de 2 a 200 (240 A pico) A<sub>ca</sub>

## 10.8 Estimativa crescimento Mobilidade Elétrica em Portugal

	Ano	Ligeiro de Passageiros	Motociclos	Autocarros
<b>Real (1)</b>	<b>2013</b>	517	n.d.	n.d.
	<b>2014</b>	733	n.d.	n.d.
	<b>2015</b>	1378	n.d.	n.d.
<b>Estimativa (2)</b>	<b>2016</b>	2209	n.d.	n.d.
<b>Previsão (3)</b>	<b>2017</b>	3034	9350	35
	<b>2018</b>	5151	12927	40
	<b>2019</b>	8115	17220	45
	<b>2020</b>	11671	21942	50
	<b>2021</b>	18116	30424	60
	<b>2022</b>	24639	38092	70
	<b>2023</b>	31239	45235	80
	<b>2024</b>	37917	52004	90
	<b>2025</b>	44675	58492	100
	<b>2026</b>	52733	65877	110
	<b>2027</b>	60886	73007	120
	<b>2028</b>	69135	79931	130
	<b>2029</b>	77481	86686	140
	<b>2030</b>	85925	93299	150
<i>(1) - Fonte ACAP</i>				
<i>(2) - Estimativa com base nas vendas até julho 2016</i>				
<i>(3) - Com base no cenário central INESC Porto, 2012</i>				

## 10.9 Tarifa Transitória de venda a clientes finais em MT

TARIFA TRANSITÓRIA DE VENDA A CLIENTES FINAIS EM MT		PREÇOS	
<b>Termo tarifário fixo</b>		<b>(EUR/mês)</b>	<b>(EUR/dia)*</b>
		46,07	1,5145
<b>Potência</b>		<b>(EUR/kW.mês)</b>	<b>(EUR/kW.dia)*</b>
Tarifa de longas utilizações	Horas de ponta	10,087	0,3316
	Contratada	1,544	0,0508
Tarifa de médias utilizações	Horas de ponta	10,164	0,3342
	Contratada	1,456	0,0479
Tarifa de curtas utilizações	Horas de ponta	14,801	0,4866
	Contratada	0,646	0,0212
<b>Energia Ativa</b>		<b>(EUR/kWh)</b>	
Tarifas de longas utilizações	Períodos I, IV	Ponta	0,1382
		Cheia	0,1101
		Vazio normal	0,0777
		Super vazio	0,0666
	Períodos II, III	Ponta	0,1408
		Cheia	0,1124
		Vazio normal	0,0791
		Super vazio	0,0728
Tarifas de médias utilizações	Períodos I, IV	Ponta	0,1441
		Cheia	0,1136
		Vazio normal	0,0783
		Super vazio	0,0678
	Períodos II, III	Ponta	0,1495
		Cheia	0,1132
		Vazio normal	0,0814
		Super vazio	0,0728
Tarifas de curtas utilizações	Períodos I, IV	Ponta	0,2128
		Cheia	0,1205
		Vazio normal	0,0817
		Super vazio	0,0728
	Períodos II, III	Ponta	0,2121
		Cheia	0,1201
		Vazio normal	0,0821
		Super vazio	0,0765
<b>Energia Reativa</b>		<b>(EUR/kvarh)</b>	
	Indutiva	0,0248	
	Capacitiva	0,0187	

\*RRC art. 119.º, n.º 6

Fator multiplicativo a aplicar ao preço de referência da energia reativa indutiva, em 2019, de acordo com os despachos 7253/2010 de 26 abril e 10/2010 de 29 de julho, da ERSE.

	Descrição	Fator multiplicativo
Escalão 1	$0,3 \leq \text{tg } \varphi < 0,4$	0,33
Escalão 2	$0,4 \leq \text{tg } \varphi < 0,5$	1
Escalão 3	$\text{tg } \varphi \geq 0,5$	3

### 10.10 Demonstração exercício a 4 anos - Aquisição definitiva (Comparação entre viaturas ligeiras de passageiros)

	E-Golf (Elétrico)	Golf 1,6 TDI 115 cv (Diesel)
PVP (C/ IVA + ISV)	41 398 €	29 028 €
Incentivo Fund. Ambiental	- 2 250 €	-----
IVA dedutível	- 9 521,54 € <sup>(1)</sup>	0,00 €
Poupança em sede de IRC (fim dos 4 anos)	- 6 694,06 € <sup>(2)</sup> (- 1 673,52 € por ano)	- 5 250 € (máximo de 25 000€) <sup>(3)</sup> (- 1 312,50 € por ano)
Taxa Tributação Autónoma	(N/A)	27,5%
Imposto a pagar por depreciação não aceite fiscalmente	-----	845,88 € <sup>(4)</sup> (211,47 € por ano)
Depreciações efeitos de TA (25% por ano)	(N/A)	7 257,00 € <sup>(29 028x0,25)</sup> <sup>(5)</sup>
Rota anual estimada	35000 km	35000 km
Consumo anunciado	12,7 kWh/100 km	4,6 L/100 km
Preço unitário	0,16 €/kWh	1,403 €/Litro
Combustível/energia (C/IVA)	711,20 € (x4)	2 258,83 € (x4)
IVA dedutível do combustível (anual)	(isento)	- 259,77 € (dedução IVA 50%)
IUC (simulador online)	(isento)	146,79 € (x4)
Manutenção	1 000 € (x4)	1 000 € (x4)
Seguro	400 € (x4)	400 € (x4)
Portagens/estacionamento	1 200 € (x4)	1 200€ (x4)
TA anual	(isento)	3 358,94 €
TA Global	(isento)	13 435,76 €
Peso relativo TA em relação custo aquisição	-----	46,29 %
Resultado (4 anos)	36 177,20 €	57 043,04 €

<sup>(1)</sup> – Ao abrigo da Lei da fiscalidade verde permite a dedução do IVA;  
<sup>(2)</sup> – Custo veículo x 21% (não atingiu o limite de 62 500€);  
<sup>(3)</sup> - Custo veículo x 21% (excedeu o limite de 25 000€);  
<sup>(4)</sup> – (29 028€ - 25 000€) x 0,21 para os 4 anos;  
<sup>(5)</sup> – TA incide sobre o valor contabilizado (29 028 x 25%) e não sobre o valor aceite.

### 10.11 Demonstração exercício a 4 anos - Aquisição definitiva (Comparação entre viaturas comerciais ligeiras)

	Kangoo ZE 33 Flex	Kangoo Express Confort 1.5 dCi
PVP (C/ IVA + ISV)	27 682,00 €	21 126,00 €
Incentivo Fund. Ambiental	- 2 250 €	-----
IVA dedutível	- 6 366,86 € <sup>(1)</sup>	- 4 858,98 €
Poupança em sede de IRC (fim dos 4 anos)	- 4 476,18 € <sup>(2)</sup> (- 1 119,04 € por ano)	- 3 416,07 € <sup>(3)</sup> (- 854,02 € por ano)
Taxa Tributação Autónoma	(N/A)	(N/A)
Depreciações efeitos de TA (25% por ano)	(N/A)	(N/A)
Rota anual estimada	35000 km	35000 km
Consumo anunciado	15,2 kWh/100 km	4,3 L/100 km
Preço unitário	0,16 €/kWh	1,403 €/Litro
Combustível/energia (C/IVA)	851,20 € (x4)	2 111,52 € (x4)
IVA dedutível do combustível (anual)	-----	- 242,82 € (dedução IVA 50%)
IUC (simulador online)	(isento)	146,79 € (x4)
Manutenção	1 000 € (x4)	1 000 € (x4) (dedução IVA 100%)
Seguro	400 € (x4)	400 € (x4)
Portagens/estacionamento	1 200 € (x4)	1 200€ (x4) (dedução IVA 100%)
TA global	(isento)	(isento)
Resultado (4 anos)	28 393,76 €	29 288,91 €

<sup>(1)</sup> – Ao abrigo da Lei da fiscalidade verde permite a dedução do IVA;  
<sup>(2)</sup> – Custo veículo x 21% (não atingiu o limite de 62 500€);  
<sup>(3)</sup> – Custo veículo x 21% (não atingiu o limite de 25 000€).

**10.12 Demonstração exercício a 4 anos - Renting (Comparação entre viaturas ligeiras de passageiros)**

	E-Golf	Golf 1.6 TDI Confortline
Duração	48 meses	48 meses
Quilómetros anuais	35000 km	35000 km
Rendas (LeasePlan Go)	863,59 € (x48)	683,40 € (x48)
IVA Dedutível	- 198,63 € <sup>(1)</sup>	-----
Valor contrato	31 918,08 € (s/ IVA)	32 803,20 €
Incentivo Fund. Ambiental	- 2.250 €	-----
Poupança em sede de IRC (fim 4 anos)	- 6 702,80 € <sup>(2)</sup> (- 1 675,70 € por ano)	- 5 250 € <sup>(3)</sup> (- 1 312,50 € por ano)
Taxa Tributação Autónoma	(N/A)	27,5%
Imposto a pagar por depreciação não aceite fiscalmente	-----	1 638,67 € <sup>(4)</sup> (409,67 € por ano) (Renda)
Depreciações efeitos de TA (25% por ano)	(N/A)	8 200,80 € <sup>(32 803,20x0,25)</sup> <sup>(5)</sup>
Consumo anunciado	12,7 kWh/100 km	4,6 L/100 km
Preço unitário	0,16 €/kWh	1,403 €/Litro
Combustível/energia (C/IVA)	711,20 € (x4)	2 258,83 € (x4)
IVA dedutível do combustível (anual)	(N/A)	- 259,77 € (dedução IVA 50%)
IUC (através de simulador online e apenas TA)	(isento)	146,79 € (Renda)
Manutenção (apenas TA)	(N/A)	1 000 € (Renda)
Seguro (apenas TA)	(N/A)	400 € (Renda)
Portagens/estacionamento	1 200 € (x4)	1 200 € (x4)
TA anual	(N/A)	3 672,99 €
TA global	(N/A)	14 691,96 €
Peso relativo TA em relação custo contrato	-----	44,79 %
Resultado (4 anos)	30 610,08 €	55 041,40 €

<sup>(1)</sup> – Ao abrigo da Lei da fiscalidade verde permite a dedução do IVA;  
<sup>(2)</sup> – Valor do contrato x 21% (não atingiu o limite de 62 500€);  
<sup>(3)</sup> – Valor do contrato x 21% (excedeu o limite de 25 000€);  
<sup>(4)</sup> – (32 803,20€ - 25 000€) x 0,21 para os 4 anos;  
<sup>(5)</sup> – TA incide sobre o valor do contrato (32 803,20 x 25%) e não sobre o valor aceite.

**10.13 Demonstração exercício a 4 anos - Renting (Comparação entre viaturas comerciais ligeiras)**

	Kangoo ZE 33 Flex	Kangoo Express Confort 1.5 dCi
Duração	48 meses	48 meses
Quilómetros anuais	35000 km	35000 km
Rendas (Leaseplan Go)	825,64 € (x48)	440,70 € (x48)
IVA Dedutível	- 189,90 € <sup>(1)</sup>	- 101,36 € <sup>(2)</sup>
Valor contrato	30 515,52 € (s/ IVA)	16 288,32 € (s/ IVA)
Incentivo Fund. Ambiental	- 2 250 €	-----
Poupança em sede de IRC (fim 4 anos)	- 6 408,26 € <sup>(3)</sup> (- 1 602,06 € por ano)	- 3 420,55 € <sup>(4)</sup> (- 855,14 € por ano)
Taxa Tributação Autónoma	(N/A)	(N/A)
Consumo anunciado	15,2 kWh/100 km	4,3 L/100 km
Preço unitário	0,16 €/kWh	1,403 €/Litro
Custo c/ combustível	851,2 € (x4)	2 111,52 € (x4)
IVA dedutível do combustível (anual)	(N/A)	- 242,82 € (dedução IVA 50%)
Portagens/estacionamento	1 200 € (x4)	1 200 € (x4) (dedução IVA 100%)
TA global	(isento)	(isento)
Resultado	30 062,06 €	24 038,57 €

<sup>(1)</sup> – Ao abrigo da Lei da fiscalidade verde permite a dedução do IVA;  
<sup>(2)</sup> – IVA dedutível na locação a veículos comerciais com 2 ou 3 lugares;  
<sup>(3)</sup> – Valor do contrato x 21% (não atingiu o limite de 62 500€);  
<sup>(4)</sup> – Valor do contrato x 21% (não atingiu o limite de 25 000€).