



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Engenharia

# **Desenvolvimento e implementação de uma aplicação *Android* para carregamento de veículos elétricos**

**Fábio Batista Riscado**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Eletrotécnica e de Computadores**  
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Sílvio José Pinto Simões Mariano

**Covilhã, Outubro de 2017**



# Agradecimentos

A elaboração da presente dissertação só foi possível com o auxílio de diversas pessoas que me apoiaram e incentivaram ao longo dos últimos meses. Agora, cabe-me agradecer-lhes.

Aos meus pais e restante família, um obrigado por todo apoio e força que me deram.

Ao Prof. Doutor Sílvio José Pinto Simões Mariano, um muito obrigado pela disponibilidade e prontidão demonstrada durante estes meses. Também agradecer todo o auxílio científico que me prestou como orientador, e de me dar a oportunidade de fazer uma dissertação na área da automação.

Ao Eng. José Álvaro Nunes Pombo, um agradecimento muito especial, foi inextinguível ao longo deste meses, tanto dentro do laboratório de eletrotécnica como fora. Auxiliou-me sempre quando solicitado, e também quando não o era. Foi um prazer trabalhar/conviver com ele.

Aos meus colegas de laboratório, um muito obrigado pela colaboração e auxílio prestado em todas as fases, pela confiança e instruções.

À UBI, pelo material disponibilizado e pela oportunidade de trabalhar num laboratório com bom ambiente.

Por último, mais uma palavra para o Eng. José Álvaro Nunes Pombo, de forma a realçar a importância que teve nesta dissertação. Uma quota-parte do mérito deste projeto recai sobre ele.

A todos, um muito OBRIGADO.



# Resumo

Esta dissertação incide no desenvolvimento de um sistema de controlo e monitorização de um posto de carregamento para veículos elétricos, em que a interface com o cliente pode ser realizada através de uma aplicação, com sistema operativo *Android*, ou de uma consola tátil.

Inicialmente, o ponto de situação da sustentabilidade do planeta Terra é abordado, mostrando que a mobilidade elétrica pode contribuir para tornar o planeta mais sustentável. De seguida foi apurada a história, os diferentes tipos e conceitos, as vantagens e desvantagens, e os sucessivos avanços tecnológicos dos veículos elétricos. Posteriormente, foi elucidado o funcionamento uniformizado dos quatro modos de carregamentos existentes. São também aferidos os tipos de postos de carregamento mais comuns a nível mundial e a quantidade desses mesmos a nível europeu e nacional.

Na segunda parte da dissertação é possível contemplar a estrutura da unidade de gestão e de controlo do posto de carregamento idealizado. Nesta estrutura encontram-se dois controladores, um controlador lógico programável (PLC S7-1200), que controla todo o sistema do posto de carregamento, e um controlador de carregamento (CM-230) que faz a gestão da conexão de cabo de carregamento com o veículo elétrico do cliente. O posto de carregamento é acessível através de uma aplicação para o sistema de operação *Android*. A comunicação, entre ambos é intermediada por uma rede *Wi-Fi*, denominada de “PostoCarga”.

## Palavras-chave

Veículo elétrico, posto de carregamento, mobilidade elétrica, PLC, aplicação, *Android*.



# Abstract

This dissertation focuses on the development of a control and monitoring system for a charging station for electric vehicles, where the interface with the customer can be realized by an application with Android operating system or a touch panel.

Initially, the status of sustainability of the planet Earth is addressed, showing that electric mobility can contribute to make the planet more sustainable. Then the history, the different types and concepts, the advantages and disadvantages, and the successive technological advances of the electric vehicles were determined. Subsequently, the uniform operation of the four existing loading modes was elucidated. The most common types of loading stations in the world and their quantity at European and national level are also verified.

In the second part of the dissertation it is possible to verify the structure of the unit of management and control of the loading station. In this structure there are two controllers, a programmable logic controller (PLC S7-1200), which controls the entire system of the charging station, and a charging controller (CM-230) that manages the charging cable connection with the customer's electric vehicle. The charging station is accessible through an application for the Android operating system. The communication between them is intermediated by a Wi-Fi network, called "PostoCarga".

## Keywords

Electric vehicle, charging station, electric mobility, PLC, application, Android.



# Índice

Agradecimentos .....	iii
Resumo .....	v
Abstract.....	vii
Índice .....	ix
Lista de Figuras.....	xiii
Lista de Tabelas.....	xix
Lista de Acrónimos.....	xxi
Capítulo 1 .....	1
1. Introdução .....	1
1.1 Enquadramento .....	2
1.2 Revisão bibliográfica .....	4
1.3 Motivação e objetivos.....	4
1.4 Descrição sumária .....	5
Capítulo 2 .....	7
2. Veículos elétricos.....	7
2.1 História do veículo elétrico.....	11
2.2 Tipos de veículos elétricos.....	14
2.2.1 Veículos elétricos a bateria .....	14
2.2.2 Veículos elétricos híbridos.....	15

2.2.3 Veículos elétricos a pilha de combustível .....	17
2.3 Diferentes conceitos de veículos elétricos.....	18
2.3.1 VE's de transporte público .....	19
2.3.2 VE's particulares .....	22
2.4 Automóvel elétrico vs Automóvel convencional .....	24
2.5 Vantagens e Desvantagens.....	26
Capítulo 3 .....	29
3. Carregamento de veículos elétricos.....	29
3.1 Modos de carregamento.....	31
3.1.1 Modo 1.....	33
3.1.2 Modo 2.....	34
3.1.3 Modo 3.....	35
3.1.4 Modo 4.....	37
3.2 Tipos de Postos de carregamentos .....	37
3.2.1 Posto de carregamento normal (PCN) .....	39
3.2.2 Posto de carregamento <i>Type-2AC</i> .....	40
3.2.3 Posto de carregamento CHAdeMO .....	40
3.2.4 Posto de carregamento CCS .....	41
3.2.5 Posto de carregamento <i>SuperCharger</i> .....	41
3.2.6 Posto de carregamento por indução .....	42
Capítulo 4 .....	43
4. Posto de carregamento: Estrutura da Unidade de Carregamento .....	43

4.1	Introdução ao PLC S7-1200.....	44
4.2	CM 1241 RS232 e CSM 1277 .....	46
4.3	HMI KTP1000 PN Basic .....	47
4.4	Controlador de carregamento CM-230 .....	48
4.5	Interface de comunicação .....	55
4.5.1	Programação do ESP8266 ESP-07 .....	56
Capítulo 5 .....		63
5. Posto de carregamento: Princípio de Funcionamento .....		63
5.1	Estado 0 .....	65
5.2	Estado 1 .....	69
5.3	Estado 2 .....	73
5.4	Estado 3 .....	74
5.5	Estado 4 .....	77
5.6	Estado 5 .....	79
5.7	Estado 6 .....	80
5.8	Estado 7 .....	86
5.9	Estado 8 .....	87
5.10	Estado 9 .....	90
Capítulo 6 .....		91
6. Conclusão .....		91
6.1	Trabalhos futuros.....	92
Referências .....		93

Anexos .....	98
Anexo A.....	98

# Lista de Figuras

Figura 1.1 - Origem da energia comercializada pela EDP em 2016 [3].	2
Figura 1.2 - Emissão de gases com efeito de estufa por sector (2014), na Europa (adaptado de [4]).	2
Figura 2.1 - Evolução da quota de veículos elétricos de passageiros na Europa [16].	8
Figura 2.2 - Registo de novos veículos elétricos de passageiros na Europa [16].	8
Figura 2.3 - Quota de veículos elétricos de passageiros presentes em cada país, top 10 da Europa [16].	9
Figura 2.4 - Evolução da quota de veículos elétricos de passageiros em Portugal [17].	9
Figura 2.5 - Registo de novos veículos elétricos de passageiros em Portugal [17].	10
Figura 2.6 - P1, o primeiro carro elétrico da <i>Porsche</i> em 1898 [21].	11
Figura 2.7 - <i>Rover</i> elétrico da NASA na Lua, em 1971 [22].	12
Figura 2.8 - EV1 da <i>General Motors</i> , em 1996 [22].	13
Figura 2.9 - <i>Toyota Prius</i> [23].	13
Figura 2.10 - Ilustração simplificada dos componentes de um veículo elétrico a bateria [24].	14
Figura 2.11 - Top 5 de vendas de BEV's de passageiros a nível europeu, em 2016 [27].	15
Figura 2.12 - Ilustração simplificada dos componentes de um veículo elétrico híbrido [24].	16
Figura 2.13 - Top 5 de vendas de PHEV's de passageiros na Europa, em 2016 [27].	17
Figura 2.14 - Ilustração simplificada dos componentes de um veículo elétrico a combustível [24].	17
Figura 2.15 - Top 5 de vendas de FCEV's de passageiros a nível europeu, em 2016 [31].	18

Figura 2.16 - Serviço de táxi através de uma <i>scooter</i> elétrica [32].	19
Figura 2.17 - Serviço de táxi feito através de automóvel elétrico [33].	20
Figura 2.18 - <i>Ferry</i> elétrico a operar na Noruega [34].	20
Figura 2.19 - Autocarro 100% elétrico da Carris [36].	21
Figura 2.20 - Veículo elétrico por alimentação elétrica (metro) [37].	21
Figura 2.21 - Bicicleta elétrica, <i>e-bike moutain</i> [38].	22
Figura 2.22 - Moto elétrica, <i>C evolution</i> [39].	22
Figura 2.23 - Quadriciclo elétrico, <i>Birò</i> [40].	23
Figura 2.24 - <i>Tesla Model S</i> [41].	23
Figura 3.1 - Estação de carregamento para veículos elétricos em 1917, St. Pancras (Londres)[47].	29
Figura 3.2 - Número total de postos de carregamento de VE's na Europa [48].	30
Figura 3.3 - Número de veículos elétricos por posto de carregamento, top 13 da Europa [48].	30
Figura 3.4 - Número total de postos de carregamento para VE's, em Portugal [48].	31
Figura 3.5 - Ilustração simplificada do carregamento de um veículo eléctrico em modo 1 [52].	33
Figura 3.6 - Exemplo de uma Caixa de Controlo (ICCB)[49].	34
Figura 3.7 - Ilustração simplificada do carregamento de um veículo eléctrico em modo 2 [52].	34
Figura 3.8 - Conector <i>Yazaki</i> [53].	35
Figura 3.9 - Conector <i>Mennekes</i> [54].	36
Figura 3.10 - Conector <i>Scame</i> [55].	36
Figura 3.11 - Ilustração simplificada do carregamento de um veículo eléctrico em modo 3 [52].	36

Figura 3.12 - Ilustração simplificada do carregamento de um veículo eléctrico em modo 4 [52]. .....	37
Figura 3.13 - Conector <i>CHAdemo</i> [60]. ....	40
Figura 3.14 - Conector CCS tipo 1 [60]......	41
Figura 3.15 - Conector CCS tipo 2 [60]......	41
Figura 3.16 - Conector da Tesla [60]. ....	42
Figura 4.1 - Solução projetada para o posto de carregamento (adaptado de [61])......	43
Figura 4.2 - Informação básica do S7-1200 (adaptado de [62])......	44
Figura 4.3 - CM 1241 RS232 [63]......	46
Figura 4.4 - CSM 1277 SIMATIC NET [63]. ....	47
Figura 4.5 - Informação básica da HMI KTP1000 PN Basic (adaptado de [64]). ....	47
Figura 4.6 - Esquema de entradas e saídas do CM-230 [61]. ....	48
Figura 4.7 - Fluxograma do funcionamento do controlador CM-230. ....	53
Figura 4.8 - Ligações entre o CM-230 e o PLC S7-1200. ....	54
Figura 4.9 - Circuito da placa de comunicação RS232.....	55
Figura 4.10 - Placa de comunicação RS232 c/sem módulo Wi-Fi inserido. ....	56
Figura 4.11 - Configuração da porta série do CM1241 RS232, no TIA Portal. ....	56
Figura 4.12 - Programação para o envio do comando AT+CIPMUX=1. ....	58
Figura 4.13 - Programação para o envio do comando AT+CIPSERVER=1,13138. ....	58
Figura 4.14 - <i>Buffers</i> dos comandos AT enviados. ....	59
Figura 4.15 - <i>Buffer</i> de receção do comando AT+CIPSERVER=1,13138. ....	60
Figura 4.16 - Ponto de acesso “PostoCarga”......	61

Figura 4.17 - Ligações entre o CM-230, PLC, módulos e placa de comunicação RS232. ....	61
Figura 5.1 - Fluxograma de estados/diálogos.....	64
Figura 5.2 - Ícone da aplicação “Posto de Carga”. ....	65
Figura 5.3 - Diálogo 1 da HMI. ....	65
Figura 5.4 - Diálogo 1 no dispositivo <i>Android</i> . ....	66
Figura 5.5 - Diálogo 2 no dispositivo <i>Android</i> . ....	67
Figura 5.6 - Diálogo 2 no dispositivo <i>Android</i> , ligação ao posto de carregamento efetuada. ...	67
Figura 5.7 - Aviso no dispositivo <i>Android</i> . ....	68
Figura 5.8 - Diálogo 2 da HMI. ....	69
Figura 5.9 - Diálogo 3 no dispositivo <i>Android</i> , com teclado virtual.....	70
Figura 5.10 - Diálogo 3 no dispositivo <i>Android</i> . ....	70
Figura 5.11 - Verificação das letras da matrícula no programa do PLC, linguagem SCL. ....	71
Figura 5.12 - Aviso de telemóvel incorreto. ....	72
Figura 5.13 - Exemplo de normalização e escalonamento dos minutos, linguagem <i>ladder</i> . ...	72
Figura 5.14 - Exemplo de lista de telemóveis bloqueados, presente no DB <i>Numeros_bloqueados</i> . .....	73
Figura 5.15 - Aviso de número de telemóvel bloqueado.....	74
Figura 5.16 - Diálogo 4 <i>Android</i> . ....	75
Figura 5.17 - Diálogo 4 <i>Android</i> , segunda tentativa. ....	75
Figura 5.18 - Diálogo 4, código de ativação aceite. ....	76
Figura 5.19 - Aviso de código de ativação incorreto. ....	77
Figura 5.20 - Diálogo 5 no dispositivo <i>Android</i> . ....	78
Figura 5.21 - Diálogo 3 na HMI.....	78

Figura 5.22 - Diálogo 4 na HMI.....	79
Figura 5.23 - Diálogo 6 <i>Android</i> . ....	79
Figura 5.24 - Diálogo 7 no dispositivo <i>Android</i> . ....	80
Figura 5.25 - Diálogo 5 na HMI.....	81
Figura 5.26 - Diálogo 7 no dispositivo <i>Android</i> , aviso. ....	82
Figura 5.27 - Diálogo 6 na HMI, bateria carregada.....	82
Figura 5.28 - Diálogo 8, bateria carregada. ....	83
Figura 5.29 - Aviso de telemóvel incorreto, HMI. ....	84
Figura 5.30 - Primeira Notificação da <i>app</i> .....	84
Figura 5.31 - Diálogo 8, erro. ....	85
Figura 5.32 - Diálogo 6, erro. ....	85
Figura 5.33 - Impossível retroceder na aplicação <i>Android</i> . ....	86
Figura 5.34 - Diálogo 7 na HMI.....	87
Figura 5.35 - Diálogo 9, bateria carregada. ....	88
Figura 5.36 - Segunda notificação da <i>app</i> . ....	88
Figura 5.37 - Diálogo 9, carregamento cancelado. ....	89
Figura 5.38 - Diálogo 9, erro. ....	89
Figura 5.39 - Diálogo 9, emergência.....	90



# Lista de Tabelas

Tabela 2.1 - Alguns dos incentivos fiscais em Portugal, para veículos elétricos (adaptado de [17]).	10
Tabela 2.2 - Modelos de automóveis elétricos (dados atualizados em Dezembro de 2016 [41]).	24
Tabela 2.3 - Características de automóveis elétricos e convencionais (adaptado de [42]).	25
Tabela 3.1 - Tempo de carregamento de um veículo elétrico para uma autonomia de 100 Km (adaptado de [51]).	32
Tabela 4.1 - Características da CPU 1214C (adaptado de [62]).	44
Tabela 4.2 - Descrição dos terminais do CM-230 (adaptado de [64]).	49
Tabela 4.3 - Estados de carregamento de acordo com IEC 61851 [61].	51
Tabela 4.4 - Ligações entre os terminais do CM-230 e CPU 1214C.	52
Tabela 5.1 - Funções dos estados.	63



# Lista de Acrónimos

EDP	Energias de Portugal
MCI	Motor de combustão interna
VE	Veículo eléctrico
EUA	Estados Unidos da América
PCN	Posto de carregamento normal
PCR	Posto de carregamento rápida
PC	Posto de carregamento
BEV	Battery electric vehicle
PHEV	Plug-in hybrid electric vehicle
EAFO	European Alternative Fuels Observatory
IUC	Imposto único de circulação
ISV	Imposto sobre veículos
NASA	National Aeronautics and Space Administration
GM	General Motors
EV	Electric vehicle
BEVx	Battery extended range Electric Vehicle
FCEV	Fuel cell electric vehicle
IVA	Imposto sobre o valor acrescentado
REX	Range extender
PEV	Plug-in electric vehicle
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
RCD	Dispositivo de Corrente Residual
ICCB	In-cable Control Box
CCS	Combined Charging System
IEC	International Electrochemical Commission
CLP	Controlador Lógico Programável
LED	Light Emitting Diode
CPU	Central Processing Unit
SM	Signal Module
CM	Communication Module
CB	Communication Board
SB	Signal Board
BB	Battery Board

CSM	Compact Switch Module
HMI	Human Machine Interface
ECC	Electrical Charging Components
PWM	Pulse-Width Modulation
RCCB	Residual Current Circuit Breaker
GPIO	General Purpose Input/Output
I2C	Inter-Integrated Circuit
SPI	Serial Peripheral Interface
WEP	Wired Equivalent Privacy
TKIP	Temporal Key Integrity Protocol
WPA	Wi-Fi Protected Access
AES	Advanced Encryption Standard
WPA2	Wi-Fi Protected Access 2
TCP	Transmission Control Protocol
TTL	Transistor-Transistor Logic
CMOS	Complementary metal-oxide-semiconductor
IP	Internet Protocol
ASCII	American Standard Code for Information Interchange





# Capítulo 1

## 1. Introdução

Hoje em dia um dos maiores desafios do ser Humano no Séc. XXI é responder às questões do aquecimento global, da dependência energética dos combustíveis fósseis, ou seja, da sustentabilidade do nosso planeta. Astrobiólogos da Universidade de East Anglia (Reino Unido) previram que habitabilidade na Terra é de 1,75 bilhões de anos [1], mas essa longevidade poderá estar comprometida se a sociedade não tomar medidas a curto e a médio prazo. Derivado a isto algumas das nações mais importantes a nível mundial ficaram conscientes que teriam de ser tomadas medidas. Foram assinados acordos importantes a nível internacional para o desenvolvimento sustentável do planeta, são caso disso o Protocolo de Quioto (2005) e o Acordo de Paris (2015). Nesses acordos os países envolvidos comprometeram-se a diminuir a emissão de gases de efeito de estufa, que advém essencialmente da utilização de combustíveis fósseis [2].

A crise financeira a nível mundial nos últimos anos veio retardar muito dos desenvolvimentos tecnológicos perspetivados anteriormente, mas agora que a economia parece estar novamente numa fase ascendente verificam-se, de novo, apostas vincadas nas políticas verdes. Estão a ser consolidadas, um pouco por todo mundo, boas práticas de consumo e de produção de energia, Portugal não foge à regra, embora já o fizesse em anos transatos, mesmo com as dificuldades económicas a que esteve submetido. Nos dias de hoje, muita da produção de energia elétrica em Portugal é feita a partir de energias renováveis, como demonstra a Figura 1.1, isto faz com que outras áreas subjacentes ‘caminhem de mãos dadas’, como é o caso da mobilidade elétrica. Esta dissertação insere-se no campo dessa área.

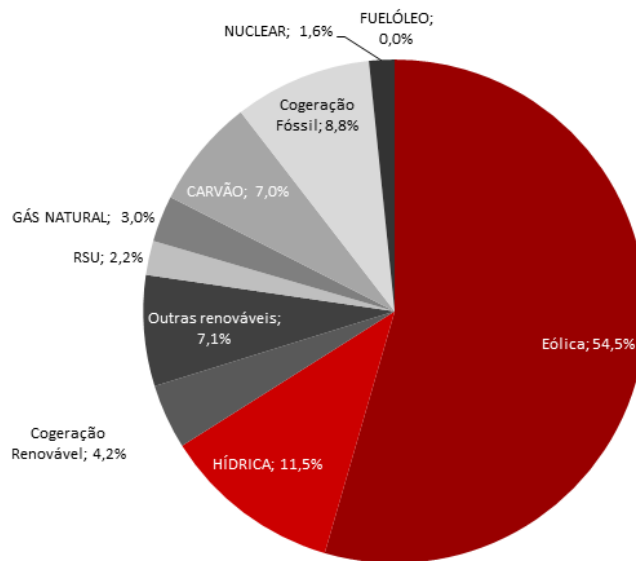


Figura 1.1 - Origem da energia comercializada pela EDP em 2016 [3].

## 1.1 Enquadramento

O paradigma do sector dos transportes está em mudança, estamos a convergir para uma era de mobilidade elétrica, em que os veículos elétricos (VE's) vão aparecer em massa, fazendo com que os veículos de combustão interna entrem em declínio, é essa a vontade das entidades mundiais. O sector dos transportes tem atualmente forte impacto no consumo de petróleo, devido à necessidade de abastecer os motores de combustão interna (MCI's), e, conseqüentemente, na poluição da atmosfera, como se verifica na Figura 1.2. Em 2014, o sector dos transportes foi responsável pela emissão de 21% de gases de efeito estufa na Europa [4]. As entidades europeias pretendem que esse número sofra uma queda abrupta até zero, com contribuição da mobilidade elétrica.

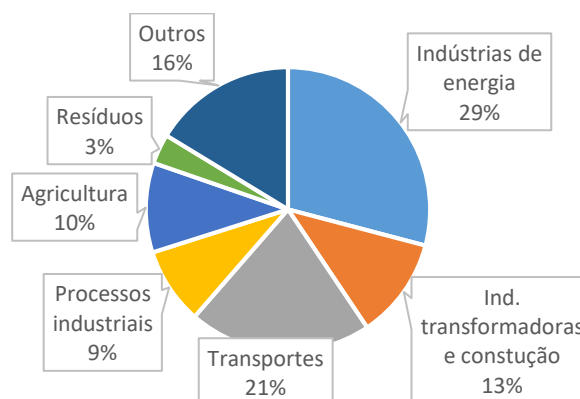


Figura 1.2 - Emissão de gases com efeito de estufa por sector (2014), na Europa (adaptado de [4]).

Só será possível atingir uma mobilidade sustentável e não poluente, de forma direta e indireta, quando os meios de transportes forem todos 100% elétricos ou movidos por outras fontes de energia renovável, e a energia necessária para o seu consumo for produzida através de energias renováveis. Mesmo considerando que a produção de energia para o consumo de um VE (veículo elétrico) seja feita a partir de recursos não renováveis, o que não deveria acontecer pois ambas (produção de energia e consumo) se deveriam complementar de uma forma sustentável, as emissões de gases estufa vão ser sempre menores, pois o rendimento de um motor elétrico é maior do que um MCI, logo irá precisar de menos energia para circular nas vias, contribuindo assim para uma melhor eficiência energética.

O tão desejado mundo sustentável também necessita de políticas internacionais e nacionais, de incentivos e de legislação, para que a mobilidade elétrica e eficiência energética sejam uma realidade. Na Noruega, em 2016, os principais partidos políticos estavam em conversações para a extinção dos veículos de combustão interna até 2025, a partir daí só seriam comercializados veículos elétricos [5]. É através desta consciencialização que este país está na vanguarda, na Europa, no que toca a mobilidade elétrica. Algumas das grandes marcas de automóveis também planejam retirar os carros com motor de combustão do mercado, devido as leis antipoluentes, são caso disso a BMW e a Toyota. A BMW ambiciona eletrificar toda a sua frota de veículos em dez anos, enquanto a Toyota vai deixar de fabricar carros que necessitem de combustíveis fósseis [6].

Inerente à mobilidade elétrica, há também uma oportunidade de desenvolvimento económico e social, algumas das nações mais desenvolvidas estão atentas a esses fenómenos, o EUA é uma delas. Uma das oportunidades que surge com adesão em massa aos veículos elétricos, por exemplo, é a oportunidade de criação de indústrias que se centrem na produção de baterias para VE's, que por si só dão origem a novos postos de trabalho. São necessárias redes de carregamentos para os veículos, o que vai obrigar a mudanças nas redes elétricas surgindo assim novos contextos. Os automóveis podem ser explorados como uma “megabateria descentralizada” para um sistema elétrico, atenuando os efeitos de pico de procura e de produção, isto faz com que os custos de investimento e manutenção da rede de produção, distribuição e transporte de eletricidade sejam menores [7].

Portugal foi um dos pioneiros na iniciação da mobilidade elétrica no séc. XXI, ao estar ligado, por exemplo, ao lançamento de um dos primeiros carros elétricos de referência, o *Nissan Leaf*, em 2010 [8]. Hoje em dia o nosso país tem condições excelentes para que a comercialização de veículos elétricos cresça de forma exponencial, tem uma rede de carregamentos disponível de norte a sul, com postos de carregamento normal (PCN) e postos de carregamento rápido (PCR), tem uma legislação recente, em que por exemplo fez a liberalização do mercado de venda de energia dos postos de carregamento [9] e tem incentivos fiscais para aquisição de VE's. Um desses

incentivos fez com que a comercialização de veículos elétricos crescesse, em janeiro de 2017, 210% em relação ao mesmo mês do ano anterior [10].

## 1.2 Revisão bibliográfica

Podem-se encontrar, sensivelmente desde 2011, aplicações desenvolvidas para área da mobilidade elétrica. Como é o caso da aplicação desenvolvida pela empresa Novabase, para os postos de carregamento da Mobi.e. Nesta aplicação é possível consultar a disponibilidade dos postos de carregamento, verificam-se quais estão ocupados ou livres para abastecimento. E através da localização do dispositivo móvel, é possível saber quais os postos que estão mais próximos [11].

Foi possível também aferir uma aplicação, um pouco diferenciadora (em relação as restantes), para os veículos da BMW. Esta permite controlar várias funcionalidades do BMW i3 [12]. As restantes aplicações, na área da mobilidade elétrica, são praticamente todas do mesmo género. Detalham informação sobre os postos de carregamento e definem rotas com postos de carregamento, estas são em geral, as funcionalidades encontradas nessas aplicações.

## 1.3 Motivação e objetivos

Chegou o momento da humanidade alternar da era dos combustíveis fósseis para a era das tecnologias sustentáveis, esta é em grande parte a motivação que me levou a abordar o tema desta dissertação. As entidades mundiais, europeias e governamentais, estão dentro da mesma linha de pensamento, a procura de um planeta sustentável, livre de poluição, fazendo com que a qualidade de vida seja ainda mais enriquecida. Com o aprimorar das tecnologias, com os recursos renováveis disponíveis na Terra, estão reunidas as condições para caminharmos a passos largos para um desenvolvimento sustentável.

“O carro elétrico é muito mais do que uma oportunidade de poupar gasolina, por mais importante que isso seja” [13], quem o diz é Larry Burn (Ex-diretor do departamento de Investigação & Desenvolvimento da *General Motors*), considerado por muitos como sendo um visionário dentro do ramo da mobilidade elétrica. Segundo ele, a era do VE irá reorganizar a rede elétrica, melhorar os padrões de condução, melhorar a circulação automóvel, em suma melhorar a qualidade de vida no quotidiano a nível mundial. Os veículos elétricos irão dar origem a uma nova frota de carros “inteligentes”, os sistemas de sensores e de condução automática permitirão a proteção contra acidentes rodoviários e engarrafamentos no trânsito.

Com esta dissertação espero contribuir, de algum modo, para que a mobilidade elétrica seja uma realidade no futuro. Para isso desenvolvi uma aplicação inovadora, que ainda não é possível (pelos menos com as mesmas funcionalidades) encontrar na área da mobilidade elétrica. Esta aplicação

foi desenvolvida para dispositivos com sistema operativo *Android*, será a ponte de ligação entre o utilizador e um posto de carregamento para veículos elétricos. Para ser possível essa ligação, o posto de carregamento tem de ter uma estrutura semelhante à Figura 4.1. Esta estrutura será elucidada mais adiante.

## 1.4 Descrição sumária

A presente dissertação é constituída por seis capítulos em que as respetivas descrições são esclarecidas abaixo, de forma sucinta.

O Capítulo 1 é meramente introdutório, são abordados os temas da dependência energética dos combustíveis fósseis e da sustentabilidade do planeta, para poder ser feito o enquadramento da mobilidade elétrica. Já que o sector dos transportes tem uma contribuição importante para o consumo de recursos fósseis.

No Capítulo 2, a temática em questão é os veículos elétricos. É possível verificar o crescimento dos VE's ao longo dos anos na Europa e em Portugal. Podemos conferir ainda a história do veículo elétrico, os diferentes conceitos e tipos de veículos elétricos e as vantagens e desvantagens de utilização de uma viatura elétrica.

Os modos de carregamento de veículos elétricos são explicitados no Capítulo 3. Neste capítulo também é possível constatar a evolução do número e do tipo de postos de carregamento. Os postos de carregamento com maior globalização são elucidados.

O Capítulo 4 é onde se pode aferir a arquitetura do posto de carregamento projetado. Os componentes da unidade de carregamento são analisados individualmente. Neste capítulo é descrita a programação, passo a passo, do módulo *wireless* (ESP8266 ESP-07).

No Capítulo 5 é descrito o procedimento de carregamento do posto de carregamento. Todos os estados que fazem parte da programação feita para o posto de carregamento, estão rigorosamente detalhados. Enquanto no Capítulo 6 são sugeridos alguns melhoramentos/acréscimos ao projeto desta dissertação.



# Capítulo 2

## 2. Veículos elétricos

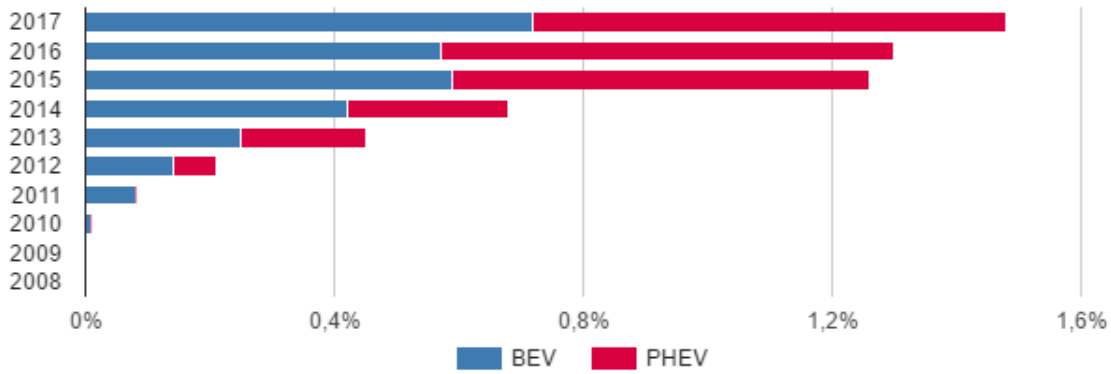
O veículo elétrico (VE) é diferenciado dos veículos que estamos habituados a ver no dia-a-dia, é propulsionado através de um motor elétrico. As finalidades para que é usado são as mesmas com que é utilizado um veículo convencional. O motor elétrico de um VE solicita a energia química presente nas baterias (podem ser recarregadas), depois essa energia transformar-se-á em energia elétrica para alimentar o motor, que fará a conversão para energia mecânica, e assim o veículo pode-se movimentar [14]. Ao adquirir um VE não há necessidade de combustíveis líquidos ou mudanças de óleo, os custos de manutenção inerentes são muito menores.

Outros pormenores distintivos dos veículos elétricos são [15]:

- Binário constante e disponível de imediato
- Ruído reduzido
- Excelente desempenho
- Combinação de funcionalidades inovadoras

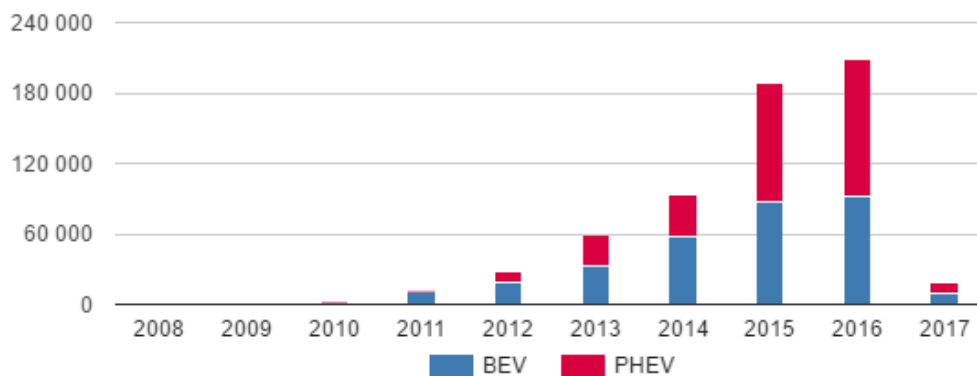
Até há uns anos atrás os VE's não eram largamente comercializados devido à conjuntura económica mundial, ao custo de aquisição (muito superior em relação aos convencionais), e, também não eram grande prioridade para os grandes fabricantes de automóveis. Além disso, não possuíam uma autonomia satisfatória, para a grande maioria das pessoas, e os tempos de carregamento eram elevados. Com o passar dos anos esses entraves foram sendo suavizados. Hoje em dia os preços dos carros elétricos são mais competitivos comparativamente com os carros de MCI, os fabricantes de automóveis demonstram finalmente um interesse vincado na mobilidade elétrica, são exemplo disso a BMW e a Toyota [6], foram construídos muitos postos de carregamento rápido e as autonomias dos veículos aumentaram, como reflexo disso as vendas de automóveis elétricos cresceram, como demonstra a Figura 2.1 e 2.2.

Atualmente, segundo dados da Eafo (*European Alternative Fuels Observatory*), há uma percentagem de apenas 1,48% de veículos elétricos de passageiros na Europa (somente os dois tipos com maior quota de mercado foram avaliados, BEV (*battery electric vehicle*) e PHEV (*plug-in hybrid electric vehicle*)) [16].



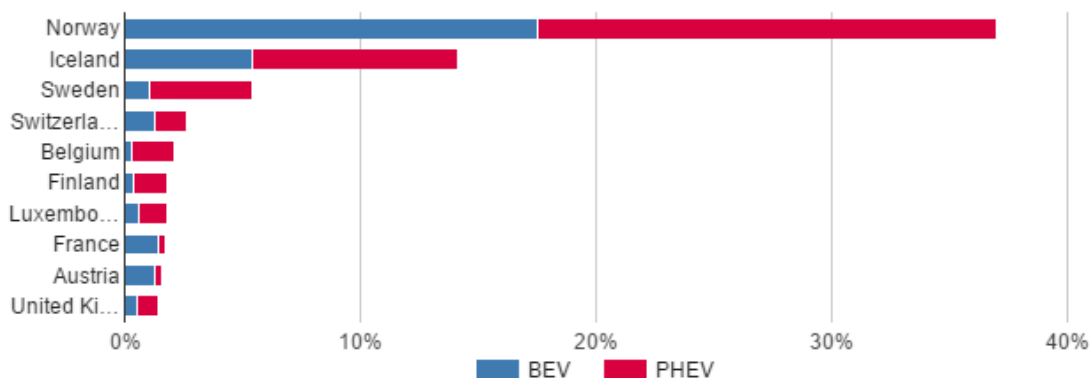
**Figura 2.1 - Evolução da quota de veículos elétricos de passageiros na Europa [16].**

Verifica-se na Figura 2.1 que houve um aumento gradual da frota elétrica ao longo dos anos, mas estes números ainda estão longe dos desejados pelas entidades políticas e ambientais. Se desejamos um planeta livre de alterações climáticas, sem poluição, estas quotas vão ter de subir substancialmente. Em 2017 os BEV representam uma percentagem de 0,72%, enquanto os PHEV têm uma quota de 0,74% [16].



**Figura 2.2 - Registo de novos veículos elétricos de passageiros na Europa [16].**

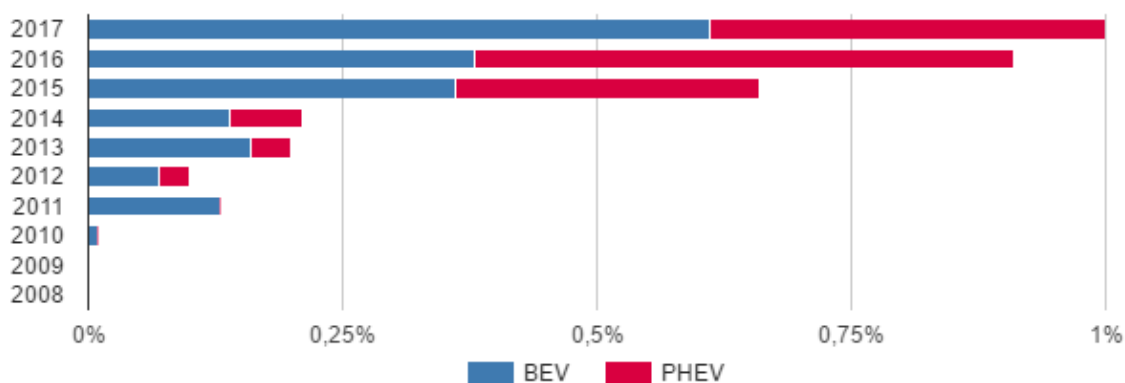
Pode constatar-se novamente na Figura 2.2 que a mobilidade elétrica está em ascensão, em 2016 foram adquiridos 209515 novos carros de passageiros, sendo 118106 PHEV's e 91409 BeV's [16].



**Figura 2.3 - Quota de veículos elétricos de passageiros presentes em cada país, top 10 da Europa [16].**

Na Figura 2.3 podemos visualizar a quota de veículos elétricos de passageiros que cada país tem nas suas vias rodoviárias. Como se pode comprovar a Noruega está na vanguarda a nível europeu no que toca a mobilidade elétrica, como já foi referido anteriormente nesta dissertação, tem uma quota de 37% de veículos elétricos, números muito diferentes dos gerais a nível europeu. É de realçar também, que são os países nórdicos que estão na “*pole position*” da Europa, o que na verdade não é de estranhar, é do conhecimento empírico da sociedade europeia que estes países são visionários, mesmo tendo em conta que as baterias se comportam melhor em ambientes quentes.

Portugal não está no top 10, mas anda lá perto, como demonstra a Figura 2.4. Portugal, atualmente, tem uma quota de 1% de carros elétricos de passageiros, dos quais 0,61% são BEV’s e 0,39% são PHEV’s [17].



**Figura 2.4 - Evolução da quota de veículos elétricos de passageiros em Portugal [17].**

Pela visualização da Figura 2.4 podemos depreender que a evolução da frota de automóveis elétricos, em Portugal, é um tanto ou quanto semelhante à observada na Europa, e tal como no resto do continente europeu, os números estão longe de ser os desejados.

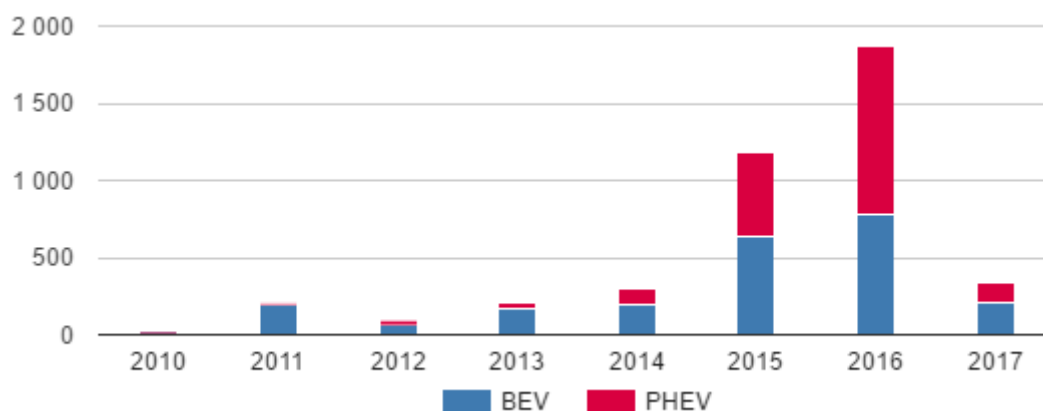


Figura 2.5 - Registo de novos veículos elétricos de passageiros em Portugal [17].

Verifica-se pela figura 2.5 que nos últimos dois, três anos, a aquisição de veículos elétricos subiu de forma gradual, em 2016 houve registo de 1089 PHEV's e 784 BEV's [17]. Pode-se observar também que só nos primeiros meses de 2017 já se venderam mais carros elétricos do que durante todo o ano de 2014. Esta procura pode ser sinónimo de vários fatores. O país parece estar agora numa fase de crescimento económico, o governo português agora em ação voltou a investir na rede de carregamentos para veículos elétricos [9], foram implementados diferentes incentivos fiscais [18] [19], como podemos ver na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Alguns dos incentivos fiscais em Portugal, para veículos elétricos (adaptado de [17]).

Categoria de Incentivo	Exemplo
Subsídio de aquisição	Subsídio de 2250€ para BEV's e de 1125€ para PHEV's
Benefícios fiscais de registo	Isonção de IUC para BEV's
Benefícios fiscais de propriedade	Isonção do ISV para BEV's e de 75% para PHEV's
Benefícios fiscais para empresas	Isonção da tributação autónoma para BEV's
Incentivos locais	Estacionamento gratuito para veículos elétricos em Lisboa

## 2.1 História do veículo elétrico

A história do veículo elétrico já é longínqua, por mais estranho que pareça, já se iniciou há mais de cem anos. Não há consenso em relação à criação do VE, não se consegue atribuir a uma pessoa ou a uma nação. No início do século XIX começavam a ser desenvolvidos os primeiros motores elétricos, que conseqüentemente deram origem aos primeiros veículos elétricos de pequenas dimensões, na Holanda, Hungria e EUA. Mas foi na segunda metade do século que surgiram os primeiros carros elétricos práticos, através de inventores franceses e ingleses. Em 1900 o VE passava por uma era dourada, a sua comercialização crescia a olhos vistos, mas ela só ia durar mais ou menos quinze anos [20].

Os veículos de motor de combustão interna também surgiram na entrada do século XIX, nessa altura o combustível usado era a gasolina, mas estes carros tinham alguns problemas, o mais relevante era a caixa de velocidades, era preciso um esforço manual anormal, através de uma manivela, para se movimentarem. O facto de terem um escape desagradável e fazerem muito ruído, também não contribuía à sua expansão.

Os carros elétricos silenciosos, fáceis de conduzir e sem a emissão de poluentes com maus cheiros, tinham grande popularidade. Com o crescimento das redes elétricas na década de 1910, mais fácil se tornou abastecer os VE. Alguns anos antes (1898) Ferdinand Porsche, fundador da conceituada marca de carros, desenvolveu um veículo 100% elétrico, o P1, por essa altura também criou o primeiro carro híbrido do mundo.



Figura 2.6 - P1, o primeiro carro elétrico da Porsche em 1898 [21].

Em 1908 surgia a primeira “dor de cabeça” para a mobilidade elétrica, acabava de ser lançado o modelo T de Henry Ford, um veículo a gasolina, que viria a ser comercializado em massa, já era um carro que enchia as medidas à sociedade. Nos EUA, quatro anos mais tarde o carro com MCI custava US\$650, enquanto um *roadster* elétrico (carro americano) andava a volta dos US\$1750, mais do dobro de um veículo movido a gasolina. Nesse ano, Charles Kettering inventava o motor de arranque elétrico, fazendo desaparecer a manivela dos carros de MCI, que não era nada apreciada. Nos anos seguintes a exploração do petróleo cresceu consideravelmente, o que fez

com que os combustíveis fósseis fossem muito mais baratos. Em 1935 o veículo elétrico estava quase extinto [20].

Nas seguintes três décadas, aproximadamente, o VE passava uma fase de estagnação, enquanto os carros a gasolina continuavam a sua progressão, estes eram por esta altura alvo de grande desenvolvimento, a nível do motor de combustão. Os preços dos veículos de combustão interna continuavam mais baratos, em relação aos automóveis elétricos.

Em meados dos anos setenta os preços dos combustíveis fósseis aumentaram, a gasolina escasseia, coincidindo com o embargo árabe de 1973, o que levou algumas nações a repensar a sua estratégia na mobilidade. Muitos fabricantes de automóveis preocupados com estes desenlaces, começaram a explorar carros com abastecimento alternativo, incluindo veículos elétricos. Um desses fabricantes foi a *General Motors*, desenvolveu um protótipo de um VE pouco poluidor, que teve a sua primeira aparição ao público no I Simpósio da Agência de Proteção Ambiental. Entretanto a NASA tinha ido à Lua, para se mover no solo lunar utilizou o seu *Rover* elétrico [20], que acabou por ser uma boa propaganda ao veículo elétrico.

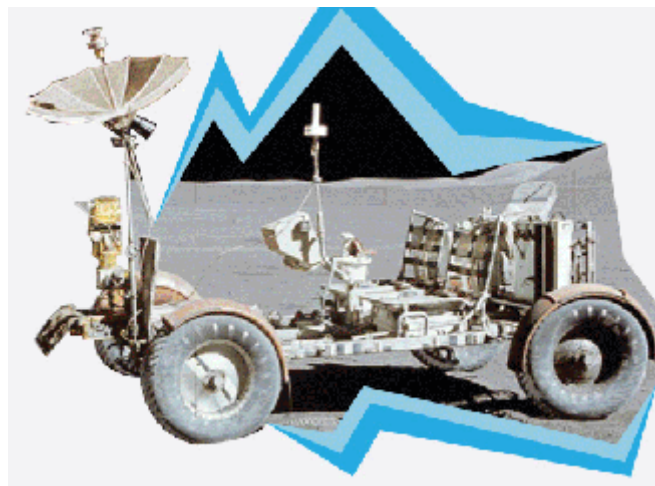


Figura 2.7 - *Rover* elétrico da NASA na Lua, em 1971 [22].

Mas ainda existiam muitos fatores de desvantagem dos carros elétricos para os de combustão a gasolina. Nesta era os VE ainda eram muito limitados só atingiam uma velocidade de 72 Km/h.

No início dos anos 90 as indústrias de automóveis voltavam de novo a demonstrar interesse nos veículos elétricos, fruto dos desenvolvimentos tecnológicos e do conhecimento adquirido por parte destas, era agora mais fácil evoluir o VE de forma significativa. Os fabricantes começavam a converter alguns dos seus modelos a gasolina em elétricos, fazendo com que as distâncias de um para o outro, a nível do desempenho, fossem encurtadas. Por esta altura a *General Motors* investiu no EV1, carro elétrico que construiu a partir do zero, este tinha um limite de velocidade de aproximadamente 130 Km/h e chegava dos 0 aos 80 Km/h em apenas 7 segundos. Este carro

já tinha um desempenho muito interessante, mas os seus custos de produção inviabilizaram que o EV1 tivesse grande longevidade, o seu preço de aquisição não era viável, a *General Motors* terminaria o projeto em 2001.



**Figura 2.8 - EV1 da *General Motors*, em 1996 [22].**

É em pleno século XXI que se dá o verdadeiro interesse pela mobilidade elétrica, houve dois pontos importantes para o marketing do veículo elétrico, o primeiro foi em 1997, com o lançamento *Toyota Prius* no Japão. Era o primeiro carro elétrico híbrido produzido de forma significativa pelo mundo inteiro, algumas celebridades associaram-se ao automóvel, o que fez com que os veículos elétricos subissem na consideração das pessoas [20].



**Figura 2.9 - *Toyota Prius* [23].**

O segundo ponto importante foi o anúncio, em 2006, que uma empresa, *Tesla Motors*, iria produzir um veículo elétrico desportivo de luxo que conseguiria passar o limite dos 200 quilómetros com um único carregamento. Este carro teve enorme sucesso, a partir daí a *Tesla Motors* protagonizou a invenção de mais modelos de qualidade, sendo hoje um fabricante de referência.

Os preços dos combustíveis fósseis subiram consideravelmente, as entidades mundiais e ambientais começaram a preocupar-se cada vez mais com o desenvolvimento sustentável, as redes de carregamentos de veículos começaram a desenvolver-se, a melhoria no desempenho das

baterias, o sucesso da Tesla Motors, e mais alguns fatores, fizeram com que praticamente todos os fabricantes de automóveis “virassem as agulhas” também para os veículos elétricos.

## 2.2 Tipos de veículos elétricos

Atualmente existem no mercado de mobilidade elétrica vários tipos de veículos elétricos, fruto dos avanços tecnológicos, estes são considerados elétricos quando usam parcialmente ou totalmente a propulsão a elétrica, independentemente da origem utilizada para armazenar ou produzir energia elétrica necessária para fazer o carro circular. A diferenciação entre os veículos é feita a partir do tipo de equipamento produtor ou de armazenamento de energia elétrica presente no veículo [24]. A divisão por tipo de veículos elétricos é um pouco subjetiva, nesta dissertação decidi separá-los em três: BEV (veículo elétrico a bateria), PHEV (veículo elétrico híbrido) e FCEV (veículo elétrico a pilha de combustível).

### 2.2.1 Veículos elétricos a bateria

O veículo elétrico a bateria (BEV), também denominado por puro VE ou veículo elétrico 100% [25], utiliza energia da rede elétrica pública para fornecê-la a um conjunto de baterias equipadas na viatura, essa energia é transferida para um ou mais motores que estão ligados às rodas dos veículos, como demonstra a Figura 2.10, o motor (ou os motores) transformam a energia elétrica em mecânica para fazer o carro movimentar-se [26]. Este veículo é eficiente a qualquer velocidade, tem um arranque suave, dispensa embraiagem e caixa de velocidades, e não emite qualquer tipo de gás poluente para a atmosfera.

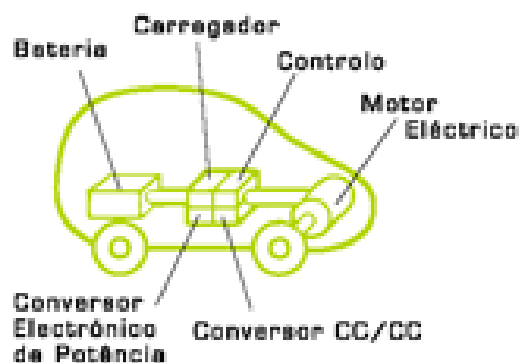


Figura 2.10 - Ilustração simplificada dos componentes de um veículo elétrico a bateria [24].

Na Figura 2.11 pode-se verificar o top 5 de vendas de BEV's de passageiros na Europa, fazem parte dele cinco modelos de automóveis de cinco marcas diferentes, o que vem comprovar aposta de praticamente todos os fabricantes de carros, nos veículos elétricos. Também a quota de 24,8%

atribuída a outros carros, reforça o que foi dito agora. É de sublinhar também que o *Renault Zoe* e o *Nissan Leaf* (carro lançado em Portugal) representam quase metade da frota a nível europeu.

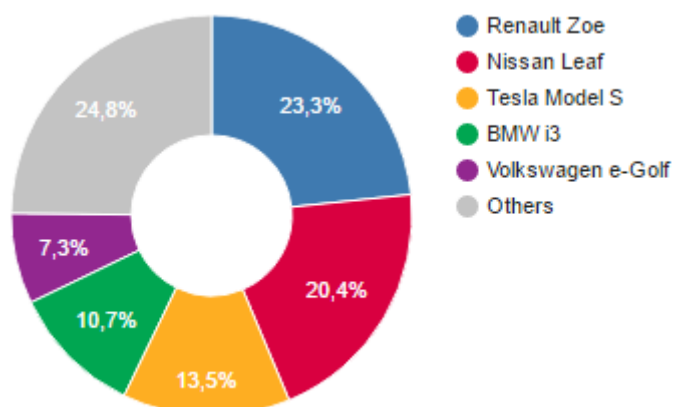


Figura 2.11 - Top 5 de vendas de BEV's de passageiros a nível europeu, em 2016 [27].

### 2.2.2 Veículos elétricos híbridos

O veículo elétrico híbrido combina características positivas dos carros com MCI, como a potência e a autonomia, com qualidades do motor elétrico, como o menor ruído, menor consumo, reaproveitamento da energia e melhor gestão da potência [28]. Para quem tem medo da mudança abrupta do carro convencional para o VE puro, o híbrido pode ser a solução.

O conceito de tração híbrida corresponde à combinação de duas fontes de energia, num único veículo, faz combinar o motor de combustão interna e o motor elétrico. A bateria armazena a energia elétrica que lhe é dada e pode entregá-la ao motor elétrico, para este a transformar em energia mecânica. A outra fonte de energia é um depósito de combustível, que fornece energia ao motor de combustão, e este aciona diretamente as rodas ou fornece energia mecânica ao motor elétrico.

Existem três tipos híbridos:

- O VE com extensor de autonomia (BEVx ou REX), ou também conhecido como híbrido em série [25], neste tipo de híbrido o motor de combustão interna aciona o gerador para criar energia elétrica, que depois pode ser usada para carregar as baterias ou alimentar o motor elétrico, para por o veículo em movimento. As baterias podem ser também carregadas através da rede elétrica.
- O híbrido *plug-in* (PHEV), ou também denominado híbrido *plug-in* em paralelo, neste tipo de híbrido a unidade de conversão e o motor elétrico estão ligados diretamente às rodas

do veículo. É solicitado o motor de combustão normalmente, o motor elétrico auxilia em acelerações, subidas e outro períodos críticos.

- O híbrido *Split* é uma junção dos dois anteriores, em autoestradas configura-se como híbrido em série, devido ao consumo ser mais baixo, enquanto em meio urbano configura-se como *plug-in*.

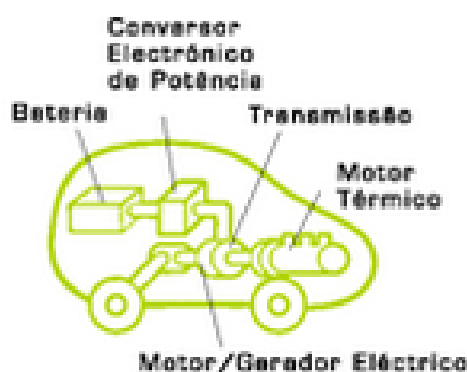


Figura 2.12 - Ilustração simplificada dos componentes de um veículo elétrico híbrido [24].

O veículo híbrido ao travar ou em descidas, origina a travagem regenerativa, as rodas passam a dar energia ao gerador elétrico que por sua vez carrega as baterias. Quando o VE híbrido está parado ao ralenti, o motor desliga-se automaticamente, voltando a ligar-se somente depois de carregar no acelerador, é a chamada paragem automática. O consumo deste veículo é menor comparativamente ao convencional mas é maior em relação ao VE puro, no entanto, tem uma autonomia maior que este último [28].

O mercado de veículos híbridos de passageiros já tem algum impacto pela Europa, os modelos de automóveis com possibilidade de aquisição são para todo o gosto, como comprova a Figura 2.13. Verifica-se que não há nenhum modelo que tenha uma percentagem de vendas muito acentuada em relação aos outros, sendo o líder deste top 5 o *Mitsubishi Outlander*. Segundo a Eafo a quota para outros modelos de carros, não pertencentes ao top 5, é de 44,3%, é possível concluir deste número que os europeus não têm nenhum veículo de eleição na categoria dos híbridos.

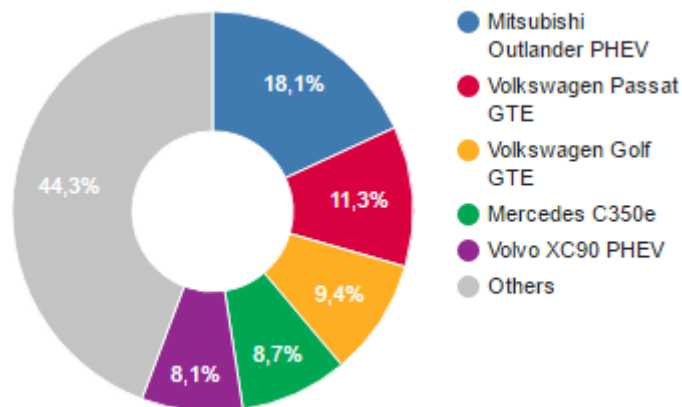


Figura 2.13 - Top 5 de vendas de PHEV's de passageiros na Europa, em 2016 [27].

### 2.2.3 Veículos elétricos a pilha de combustível

O veículo elétrico a pilha de combustível (FCEV) é nos dias de hoje o menos desenvolvido, em comparação aos dois apresentados anteriormente, por isso recai sobre este carro um grande esforço de investigação e desenvolvimento para uma comercialização mais acrescida a médio prazo. A pilha de combustível é uma componente de produção de energia elétrica a partir do hidrogénio, a base de funcionamento desta pilha assenta na reação inversa da eletrólise da água.

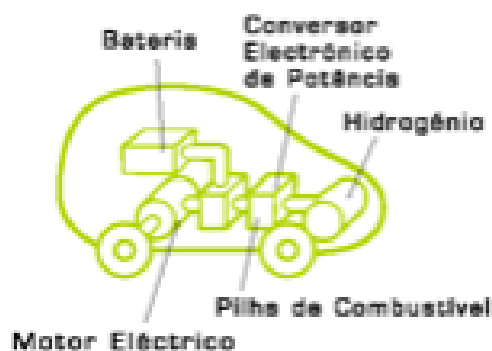


Figura 2.14 - Ilustração simplificada dos componentes de um veículo elétrico a combustível [24].

Este veículo emite somente vapor de água, não polui o ambiente de forma direta (do mesmo modo que o veículo elétrico a bateria), no entanto, existe um problema inerente à produção do hidrogénio, essa pode ser feita através de combustíveis fósseis, não contribuindo assim para um desenvolvimento sustentável. O hidrogénio precisa de estar a uma temperatura de  $-250^{\circ}\text{C}$  dentro do veículo, para se encontrar em estado líquido, o que não facilita o seu armazenamento,

levantando algumas dificuldades para os fabricantes, acrescido a isto, não existem bombas de hidrogénio suficientes [29], mas por enquanto este carro vai continuando a evoluir no mercado de automóveis sobretudo porque tem autonomias equivalentes aos convencionais e o seu tempo de carregamento é de apenas 3 minutos (tempo muito inferior ao dos BEV's)[30], de maneira que o futuro pode passar pelos veículos elétricos a pilha de combustível.

Segundo dados Eafo apenas 2 modelos de carros elétricos a combustível de passageiros foram comercializados em 2016, o que deixa na retina, que estes carros ainda estão numa fase de desenvolvimento embrionária. A Hyundai vendeu 88 unidades do seu modelo *ix35*, enquanto a Toyota viu ser comercializadas 64 viaturas do modelo *Mirai*.

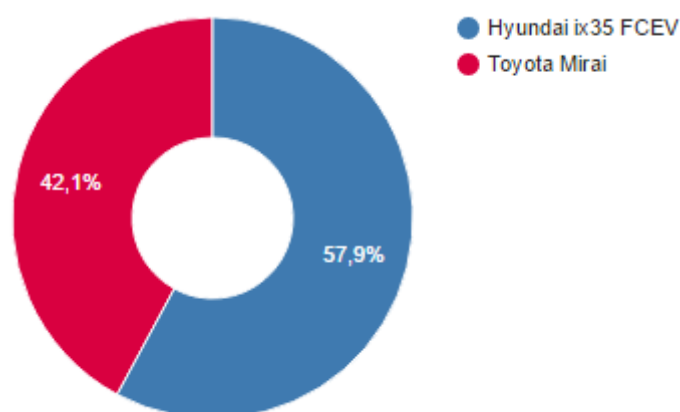


Figura 2.15 - Top 5 de vendas de FCEV's de passageiros a nível europeu, em 2016 [31].

## 2.3 Diferentes conceitos de veículos elétricos

O caminho para o desenvolvimento sustentável ainda é longo, mas parece ser agora em linha reta, na mobilidade elétrica há hoje uma vasta gama de veículos elétricos, desde tipos de veículos diferentes, a modelos para todo o gosto e feitio. Hoje em dia, temos muita variedade de veículos elétricos, começando por trotinetes e acabando em *ferrys*, passando por bicicletas, *scooters*, quadriciclos, veículos ligeiros de mercadoria, autocarros, e muitos mais. Estes veículos podem ser utilizados para várias atividades, como: desporto e lazer, equipamentos de limpeza urbana, deslocação de pessoas com deficiência motora, aplicações de transporte público urbano, etc. Nos dois próximos tópicos vai-se poder visualizar alguns dos veículos referidos anteriormente, fez-se uma divisão entre as frotas de veículos de transporte público e os veículos particulares.

### 2.3.1 VE's de transporte público

Atualmente nos países desenvolvidos muitos dos transportes públicos já contribuem para a mobilidade sustentável, a quota de veículos elétricos de transporte público já é muito abrangente. Para isso, contribuem os incentivos fiscais para empresas dados pelos governos de cada país (em Portugal também existem). Por vezes também os próprios estados são “donos” ou têm uma participação nas empresas de transportes públicos. Por causa disso, incutem os VE's a essas instituições, de forma a dar o exemplo ao resto da sociedade. O poder económico e/ou a necessidade de adquirir uma grande quantidade de veículos, por parte das empresas de transporte, leva a que seja mais “acessível” a aquisição dos veículos elétricos. As instituições de transporte também investem num veículo elétrico porque sabem que o retorno (dado o consumo do veículo elétrico ser menor em relação aos veículos de MCI) do investimento é mais rápido. Em comparação, por exemplo, com um carro elétrico familiar já que este em princípio fará menos quilómetros por ano.

Nas Figura 2.16 e 2.17 vemos dois casos diferentes de veículos elétricos de transporte. No primeiro caso, na Holanda, temos um serviço de táxi feito através de uma *scooter* elétrica. É do conhecimento geral que os holandeses são amantes das duas rodas, por isso decidiram juntar a sua paixão com a mobilidade elétrica. O resultado foi uma *scooter* elétrica, a *Hooper* (nome da *scooter* elétrica), presente em Amesterdão com um limite de velocidade de 25 km/h e uma autonomia de 130 km. No segundo, temos o mesmo serviço através de um automóvel em São Paulo, Brasil, onde podemos encontrar um serviço de táxis feito por um carro elétrico da marca Nissan, o modelo *Leaf*.



Figura 2.16 - Serviço de táxi através de uma *scooter* elétrica [32].



Figura 2.17 - Serviço de táxi feito através de automóvel elétrico [33].

O conceito de mobilidade presente na Figura 2.18 é diferente dos que se têm vindo a descrever nesta dissertação, a mobilidade aqui é feita através de um *ferry* elétrico, o *ZeroCat*, como é denominado este *ferry*. Foi desenvolvido pela Siemens em conjunto com um estaleiro norueguês, tem 80 metros e pode transportar 120 carros e 360 pessoas. Os motores elétricos presentes neste meio de transporte são alimentados por uma bateria de dez toneladas, que carrega-se em apenas 10 minutos e pode produzir até 800 KW.



Figura 2.18 - *Ferry* elétrico a operar na Noruega [34].

Em Portugal as instituições de transporte público também aderiram aos veículos elétricos, temos hoje em dia autocarros elétricos, táxis elétricos, tuk tuk's, entre outros. O nosso país foi pioneiro na implementação de táxis elétricos, em Lisboa surgiram os primeiros táxis 100% elétricos da Europa, este serviço começou a ser feito por dois *Renault Fluence Z.E.* [35]. Na Figura 2.19 podemos ver um autocarro 100% elétrico da Carris que atua em Lisboa, desde Outubro de 2016, desenvolvido pela Siemens em parceria com a Universidade do Porto.



Figura 2.19 - Autocarro 100% elétrico da Carris [36].

Como podemos verificar até ao momento, a variedade de veículos elétricos de transporte público é enorme, mas de seguida iremos falar, num conceito que até agora ainda não foi introduzido, os veículos de alimentação direta. Esta tecnologia já tem mais de 80 anos, por isso já está completamente consolidada, consiste na alimentação do motor elétrico diretamente da rede elétrica, não há necessidade de combustíveis ou de carregamentos de energia no interior do veículo. Os metros, elétricos e comboios são casos de veículos de alimentação direta. Existem algumas vantagens e desvantagens nos veículos elétricos por alimentação direta, em relação aos seus antecessores de combustíveis fósseis, são elas:

- Vantagens: Emissões diretas zero, já que são elétricos puros, menor ruído, eficiência do motor elétrico (se estiver parado não há necessidade de estar a consumir e se possuir travagem regenerativa ainda fornece energia à rede elétrica), manutenção mais barata (não é preciso fazer manutenções mecânicas de forma tão regular) e uma boa longevidade
- Desvantagens: As rotas são limitadas às zonas onde existem linhas aéreas eletrificadas, e se houver algum problema com a rede elétrica pública o veículo pode não funcionar.



Figura 2.20 - Veículo elétrico por alimentação elétrica (metro) [37].

### 2.3.2 VE's particulares

Os veículos elétricos particulares estão presentes já no quotidiano do ser humano, existe uma avolumada quantidade de veículos diferentes na forma, feitio e categoria. Bicicletas elétricas, tratores elétricos, carros de golfe elétricos, trotinetes elétricas, automóveis elétricas, motos elétricas, e mais alguns, são considerados veículos elétricos particulares.

Na Figura 2.21 podemos observar uma bicicleta elétrica que é praticamente idêntica às comuns, apenas tem um motor acrescentado numa das rodas e uma bateria. A diferença maior está no funcionamento, agora pode-se fazer subidas íngremes sem qualquer tipo de esforço, podemos dosear o nosso cansaço da maneira que quisermos. Esta bicicleta tem uma autonomia de 40 km, um motor traseiro (250W) e custa 999€ (+IVA) [38].



Figura 2.21 - Bicicleta elétrica, *e-bike mountain* [38].

Nas Figura 2.22 e 2.23 podemos constatar a existência de motos elétricas e de quadriciclos elétricos, ambas as categorias de veículos têm funcionamento idêntico ao do carro elétrico. Na Figura 2.22 vemos uma moto 100% elétrica de uma marca conceituada, a BMW, tem 35 KW de potência, uma autonomia de 160 Km e custa 15466€ [39]. Na Figura 2.23 temos um quadriciclo elétrico puro com uma autonomia 40 Km e o preço de aquisição é 8122€ [40].



Figura 2.22 - Moto elétrica, *C evolution* [39].



**Figura 2.23 - Quadriciclo elétrico, Birò [40].**

O mercado de veículos elétricos particulares que centra mais atenção da sociedade, é o mercado dos automóveis elétricos, em consequência disso foi elaborada uma tabela, para termo de comparação entre alguns modelos de carros. Na Figura 2.24 podemos ver um dos VE's mais cobiçado no mercado de veículos elétricos particulares.



**Figura 2.24 - Tesla Model S [41].**

Tabela 2.2 - Modelos de automóveis elétricos (dados atualizados em Dezembro de 2016 [41]).

Modelo	Tipo	Autonomia (Km)	Bateria (KWh)	Preço (a partir de) (€)
<i>Audi A3 E-Tron</i>	PHEV	40, modo elétrico	8,8	43.140,00
<i>BMW i3</i>	BEV e REX	190 a 300	33	38.380,00
<i>BMW i8</i>	PHEV	40, modo elétrico	7,1	142.321,00
<i>Mercedes Classe B Electric Drive</i>	BEV	200	28	42.900,00
<i>Citroen C-Zero</i>	BEV	120	14,5	31.347,60
<i>Mitsubishi i-miev</i>	BEV	150	16	24.240,00
<i>Nissan Leaf</i>	BEV	200	30	26.015,00
<i>Renault Zoe</i>	BEV	320	40	24.650,00
<i>Tesla Model S</i>	BEV	400	60	70.100,00
<i>Volkswagen e-Golf</i>	BEV	300	35	39.730,00

## 2.4 Automóvel elétrico vs Automóvel convencional

Ao longo dos anos, o veículo elétrico para encurtar distâncias para o veículo convencional, foi mantendo os seus próprios pontos fortes (emissões zero, menor ruído, melhor rendimento do motor, etc) e foi tentando fortalecer os seus pontos fracos (autonomia, tempos de carregamento, etc) sempre tendo como referência o veículo convencional. Exemplo disso, foi o aparecimento dos PHEV's em que os utilizadores podiam alternar entre o automóvel convencional e o veículo elétrico puro, de forma gradual, já que os PHEV's contemplam os dois motores (combustão e elétrico) numa só viatura. Pontos como a segurança, robustez, desempenhos, conforto, fiabilidade tiveram de ser garantidos por parte dos veículos elétricos, dado que as bases de sustento dos automóveis convencionais tinham sido essas com o passar dos séculos. Para que isso fosse possível foram importantes os progressos nas áreas da eletrónica de potência (novas arquiteturas de conversores), máquinas elétricas (origem de novos motores e evolução dos materiais), sistemas de armazenamento de energia (baterias) e sistemas de controlo (gestão melhorada dos fluxos de energia, com bons desempenhos na tração) [42]. Para compreender melhor as diferenças entre os dois automóveis, elaborou-se a seguinte tabela:

Tabela 2.3 - Características de automóveis elétricos e convencionais (adaptado de [42]).

	Veículo Elétrico	Veículo com motor térmico
Tipo de motor	Motor elétrico	Motor de combustão interna
Fonte de energia	Baterias/Células de combustível	Gasóleo/Gasolina
Peso	Elevado	Leve, em termos comparativos
Transmissão de potência	Pode prescindir da caixa de velocidades	Sistema de engrenagens
Frenagem	Regenerativa	Dissipativa
Rendimento do motor	Elevado	Baixo
Impacto ambiental	Reduzido/Zero	Elevado
Preço inicial	Elevado	Médio, em termos comparativos
Custos de manutenção	Reduzidos	Muito Elevados
Autonomia	Reduzida/Média	Elevada
Tempo de abastecimento	20 a 30 minutos ou mais	Aproximadamente 2 min

Assimiladas algumas características distintas entre o veículo elétrico e o convencional, fez-se de seguida um pequeno estudo ao consumo dos dois carros, sabendo que 1 litro de gasolina corresponde 9,4 KWh de energia e que 1 litro de gasóleo corresponde a 11,1 KWh de energia. Para fazer esse estudo tentei encontrar o mesmo modelo de carro de um fabricante de automóveis, para a comparação ser o mais justa possível, optei pelo *Volkswagen up!1.0* (veículo a gasolina) e o *Volkswagen e-up!* (veículo elétrico a bateria).

O *e-up!* tem um motor síncrono de ímanes permanentes com uma potência de 82 cv (62 KW), uma bateria de íões de lítio com capacidade de 18,7 KWh, uma velocidade máxima 130 Km/h e uma autonomia de 160 Km. Já o *up!1.0* está equipado com um motor de três cilindros a gasolina e tem um consumo médio de 6 litros/100 Km [43]. Assumindo que a média do *E-up!* é 12,2 KWh/100 Km e a tarifa da eletricidade é de 20 cent/KWh (valor superior ao comercializado em Portugal, para habitações) teríamos um custo de energia de apenas 2,44 €. No carro a gasolina, assumindo que o preço da gasolina é de 1,45 €/L, teríamos um custo de combustível de 8,7 €, quase quatro vez mais caro, para uma distância de 100 Km. Se por mês se fizesse 500 Km, o *e-up!* gastaria 12,2 € e o *up!1.0* despenderia 43,5 €. Ao final de um ano o *e-up!* gastava 146,40 €, o *up!1.0* ficava pelos 522 € o que daria uma diferença de 375,60 €, uma quantia relevante nos dias de hoje.

Os números calculados só vêm reforçar a ideia de que o veículo elétrico vai emergir de forma significativa no mercado. O veículo de combustão com motor de combustão interna pode ter os “dias contados”, com a tendência dos recursos fósseis entrarem cada vez mais em extinção e as medidas políticas em prol do desenvolvimento sustentável serem cada vez mais, os preços dos combustíveis fósseis tendem a subir ainda mais, fazendo com que o utilizador do carro convencional sinta ainda mais na carteira os custos de abastecimentos.

## 2.5 Vantagens e Desvantagens

Algumas vantagens e desvantagens dos veículos elétricos tem vindo a ser descritas de forma sucinta pela imprensa, por isso já há uma certa noção dos pontos fortes e fracos deste veículo. De maneira a compreender melhor e, consolidar as ideias, irão de seguida ser apresentadas as vantagens e desvantagens acopladas aos VE's.

O carro elétrico é hoje em dia, e cada vez mais, uma solução de mobilidade viável, para isso contribui o desenvolvimento tecnológico ao nível das baterias, tempos de carregamentos, potência, autonomia, entre outros. Também os preços mais competitivos, principalmente quando verificamos os custos de abastecimento necessários por quilómetros percorridos em comparação aos veículos de motor de combustão interna.

Vantagens:

1. Autoestima - O proprietário do veículo elétrico sentir-se-á bem consigo mesmo, ao conduzir este tipo de veículo está contribuir para um mundo sustentável;
2. Emissões Zero - Se o veículo for elétrico puro não emitirá qualquer tipo de gás poluente;
3. Poupança no abastecimento - Como se comprovou anteriormente, os veículos com MCI são três a quatro vezes mais dispendiosos em termos de custos de abastecimento;
4. Manutenção reduzida - Não há necessidade de óleos de motor nem de correias, assim os veículos em vez de irem à inspeção a cada 15000 Km para trocar estes elementos, só precisam de ir a cada 50000 Km [44];
5. Maior eficiência do motor - Os VE costumam utilizar entre 0,1 e 0,23 KWh/Km, a média de consumo para um automóvel a gasolina é 0,98 KWh/km [45], o que indica que são menos eficientes;
6. Travagem regenerativa - A travagem regenerativa utiliza o motor elétrico como gerador durante a travagem do veículo, fornecendo energia às baterias;
7. Redução de impostos - Os carros elétricos estão isentos do pagamento do ISV e do imposto de circulação em Portugal, em outros países também existem medidas parecidas;
8. Sem Perturbações - O ruído é reduzido e disfruta de uma condução automática, sem caixa de velocidades e embraiagem.

Desvantagens:

1. Baterias - O número de ciclos de vida, Peso, volume e autonomia são as principais desvantagens. Hoje em dia ainda não é possível fazer uma viagem de Faro ao Porto apenas com um carregamento;
2. Postos e tempos de carregamento - Os tempo de carregamento já são menores, mas a maioria das pessoas ainda não quer perder 20 a 30 minutos a carregar um carro. Os postos de carregamento atualmente estão a chegar a um número quase razoável;
3. Custos de aquisição - Os preços iniciais de compra já são mais competitivos, mas ainda precisam de sofrer alterações.

Os três pontos estão a ser combatidos, exemplo disso, é uma bateria que está a ser desenvolvida pela Universidade de Cambridge [46], baseada em lítio-ar (as atuais são em lítio-íon). Segundo o estudo estas baterias alcançariam 93% de eficiência energética, uma maior capacidade, menor peso e um maior número de ciclos de vida para (mais 2000). Além disso, estas baterias teriam uma autonomia de 600 Km, o que faria com que os veículos elétricos ficassem praticamente em pé de igualdade com os veículos convencionais. Com estas características presentes os dois primeiros pontos de desvantagem seriam muito atenuados, ou deixavam mesmo de ser barreira.



## Capítulo 3

### 3.Carregamento de veículos elétricos

Podemos aferir até este momento que os postos de carregamento coexistem com os veículos elétricos. A evolução dos postos de carregamento depende da evolução dos veículos elétricos, e o contrário também é verdade. Isto é, se não houver a comercialização de veículos elétricos em grande escala, de nada vale ter muitos postos de carregamento instalados e tecnologicamente desenvolvidos, e vice-versa. Sabemos que os veículos elétricos já têm mais de cem anos, logo os postos de carregamento elétricos surgiram aproximadamente pela mesma altura, na Figura 3.1 podemos vislumbrar uma estação de carregamentos para viaturas elétricas em 1917, em Londres.



**Figura 3.1 - Estação de carregamento para veículos elétricos em 1917, St. Pancras (Londres)[47].**

Anteriormente podemos constatar que os veículos elétricos começaram a crescer acentuadamente na Europa a partir de 2010. Também os postos de carregamento aumentaram por essa altura, a Figura 3.2 demonstra isso mesmo. Segundo dados da Eafó, atualmente, estão presentes na Europa 112681 postos de carregamento para veículos elétricos, contabilizando apenas os postos de carregamento com quota mais significativa na Europa (*Tesla SC*, *CCS*, *ChadeMO*, *Type-2AC* e *PCN*), coexistindo outros tipos de postos carga por este continente fora. Em 2017 existem 100291 postos de carregamento normal, 3296 postos do *Type 2-AC*, 4075 do tipo *CHAdemo*, 3199 do *CCS* e 1819 do tipo *Tesla SC*.

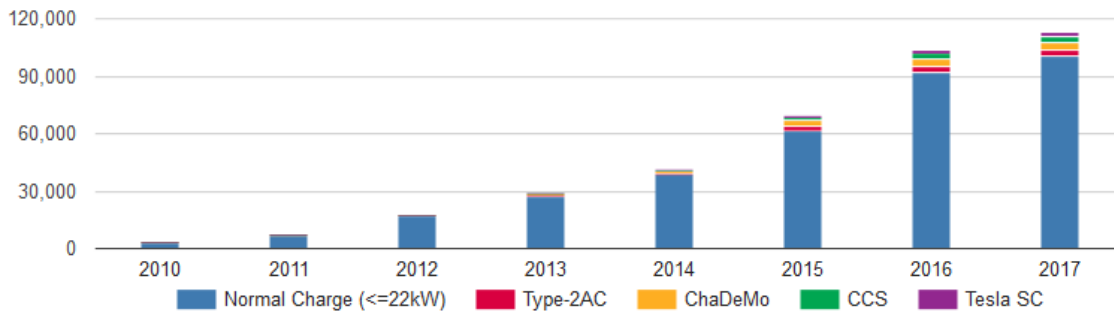


Figura 3.2 - Número total de postos de carregamento de VE's na Europa [48].

Podemos verificar, através Figura 3.2 que os postos de carregamento para veículos elétricos têm vindo aumentar de forma gradual ao longo dos anos, espera-se que essa subida continue por mais algum tempo, seria sinal que a mobilidade elétrica poderia ser uma realidade no futuro. De seguida podemos ver o número de VE's por posto de carregamento na Europa, mais uma vez a Noruega lidera a nível europeu, com 14,08 veículos elétricos por posto de carregamento elétrico. As classificações de alguns países surgem pelo facto de terem uma grande frota de veículos elétricos, com é o caso da Noruega, outros, derivado a não terem uma grande rede de postos de carregamento, é caso disso a Espanha. Para compreender melhor o porquê destes números, deve-se analisar este gráfico em conjunto com a Figura 2.3.

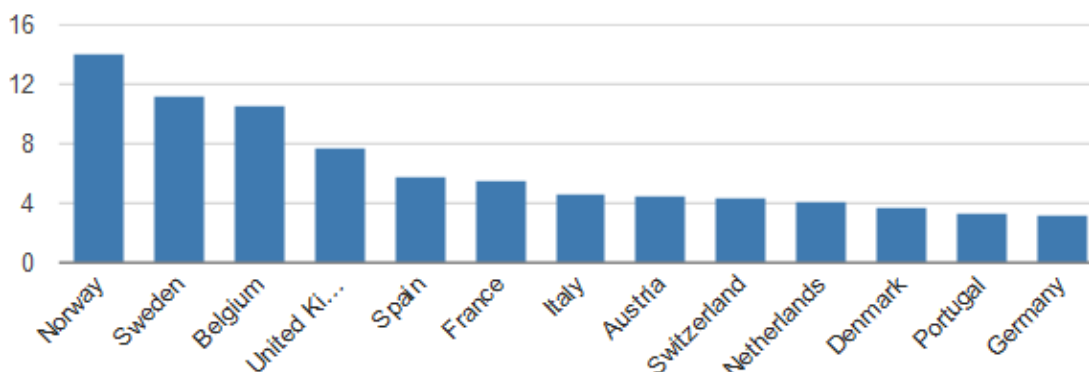
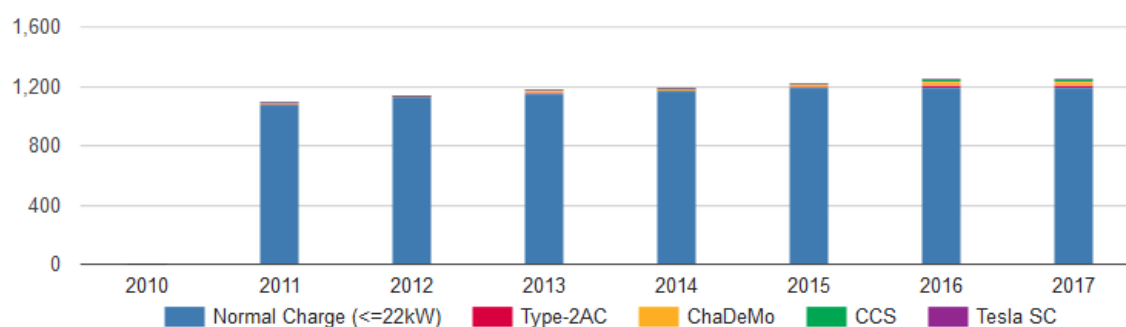


Figura 3.3 - Número de veículos elétricos por posto de carregamento, top 13 da Europa [48].

Portugal surge em 12º lugar, tem 3,37 veículos elétricos por posto de carregamento elétrico. No nosso país existem atualmente 1250 postos de carregamentos para veículos elétricos, quem o diz é Eafo, sendo 1192 postos de carregamento normal, 17 do tipo CCS, 17 do tipo *Type 2-AC* e 24 postos do tipo *ChaDeMO*. Em 2011 houve uma instalação elevada de postos de carregamento (mais concretamente de PCN), depois com mudança de governo, políticas alternativas e também derivado à crise económica, essas instalações estagnaram, no último ano a aposta em postos de carregamento de veículos elétricos voltou a surgir, mais propriamente com a instalação de postos de carregamento rápida (PCR). Os pontos de carregamentos da marca conceituada Tesla ainda

não surgiram no nosso país, mas prevê-se que possam vir aparecer rapidamente, visto que a marca começou a comercializar os seus modelos de carros elétricos à relativamente pouco tempo em Portugal.



**Figura 3.4 - Número total de postos de carregamento para VE's, em Portugal [48].**

O governo português deseja que até ao final deste ano corrente exista pelo menos um posto de carregamento rápido para veículos elétricos em cada concelho. A criação de corredores rápidos nas autoestradas por todo o país, com a instalação de postos de carregamentos nas áreas de serviço, para que se possa viajar com um veículo elétrico dentro de Portugal sem quaisquer inconvenientes, também é um dos objetivos [5]. Algumas marcas dentro da mobilidade associaram-se ao estado no investimento em postos de carregamento elétrico, isto só foi possível depois da liberalização do mercado de energia para veículos elétricos em 2015. O governo português definiu que empresas privadas poderiam agora pedir uma licença para abertura de postos de carregamento para viaturas elétricas, deixando este mercado de ser um monopólio, até então só a MOBI.E (empresa pública) poderia criar postos de carregamento [9]. No entanto a MOBI.E continua a ser entidade responsável pela gestão da rede elétrica de mobilidade elétrica, monitorizando a gestão dos postos de carregamento pelos operadores privados.

### 3.1 Modos de carregamento

As formas de carregar um veículo elétrico é um assunto em constante investigação e evolução, existem diferenças entre carregar, por exemplo, um telemóvel e um carro elétrico. Um automóvel elétrico pode necessitar de uma corrente elevada durante algum tempo, esta circunstância representa um conjunto de desafios à instalação elétrica. Outro fator é a sua exposição e maior dimensão, em caso de falha na instalação elétrica do veículo elétrico, o risco que este pode representar de eletrocussão por contactos indiretos é maior, do que qualquer outro eletrodoméstico situado num local de acesso condicionado. Mas quando as regras técnicas de segurança são cumpridas na íntegra esse risco diminui consideravelmente. As normas

internacionais IEC 61851 e IEC 62196 definem como deve ser feito o carregamento de um veículo elétrico e em que condições.

Um veículo elétrico carrega-se através de uma tomada elétrica ou posto de carregamento apropriados, através de um carregador equipado dentro da viatura, esse carregamento pode ser em corrente alternada (CA, em inglês AC) ou em corrente contínua (CC, em inglês DC). No carregamento em corrente alternada o conversor AC-DC encontra-se no veículo, convertendo a CA fornecida pela rede elétrica em CC, que é necessária para o carregamentos das baterias. No carregamento em corrente contínua é permitida uma transferência de potência elevada em pouco tempo, são considerados geralmente carregamentos rápidos, neste caso a conversão de AC-DC efetua-se exteriormente aos veículos, não sendo assim necessária a transformação de corrente no conversor/carregador equipado no veículo elétrico. Em comparação com o carregamento em corrente alternada, os contactos e as secções transversais de um cabo de CC são maiores [49].

De seguida temos a tabela 3.1 que nos diz os tempos de carregamento de um veículo elétrico consoante a corrente, a tensão e a potência fornecida. Os valores destas características estão associados a diferentes modos de carregamento e postos de carregamento, existindo na mobilidade elétrica outros tempos de carregamento inerentes a outros postos de carregamento, como é por exemplo o caso dos pontos de carga da empresa portuguesa Efacec. Esta instituição tem já disponível no mercado, postos de carregamento que podem ir até aos 350 KW, muito superiores aos apresentados na tabela 3.1, inclusive aos postos de carregamento da Tesla (120 KW), no entanto estes pontos de carga destinam-se às próximas frotas de carros elétricos que “aceitem” cargas aproximadamente a 900 V e estão dimensionados para veículos com uma bateria de 130 KWh, de momento ainda não existem no mercado automóveis com essa capacidade [50].

**Tabela 3.1 - Tempo de carregamento de um veículo elétrico para uma autonomia de 100 Km (adaptado de [51]).**

Tempo de carregamento	Potência (KW)	Tensão (V)	Corrente máxima (A)
<b>6/8 horas</b>	Monofásico-3,3	230 CA	16
<b>3/4 horas</b>	Monofásico-7,4	230 CA	32
<b>2/3 horas</b>	Trifásico-10	400 CA	16
<b>1/2 horas</b>	Trifásico-22	400 CA	32
<b>20/30 minutos</b>	Trifásico-43	400 CA	63
<b>20/30 minutos</b>	Contínua-50	400/500 CC	100/125
<b>10 minutos</b>	Contínua-120	300/500 CC	300/350

A norma europeia/portuguesa EN/NP 61851 definiu a existência de quatro modos de carregamento de veículos elétricos diferenciados, que serão apresentados detalhadamente nos tópicos seguintes.

### 3.1.1 Modo 1

O carregamento em modo 1 consiste numa conexão entre o veículo elétrico e a rede elétrica, em corrente alternada, através de tomadas normalizadas, que podem ser industriais do tipo EN 60309 (preferencialmente devem ser usadas estas) ou tomadas domésticas do tipo *shüco*. A rede de alimentação pode ser trifásica ou monofásica, com uma corrente máxima de 16 A por fase (3,7 - 11 kW).



Figura 3.5 - Ilustração simplificada do carregamento de um veículo elétrico em modo 1 [52].

Para usar o modo 1 de forma segura é necessário possuir um sistema de aterramento e um disjuntor diferencial (RCD) de elevada sensibilidade de calibre  $I_n \leq 30$  mA por parte da rede de alimentação. Este disjuntor serve para medir a diferença que vai na fase e a que volta no neutro, se essa diferença for maior que 30 mA o RCD abre o circuito, cortando assim a alimentação para o veículo elétrico. Quando não se conhece as instalações elétricas presentes no local de carregamento, por precaução deve-se utilizar cabos de carregamento que estejam equipados com um RCD. Se a tomada não tiver terra, estes cabos automaticamente não deixam efetuar o carregamento. Mas é preciso ter em linha de conta que um disjuntor diferencial não protege contra todos os riscos de uma rede de alimentação, protege apenas contra os defeitos fase-terra [49].

Este modo está normalmente associado a um carregamento feito em casa, já que é feito de forma simples, necessitando apenas de um cabo de carregamento e de uma tomada, que tenha uma instalação elétrica adequada. No entanto apresenta algumas limitações, com uma corrente máxima de 16 A o tempo de carregamento vai ser longo e necessita de uma atenção redobrada visto não ser requerida qualquer tipo de monitorização entre o veículo e a rede.

### 3.1.2 Modo 2

No modo 2 a ligação ao veículo elétrico não se realiza diretamente, como no modo 1, esta conexão é feita através de um cabo com um sistema de eletrónica instalado (*In-cable Control Box* ou Caixa de controlo do cabo). Esta ICCB está presente numa das extremidades do cabo, de onde sai uma ligação e uma ficha normalizada (doméstica ou industrial) para ligação à rede elétrica, enquanto na outra extremidade existe um conector específico (conectores de Modo 3) para ligar ao VE. Além dos pinos de fase(s), neutro e terra, este conector possui dois pinos adicionais, são eles o pino de Controlo e o Piloto de Proximidade, sendo assim possível o controlo da comunicação entre a rede elétrica e veículo, fazendo do modo 2 mais seguro que o modo 1.



Figura 3.6 - Exemplo de uma Caixa de Controlo (ICCB)[49].

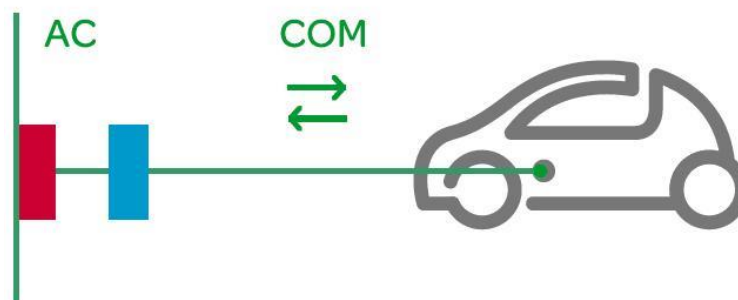


Figura 3.7 - Ilustração simplificada do carregamento de um veículo eléctrico em modo 2 [52].

O veículo elétrico no segundo modo é carregado em corrente alternada, podendo a rede doméstica ser monofásica ou trifásica, permitindo assim um carregamento de 7,4 KW ou 22 KW, respetivamente. A corrente neste modo tem como limite máximo 32 A, não deixa de ser uma corrente baixa para o carregamento de veículos elétricos, associando este modo de carregamento, a um tipo de carregamento lento, dado que tem tempos de abastecimento elevados. No entanto tem a vantagem de ser um modo de carregamento relativamente simples, já que necessitamos apenas do cabo já referido anteriormente e de uma ficha comum ou industrial, por questões de segurança usa-se normalmente a industrial.

### 3.1.3 Modo 3

Este modo é um sistema em corrente alternada, pensado especificamente para o carregamento de veículos elétricos. Este sistema propõe aumentar a segurança do processo de carregamento de um veículo elétrico e diminuir os riscos de eventuais anomalias, de manipulação do cabo de ligação por parte dos seres humanos ou defeito de isolamento dos VE's. O modo 3 necessita de três bases fundamentais [49]:

- Tomadas e fichas de alimentação - estas têm de possuir condutores de energia, fase e neutro, terra de proteção, Piloto de Controlo e Piloto de Proximidade (sensor de inserção de cabo na tomada). As tomadas têm ainda de estar equipadas com um sistema de encravamento, para encravar o cabo após a inserção;
- Relé de corte de alimentação - permite a ligação ou o corte da alimentação, consoante indicação do sistema de controlo;
- Sistema de controlo associado à tomada de alimentação - permite através do Piloto de Controlo uma ligação contínua de uma corrente reduzida, entre a tomada de alimentação e o VE, monitorizar a manutenção das condições de isolamento das partes sob tensão durante o carregamento. Este sistema de controlo permite ainda estabelecer um limite máximo de corrente admissível pelo piloto de controlo, em função das condições da tomada de alimentação e das condições da instalação elétrica a montante. Em caso de não cumprimento destas condições, em cada momento, poderá existir uma falha e o sistema de controlo corta a alimentação à tomada, através do relé.

Relativamente ao primeiro ponto, tomadas e fichas de alimentação, estas são definidas pela norma IEC 62196. Nesta norma são descritas três opções de tomadas e fichas, a primeira Tipo 1 (conhecida como *Yazaki*, Figura 3.8), do Tipo 2 (conector *Mennekes*, Figura 3.9) e do Tipo 3 (conhecida como conector *Plug Alliance* ou *Scame*, Figura 3.10).



Figura 3.8 - Conector *Yazaki* [53].



Figura 3.9 - Conector *Mennekes* [54].



Figura 3.10 - Conector *Scame* [55].

No modo 3 a corrente é alternada, podendo ser alimentada de forma monofásica (se a ficha/tomada for *Yazaki* ou *Mennekes*) ou de forma trifásica (se a ficha/tomada for *Scame* ou *Mennekes*). Se, num carregamento de um VE for utilizado um conector *Yazaki* ou *Scame* teremos uma corrente máxima de 32 A, enquanto se usarmos o conector *Mennekes* poderemos ter uma corrente máxima de 63 A, logo uma potência máxima de 44 KW, o que já permite carregar um veículo elétrico de maneira relativamente rápida (20 a 30 min).

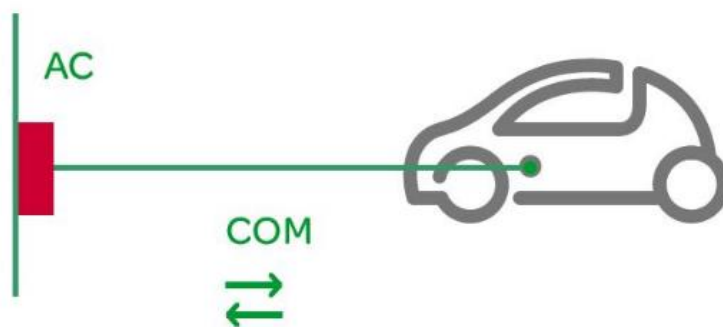


Figura 3.11 - Ilustração simplificada do carregamento de um veículo eléctrico em modo 3 [52].

A complexidade e a eletrónica de controlo deste modo de carregamento implica um elevado investimento, derivado a isto só visualizamos este modo praticamente em postos de carregamento públicos. Podendo estes postos de carregamento terem um cabo de carregamento

integrado ou terem a opção de conexão de um cabo com duas extremidades, uma para ligar ao veículo elétrico outra para inserir na infraestrutura. O modo 3 é considerado muito vantajoso porque permite um nível de segurança elevado, podendo os tempos de abastecimento serem já mais rápidos.

#### 3.1.4 Modo 4

O modo de carregamento 4 é designado como a ligação indireta à rede de alimentação utilizando um conversor externo para converter a corrente alternada em corrente contínua. Este conversor AC/DC está equipado no posto de carregamento. São exemplo de utilização do modo 4, os postos de carregamento rápidos DC, estes alimentam a baterias do veículo elétrico diretamente em DC, não sendo assim preciso a utilização do carregador/conversor interno do veículo elétrico [49].

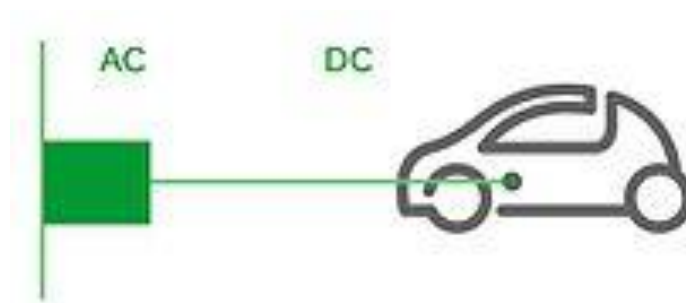


Figura 3.12 - Ilustração simplificada do carregamento de um veículo elétrico em modo 4 [52].

A norma que estabelece a utilização do modo 4 foi proposta por uma associação de nome *CHAdeMo*. Este modo possui também a funcionalidade de Piloto Controlo, possibilitando assim a comunicação entre o veículo elétrico e o posto de carregamento, fornecendo assim informações ao utilizador de alguns parâmetros tais como a temperatura, limite de potência, intensidade de corrente, etc. As transferências de potências neste modo são muito elevadas, obrigando a elevados requisitos de segurança, fazendo com que a ligação de encaixe só seja efetuada no VE [56]. O modo 4 exige eletrónica de potência e de controlo, o que faz com que estes postos sejam tradicionalmente públicos, tendo como grande vantagem o carregamento de veículos elétricos com tempos de abastecimento reduzidos.

### 3.2 Tipos de Postos de carregamentos

Um posto de carregamento é uma infraestrutura que permite o carregamento das baterias dos veículos elétricos, estes podem ser postos de carregamento normal (PCN) ou postos de carregamento rápido (PCR), públicos ou privados. Estes postos diferenciam-se pelo tipo de

tomadas e conectores, potência, corrente, tempo de carregamento, etc. A nível internacional foram aplicados diversos tipos de postos de carregamento e diferentes geometrias de conectores de carregamento, destacando-se o mercado dos EUA, Europa e China. Nos tópicos seguintes iremos abordar, de forma sucinta, os postos de carregamento de veículos elétricos com maior visibilidade na mobilidade elétrica.

Como já foi referido anteriormente, cada posto de carregamento de VE's tem características próprias (corrente de carga, potência, e outras), o que origina diferentes tempos de carregamento. De maneira a compreender melhor os diferentes tempos de carregamento de posto para posto de carregamento, vão ser apresentadas equações que permitem calcular esses mesmos tempos de forma aproximada, não rigorosa, já que um carregamento de uma bateria depende de muita variantes, não é linear, tais como a potência do carregador interno do veículo elétrico (no caso da corrente ser AC), a temperatura ambiente, as restrições da rede, etc. São desprezados fatores como rendimento, entre outros.

Então:

- Se o sistema for monofásico,  $P = U \times I$  [W] (3.1)

- Se o sistema for trifásico,  $P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi$  [W] (3.2)

Onde,

P – Potência (W);

U – Tensão (V);

I – Corrente (A);

cos  $\phi$  – Fator de potência.

Calculada a potência, vai-se determinar a duração do carregamento pela seguinte fórmula:

$$t = \frac{C}{P} \times 0,8 \text{ [h]} \quad (3.3)$$

Onde,

t – Tempo (h);

C – Capacidade da bateria (Wh).

O valor 0,8 na equação 3.3 corresponde ao carregamento de 80% de uma bateria, já que até este ponto de carga o carregamento é feito mais ou menos de forma linear, desta percentagem de carga em diante, o carregamento demora quase o dobro do tempo, já que o veículo elétrico precisa de reduzir a corrente para terminar de carregar as células [57]. Derivado a isto, os

operadores dos postos de carregamento aconselham ao utilizador do veículo elétrico que termine o carregamento, quando se completar os 80% de carga da bateria. Se o tempo de carregamento for relativamente superior a 30 minutos, quando a capacidade da bateria atinge os 80%, esse carregamento é considerado lento, pertence a um posto de carregamento lento, se for igual ao inferior, é caracterizado como sendo rápido, pertencendo a um posto de carregamento rápida.

Uma alternativa à utilização dos postos de carregamento é o sistema de troca de baterias, mas por uma razão ou por outra, estes mesmos não tiveram grande sucesso, existindo assim poucos sistemas deste tipo a nível mundial. Este conceito assenta na troca de uma bateria com pouca carga, por outra carregada. Esta troca é feita de forma totalmente automatizada em poucos minutos, fazendo com que os tempos de paragem por causa da carga da bateria sejam reduzidos. No entanto existem muitos argumentos contra esta solução [58].

### **3.2.1 Posto de carregamento normal (PCN)**

O Posto de carregamento normal, por vezes também é denominado de lento, está normalmente associado a carregamentos domésticos, no entanto existem em grande número pelas cidades europeias, como é o caso de Portugal (postos da MOBI.E). Hoje em dia, a instalação de pontos de carga na via pública é essencialmente do tipo PCR, já que estes reduzem significativamente os tempos de carregamento de um veículo elétrico.

Quase todos os tipos de carregamento do Modo 1, Modo 2 e Modo 3 fazem parte dos postos de carregamento normal. A transferência de energia destes três modos de carregamento é feita com corrente alternada, o que leva à ideia de que todos os tipos de carregamentos feitos em corrente alternada são carregamentos lentos. Um posto de carregamento normal pode ter uma potência de 3,7 KW a 22 KW, sendo que no primeiro caso um veículo demora cerca de 6 a 8 horas a carregar totalmente (100% da capacidade da bateria), enquanto no segundo caso demora 1 a 2 horas para carregar 80% da capacidade da bateria.

Um PCN pode ser doméstico, como já foi frisado, nesse caso costumam ser denominados de *Wallbox* ou de *“Home Charger”*. Uma *Wallbox* corresponde a um sistema que proporciona corrente elétrica a um veículo elétrico através de um cabo de carregamento, normalmente encontra-se instalada numa parede de garagem. É alimentada por corrente alternada (trifásica ou monofásica) e é considerada uma solução de cariz seguro e eficaz.

Os conectores usados nos cabos de carregamento são essencialmente os usados no modo 3, conector *Yazaki* (Figura 3.8), o conector *Mennekes* (Figura 3.9) e o conector *Scame* (Figura 3.10), este menos usual em relação aos outros. A ficha/tomada *Yazaki* é utilizada sobretudo no EUA e no Japão, está presente em marcas de automóveis, como por exemplo a Nissan, Mitsubishi e

Citroen. Este conector possui cinco pinos, fase, neutro, terra, piloto de proximidade e piloto de controlo. O conector *Mennekes* foi o escolhido pelos fabricantes europeus, está ser utilizado em marcas como a Renault e a Smart, possui sete pinos, são eles: piloto de controlo, piloto de proximidade, terra, neutro e as três fases. Esta ficha pode estar presente também num PCR, já que pode fornecer ao veículo elétrico uma corrente de 63 A por fase. O conector *Scame* está presente em França e nalguns carros vendidos nesse país, tem os mesmos pinos que a ficha *Mennekes* [49].

### 3.2.2 Posto de carregamento *Type-2AC*

O nome deste posto de carregamento advém do conector com que lida, o conector “*Type 2*” (tipo 2, Figura 3.9), este conector já foi referido anteriormente como sendo a ficha *Mennekes*. O posto de carregamento *Type-2AC* é um posto que transfere corrente alternada, daí a terminação da sua designação ser AC, mas apesar disso é considerado um posto de carregamento rápido, já que consegue carregar um veículo elétrico em 20 a 30 minutos (80% da capacidade da bateria). Este posto de carregamento é de modo 3, o sistema é trifásico, com uma potência máxima de 43 KW, com uma corrente de 63 A por fase e com uma tensão de 230 V por fase.

### 3.2.3 Posto de carregamento *CHAdeMO*

A denominação deste conector surge através do próprio nome da fundação que lhe deu origem, a Associação *CHAdeMO*, que foi criada pela empresa *The Tokyo Electric Power Company*, Mitsubishi, Nissan, *Fuji Heavy Industries* e a Toyota, esta última uniu-se posteriormente. Estas marcas de automóveis e empresas do ramo elétrico, asiáticas, pretendiam um carregamento mais rápido e padronizado a nível global, nasceu assim o conector *CHAdeMO*.

Os postos de carregamento deste tipo de ligação são em corrente contínua, podem fornecer até 62,5 KW com uma tensão de 500 V e de 125 A. O conector inclui dois pinos para alimentação em CC, além de outros dois para transportar comunicações CAN-BUS, como se verifica na Figura 3.13. Como o conector *CHAdeMO* é somente para carregamentos em corrente contínua, os veículos elétricos que têm este tipo de conector costumam ter também disponível outro tipo de conexão disponível, para assim poderem carregar em CA [59].

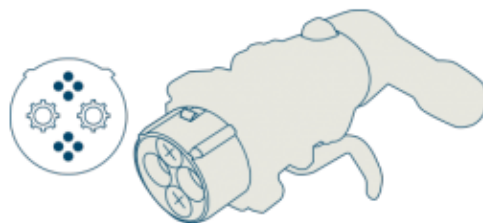


Figura 3.13 - Conector *CHAdeMO* [60].

### 3.2.4 Posto de carregamento CCS

O conector *CCS* (*Combined Charging System*) é hoje em dia muito utilizado nos postos de carregamento para veículos elétricos, devido a sua abrangência na forma de carregar. Os veículos que têm encaixe *CCS*, é-lhes permitido serem carregados através de corrente alternada ou corrente contínua, consoante o desejo do utilizador ou tendo em conta o local onde se encontra, sendo assim mais vantajoso que o conector *CHAdeMO*, que só permite carregamentos em CC.

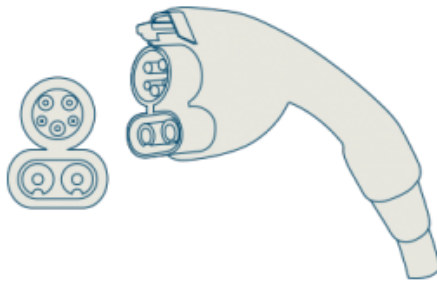


Figura 3.14 - Conector CCS tipo 1 [60].

Este sistema foi concebido através de marcas de automóveis europeias e norte-americanas, o que levou ao surgimento de dois tipos de conectores, de maneira agradar a todos, já que os norte-americanos aplicam nos seus veículos elétricos encaixes para conectores de norma SAE J1772 (Conector *Yazaki*, Figura 3.8) e os europeus, encaixes de norma IEC 62196 (ficha *Mennekes*, Figura 3.9). Então o conector *CCS* tipo 1 é a “junção” da ficha *Yazaki* com dois pinos de corrente contínua, podendo assim o veículo ser carregado em CC ou CA. Enquanto o conector *CCS* tipo 2 é a junção da ficha *Mennekes* também com dois pinos de corrente contínua.

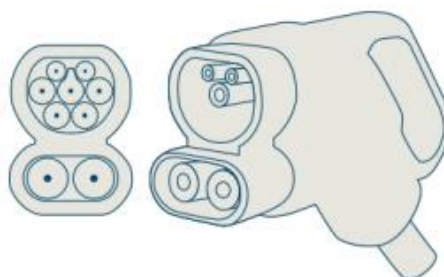


Figura 3.15 - Conector CCS tipo 2 [60].

### 3.2.5 Posto de carregamento *SuperCharger*

Os postos de carregamento dos automóveis da Tesla têm de ser tomados também em linha de conta, derivado à globalização da marca a nível internacional e a elevada comercialização dos

seus veículos. Existem já cerca 651 estações por esse mundo fora, que equivalem a 6550 postos de carregamento *SuperCharger* [57]. O conector da *Tesla* permite somente carregar automóveis dessa marca, este pode carregar até 120 KW.

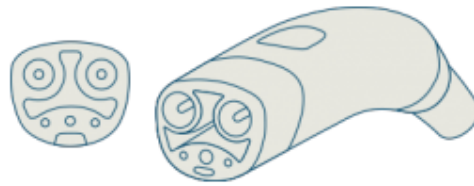


Figura 3.16 - Conector da Tesla [60].

### 3.2.6 Posto de carregamento por indução

Desde os tempos de Nicola Tesla que a transmissão de energia sem fios é uma realidade, e até este momento esse fenômeno tem-se vindo a desenvolver. A base de funcionamento deste sistema é o eletromagnetismo. Graças a evolução deste sistema, as entidades ligadas à mobilidade elétrica vêm com bons olhos a implementação de postos de carregamento por indução. Neste momento já existem alguns postos de carregamento deste tipo a nível mundial, mas na sua maior parte são protótipos.

Esta tecnologia consiste na existência de um recetor, que está implementado no veículo, apesar de ainda não serem comercializados automóveis em série com este sistema, e de um emissor que está no solo, no local onde o veículo fica imobilizado durante algum tempo. Excluindo assim a existência de cabos de carregamento, tornando esta solução mais automatizada em relação às anteriores.



## 4.1 Introdução ao PLC S7-1200

O PLC S7-1200 da Siemens oferece a flexibilidade e recursos necessários para controlar uma grande variedade de dispositivos para as mais distintas necessidades de automatização, muito devido ao seu formato compacto, configuração abrangente, amplo campo de instruções e um preço de mercado relativamente acessível. O *software* de programação TIA Portal STEP 7, inerente aos modelos S7-1200, está baseado no Windows, o que também facilita adesão a este tipo de PLC já que a sua programação é relativamente fácil e dispõe de manual de instruções bastante elucidativo.

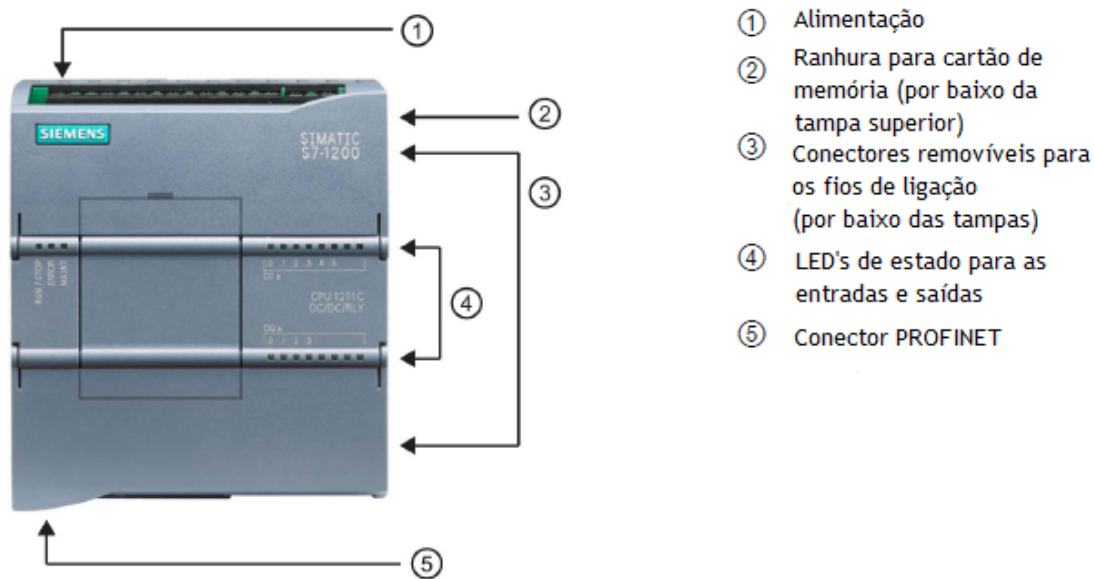


Figura 4.2 - Informação básica do S7-1200 (adaptado de [62]).

Na família dos S7-1200 a CPU incorpora um microprocessador, uma fonte de alimentação integrada, circuitos de entrada e saída, PROFINET integrado, E/S de controlo de movimento de alta velocidade e entradas analógicas, tudo isto numa estrutura compacta. Uma vez feita a programação no TIA Portal, deve-se carregar o programa na CPU, esta contém a lógica necessária para vigiar e controlar os dispositivos do sistema. A CPU supervisiona as entradas e muda o estado das saídas segundo a lógica do programa do utilizador, que pode incluir lógica booleana, instruções de contagem e temporização, funções matemáticas complexas, assim como comunicação com outros elementos inteligentes [62]. A CPU utilizada nesta dissertação foi a CPU 1214C AC/DC/RLY com a versão *firmware* 2.2 (6ES7 214-1BE30-0XB0). De seguida são apresentadas algumas das características presentes nesta CPU.

Tabela 4.1 - Características da CPU 1214C (adaptado de [62]).

Característica		
Dimensões físicas (mm)	110 x 100 x 75	
Memória	Trabalho	100 KB
	Carga	4 MB
	Retentiva	10 KB
E/S incorporadas	Digital	14 Entradas/ 10 Saídas
	Analógica	2 Entradas
Tamanho de processamento de imagem	Entradas	1024 bytes
	Saídas	1024 bytes
Bits de memória (M)	8192 bytes	
Módulos de sinal possíveis (SM)	8	
Placa de sinal incorporada (SB), Placa de bateria (BB) ou Placa de Comunicação (CB) (possíveis)	1	
Módulos de Comunicação possíveis (CM)	3	
Contadores rápidos	Total	6
	100/80 KHz	De Ia.0 a Ia.5
	30/20 KHz	De Ia.6 a Ib.5
Saída de pulso	Total	4
	100 KHz	De Qa.0 a Qa.3
	20 KHz	De Qa.4 a Qb.
Cartão de memória	Cartão de memória SIMATIC (opcional)	
Retenção do relógio interno em tempo real	20 dias / 12 dias no mínimo a 40 °C	
PROFINET	1 porta de comunicação Ethernet	
Velocidade de execução de instruções aritméticas	2,3 µs/instrução	
Velocidade de execução de instruções booleanas	0,08 µs/instrução	

As CPU's S7-1200 disponibilizam ainda algumas funções de segurança, protegem o acesso tanto à CPU como ao programa de controlo através de:

- Proteção com palavra-chave;
- Proteção de "Know-How";
- Proteção anti cópia.
-

## 4.2 CM 1241 RS232 e CSM 1277

O PLC (controlador lógico programável) S7-1200 oferece diversos módulos e elementos de conexão para ampliar as capacidades da CPU com E/S adicionais, bem como outros protocolos de comunicação. Por força da arquitetura do projeto idealizado foi necessário introduzir um módulo de comunicação (CM), uma vez que era indispensável a comunicação entre o PLC e a aplicação “Posto de Carga”, com um módulo Wi-Fi como intermediário.

De maneira a comunicar-se entre o PLC e o módulo WI-FI foi escolhido o CM 1241. Este módulo comunica através do protocolo de comunicação série assíncrono RS232. O acoplamento deste módulo de comunicação é feito do lado direito da CPU 1214C, por meio de um sistema de encaixe, como se pode ver na Figura 4.3. Alimentação do CM1241 é feita diretamente do PLC através do sistema de encaixe.



Figura 4.3 - CM 1241 RS232 [63].

Outro equipamento utilizado da família SIMATIC foi o CSM 1277 SIMATIC NET, este módulo permite a interligação entre vários elementos por ligação Ethernet, dispondo até quatro ligações em simultâneo, isto é quatro portas RJ45. A sua alimentação é conseguida “indiretamente” através do PLC, já que não tem o mesmo sistema de encaixe do CM 1241.

Como a CPU 1214C permite apenas uma porta de comunicação PROFINET, durante a programação no TIA Portal foi imprescindível a utilização deste módulo de modo a interligar a HMI, PLC e o computador utilizado.



Figura 4.4 - CSM 1277 SIMATIC NET [63].

### 4.3 HMI KTP1000 PN Basic

Hoje em dia o acompanhamento do funcionamento da maioria das máquinas pode ser feito sob forma de visualização detalhada. AS consolas de Interface Homem Máquina (HMI) da SIMATIC são exemplo disso.

Para uma melhor visualização e monitorização do sistema de carregamento foi utilizada uma consola HMI, mais especificamente a KTP1000 PN Basic da Siemens. Esta consola apresenta um ecrã LCD de 10", 640 x 480 pixéis de resolução, 256 cores e ainda a possibilidade de controlo do contraste. Além disso, possui um tipo de entrada táctil e 8 teclas físicas de funcionamento. Permite o armazenamento de um programa com o máximo de 1024 KBytes, possuindo uma porta RJ45, como já tinha sido descrito anteriormente. Relativamente à sua alimentação, deve ser utilizada uma fonte DC de 24 V [64].

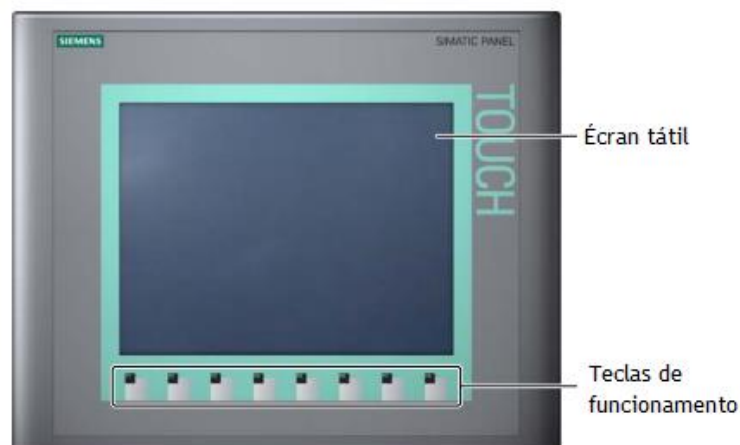


Figura 4.5 - Informação básica da HMI KTP1000 PN Basic (adaptado de [64]).

## 4.4 Controlador de carregamento CM-230

O controlador de carregamento CM-230 faz parte da linha de produção SIPLUS ECC2000. O CM-230 está destinado a ser usado em estações de carregamento para veículos elétricos, este controlador está disponível em três versões:

- *CM-230 Standard;*
- *CM-230-C Compact;*
- *CM-230 Managed.*

A primeira versão é a utilizada no posto de carregamento referido nesta dissertação. Esta versão possui terminais de conexão para interface RS232, saídas digitais, contatos de relé, entrada de tensão operacional, interface com o veículo, entradas digitais e uma porta Ethernet, possui ainda um LED que indica qual o estado do controlador. Destaque ainda para a possibilidade de ajustar a intensidade de corrente de carregamento, que pode variar entre os 6 e os 80 A [61]. A Figura 4.6 ilustra os terminais disponíveis no controlador CM-230, posteriormente são descritos na Tabela 4.2.

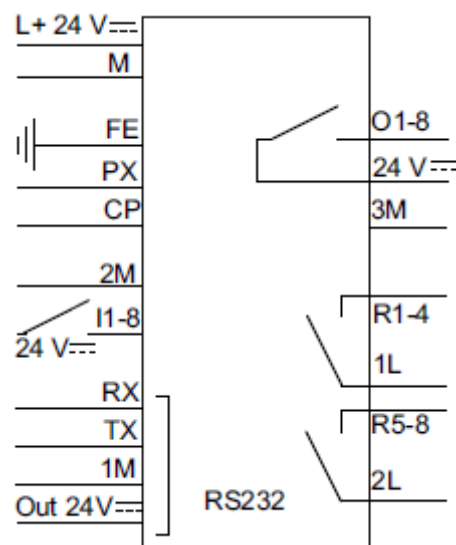


Figura 4.6 - Esquema de entradas e saídas do CM-230 [61].

Alimentação deste controlador de carregamento é feita através do controlador lógico programável (CPU 1214C), hierarquicamente superior, dado que alimentação necessária para o CM-230 é 24 V DC.

Tabela 4.2 - Descrição dos terminais do CM-230 (adaptado de [64]).

Terminal		Descrição
L+		Alimentação 24V
M		Ground
FE		Terra
PX		Piloto de proximidade
CP		Piloto de controlo
Entradas Digitais	I1 (EN)	Ativação do controlador
	I2 (HL)	Status encravamento do conector de carregamento do veículo
	I3 (LS)	Status disjuntores
	I4 (FI)	Status diferencial
	I5 (EO)	Emergência
	I6	Sem uso
	I7	Sem uso
	I8	Sem uso
	2M	Ground para as entradas digitais
Saídas Digitais	O1 (RC)	Ativa quando o CM-230 se encontra ligado
	O2 (E)	Ativa quando apresenta um erro
	O3 (CS)	Ativa quando deteta a inserção do conector de carregamento
	O4 (V)	Ativa quando deteta a presença de um veículo
	O5 (VC)	Ativa quando o veiculo se encontra em carga
	O6	Sem uso
	O7	Sem uso
	O8	Sem uso
	3m	Ground para as saídas digitais
Saídas a relé Grupo 1	1L	Alimentação 24V
	R1 (P)	Ativa o contator de potência
	R2 (V)	Ativa o sistema de ventilação do posto de carregamento
	R3 (H)	Ativa o encravamento do conector de carregamento
	R4 (S)	Ativa quando apresenta um erro de carregamento
Saídas a relé Grupo 2	2L	Alimentação 24V
	R5 (HT/P)	Ativa o sistema de aquecimento do posto de carregamento
	R6	Sem uso
	R7	Sem uso
	R8	Sem uso

Os terminais adjacentes aos sistemas de ventilação e aquecimento não foram utilizados.

A comunicação entre o CM-230 e o veículo elétrico, durante o carregamento, é efetuada por modulação da largura de pulso de um sinal (PWM), através do Piloto de Controlo (CP). Através desta permuta bidirecional de informações, o posto de carregamento indica ao veículo a corrente de carregamento máxima, além disso o estado operacional da estação de carregamento também é indicado. O veículo indica os estados de carregamento definidos na norma IEC 61851 para o posto de carregamento, dependendo do valor do sinal: conector conectado, pronto para carregar, a carregar e a carregar com ventilação. Este último não se aplica ao projeto desta dissertação, já que não foi implementado nenhum sistema de ventilação.

O CM-230 deteta a capacidade máxima de corrente no cabo de carregamento conectado por meio do Piloto de Proximidade (PX). O carregamento só prossegue se a intensidade máxima admissível de corrente no cabo de carregamento for superior ou igual à corrente de carregamento máxima codificada no sinal piloto [59].

Este controlador controla um posto de carregamento de forma autónoma, conforme a norma IEC 61851. O CM-230 também possui uma conexão *Ethernet* para fins de parametrização/diagnóstico (interface *Ethernet*) ou conexão de um controlador de nível superior. As entradas/saídas livres podem ser operadas por um controlador de nível superior. O valor *status* das entradas digitais pode ser influenciado pela configuração dos seguintes parâmetros [61]:

- Aquecimento do controlador;
- Monitorização da temperatura;
- Monitorização da humidade;
- Monitorização do disjuntor;
- Monitorização do RCCB;
- Desbloqueio da emergência;
- Parâmetros do sistema elétrico.

Por motivos de segurança foram uniformizados critérios globais para a implementação de postos de carregamento, surge então a norma IEC 61851, já referida atrás. Na Tabela 4.3 são apresentados os diferentes estados que foram indicados nesta norma, para o carregamento de veículos elétricos.

**Tabela 4.3 - Estados de carregamento de acordo com IEC 61851 [61].**

Estado	Descrição
A	O veículo não está conectado
B	O veículo está conectado/Não está pronto para carregar
C	O veículo está conectado / Está pronto para carregar / Não é necessária ventilação na área de carregamento
D	O veículo está conectado / Está pronto para carregar / É necessária ventilação na área de carregamento
E	Curto-circuito / Fonte de energia desligada do veículo elétrico / A eletricidade não está disponível / Outro problema de suprimento de tensão
F	A fonte de alimentação não está disponível / Outro problema de fonte de alimentação

Um carregamento de um veículo elétrico nunca é igual a outro, isto é, o processo de carregamento altera-se consoante vários fatores, as diferentes características da bateria de um VE para outro VE, as condições climáticas variam, os utilizadores carregam o veículo de acordo com as suas necessidades e disponibilidade, muitas vezes sem atingir a carga máxima, pode ocorrer um erro durante o carregamento, etc. Contudo, para entender, de forma geral, o comportamento do CM-230 é aqui descrito, passo-a-passo, um carregamento típico em cinco etapas:

- 1) Inicialização / Monitorização da temperatura e humidade: Após a alimentação ter sido efetuada, o controlador CM-230 inicia e realiza os testes de funcionamento. Se o controlador de temperatura estiver ativado, primeiro é feita uma verificação da temperatura e humidade configuradas, para ver se está dentro dos valores programados. Se não estiver, o aquecimento (terminal HT) é ligado. Até que a temperatura e humidade mínima tenham sido alcançadas, nessa situação é ativado o controlador;
- 2) Ativação: O controlador de carregamento é habilitado quando o nível alto é detetado na entrada (terminal EN). O controlador também pode ser habilitado por um controlador de nível superior se apropriadamente parametrizado. Enquanto o CM-230 não tiver sido habilitado ou se um estado de erro for detetado, o estado F (Tabela 4.3) é emitido através do sinal piloto;
- 3) Ligação do cabo de carregamento: O controlador espera até que um cabo de carregamento seja conectado (estado A);
- 4) Encravamento: Se um cabo de carregamento válido tiver sido conectado e um veículo tiver no estado B, o controlador ativa a saída R3 (H). O controlador deteta se o encravamento foi ativado por meio de um sinal alto na entrada HL. Se nenhum mecanismo de bloqueio for imposto, a HL deve estar permanentemente conectada a 24

V. Se durante o processo de carregamento, o controlador detetar que o encravamento já não está ativo, o processo de carregamento é cancelado;

- 5) Ativação do Contator (P): Após o bloqueio do cabo de carregamento, a saída R1 (P) é de nível alto se o veículo indicar o estado C. Se o estado D for ativado, a saída do ventilador (V) também passará a nível alto. O processo de carregamento é iniciado e a corrente máxima que pode ser fornecida é especificada através do sinal piloto. Pode ser entre 6 e 80 A.

Quando ocorre um erro no carregamento, a saída R1 (P), o encravamento do cabo (H) e o ventilador (V) são desativados, enquanto a saída (S) é ativada. O contato de *status* dos disjuntores pode ser conectado à entrada (LS). Se em algum momento a tensão for de 24 V nesta entrada, indica um erro na proteção da linha e o processo de carregamento é interrompido. Também um contato de *status* do RCD pode ser conectado à entrada (FI). Se esta entrada se encontrar a 24 V é porque existe um erro do RCD e o processo de carregamento é interrompido. É possível também implementar um contato de emergência, que pode ser conectado à entrada (EO). Se a tensão for de 24 V nesta entrada, encerra o processo de carregamento e desbloqueia o cabo de carregamento.

Depois de interpretado o funcionamento do controlador de carregamento CM-230, efetuaram-se as ligações entre a CPU 1214C e este controlador. Como podemos verificar de seguida.

**Tabela 4.4 - Ligações entre os terminais do CM-230 e CPU 1214C.**

Terminal CM-230	Endereço e denominação da tag
I1 (EN)	%Q0.0 - I1_EN_Ativarmodulo
I2 (HL)	%Q0.1 - I2_HL_encravamento
I5 (EO)	%I1.0 - Emergencia
O1 (RC)	%I0.3 - O1_RC_CM230ligado
O2 (E)	%I0.4 - O2_erro
O3 (CS)	%I0.5 - O3_Inserção_ficha
O4 (V)	%I0.6 - O4_detetaveículo
O5 (VC)	%I0.7 - O5_veículo_carregar
R1 (P)	%I0.0 - R1_contactor_potencia
R3 (H)	%I0.1 - R3_encravamento
R4 (S)	%I0.2 - R4_S_erro

Para melhor perceção do funcionamento do CM-230 no posto de carregamento proposto, elaborou-se um fluxograma que descreve sucintamente o princípio de funcionamento do

controlador de carregamento. Na Figura 4.8 é possível ver as ligações entre os controladores CM-230 e S7-1200.

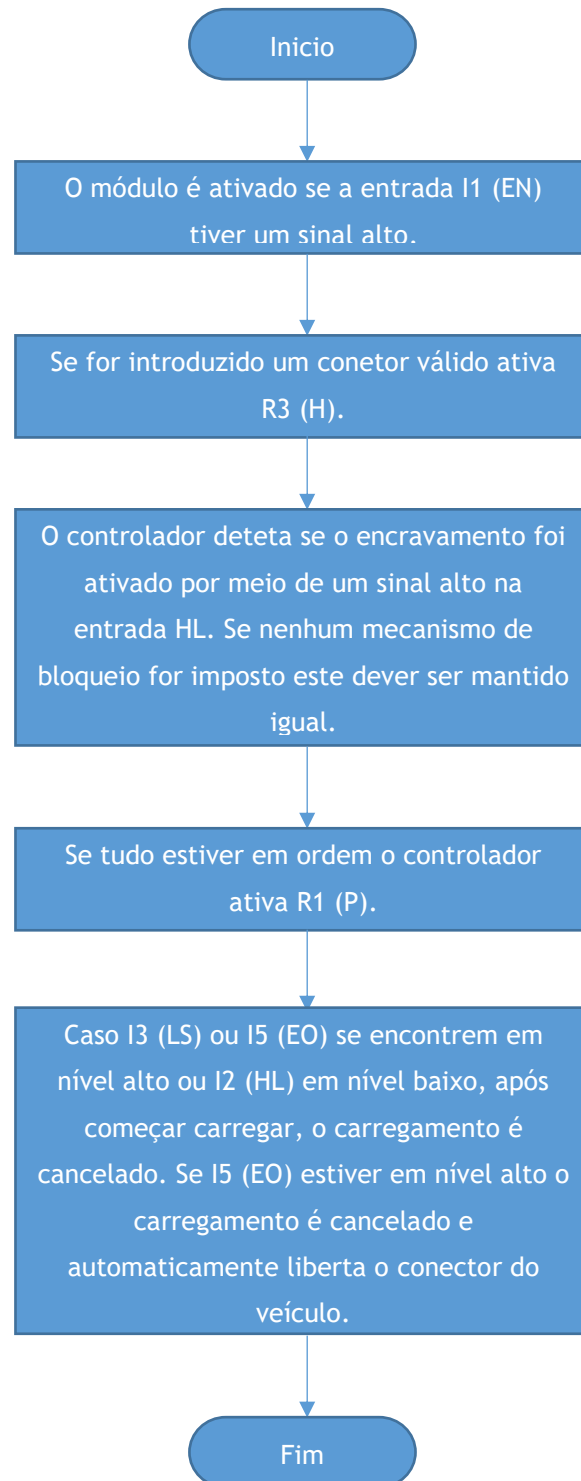


Figura 4.7 - Fluxograma do funcionamento do controlador CM-230.

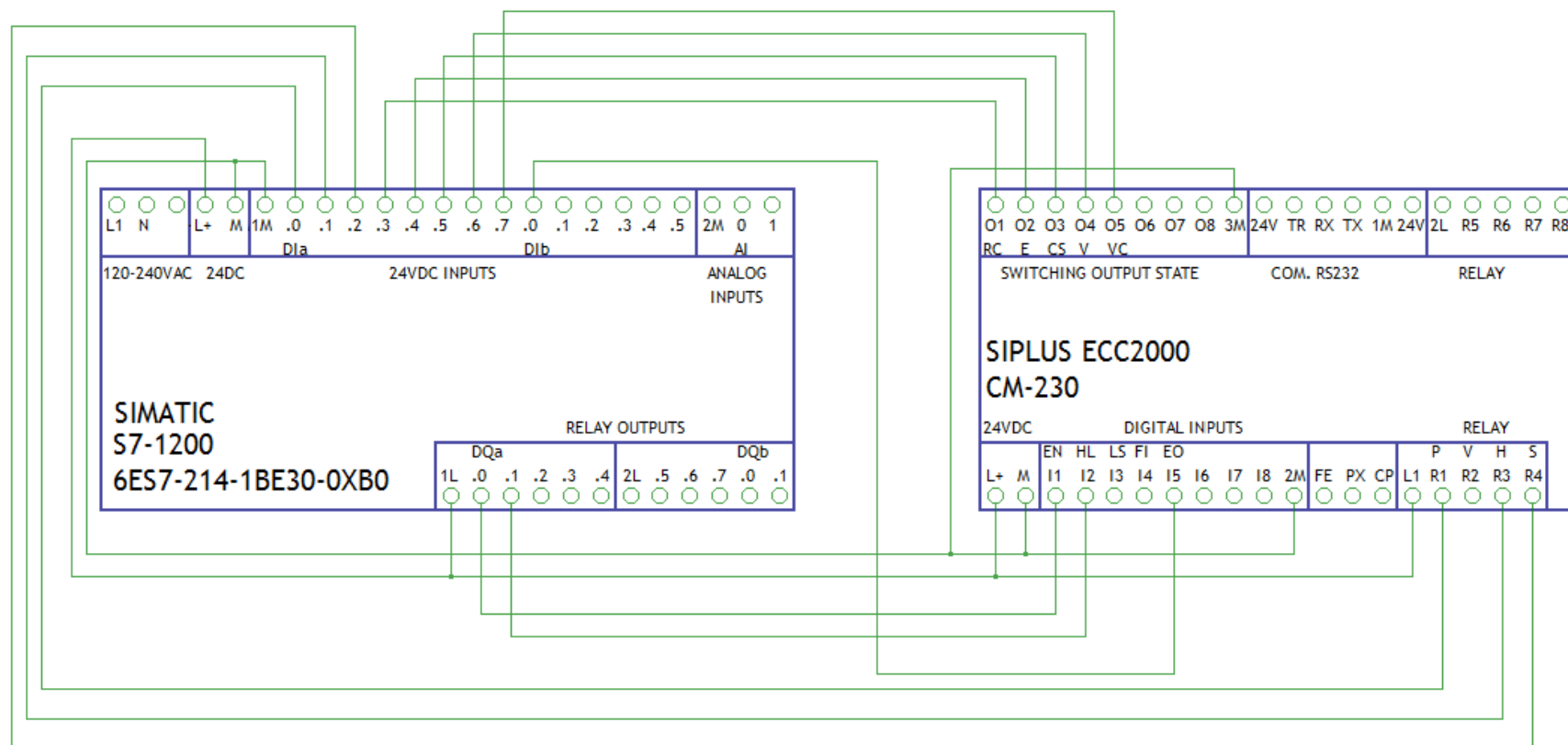


Figura 4.8 - Ligações entre o CM-230 e o PLC S7-1200.

## 4.5 Interface de comunicação

A comunicação entre a unidade de carregamento e a aplicação desenvolvida é realizada através de um módulo Wi-Fi. O módulo Wi-Fi escolhido foi um ESP8266 ESP-07 possuindo 9 portas de entrada/saída (GPIO) com funções de PWM, I<sup>2</sup>C, SPI. A comunicação do Módulo *Wireless* ESP-07 é realizada através do protocolo de comunicação série RS232 (pinos RX e TX). Este módulo tem ainda as seguintes especificações [65]:

- *Wireless* padrão 802.11 b/g/n;
- Antena cerâmica e conector U-FL;
- Modos de operação: STA/AP/STA+AP;
- Segurança WEP, TKIP, AES, WPA, WPA2;
- Protocolo TCP/IP integrado;
- Tensão de operação: 3,3V;
- Conversor analógico digital;
- Dimensões: 21,2 x 16 x 3,2 mm.

De forma a compatibilizar os níveis de tensão entre o PLC e o módulo ESP 8266 ESP-07 foi implementado o circuito da Figura 4.9, que se baseia no circuito integrado max232CPE. O MAX232 é um transmissor/recetor duplo que compatibiliza os sinais de uma porta série para TTL/CMOS, ou vice-versa [66].

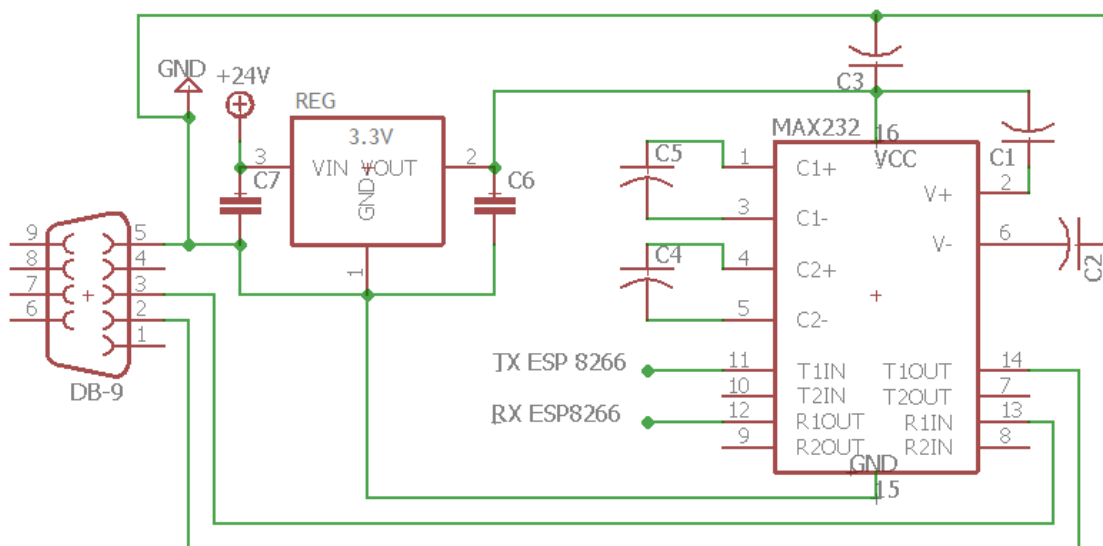


Figura 4.9 - Circuito da placa de comunicação RS232.

Na Figura 4.10 é ilustrada a placa desenvolvida com o módulo ESP8266 inserido (do lado esquerdo) e sem ele (do lado direito).

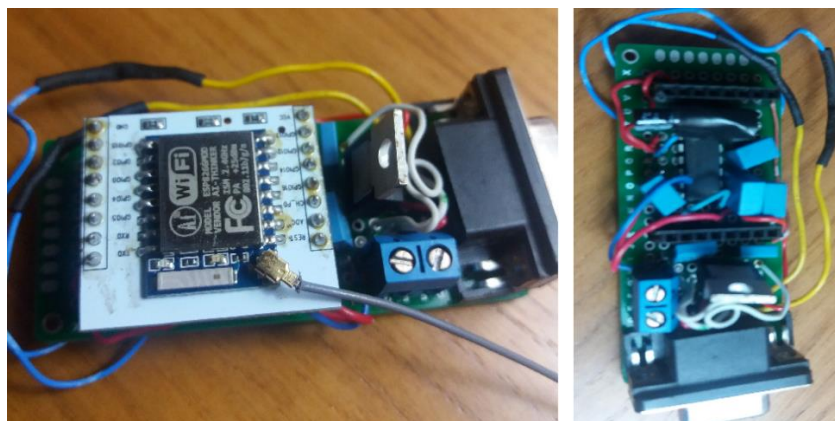


Figura 4.10 - Placa de comunicação RS232 c/sem módulo Wi-Fi inserido.

#### 4.5.1 Programação do ESP8266 ESP-07

A programação do ESP8266 é conseguida após o encaixe da placa de comunicação série RS232 (com o ESP8266 incorporado) na porta série (DB-9 macho) do CM 1241. Depois de introduzida a placa procedeu-se então à sua programação, através do *software* TIA Portal, sendo realizada através de um conjunto de comandos Hayes, também conhecidos como comandos AT.

Para ser possível a comunicação entre o esp8266 ESP-07 e o PLC procedeu-se à configuração da porta série do CM 1241, através do TIA Portal, como se pode verificar pela Figura 4.11. Quando é interrompida a alimentação ao ESP8266, alguns comandos AT são eliminados, logo foi necessário programar o bloco PORT\_CFG dentro de um *startup* (OB). Assim quando ocorrer uma falha de alimentação os comandos AT serão reenviados.

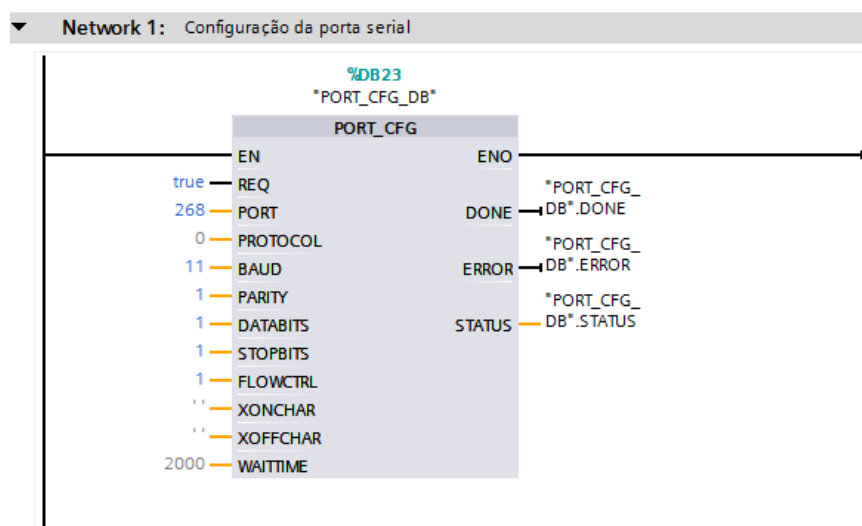


Figura 4.11 - Configuração da porta série do CM1241 RS232, no TIA Portal.

Depois de implementada a configuração da porta série, avançou-se então para a programação, através dos comandos AT. O primeiro comando a ser programado foi:

- AT+CWMODE\_DEF=2.

A utilização deste comando deve-se à necessidade do módulo Wi-Fi, neste projeto, se comportar como um ponto de acesso (AP), e o valor correspondente a esse estado é o valor 2 como se pode verificar pelo comando programado [67].

De seguida foi imposto mais um comando:

- AT+CWSAP\_DEF=<PostoCarga>,"",0,0

Este comando serve para configurar os parâmetros de um ponto de acesso (AP). O primeiro parâmetro a ser configurado é o nome do ponto de acesso, "PostoCarga" corresponde a denominação que foi dada ao AP. O segundo e o quarto parâmetro estão interligados, dizem respeito à *password* e ao método de encriptação, respetivamente. Deseja-se que este AP esteja acessível a todas as pessoas, logo não é usado qualquer tipo de protocolo de segurança. Nesta situação o quarto parâmetro é "0" (OPEN) [67] e conseqüentemente, não há nada entre as películas, no segundo parâmetro, já que este serve para definir a palavra-passe. A identificação do canal (ID) deste ponto de acesso é o terceiro parâmetro, em que "0" foi o valor escolhido.

Estes comandos têm em comum "DEF", porque ambos são comandos definitivos no tempo, mesmo se alimentação do módulo ESP8266 falhar eles perduram. Só fazendo um reset ao módulo, é que estes comandos se suprimem.

Posteriormente são programados os dois comandos AT que finalizam a configuração do ponto de acesso (AP).

- AT+CIPMUX=1;

- AT+CIPSERVER=1,13138.

No primeiro comando define-se a quantidade de conexões permitidas para o AP. Se o valor do parâmetro for "0" o módulo Wi-Fi permite uma única conexão, se o valor for "1", como é o caso, o ponto de acesso permite múltiplas conexões.

No segundo comando é criado o servidor que pretendemos, por isso o valor do primeiro parâmetro é "1" (se fosse "0", o servidor era suprimido) [65]. O segundo parâmetro indica o número da porta para o servidor, neste caso foi escolhido a porta "13138".

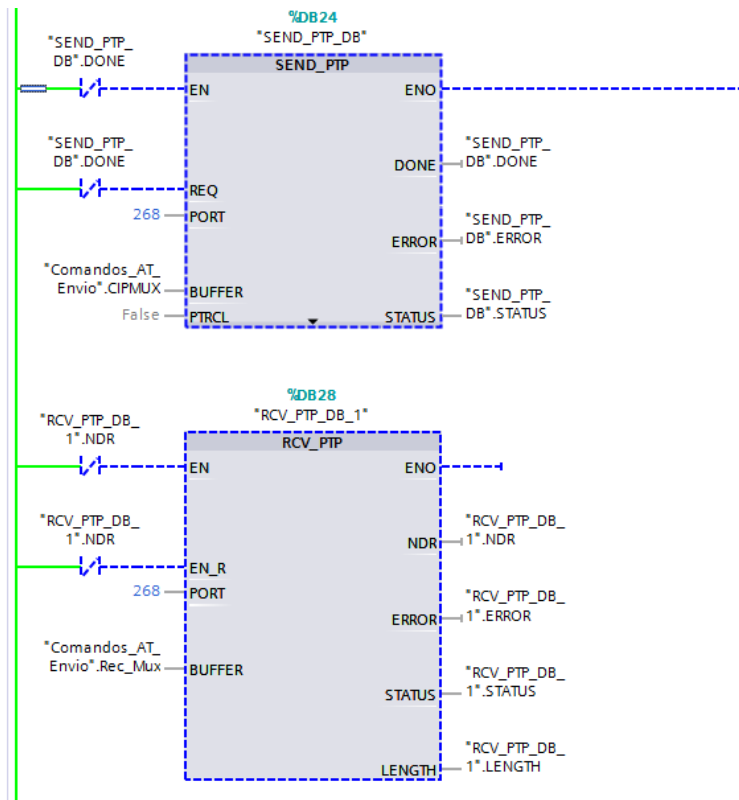


Figura 4.12 - Programação para o envio do comando AT+CIPMUX=1.

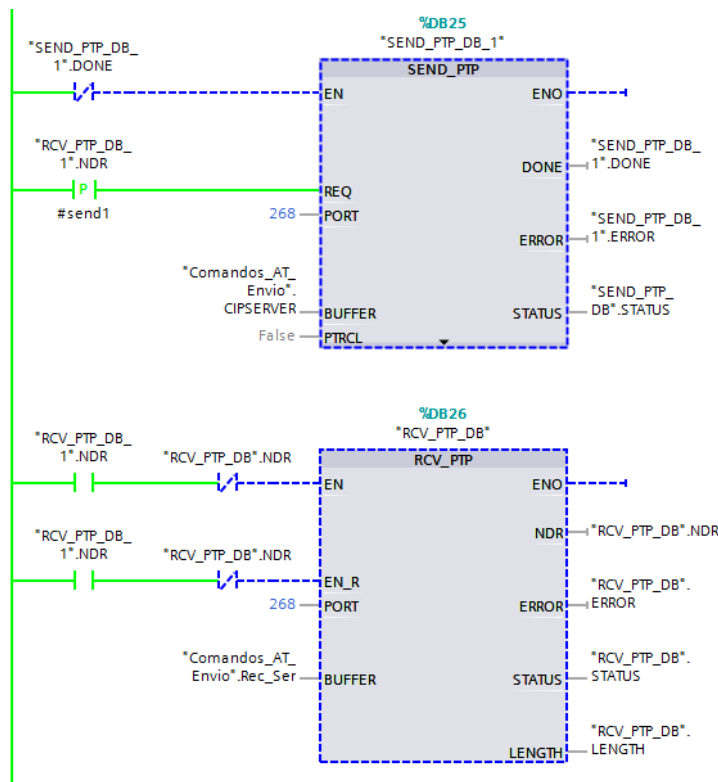


Figura 4.13 - Programação para o envio do comando AT+CIPSERVER=1,13138.

De seguida podemos visualizar três dos quatro *buffers* utilizados, dois deles contêm os comandos AT enviados (Figura 4.14) e um a receção do segundo comando AT enviado (Figura 4.15), todos eles estão no mesmo bloco de dados (Comandos\_AT\_Envio).

	Name	Data type	Start value	Monitor value
1	Static			
2	CIPMUX	Array[0..12] ...		
3	CIPMUX[0]	Char	'A'	'A'
4	CIPMUX[1]	Char	'T'	'T'
5	CIPMUX[2]	Char	'+'	'+'
6	CIPMUX[3]	Char	'C'	'C'
7	CIPMUX[4]	Char	'I'	'I'
8	CIPMUX[5]	Char	'P'	'P'
9	CIPMUX[6]	Char	'M'	'M'
10	CIPMUX[7]	Char	'U'	'U'
11	CIPMUX[8]	Char	'X'	'X'
12	CIPMUX[9]	Char	'='	'='
13	CIPMUX[10]	Char	'I'	'I'
14	CIPMUX[11]	Char	'\$R'	'\$R'
15	CIPMUX[12]	Char	'\$L'	'\$L'
16	CIPSERVER	Array[0..21] of Char		
17	CIPSERVER[0]	Char	'A'	'A'
18	CIPSERVER[1]	Char	'T'	'T'
19	CIPSERVER[2]	Char	'+'	'+'
20	CIPSERVER[3]	Char	'C'	'C'
21	CIPSERVER[4]	Char	'I'	'I'
22	CIPSERVER[5]	Char	'P'	'P'
23	CIPSERVER[6]	Char	'S'	'S'
24	CIPSERVER[7]	Char	'E'	'E'
25	CIPSERVER[8]	Char	'R'	'R'
26	CIPSERVER[9]	Char	'V'	'V'
27	CIPSERVER[10]	Char	'E'	'E'
28	CIPSERVER[11]	Char	'R'	'R'
29	CIPSERVER[12]	Char	'='	'='
30	CIPSERVER[13]	Char	'I'	'I'
31	CIPSERVER[14]	Char	','	','
32	CIPSERVER[15]	Char	'1'	'1'
33	CIPSERVER[16]	Char	'3'	'3'
34	CIPSERVER[17]	Char	'1'	'1'
35	CIPSERVER[18]	Char	'3'	'3'
36	CIPSERVER[19]	Char	'8'	'8'
37	CIPSERVER[20]	Char	'\$R'	'\$R'
38	CIPSERVER[21]	Char	'\$L'	'\$L'

Figura 4.14 - *Buffers* dos comandos AT enviados.

Comandos_AT_Envio				
	Name	Data type	Start value	Monitor value
39	Rec_Ser	Array[0..27] ...		
40	Rec_Ser[0]	Char	''	'A'
41	Rec_Ser[1]	Char	''	'T'
42	Rec_Ser[2]	Char	''	'+'
43	Rec_Ser[3]	Char	''	'C'
44	Rec_Ser[4]	Char	''	'I'
45	Rec_Ser[5]	Char	''	'P'
46	Rec_Ser[6]	Char	''	'S'
47	Rec_Ser[7]	Char	''	'E'
48	Rec_Ser[8]	Char	''	'R'
49	Rec_Ser[9]	Char	''	'V'
50	Rec_Ser[10]	Char	''	'E'
51	Rec_Ser[11]	Char	''	'R'
52	Rec_Ser[12]	Char	''	'='
53	Rec_Ser[13]	Char	''	'1'
54	Rec_Ser[14]	Char	''	','
55	Rec_Ser[15]	Char	''	'1'
56	Rec_Ser[16]	Char	''	'3'
57	Rec_Ser[17]	Char	''	'1'
58	Rec_Ser[18]	Char	''	'3'
59	Rec_Ser[19]	Char	''	'8'
60	Rec_Ser[20]	Char	''	'\$R'
61	Rec_Ser[21]	Char	''	'\$L'
62	Rec_Ser[22]	Char	''	'\$R'
63	Rec_Ser[23]	Char	''	'\$L'
64	Rec_Ser[24]	Char	''	'O'
65	Rec_Ser[25]	Char	''	'K'
66	Rec_Ser[26]	Char	''	'\$R'
67	Rec_Ser[27]	Char	''	'\$L'

Figura 4.15 - Buffer de recepção do comando AT+CIPSERVER=1,13138.

Pode-se verificar através dos elementos do array Rec\_Ser (Rec\_Ser[24] e Rec\_Ser[25]) que o segundo comando AT foi recebido com sucesso, já que estes apresentam de forma contínua os caracteres “OK”.

Posteriormente, para poder ser feita a comunicação do PLC para o ESP8266, é necessário outro comando AT.

- AT+CIPSEND=0,4.

Neste comando AT, “0” é a identificação do elemento para a qual vamos comunicar. Enquanto o segundo parâmetro, indica o número de bytes que vão numa mensagem, neste caso seriam enviados 4 bytes.

A partir do momento que foi realizada a programação do módulo *wireless* (ESP8266 ESP-07) é possível aceder ao ponto de acesso “PostoCarga”, que se encontra entre as outras redes Wi-Fi, como se pode conferir na Figura 4.17.



Figura 4.16 - Ponto de acesso “PostoCarga”.

Na Figura 4.18 podemos verificar que a placa de comunicação RS232 está introduzida na porta série do CM1241.

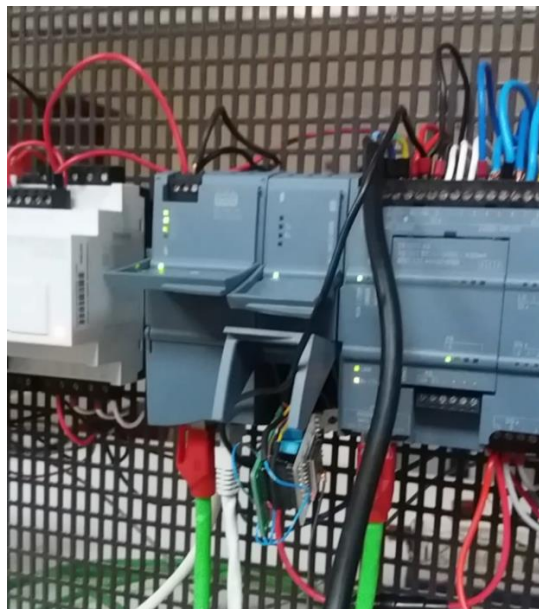


Figura 4.17 - Ligações entre o CM-230, PLC, módulos e placa de comunicação RS232.



## Capítulo 5

### 5. Posto de carregamento: Princípio de Funcionamento

Neste capítulo é detalhada a descrição da interface entre o posto de carregamento e o utilizador/cliente, esta interface pode ser realizada através da consola tátil (HMI) ou da aplicação desenvolvida para sistemas operativos *Android*. Esta aplicação foi programada através do *software* Basic4Android. A consola tátil vai servir praticamente só para a visualização do processo de carregamento, somente por uma vez é possível a interação cliente/posto de carregamento através da consola. Na aplicação, essa interação é constante.

A estrutura do programa implementado no PLC é composta por dez estados, que correspondem a dez sub-rotinas. A Tabela 5.1 descreve resumidamente a função de cada estado. Na Figura 5.1 é apresentado um fluxograma que explana o surgimento dos vários diálogos/telas na HMI e na aplicação desenvolvida para sistemas operativos *Android*.

**Tabela 5.1 - Funções dos estados.**

Estado	Função
0	Estado inativo.
1	Introdução de dados pessoais (número telemóvel e matrícula do veículo) e verificação. Neste estado é gerado o código de ativação que vai ser utilizado no estado 3.
2	Constata se o número de telemóvel introduzido não pertence a nenhum cliente com pagamentos em falta.
3	Introdução e validação do código de ativação.
4	Inserção do cabo de carregamento.
5	Solicita o início do carregamento ao cliente.
6	Processo de carregamento do veículo elétrico.
7	Cálculo do valor de carregamento. Gera a referência de multibanco.
8	Apresenta o valor a pagar, a referência, a entidade e o tempo de carregamento durante 30 segundos.
9	Limpa os registos



**Figura 5.1 - Fluxograma de estados/diálogos.**

Depois de instalada aplicação “Posto de carga” num dispositivo com sistema operativo *Android* é então possível aceder a um posto de carregamento de veículos elétricos, que tenha uma unidade de carregamento semelhante à estrutura ilustrada na Figura 4.1. Para iniciar a aplicação basta clicar no ícone que tem o símbolo da Universidade da Beira Interior, como se pode aferir na Figura 5.2.

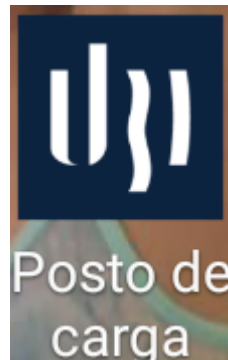


Figura 5.2 - Ícone da aplicação “Posto de Carga”.

## 5.1 Estado 0

Neste estado o posto de carregamento encontra-se inativo, nenhum utilizador está a usufruir do posto de carregamento, logo é possível carregar a nossa viatura. Devemos aceder à aplicação “Posto de Carga” por via de um dispositivo com sistema operativo *Android*, de maneira a interagirmos com o posto de carregamento. O diálogo 1 da consola tátil ilustra essa situação.



Figura 5.3 - Diálogo 1 da HMI.

Nas Figuras 5.3 e 5.4 é visível a existência de dois logotipos, estes são alusivos à instituição onde estudo e ao departamento responsável pelo meu curso de mestrado, Departamento de Eletromecânica.

Podemos ver na Figura 5.4, a primeira tela que é apresentada depois da entrada na aplicação. Este diálogo serve só para inicializar a aplicação. Ao carregarmos em “Iniciar” a aplicação avança para a tela seguinte (diálogo 2 *Android*).



**Figura 5.4 - Diálogo 1 no dispositivo *Android*.**

Depois de inicializado o diálogo 2, é de imediato tentado o acoplamento do equipamento *Android* ao posto de carregamento, por via *Wi-Fi*. A aplicação procura instantaneamente o IP do posto de carregamento (192.168.4.1), caso seja encontrado liga-se ao servidor (ESP8266) através da porta “13138”, podendo depois ser possível progredir para o diálogo 3 (*Android*). Essa tentativa de ligação só é possível durante 30 segundos, findo este tempo a aplicação deixa de “procurar” o IP e retorna ao diálogo 1, indicando que não foi encontrado nenhum posto de carregamento.

Enquanto esse acoplamento não surgir a tela que aparece no ecrã do dispositivo é igual à da Figura 5.5. Se essa ligação for efetuada atempadamente aparece a tela da Figura 5.6. Pode-se constatar nessa Figura a existência de um botão, agora habilitado e com texto diferente (em relação à tela da Figura 5.5). Também a imagem ao centro se altera, como podemos comprovar nas Figuras 5.5 e 5.6, enquanto na primeira existe um grafismo progressivo, na segunda figura a imagem é estática com a informação “Ligação efetuada”.

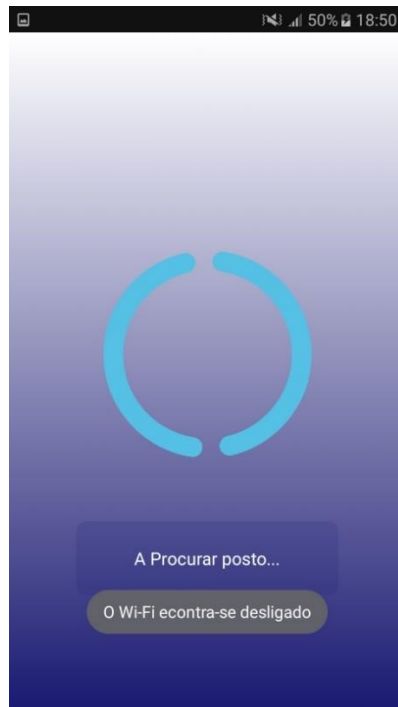


Figura 5.5 - Diálogo 2 no dispositivo *Android*.



Figura 5.6 - Diálogo 2 no dispositivo *Android*, ligação ao posto de carregamento efetuada.

Depois da aplicação estar conectada ao posto de carregamento, basta um *click* no botão “Prosseguir” para poder avançar para o diálogo seguinte. Esse diálogo pode ser o diálogo 3,7,8

ou 9 (*Android*), dependendo do estado de carregamento em que se encontra o PLC. Quando o botão “Prosseguir” é acionado, a aplicação “pergunta” ao PLC em que estado se encontra, para saber para que diálogo se deve dirigir. Com essa “pergunta” é possível precaver as situações em que o utilizador fecha por algum motivo a aplicação (ou a ligação *wireless* falha), depois de ter dado início ao carregamento do veículo. Assim encontra-se sempre sincronizado com o posto de carregamento. Este “questionamento” é relativamente rápido, quase nem se dá por ele no processamento da aplicação.

A partir do diálogo 2, caso o *Wi-Fi* do dispositivo for desligado, é apresentada uma “*toast message*” que diz “O *Wi-Fi* encontra-se desligado”. Aquando da conexão com o posto de carregamento também é apresentada o mesmo tipo de mensagem, mas desta vez a informar “Ligação ao posto foi efetuada” (Figura 5.6).

Derivado a existir a tecla retroceder (*Key back*) nos dispositivos com sistema operativo *Android*, decidi conjugar essa tecla com um aviso para o utilizador. Isto é, ao carregar-se na tecla retroceder subitamente aparece um painel, denominado “Aviso”, a questionar o cliente se deseja mesmo retroceder, visto que “Terá de reiniciar todo o processo”. No caso de a resposta ser “Não” a aplicação volta à tela em que se encontrava, se a resposta for “Sim” a aplicação retorna ao diálogo da Figura 5.4 e cessa a ligação com o posto de carregamento, se esta já tiver sido feita. Este aviso encontra-se até ao estado 5 (inclusive), depois disso não se pode retroceder no processo de carregamento do veículo elétrico.

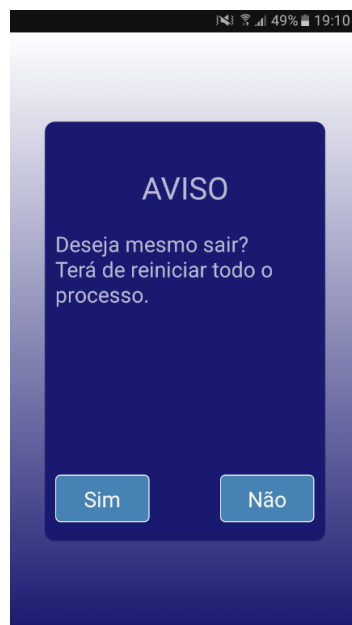


Figura 5.7 - Aviso no dispositivo *Android*.

## 5.2 Estado 1

No estado 1 é processada e verificada as informações pessoais do utilizador, número de telemóvel e matrícula. Neste estado a consola tátil desempenha apenas a função de visualização, não é permitido inserir dados através dela. Como se pode aferir pela Figura 5.8. O diálogo 2 da HMI vai ser visível até ao estado 4.



Figura 5.8 - Diálogo 2 da HMI.

Na aplicação “Posto de carga” a primeira informação requerida ao cliente é a matrícula do seu veículo. O utilizador tem disponíveis três campos de edição de texto, o do meio para as letras da matrícula, os outros dois para números. Já que as matrículas dos veículos elétricos em Portugal são todas do tipo NN-LL-NN (N corresponde a número, L a letra). Só depois do terceiro espaço de texto estar preenchido, é possível introduzir o número de telemóvel.

Estes campos de edição de texto estão limitados a um certo número de caracteres. Em outras palavras, só é possível introduzir no máximo 9 caracteres no campo do número de telemóvel e 2 caracteres em cada espaço da matrícula. Estes campos de texto ao serem clicados automaticamente abrem um teclado virtual. Esse teclado pode ser só numérico, se o espaço de edição só necessitar de números, ou pode ser um teclado mais complexo quando é preciso introduzir letras. Na Figura 5.9 podemos visualizar um teclado numérico, já que o cursor de edição se encontra no campo do número de telemóvel.

A introdução dos dados pessoais só é permitida durante 45 segundos, finalizada essa temporização o posto de carregamento volta ao estado 0.



Figura 5.9 - Diálogo 3 no dispositivo *Android*, com teclado virtual.

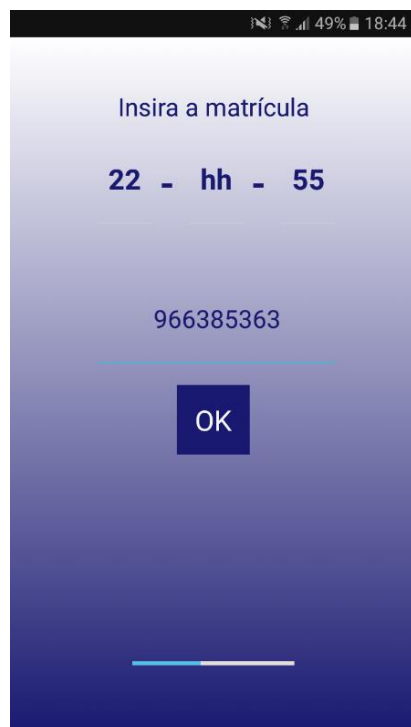


Figura 5.10 - Diálogo 3 no dispositivo *Android*.

Pela Figura 5.10 é perceptível a presença de um botão e na Figura 5.9 não, isto deve-se ao facto de o botão só ser visível quando o campo de texto do telemóvel estiver editado.

É possível conferir que existe uma barra de progresso na parte inferior do diálogo 3 (*Android*). A progressão da barra é feita em conjunto com a temporização (0 a 45 segundos), referida anteriormente. Enquanto a barra progride, a tela do diálogo 3 está sempre “acordada”, isto é, não entra em “*sleep mode*”, a tela continua sempre ativa. Finda a progressão da barra (45 segundos), a aplicação e a HMI voltam aos seus respetivos diálogos iniciais e a ligação *wireless* ao posto de carregamento é terminada. Ficando assim o posto de carregamento disponível para nova utilização. Esta comunhão da barra de progresso e da temporização está presente também nos estados 3,4 e 5, com as mesmas funcionalidades.

Se o utilizador carregar no botão “Ok” antes dos 45 segundos, o procedimento do carregamento avança. São enviados os dados pessoais do cliente para o PLC, via *Wi-Fi*. A partir das informações fornecidas pelo utilizador, irão ser validados (ou não) o número de telemóvel e a matrícula, por parte do programa concebido no PLC. É de salientar que mesmo que o cliente tenha introduzido as letras da matrícula em minúsculas não haverá problema, já que a aplicação está programada para por esses caracteres em maiúsculas.

```
16 #letras_char[0] := "Dados_Estado_1".DadosPessoais[20];
17 #letras_char[1] := "Dados_Estado_1".DadosPessoais[21];
18 #Letra_1 := BYTE_TO_USINT(#letras_char[0]);
19 #Letra_2 := BYTE_TO_USINT(#letras_char[1]);
20 IF #Letra_1 <= 16#5A AND #Letra_1 >= 16#41 AND #Letra_2 <= 16#5A AND #Letra_2 >= 16#41
21 THEN
22     #letras_correctas := 1;
23 ELSE
24     #letras_correctas := 0;
25 END_IF;
```

**Figura 5.11 - Verificação das letras da matrícula no programa do PLC, linguagem SCL.**

Como podemos verificar pela Figura 5.11, os dados pessoais introduzidos pelo cliente foram recebidos num *array Char* (*DadosPessoais*) dentro de um bloco de dados (DB), com o nome *Dados\_Estado\_1*. Os elementos *DadosPessoais[20]* e *DadosPessoais[21]* do *array DadosPessoais* dizem respeito à primeira letra da matrícula e à segunda, respetivamente. Esses elementos passaram de *byte* para *USInt* de modo a poder verificar-se os caracteres introduzidos pelo utilizador eram mesmo letras. A verificação ocorre tendo em conta a Tabela de ASCII (Anexo A). Se *#Letra\_1* e *#Letra\_2* estiverem compreendidas entre A (16#41) e Z (15#5A), os caracteres inseridos pelo cliente são realmente letras. Se depois disso, os dois primeiros e dois últimos números da matrícula estiverem entre 0 e 99, a matrícula é dada como validada.

Enquanto o número de telemóvel tem de estar abrangido entre 910000000 e 939999999, ou 960000000 e 969999999. Se estiver, o programa avança para o estado 2, e o diálogo 4 (*Android*) é apresentado. Caso não esteja, é mostrado um aviso (Figura 5.12) e o programa retorna à

forma inicial. Se a matrícula estiver também errada a mensagem que aparece no “AVISO” é “O número de telemóvel e matrícula estão incorretos.”. Se estiver somente a matrícula errada o texto que se afere no aviso é “A matrícula está incorreta.”.

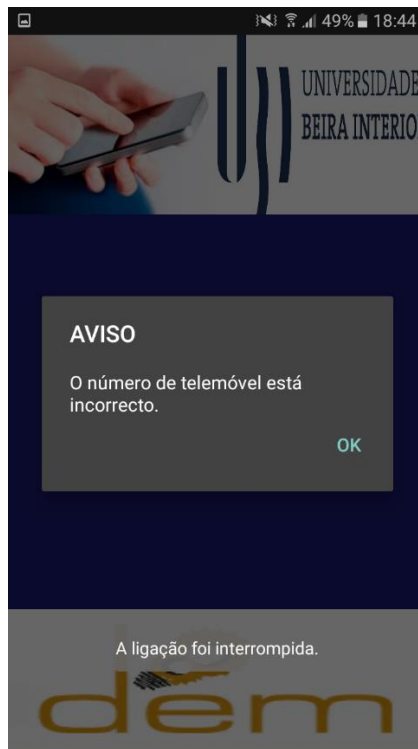


Figura 5.12 - Aviso de telemóvel incorreto.

Pela Figura 5.12 podemos reparar, por meio de uma “toast message” que a ligação ao posto de carregamento foi interrompida. Sempre que o procedimento de carregamento está em curso e retorna ao estado 0, a conexão é terminada e “A ligação foi interrompida” é sempre apresentada por breves instantes.

Neste estado é gerado ainda o código de ativação que vai ser usado posteriormente no estado 3. O código é gerado através da hora, minuto, mês, dia da semana e dia. Estes dados são captados através da data e tempo local, quando se dá o início do estado 1.

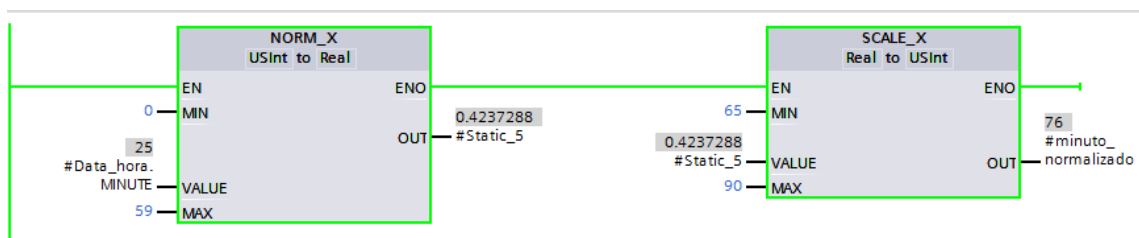


Figura 5.13 - Exemplo de normalização e escalonamento dos minutos, linguagem *ladder*.

Através da ilustração da Figura 5.13 é mais fácil compreender como o código de ativação é gerado. Neste exemplo o PLC captou o minuto 25, que depois foi normalizado entre os números 0 e 59, visto os minutos só poderem estar presentes entre esses valores. Após a normalização procedeu-se ao escalonamento do número normalizado, entre os valores 65 e 90, onde, 65 corresponde ao carácter A e 90 ao carácter Z como se pode ver na Tabela ASCII (Anexo A). Através da Figura 5.13 podemos verificar que o minuto 25 vai dar origem ao carácter L. Este processo é repetido para os restantes elementos, concretamente a hora, mês, dia e dia da semana. Dando assim origem ao código de ativação.

## 5.3 Estado 2

Se algum cliente não efetuou um pagamento na devida altura, entra para a lista de Numeros\_bloqueados (bloco de dados). Esta lista contém os números de telemóvel dos utilizadores que ainda não efetuaram o seu pagamento, estando assim impedidos de carregar o seu veículo elétrico. Esta lista tem de ser regularmente atualizada por um operador com conhecimentos em PLC's.

Numeros_bloqueados			
	Name	Data type	Start value
1	Static		
2	numeros_bloqueados	Array[0..20] ...	
3	numeros_bloquea...	UDInt	96000000
4	numeros_bloquea...	UDInt	96100000
5	numeros_bloquea...	UDInt	96200000
6	numeros_bloquea...	UDInt	96300000
7	numeros_bloquea...	UDInt	96400000
8	numeros_bloquea...	UDInt	96500000
9	numeros_bloquea...	UDInt	96600000
10	numeros_bloquea...	UDInt	96700000
11	numeros_bloquea...	UDInt	96800000
12	numeros_bloquea...	UDInt	96900000
13	numeros_bloquea...	UDInt	92000000
14	numeros_bloquea...	UDInt	92100000
15	numeros_bloquea...	UDInt	92200000
16	numeros_bloquea...	UDInt	92300000
17	numeros_bloquea...	UDInt	92400000
18	numeros_bloquea...	UDInt	92500000
19	numeros_bloquea...	UDInt	92600000
20	numeros_bloquea...	UDInt	92700000
21	numeros_bloquea...	UDInt	92800000
22	numeros_bloquea...	UDInt	92900000
23	numeros_bloquea...	UDInt	93000000

Figura 5.14 - Exemplo de lista de telemóveis bloqueados, presente no DB Numeros\_bloqueados.

Se o número de telemóvel introduzido no estado 1 estiver presente na lista de números bloqueados, retorna ao estado 0, não sendo possível carregar o VE com este número. Caso isso aconteça, a tela da Figura 5.15 é mostrada no dispositivo *Android*. Se o cenário for o contrário o programa avança para o estado 3.

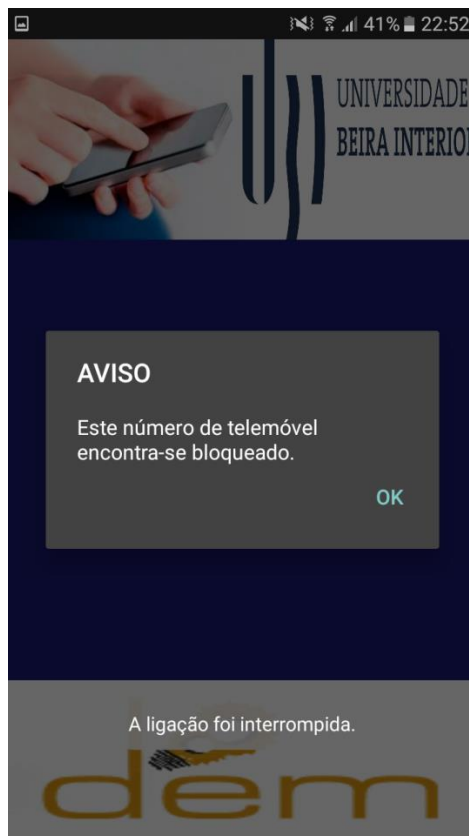


Figura 5.15 - Aviso de número de telemóvel bloqueado.

## 5.4 Estado 3

No estado 3 é recebido o código de ativação por parte da aplicação, fornecido pelo posto de carregamento (PLC). Esse código é composto por 5 caracteres em letra maiúscula. Logo programou-se a aplicação de maneira a que nos campos de edição de texto, nas 3 tentativas possíveis, somente seja possível escrever 5 letras. Essas letras podem ser escritas em minúsculas.

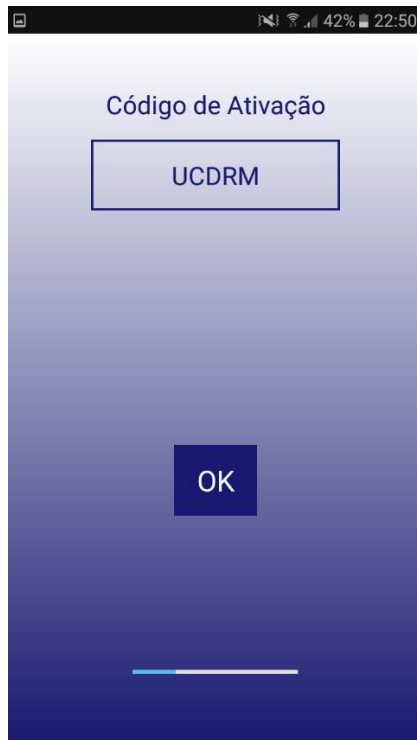
Depois do utilizador inserir o código de ativação no espaço de edição de texto “Insira o código”, deve carregar no botão “Confirme” para poder prosseguir. Se o código introduzido corresponder ao código de ativação apresentado na parte superior da tela, o botão “OK” passa imediatamente a ser visível (Figura 5.18), o que possibilita o avanço para o estado 4. Se não for o caso o cliente dispõe ainda de mais duas tentativas.



Figura 5.16 - Diálogo 4 *Android*.



Figura 5.17 - Diálogo 4 *Android*, segunda tentativa.



**Figura 5.18 - Diálogo 4, código de ativação aceite.**

Tal como no estado 1, está presente uma barra de progresso que finda ao cabo de 45 segundos. Se dentro desse tempo o botão “OK” não for premido, a aplicação e a HMI retornam ao diálogo inicial, respetivamente. Neste estado não existe a possibilidade da aplicação entrar em “*sleep mode*”, foi programada para estar “sempre acordada”. O diálogo apresentado pela HMI neste estado, continua a ser o mesmo do estado 1.

Depois de inserido o código de ativação com sucesso, o controlador CM-230 fica habilitado. Se dentro das três tentativas que o cliente dispõe, não meter corretamente o código nas três é mostrado um aviso a informar que “O código de ativação está incorreto.” (Figura 5.19) e o programa regressa ao estado 0, encerrando a ligação *Wi-Fi* entre o PLC e o dispositivo *Android*.

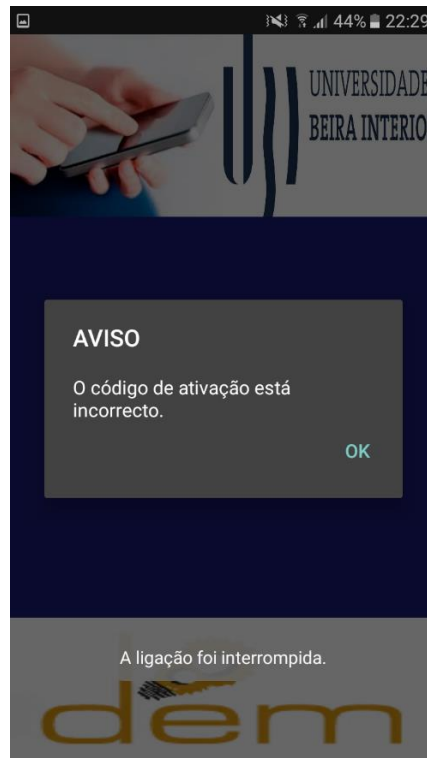


Figura 5.19 - Aviso de código de ativação incorreto.

## 5.5 Estado 4

Pode-se conferir através das Figuras 5.20 (dispositivo *Android*) e Figura 5.21 (HMI) que neste estado é solicitado ao utilizador a inserção do cabo de carregamento no seu VE, de modo a prosseguir com o carregamento. Depois de detetada a conexão da viatura, o CM-230 informa o controlador hierarquicamente superior, e este por sua vez envia essa informação para a aplicação, avançando assim para o estado 5.

O cliente dispõe de 45 segundos para inserir o cabo de carregamento, como se comprova na Figura 5.21 da HMI. Através da HMI é possível ver a contagem crescente do tempo até aos 45 segundos, alertando assim o utilizador para o tempo que está a despender para inserir o cabo de carregamento. Neste estado a aplicação não entra em “*sleep mode*”, foi programada para estar “sempre acordada”.



Figura 5.20 - Diálogo 5 no dispositivo *Android*.



Figura 5.21 - Diálogo 3 na HMI.

## 5.6 Estado 5

No estado 5 pode ser visível o diálogo 6, no dispositivo *Android*, e o diálogo 4 na HMI. Mais uma vez a HMI serve meramente para visualização, enquanto na aplicação “Posto de Carga” dá-se autorização para o início do carregamento do VE. Tal como nos estados anteriores o cliente dispõe de apenas 45 segundos para interagir com a aplicação, senão retorna ao estado inicial (estado 0). Neste estado não existe a possibilidade da aplicação entrar em “*sleep mode*”, foi programada para estar “sempre acordada”.

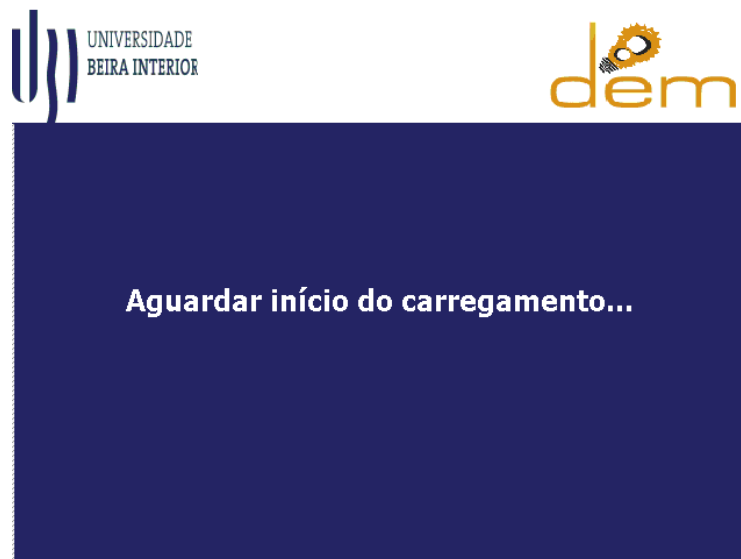


Figura 5.22 - Diálogo 4 na HMI.



Figura 5.23 - Diálogo 6 *Android*.

## 5.7 Estado 6

Neste estado é iniciado o carregamento, e é iniciada a contagem do tempo de carregamento (“Tempo de Carregamento”), podendo ser visualizado através da aplicação e da HMI, ambas estão sincronizadas.

Neste estado a aplicação “Posto de Carga” já pode “adormecer”, a programação realizada nos estados anteriores, que permitia à aplicação estar “sempre acordada” já não foi implementada neste estado, para não gastar muita energia (bateria) ao dispositivo com sistema operativo *Android*.

Durante a realização deste projeto observei que ao cabo de três minutos sem haver comunicações entre o posto de carregamento e a aplicação, a porta de comunicação “13138” se encerrava, não permitindo assim a comunicação entre ambos depois desse tempo. Por isso, sensivelmente, de três em três minutos é enviada uma informação do dispositivo *Android* para o PLC, para que a via de comunicação *Wi-Fi* não se encerre. Se por algum motivo o utilizador tiver de sair definitivamente da aplicação ou a ligação *wireless* for interrompida, deve aceder outra vez à aplicação através do estado 0, e assim pode saltar diretamente (não é necessário introduzir outra vez os dados pessoais e o código de ativação) para este estado novamente, isto se o carregamento do VE se encontrar ainda nesta fase.



Figura 5.24 - Diálogo 7 no dispositivo *Android*.



Figura 5.25 - Diálogo 5 na HMI.

Verifica-se pela Figura 5.25 que é possível interromper o carregamento do veículo, se assim o desejarmos. Para isso, basta introduzir o número de telemóvel validado no estado 1 no campo onde diz “Número de telemóvel” e clicar no botão “Interromper Carregamento”. Nesta situação, o PLC avança imediatamente para o estado 7 e a aplicação para o diálogo 9 (*Android*). Se o número de telemóvel inserido diferir do número introduzido no estado 1, é visualizado o aviso da Figura 5.26.

Existem mais três “caminhos” possíveis para o programa do PLC poder avançar para o estado 7, além do já mencionado atrás. Estes são: 1) Deixar o carregamento do veículo elétrico terminar por completo; 2) a deteção de um erro no carregamento por parte do CM-230; 3) pressionado o botão de emergência do posto de carregamento, em função de algum acontecimento grave em seu redor. No primeiro caso, se o carregamento for efetuado por completo vai ser visível na aplicação o diálogo 8 (bateria carregada, *Android*), enquanto que, na HMI vai ser possível visualizar o diálogo 6 (bateria carregada, HMI). No segundo caso, são ativados os diálogos de erro 8 e 6 (*Android* e HMI, respetivamente) se houver algum erro no carregamento. No terceiro caso, caso ocorra alguma emergência, o programa no PLC prossegue para o estado 7, enquanto aplicação avança para o diálogo 9 (Figura 5.40).

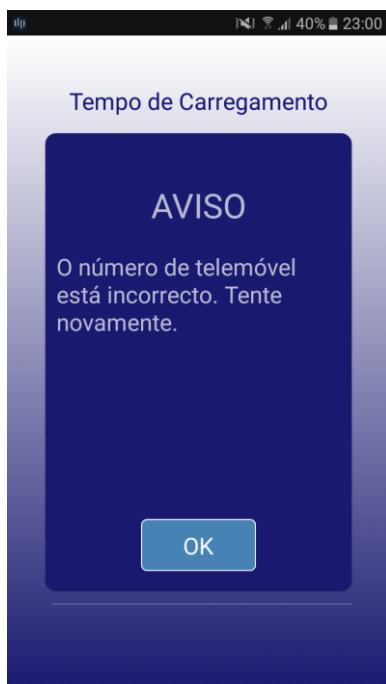


Figura 5.26 - Diálogo 7 no dispositivo *Android*, aviso.

Só quando ocorre um erro de carregamento, ou quando o carregamento é realizado na totalidade, é possível interagir com o PLC por intermédio da HMI. Esta situação foi pensada para as situações em que o cliente pode ficar sem energia (bateria) no seu dispositivo *Android*, e assim não haverá qualquer entrave para desimpedir o posto de carregamento.



Figura 5.27 - Diálogo 6 na HMI, bateria carregada.

Na situação em que o veículo fica totalmente carregado, podemos libertar o conector (ficha) através da introdução do número de telemóvel que foi inserido no estado 1. Essa operação tanto poder ser feita na HMI como na aplicação. Sendo feita na HMI, a aplicação continua de igual forma sincronizada com o PLC, e o contrário também se sucede.



**Figura 5.28 - Diálogo 8, bateria carregada.**

Tal como acontece na tela do diálogo 7, no diálogo 8 existe a possibilidade de aparecer o aviso da Figura 5.26, para o caso de não ser introduzido de forma assertiva o número de telemóvel validado no estado 1. Na HMI, se o número não estiver correto é visualizado o aviso da Figura 5.29, durante cinco segundos.

Se o dispositivo estiver em “sleep mode” quando o veículo finalizar o carregamento, ou quando se dá um erro de carregamento, a aplicação imediatamente “desperta” o dispositivo *Android*, isto é, ilumina a tela do dispositivo. De seguida recebe uma notificação idêntica à da Figura 5.30, neste caso para o diálogo de “bateria carregada”. No caso do diálogo de “erro” o dispositivo também é notificado, só que o texto da notificação é diferente. O texto adjacente a essa notificação é "Erro no carregamento. Liberte a ficha". Esta notificação desaparece quando a ficha é libertada.



Figura 5.29 - Aviso de telemóvel incorreto, HMI.

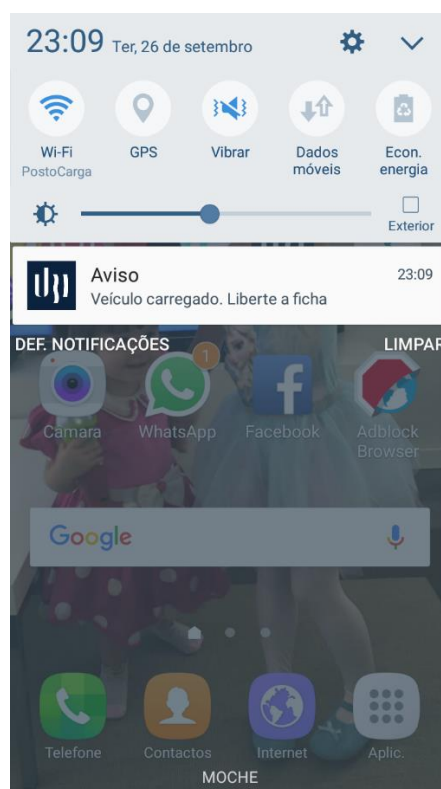


Figura 5.30 - Primeira Notificação da *app*.

Os diálogos de “erro” estão programados de igual modo aos de “bateria carregada”, somente a sua origem é diferente. Como podemos constatar nas Figuras 5.31 e 5.32.



Figura 5.31 - Diálogo 8, erro.



Figura 5.32 - Diálogo 6, erro.

Durante o estado 6 ao premirmos a tecla *Key back* do dispositivo *Android*, será apresentada uma tela idêntica à da Figura 5.33. A partir do estado 6 não é possível retroceder na aplicação

visto o carregamento do veículo elétrico já ter sido iniciado. Se quiser parar o carregamento ou libertar o conector tem de seguir as indicações da aplicação.



Figura 5.33 - Impossível retroceder na aplicação *Android*.

## 5.8 Estado 7

Neste estado é calculada a quantia que o cliente irá ter de despendar pelo carregamento do seu veículo elétrico. Esse cálculo é feito com base no tempo de carregamento do veículo. Posteriormente esse valor é enviado para a aplicação, via *Wi-Fi*, para ser apresentado ao cliente. A referência multibanco que é utilizada para fazer os pagamentos, por parte dos clientes, é gerada neste estado.

Depois do cálculo da quantia e de gerada a referência multibanco são enviados todos os dados referentes ao processo de carregamento da viatura elétrica, o programa PLC avança então para o estado 8.

## 5.9 Estado 8

O estado 8 é puramente só um estado de visualização (durante trinta segundos), quer na aplicação “Posto de Carga”, quer na HMI. Os dados apresentados na HMI, são os mesmos que na aplicação. São eles o custo, o tempo de carregamento, a entidade e a referência. Na Figura 5.35 vemos uma das quatro situações passíveis de serem visualizadas na consola KTP1000. Neste caso o carregamento foi terminado por indicação do utilizador.



Figura 5.34 - Diálogo 7 na HMI.

Nas Figuras 5.36, 5.38, 5.39 e 5.40 podemos aferir como pode terminar o procedimento de carregamento. Uma das quatro situações presentes nessas Figuras irá ser a tela final apresentada ao utilizador. Enquanto a tela final estiver presente a aplicação não entra em “*sleep mode*”.

O cliente pode conferir o valor do pagamento, a ter de efetuar posteriormente, a entidade e a referência na HMI (durante 30 segundos), no diálogo 9 (durante 30 segundos) e numa imagem presente no armazenamento do dispositivo *Android*. Essa imagem é guardada no dispositivo depois de ter sido tirado um *screenshot* durante a presença do diálogo 9 (*Android*). Neste estado é também feita uma notificação (Figura 5.37), indicando que foi tirado um *screenshot*, (mencionado anteriormente) e ainda os dados para efetuar o pagamento, a entidade, a referência e o valor a pagar.

Através da programação realizada, a tecla retroceder neste estado está bloqueada, não é possível retroceder. Depois de terminados os 30 segundos temporizados a aplicação sai automaticamente, cessando assim a ligação *wireless* com o posto de carregamento.

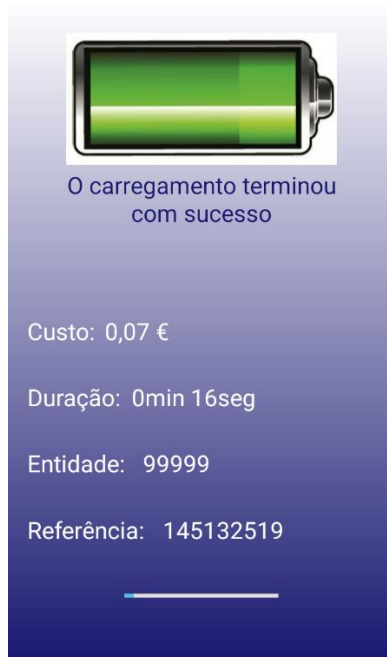


Figura 5.35 - Diálogo 9, bateria carregada.

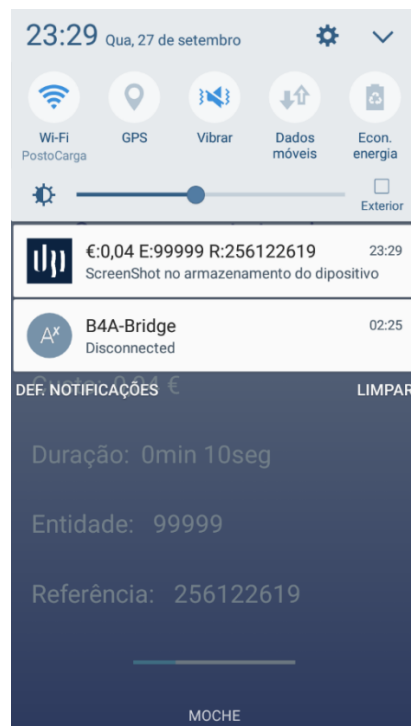


Figura 5.36 - Segunda notificação da *app*.

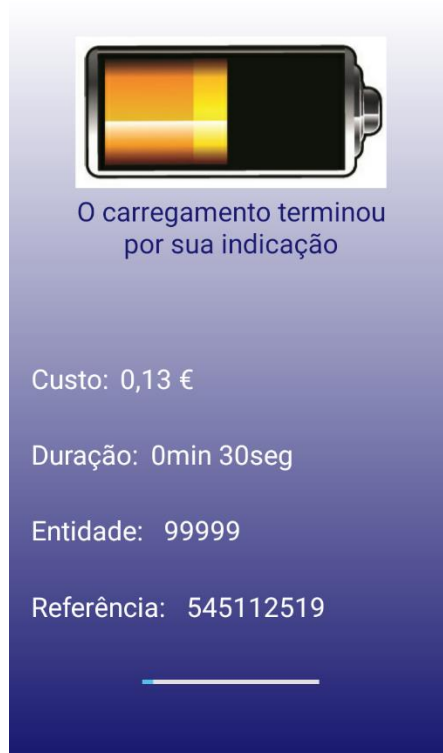


Figura 5.37 - Diálogo 9, carregamento cancelado.



Figura 5.38 - Diálogo 9, erro.



Figura 5.39 - Diálogo 9, emergência.

## 5.10 Estado 9

Este é o estado onde finda o ciclo do programa de automação arquitetado. Neste estado são limpos, todos os registos introduzidos pelo utilizador e pelas comunicações efetuadas entre controlador da Siemens e o dispositivo *Android*. O que permite iniciar um novo carregamento, um novo ciclo.

# Capítulo 6

## 6. Conclusão

Para o planeta Terra se tornar sustentável as entidades mundiais devem fazer esforços de maneira a que boa parte da produção de energia elétrica feita no planeta possa ser originária de fontes renováveis. Também a aposta na mobilidade elétrica deve continuar ininterrupta. Estas duas áreas devem caminhar a par, visto ambas estarem interligadas.

Através da realização desta dissertação, pode-se constatar que o crescimento da mobilidade elétrica é uma forte realidade. A transição dos veículos de motor de combustão interna para os veículos elétricos está a ser feita de forma gradual. Os anúncios de que várias marcas de automóveis vão deixar de produzir automóveis de MCI, contribui para isso mesmo. Também a instalação de melhores e mais infraestruturas para o carregamento de veículos, movidos a energia elétrica, tem sido fundamental. De igual modo, o avanço na tecnologia das baterias dos VE's é importante, porque possibilitam assim autonomias semelhantes aos dos veículos de motor de combustão.

Primeiramente foi estruturada a unidade de gestão e controlo do posto de carregamento, através de uma solução semelhante à que Siemens propõe para construção de postos de carregamento. Na arquitetura do posto de carregamento é possível encontrar dois controladores, sendo um hierarquicamente superior (PLC S7-1200) em relação ao outro (CM-230). Na programação do PLC podem-se encontrar parcelas de programação em SCL e *ladder*, visto nalguns estados ser mais oportuno usar uma linguagem em detrimento da outra, dado que existem diferenças entre elas na maneira de programar.

Depois de concebida a base da unidade de controlo e gestão do posto de carregamento, foi desenvolvida a aplicação (Posto de Carga) para equipamentos com sistema operativo *Android*. Esta aplicação faz a interação entre o cliente, que deseja carregar o seu veículo elétrico, e o posto de carregamento referido anteriormente. A programação desta aplicação foi idealizada para todos os cenários possíveis. Por exemplo, se o cliente ficar “sem bateria” no seu dispositivo, ou sair da rede *wireless* “PostoCarga”, depois do seu veículo elétrico estar em carregamento, pode voltar aceder (através da aplicação) ao posto de carregamento, sem ter de fazer novamente os procedimentos iniciais (introdução de número de telemóvel, matrícula, etc), indo diretamente para o estado de carregamento onde se encontrava. Durante o

desenvolvimento desta aplicação foi possível aferir a evolução e a abrangência que esta área tem nos dias de hoje a nível dos países desenvolvidos. Existem aplicações para as mais variadas tarefas do dia-a-dia.

## 6.1 Trabalhos futuros

Apesar da unidade de gestão e controlo do posto de carregamento ter ficado viável e operacional, podem ainda ser feitos ajustes de forma a melhorar este posto carregamento para veículos elétricos. Ao nível do *design* podem ser melhoradas coisas, tanto na programação da consola tátil da Siemens, como na aplicação criada no software Basic4Android. Em relação à programação do PLC, pode ser criada uma lista com a sequência de carregamentos efetuados no posto de carregamento, com informação detalhada acerca dos clientes e do momento em que executaram os carregamentos. A lista de telemóveis bloqueados já presente na programação, deve ser acessível ao operador externamente ao PLC, por via Web por exemplo. A programação da aplicação “Posto de Carga” também pode sofrer melhorias.

De forma a este posto de carregamento ser uma realidade, o sistema de potência teria de ser realizado em conformidade com as normas aplicadas em Portugal para a construção de postos de carregamento de VE’s. Anexado a este sistema de potência, poderia estar um sistema de medição de energia. Com este sistema, o valor cobrado aos clientes pelos carregamentos seria mais justo. Já que o cálculo do valor a pagar, neste momento no posto de carregamento é feito em função da duração do carregamento, e na minha opinião deveria ser feito em função da energia elétrica fornecida ao veículo.

Depois de serem feitos estes melhoramentos/acréscimos ao posto de carregamento projetado nesta dissertação, seria possível a sua construção na Universidade da Beira Interior ou até mesmo em meio urbano.

## Referências

- [1] “Por quanto tempo o planeta Terra permanecerá habitável? Menos do que você imagina.” [Online]. Available: <http://hypescience.com/planeta-terra-habitavel/>. [Accessed: 28-Oct-2016].
- [2] “Aquecimento Global - causas, efeito estufa, consequências.” [Online]. Available: [http://www.suapesquisa.com/geografia/aquecimento\\_global.htm](http://www.suapesquisa.com/geografia/aquecimento_global.htm). [Accessed: 28-Oct-2016].
- [3] “Origens da Eletricidade.” [Online]. Available: <http://www.edpsu.pt/pt/origemdaenergia/Pages/OrigensdaEnergia.aspx>. [Accessed: 08-Mar-2017].
- [4] “PORDATA - Emissão de gases com efeito de estufa : por alguns sectores de emissão de gases (%) - Europa.” [Online]. Available: [http://www.pordata.pt/Europa/Emissão+de+gases+com+efeito+de+estufa+\(potencial+de+aquecimento+global\)+por+alguns+sectores+de+emissão+de+gases+\(percentagem\)-1724](http://www.pordata.pt/Europa/Emissão+de+gases+com+efeito+de+estufa+(potencial+de+aquecimento+global)+por+alguns+sectores+de+emissão+de+gases+(percentagem)-1724). [Accessed: 15-Nov-2016].
- [5] “Um posto de carregamento em cada concelho,” *Veículos Eléctricos*, vol. 9, pp. 5-6, 2016.
- [6] “BMW e TOYOTA vão abandonar carro a combustão - UVE,” 2016. [Online]. Available: <https://www.uve.pt/page/2251-2/>. [Accessed: 08-Mar-2017].
- [7] A. Dias and R. Pereira, “Mobilidade eléctrica: uma revolução antecipada,” *OBSERVARE*, pp. 132-133, 2012.
- [8] A. Clara and H. Sánchez, “Mobilidade Eléctrica : a Revolução está aí,” *O Instalador*, pp. 60-64, 2016.
- [9] P. Ventura, “LIBERALIZADO MERCADO DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS,” *Veículos Eléctricos*, vol. 7, pp. 7-8, 2016.
- [10] “Vendas de veículos eléctricos sobem 210% com cheque de 2250 euros - UVE,” 2017. [Online]. Available: <https://www.uve.pt/page/vendas-veiculos-eletricos-sobem-210-cheque-2250-euros/>. [Accessed: 08-Mar-2017].
- [11] Veículos Eléctricos, “iPhone app para utilização da rede de carregamento,” 2011. [Online]. Available: <http://www.veiculoselectricospt.com/iphone-app-para-utilizacao-da-rede-de-carregamento/>. [Accessed: 30-Sep-2017].
- [12] Veículos Eléctricos, “Aplicação BMW i Remote liga o condutor ao seu BMW i3.,” 2014. [Online]. Available: <http://www.veiculoselectricospt.com/aplicacao-bmw-remote-liga-o-condutor-ao-seu-bmw-i3/>. [Accessed: 30-Sep-2017].
- [13] J. D.Sachs, “Automóveis eléctricos e desenvolvimento sustentável - Veículos Eléctricos,” 2009. [Online]. Available: <http://www.veiculoselectricospt.com/automoveis-electricos-e-desenvolvimento-sustentavel/>. [Accessed: 17-Nov-2016].

- [14] “Veículos Eléctricos - | EV.” [Online]. Available: <http://www.veiculoselctricospt.com/ev/>. [Accessed: 15-Mar-2017].
- [15] “MOBI.E.” [Online]. Available: <https://www.mobie.pt/why-electric-mobility>. [Accessed: 15-Mar-2017].
- [16] “Europe | EAFO.” [Online]. Available: <http://www.eafo.eu/europe>. [Accessed: 15-Mar-2017].
- [17] “Portugal | EAFO.” [Online]. Available: <http://www.eafo.eu/content/portugal>. [Accessed: 15-Mar-2017].
- [18] “Que incentivos existem para a aquisição de um veículo eléctrico?” [Online]. Available: <https://www.mobie.pt/faqs>. [Accessed: 17-Mar-2017].
- [19] B. Pereira, “Veículos Eléctricos | Orçamento de Estado para 2017 mantém incentivos para aquisição de veículos eléctricos e híbridos plug-in,” 2016. [Online]. Available: <http://revistaveiculoseletricos.pt/2016/10/23/orcamento-de-estado-para-2017-mantem-incentivos-para-aquisicao-de-veiculos-eletricos-e-hibridos-plug-in/>. [Accessed: 17-Mar-2017].
- [20] R. Matulka, “The History of the Electric Car | Department of Energy,” 2014. [Online]. Available: <https://energy.gov/articles/history-electric-car>. [Accessed: 18-Mar-2017].
- [21] “O primeiro carro construído pela Porsche foi eléctrico - UVE,” 2016. [Online]. Available: <https://www.uve.pt/page/primeiro-carro-construido-pela-porsche-eletrico/>. [Accessed: 18-Mar-2017].
- [22] “Evolução dos carros eléctricos - Veículos Eléctricos,” 2013. [Online]. Available: <http://www.veiculoselctricospt.com/evolucao-carros-electricos/>. [Accessed: 18-Mar-2017].
- [23] H. Fernandes, “Veículos Eléctricos,” 2007.
- [24] “O que é um veículo eléctrico?” [Online]. Available: <http://www.mobil3e.com/page/titles/o-que-e-um-veiculo-electrico>. [Accessed: 15-Mar-2017].
- [25] “Veículo ecológico, qual o melhor? - UVE.” [Online]. Available: <https://www.uve.pt/page/veiculo-ecologico-qual-o-melhor/>. [Accessed: 19-Mar-2017].
- [26] “Veículos eléctricos a bateria,” 2009. [Online]. Available: <http://www.veiculoselctricospt.com/veiculos-electricos-a-bateria/>. [Accessed: 19-Mar-2017].
- [27] EAFO, “Top 5 Selling BEV and PHEV,” 2016. [Online]. Available: <http://www.eafo.eu/vehicle-statistics/m1>. [Accessed: 19-Mar-2017].
- [28] “Veículos eléctricos híbridos - Veículos Eléctricos,” 2009. [Online]. Available: <http://www.veiculoselctricospt.com/veiculos-electricos-hibridos/>. [Accessed: 19-Mar-2017].
- [29] “Veículos Eléctricos a Pilha de Combustível - Veículos Eléctricos,” 2009. [Online]. Available: <http://www.veiculoselctricospt.com/veiculos-electricos-a-pilha-de-combustivel/>. [Accessed: 19-Mar-2017].
- [30] “Notícias Opel - Frota a hidrogénio da Opel e da GM - Opel Portugal,” 2014. [Online].

- Available: <http://www.opel.pt/experiencia-opel/sobre-a-opel/noticias-opel/2014/maio/frota-a-hidrogenio-opel-e-gm.html>. [Accessed: 19-Mar-2017].
- [31] EAFO, “Passenger cars FCEV (M1),” 2016. [Online]. Available: <http://www.eafo.eu/vehicle-statistics/fcev>. [Accessed: 19-Mar-2017].
- [32] “Serviço de táxis em scooters eléctricas em Amesterdão - Veículos Eléctricos,” 2012. [Online]. Available: <http://www.veiculoselectricospt.com/servico-de-taxis-em-scooters-electricas-em-amesterdao/>. [Accessed: 20-Mar-2017].
- [33] “Taxis electricos em São Paulo - Veículos Eléctricos,” 2012. [Online]. Available: <http://www.veiculoselectricospt.com/taxis-electricos-em-sao-paulo/>. [Accessed: 20-Mar-2017].
- [34] “Ferry eléctrico - Veículos Eléctricos,” 2013. [Online]. Available: <http://www.veiculoselectricospt.com/ferry-electrico/>. [Accessed: 20-Mar-2017].
- [35] “Taxis eléctricos em Lisboa - Veículos Eléctricos,” 2012. [Online]. Available: <http://www.veiculoselectricospt.com/taxis-electricos-em-lisboa/>. [Accessed: 20-Mar-2017].
- [36] “Autocarro 100% eléctrico ao serviço da Carris - UVE,” 2016. [Online]. Available: <https://www.uve.pt/page/autocarro-100-electrico-ao-servico-da-carris/>. [Accessed: 20-Mar-2017].
- [37] “Veículos Eléctricos de Alimentação Directa - Veículos Eléctricos,” 2009. [Online]. Available: <http://www.veiculoselectricospt.com/veiculos-electricos-de-alimentacao-directa/>. [Accessed: 20-Mar-2017].
- [38] “e-Bike Mountain Branco 250W Bicicleta Elétrica, Kit e-Bike.” [Online]. Available: <http://www.e-bike.com.pt/?mod=detbike&id=138>. [Accessed: 20-Mar-2017].
- [39] “Motos e bicicletas - UVE.” [Online]. Available: <https://www.uve.pt/page/ve-2-rodas-disponiveis-portugal/>. [Accessed: 20-Mar-2017].
- [40] “Quadriciclos - UVE,” 2016. [Online]. Available: <https://www.uve.pt/page/quadriciclos/>. [Accessed: 20-Mar-2017].
- [41] “Automóveis - UVE,” 2016. [Online]. Available: <https://www.uve.pt/page/automoveis/>. [Accessed: 20-Mar-2017].
- [42] P. Melo, “Veículos Eléctricos Características e Tipo de Motores,” *Neutro à Terra*, vol. 4, pp. 13-17, 2009.
- [43] L. Reis, “Pequeno Grande Pioneiro,” *Veículos Eléctricos*, vol. 3, pp. 18-20, 2014.
- [44] M. Blanco, “Como podes ser FELIZ com um carro eléctrico? - UVE,” 2016. [Online]. Available: <https://www.uve.pt/page/como-podes-ser-feliz-com-um-carro-eletrico/>. [Accessed: 22-Mar-2017].
- [45] “Veículos Eléctricos - Prós e Contras.” [Online]. Available: <http://www.veiculoselectricospt.com/pros-e-contras/>. [Accessed: 22-Mar-2017].
- [46] “Uma nova bateria permitirá que carros eléctricos andar 600 km sem recargar - Veículos

- Eléctricos,” 2016. [Online]. Available: <http://www.veiculoselectricospt.com/uma-nova-bateria-permitira-que-carros-eletricos-andar-600-km-sem-recargar/>. [Accessed: 22-Mar-2017].
- [47] “Estação de carregamento em 1917 - UVE,” 2017. [Online]. Available: <https://www.uve.pt/page/estacao-carregamento-1917/>. [Accessed: 27-Mar-2017].
- [48] “Electric vehicle charging infrastructure | EAFO.” [Online]. Available: <http://www.eafo.eu/electric-vehicle-charging-infrastructure>. [Accessed: 27-Mar-2017].
- [49] SGORME, “Formas de Carregamentos de Veículos Eléctricos em Portugal,” 2011.
- [50] “A portuguesa Efacec instala carregadores de 350 kW, os mais potentes do mundo - Observador,” 2017. [Online]. Available: <http://observador.pt/2017/02/09/a-portuguesa-efacec-instala-carregadores-de-350-kw-os-mais-potentes-do-mundo/>. [Accessed: 27-Mar-2017].
- [51] “Charging time,” *Wikipedia*. [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Charging\\_station#Charging\\_time](https://en.wikipedia.org/wiki/Charging_station#Charging_time). [Accessed: 27-Mar-2017].
- [52] A. Moleiro, “O que são os modos de carregamento dos EV’s e Plug-In’s? - Prius-PT,” 2011. [Online]. Available: <http://prius-pt.com/cafe/forums/p/3461/29189.aspx>. [Accessed: 27-Mar-2017].
- [53] D. Iriarte, “Recarga de vehículos eléctricos en Europa: Parte I,” 2012. [Online]. Available: <http://forococheselectricos.com/2012/12/recarga-de-vehiculos-electricos-en.html>. [Accessed: 06-Apr-2017].
- [54] G. Milligan, “Charging Your EV,” *electric highway*. [Online]. Available: <https://electrichighway.net.au/ev-life/charging-your-ev/>. [Accessed: 06-Apr-2017].
- [55] “Tipos de Conectores VE’s.” [Online]. Available: <http://www.lugenergy.pt/tipos-de-conectores-ves/>. [Accessed: 06-Apr-2017].
- [56] “Tipos e modos de carregamento,” *PHOENIX CONTACT*. [Online]. Available: [https://www.phoenixcontact.com/online/portal/pt?1dmy&uril=wcm%3Apath%3A/ptpt/web/main/solutions/subcategory\\_pages/E\\_Mobility\\_charging\\_methods\\_charging\\_modes/a2fad0f3-f69e-442d-af9a-2f81eab201ea](https://www.phoenixcontact.com/online/portal/pt?1dmy&uril=wcm%3Apath%3A/ptpt/web/main/solutions/subcategory_pages/E_Mobility_charging_methods_charging_modes/a2fad0f3-f69e-442d-af9a-2f81eab201ea). [Accessed: 06-Apr-2017].
- [57] “Supercharger,” *Tesla*, 2017. [Online]. Available: [https://www.tesla.com/pt\\_PT/supercharger](https://www.tesla.com/pt_PT/supercharger). [Accessed: 10-Apr-2017].
- [58] “Renault Zoe com sistema de troca de baterias,” *Veículos Eléctricos*, 2011. [Online]. Available: <http://www.veiculoselectricospt.com/renault-zoe-com-sistema-de-troca-de-baterias/>. [Accessed: 10-Apr-2017].
- [59] D. Herron, “EV DC Fast Charging standards - CHAdeMO, CCS, SAE Combo, Tesla Supercharger, etc,” *Range Confidence*. [Online]. Available: <https://greentransportation.info/ev-charging/range-confidence/chap8-tech/ev-dc-fast-charging-standards-chademo-ccs-sae-combo-tesla-supercharger-etc.html>. [Accessed: 18-Sep-2017].
- [60] “Charging point connectors & socket outlets,” *NZ Transport Agency*. [Online]. Available: <https://www.nzta.govt.nz/planning-and-investment/planning/planning-for-electric-vehicles/national-guidance-for-public-electric-vehicle-charging->

infrastructure/charging-point-connectors/. [Accessed: 10-Apr-2017].

- [61] Siemens, “Electrical Charging Components Charging controller CM-230,” *Electr. Charg. Components*, pp. 1-78, 2012.
- [62] Siemens, “S7-1200 Programmable controller, System Manual,” *SIMATIC*, pp. 1-1328, 2015.
- [63] Siemens, “É a interacção que faz a diferença,” *SIMATIC S7-1200*, pp. 1-54, 2009.
- [64] Siemens, “HMI device KTP400 Basic, KTP600 Basic, KTP1000 Basic, TP1500 Basic,” *SIMATIC HMI*, pp. 1-114, 2008.
- [65] FilipeFlop Componentes Eletrônicos, “Módulo WiFi ESP8266 ESP-07 com Adaptador.” [Online]. Available: <https://www.filipeflop.com/produto/modulo-wifi-esp8266-esp-07-com-adaptador/>. [Accessed: 22-Sep-2017].
- [66] Maxim Integrated, “Max232,” *Communication*, pp. 1-39, 2015.
- [67] Espressif, “ESP8266 AT Instruction Set,” pp. 1-64, 2017.

# Anexos

## Anexo A

Tabela ASCII

# ASCII TABLE

Decimal	Hex Char	Decimal	Hex Char	Decimal	Hex Char	Decimal	Hex Char
0	[NULL]	32	[SPACE]	64	@	96	`
1	[START OF HEADING]	33	!	65	A	97	a
2	[START OF TEXT]	34	"	66	B	98	b
3	[END OF TEXT]	35	#	67	C	99	c
4	[END OF TRANSMISSION]	36	\$	68	D	100	d
5	[ENQUIRY]	37	%	69	E	101	e
6	[ACKNOWLEDGE]	38	&	70	F	102	f
7	[BELL]	39	'	71	G	103	g
8	[BACKSPACE]	40	(	72	H	104	h
9	[HORIZONTAL TAB]	41	)	73	I	105	i
10	[LINE FEED]	42	*	74	J	106	j
11	[VERTICAL TAB]	43	+	75	K	107	k
12	[FORM FEED]	44	,	76	L	108	l
13	[CARRIAGE RETURN]	45	;	77	M	109	m
14	[SHIFT OUT]	46	.	78	N	110	n
15	[SHIFT IN]	47	/	79	O	111	o
16	[DATA LINK ESCAPE]	48	0	80	P	112	p
17	[DEVICE CONTROL 1]	49	1	81	Q	113	q
18	[DEVICE CONTROL 2]	50	2	82	R	114	r
19	[DEVICE CONTROL 3]	51	3	83	S	115	s
20	[DEVICE CONTROL 4]	52	4	84	T	116	t
21	[NEGATIVE ACKNOWLEDGE]	53	5	85	U	117	u
22	[SYNCHRONOUS IDLE]	54	6	86	V	118	v
23	[END OF TRANS. BLOCK]	55	7	87	W	119	w
24	[CANCEL]	56	8	88	X	120	x
25	[END OF MEDIUM]	57	9	89	Y	121	y
26	[SUBSTITUTE]	58	:	90	Z	122	z
27	[ESCAPE]	59	;	91	[	123	{
28	[FILE SEPARATOR]	60	<	92	\	124	
29	[GROUP SEPARATOR]	61	=	93	]	125	}
30	[RECORD SEPARATOR]	62	>	94	^	126	~
31	[UNIT SEPARATOR]	63	?	95	_	127	[DEL]