

# Índice

1. Introdução.....	15
1.1. Objectivo do estudo .....	15
1.2. Enquadramento geral .....	15
1.2.1. Produção e importação de energia na UE-27.....	15
1.2.2. Consumo de energia na UE-27.....	18
1.3. O consumo e as emissões de gases com efeito de estufa nos transportes rodoviários .....	21
1.4. Energias renováveis e eficiência energética .....	23
1.4.1. O pacote "Energia - Clima" (ou Pacote "20-20-20") .....	24
1.4.2. A política energética nacional .....	25
1.5. Veículos eléctricos.....	29
1.5.1. O papel dos veículos eléctricos .....	29
1.5.2. História dos veículos eléctricos.....	29
1.6. Configuração dos veículos eléctricos .....	31
1.6.1. Veículos eléctricos / <i>Battery Electric Vehicles</i> .....	32
1.6.2. Veículos Híbridos / <i>Mild Hybrid Electric Vehicles</i> .....	32
1.6.3. Veículo Híbrido Série / <i>Series Hybrid Electric Vehicles</i> .....	33
1.6.4. Veículo Híbrido Paralelo / <i>Parallel Hybrid Electric Vehicles</i> .....	33
1.6.5. Veículo Híbrido Série-Paralelo / <i>Series-Parallel Hybrid Electric Vehicles</i> .....	34
1.6.6. Veículos Híbridos Plug-In / <i>Plug-In Hybrid Electric Vehicles</i> .....	34
1.7. O impacto na rede eléctrica e o papel dos operadores.....	34
1.8. Motivação da investigação .....	36
1.9. Estrutura do trabalho .....	36
2. Caracterização Nacional para Mobilidade Eléctrica.....	37
2.1. Caracterização territorial.....	37
2.2. Caracterização demográfica.....	37
2.3. Caracterização das infra-estruturas rodoviárias.....	40
2.4. Caracterização do parque automóvel.....	40
2.5. Caracterização da mobilidade .....	47

2.6. Caracterização da rede eléctrica .....	49
2.6.1. Produção .....	49
2.6.2. Rede de transporte .....	50
2.6.3. Rede de distribuição .....	50
2.6.4. Comercialização.....	51
2.6.5. Consumo .....	51
2.6.6. Diagrama de carga de inverno.....	53
2.6.7. Diagrama de carga de verão.....	54
2.7. Caracterização dos postos de carregamento.....	55
2.8. Caracterização das baterias .....	56
3. Metodologia .....	59
3.1. Introdução .....	59
3.2. Oferta e distribuição automóvel .....	60
3.3. Consumo de combustível de um veículo de combustão interna.....	62
3.4. Evolução do parque automóvel até 2030 .....	66
3.5. A mobilidade eléctrica.....	67
3.5.1. Evolução do parque automóvel eléctricos até 2030 .....	69
3.5.2. Cenário Base.....	71
3.5.3. Cenário Optimista .....	72
3.5.4. Cenário Pessimista .....	73
3.6. Impacto no diagrama de carga eléctrico.....	75
3.6.1. Perfis de carga das baterias .....	76
3.6.2. Integração no diagrama de carga .....	79
3.7. Mix de produção de energia eléctrica.....	80
3.8. Emissões de CO <sub>2</sub> do S.E.N. ....	82
3.8.1. Consumo de gás natural nas centrais de ciclo combinado .....	83
3.9. Emissões de CO <sub>2</sub> de um veículo de combustão interna .....	86
3.10. Comparativo energético entre cenários.....	86
4. Análise de Resultados.....	91
4.1. Dispersão do Parque Automóvel .....	91

4.2. Caracterização geral dos segmentos .....	93
4.3. Consumos e emissões dos VCI.....	94
4.3.1. Caracterização geral .....	94
4.3.2. Segmento Económico .....	95
4.3.3. Segmento Inferior.....	95
4.3.4. Segmento Médio Inferior.....	96
4.3.5. Segmento Médio Superior .....	96
4.3.6. Segmento Superior .....	96
4.3.7. Segmento Monovolume .....	97
4.3.8. Segmento Luxo .....	97
4.3.9. Segmento SUV.....	97
4.4. Vendas por combustível .....	98
4.5. Veículo adimensional.....	99
4.5.1. Veículo genérico a gasolina .....	99
4.5.2. Veículo genérico a diesel .....	99
4.5.3. Veículo adimensional .....	100
4.6. Mobilidade.....	100
4.6.1. Deslocações pendulares.....	100
4.6.2. Deslocações longas .....	102
4.6.3. Deslocações anuais .....	103
4.7. Parque automóvel de combustão interna, consumos e emissões.....	103
4.7.1. Evolução do parque automóvel total.....	103
4.7.2. Consumo de combustível.....	104
4.7.3. Emissões de CO <sub>2</sub> .....	105
4.8. Parque automóvel eléctrico - Poupança nos consumos e nas emissões directas .....	107
4.8.1. Evolução do parque automóvel eléctrico .....	107
4.8.2. Consumo e poupança nos combustíveis fósseis.....	109
4.8.3. Emissões de CO <sub>2</sub> .....	111
4.8.4. O Sistema Electroprodutor Nacional em 2020 e 2030 e os veículos eléctricos .....	112
4.9. Consumo de energia primária .....	116

4.10. Influência do diagrama de carga diário.....	117
4.10.1. O carregamento das baterias vs diagrama de carga diário.....	119
4.11. Comparativo energético entre veículos de combustão interna e veículos eléctricos.....	122
5. Conclusões.....	123
6. Sugestões de trabalhos futuros.....	131
7. Lista de referências .....	133

## ***Lista de abreviaturas***

UE/EU	União Europeia
S.E.N.	Sistema Electroprodutor Nacional
VCI	Veículos de combustão Interna
SUV	<i>Sport Utility Vehicles</i>
RNT	Rede Nacional de Transporte
ACAP	Associação Automóvel de Portugal
VE	Veículo(s) Eléctrico(s)
R.E.N.	Redes Energéticas Nacionais
EPRI	Electric Power Research Institute
PHEV	Plug-In Hybrid Electric Vehicle
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
PRE	Produção em Regime Especial
PIB	Produto Interno Bruto
ENE 2020	Estratégia Nacional para a Energia 2020
PNAEE	Plano Nacional para a Eficiência Energética
U.S. / EUA	United States / Estados Unidos da América
CRAB	California Air Resources Board
PNGV	Partnership for a New Generation of Vehicles
NiMH	Níquel-Hidretos Metálicos
V2G	Vehicle to Grid
GPL	Gás de Petróleo Liquefeito
A.M.	Área Metropolitana
MAT	Muito Alta Tensão
AT	Alta Tensão
MT	Média Tensão
BT	Baixa Tensão
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
DGEG	Direcção Geral da Energia e Geologia
Mobi.E	Rede Nacional de Mobilidade Eléctrica
CHAdEMO	"CHArge de MOve" (Associação internacional para a mobilidade eléctrica)
NiCd	Níquel-Cádmio
EUROSTAT	European Statistics
BAU	Business as usual (Manutenção das tendências actuais)

IDMEC	Institute of Mechanical Engineering
PCI	Poder Calorífico Inferior
PRO	Produção em Regime Ordinário

## ***Unidades de medida***

GWh	Gigawatt-hora
MW	Megawatt
kg	Quilograma
kWh	Quilowatt-hora
Ton	Toneladas
cm <sup>3</sup>	Centímetro cúbico
kW	Quilowatt
km	Quilómetro
g	Gramas
tep	Toneladas-equivalente de Petróleo
mph	Milhas por hora
km <sup>2</sup>	Quilómetro-quadrado
kV	Quilovolt
MVar	Megavar-ampére reactivo
MVA	Megavolt-ampére
V	Volt
TWh	Terawatt-hora
kVA	Quilovolt-ampére
W	Watt
Vac	Volt em corrente alterna
Wh	Watt-hora
Nm <sup>3</sup> /h	Normal-metro cúbico por hora
Nm <sup>3</sup>	Normal-metro cúbico
m <sup>3</sup>	Metro cúbico
J	Joule
MJ	Megajoule

## ***Lista de tabelas***

Tabela 1: Produção de energia primária (milhões de tep) .....	16
Tabela 2: Quota de produção de energia renovável, UE-27 .....	17
Tabela 3: Importações de energia primária.....	17
Tabela 4: Consumo total de energia primária, UE-27 (milhões de tep) .....	18
Tabela 5: Consumo final de energia (milhões de tep) .....	20
Tabela 6: População residente e densidade populacional em Portugal - Estimativas anuais 2009.....	37
Tabela 7: População segundo o nível de habilitação, 25-64 anos, 2009 (em milhares) .....	39
Tabela 8: Poder de compra per capita em Portugal em 2005 e 2007 .....	39
Tabela 9: Parque e densidade automóvel por distrito em Portugal em 2009 .....	42
Tabela 10: Vendas de veículos por segmento e tipo de combustível, em 2009.....	45
Tabela 11: Vendas de veículos em função da cilindrada e do tipo de combustível - 2008 e 2009.....	46
Tabela 12: Emissões médias de gCO <sub>2</sub> /km.....	46
Tabela 13: Comprimento da rede de transporte em Portugal, 2009.....	50
Tabela 14: Potência de transformação da RNT .....	50
Tabela 15: Comprimento das linhas de distribuição, em km .....	51
Tabela 16: Dados gerais de produção e de consumo no S.E.N. ....	53
Tabela 17: Características dos postos de carregamento da Efacec .....	55
Tabela 18: Características técnicas das baterias - Dados indicativos.....	58
Tabela 19: Percentagem de vendas de veículos novos por segmento - 2009.....	63
Tabela 20: Dados gerais de consumo de energia no SEN entre 2007 e 2010, em GWh .....	81
Tabela 21: Potência Instalada prevista em 2020 e 2030, em MW .....	81
Tabela 22: Emissões de CO <sub>2</sub> específicas por tecnologia de produção de energia eléctrica.....	83
Tabela 23: Poder Calorífico Inferior da gasolina e do gasóleo .....	88
Tabela 24: Vendas de Veículos Automóveis Ligeiros por segmentos, Fonte ACAP.....	92
Tabela 25: Consumos, emissões e % de vendas dos segmentos em função do tipo de combustível	95
Tabela 26: Vendas de veículos ligeiros de passageiros por tipo de combustível.....	98
Tabela 27: Consumo e emissões dos veículos genéricos a gasolina, a diesel e do veículo adimensional .....	100
Tabela 28: Quilometragem efectuada pelos condutores nas viagens pendulares .....	101

Tabela 29: Quilómetros percorridos nas viagens de longa distância .....	102
Tabela 30: Frequência anual das viagens de longa distância .....	102
Tabela 31: Consumo de gasolina até 2030, em milhões de litros .....	109
Tabela 32: Consumo de gasóleo até 2030, em milhões de litros .....	110
Tabela 33: Poupança de gasolina associada à utilização de veículos eléctricos, em milhões de litros .....	110
Tabela 34: Poupança de gasóleo associada à utilização de veículos eléctricos, em milhões de litros .....	110
Tabela 35: Emissões de CO <sub>2</sub> do parque automóvel a combustão interna, em Toneladas .....	111
Tabela 36: Emissões de CO <sub>2</sub> do SEN, em kg/kWh produzido.....	114
Tabela 37: Comparação das emissões de CO <sub>2</sub> entre o parque automóvel VCI e VE, em Ton de CO <sub>2</sub> .....	115
Tabela 38: Energia consumida por quilómetro em gás natural, gasolina e gasóleo em 2020 e 2030, em kJ .....	116
Tabela 39: Energia consumida pelo parque automóvel eléctrico, em energia primária, em TJ.....	116

## ***Lista de gráficos***

Gráfico 1: Produção de energia primária, UE-27, 2007 (% do total com base em tep).....	16
Gráfico 2: Evolução da produção de energia primária por origem, UE-27 (1997=100, em tep) .....	17
Gráfico 3: Rácio de dependência energética, UE-27 .....	18
Gráfico 4: Consumo total, UE-27 (% do consumo total) .....	19
Gráfico 5: Quota de renováveis no consumo total, 2007 (%) .....	19
Gráfico 6: Consumo final de energia, UE-27, 2007 (% do total, com base em tep) .....	20
Gráfico 7: Consumo de energia por tipo de transporte, UE-27 (1997=100) .....	21
Gráfico 8: Consumo de energia nos transportes terrestres .....	21
Gráfico 9: Evolução e quota do consumo de energia dos transportes .....	22
Gráfico 10: Emissões de CO <sub>2</sub> no sector dos transportes.....	22
Gráfico 11: Evolução das emissões de CO <sub>2</sub> /km nos veículos novos de passageiros.....	23
Gráfico 12: Evolução do consumo de energia (primária e final) por habitante .....	25
Gráfico 13: Evolução da dependência energética .....	26
Gráfico 14: Pirâmide etária portuguesa, 2009.....	38
Gráfico 15: Nível de habilitações da população portuguesa entre os 25 e os 64 anos.....	39
Gráfico 16: Nível de habilitações da população UE-27 entre os 25 e os 64 anos.....	39
Gráfico 17: Evolução das infra-estruturas rodoviárias em Portugal - 1999 a 2009 .....	40
Gráfico 18: Evolução do parque automóvel ligeiro em Portugal entre 1974 e 2009.....	40
Gráfico 19: Percentagem de veículos ligeiros de passageiros e comerciais ligeiros - 1974 a 2009 ...	41
Gráfico 20: Idade do parque automóvel ligeiro em Portugal em 2009.....	41
Gráfico 21: Vendas de veículos ligeiros desde 1982 .....	43
Gráfico 22: Vendas de veículos ligeiros de passageiros por tipo de combustível - 2005 a 2009.....	43
Gráfico 23: Vendas de veículos ligeiros de passageiros novos, por segmento, em 2009 .....	44
Gráfico 24: Venda de viaturas novas, por cilindrada, em cm <sup>3</sup> - 2008 a 2009.....	45
Gráfico 25: Venda de viaturas novas, por potência, em kW - 2008 e 2009.....	46
Gráfico 26: Principais modos de transporte utilizados nos movimentos pendulares.....	47
Gráfico 27: Potência instalada a 31-12-2009, por tipo de fonte.....	49
Gráfico 28: N.º de clientes de energia eléctrica .....	52
Gráfico 29: Consumo por sector de actividade .....	52

Gráfico 30: Consumo por nível de tensão.....	52
Gráfico 31: Diagrama de carga do dia de ponta anual - Inverno .....	53
Gráfico 32: Diagrama de carga de um dia típico de Verão .....	54
Gráfico 33: Evolução da densidade de energia das baterias em função do tipo de tecnologia .....	56
Gráfico 34: Potencial de desenvolvimento das baterias em função do tipo de tecnologia.....	56
Gráfico 35: Evolução do parque automóvel ligeiro de passageiros 1974-2009 e previsão 2010-2030	67
Gráfico 36: Cenário base de evolução do parque automóvel existente até 2030 .....	72
Gráfico 37: Cenário optimista de evolução do parque automóvel existente até 2030.....	73
Gráfico 38: Cenário pessimista de evolução do parque automóvel existente até 2030 .....	74
Gráfico 39: Resumo dos cenários de evolução pessimista, base e optimista do parque automóvel até 2030.....	75
Gráfico 40: Diagrama de carga eléctricos do dia 12 de Janeiro de 2009 - Fonte REN.....	75
Gráfico 41: Perfil de carga da EPRI para PHEV .....	76
Gráfico 42: Perfil de carga EPRI para carregamento descontrolado.....	77
Gráfico 43: Perfil de carga da EPRI para carregamento em horário de vazio.....	78
Gráfico 44: Perfil de carga para carregamento com recurso às redes inteligentes .....	79
Gráfico 45: Distribuição dos veículos de combustão absorvidos pelos veículos eléctricos .....	84
Gráfico 46: Adopção de motores a gasolina ou a diesel em função do segmento.....	94
Gráfico 47: Evolução do preço dos combustíveis na Europa entre 1980 e 2010.....	99
Gráfico 48: Evolução do parque automóvel - De 1974 a 2050 .....	103
Gráfico 49: Vendas automóveis ligeiros - Fonte: ACAP, último acesso em 04-08-2010.....	104
Gráfico 50: Evolução do consumo de combustível no cenário " <i>Business As Usual</i> " .....	105
Gráfico 51: Evolução das emissões de CO <sub>2</sub> no cenário " <i>Business As Usual</i> ".....	106
Gráfico 52: Emissões de CO <sub>2</sub> , em função dos limites impostos pela UE em 2015 e 2020. ....	107
Gráfico 53: Evolução do crescimento dos VCI em função da introdução dos veículos eléctricos .....	108
Gráfico 54: Evolução do parque automóvel eléctrico em função dos cenários previstos.....	109
Gráfico 55: Previsão de evolução do nível de emissões globais em função dos limites impostos pela UE.....	112
Gráfico 56: Evolução do consumo eléctrico até 2030, em GWh.....	113
Gráfico 57: Mix de produção do SEN, em 2020.....	113

Gráfico 58: Mix de produção do SEN, em 2030.....	114
Gráfico 59: Nível de emissões por km em função do tipo de veículo, em gCO <sub>2</sub> /km .....	115
Gráfico 60: Evolução no consumo eléctrico diário entre 2009 e 2030 - Diagrama de carga da ponta de inverno de 2009.....	117
Gráfico 61: Diagrama de carga diário da ponta de inverno para os anos 2009, 2020 e 2030, em MWh .....	118
Gráfico 62: Contribuição das PRE's na satisfação do consumo eléctrico verificado em 2010.....	119
Gráfico 63: Diagrama de carga diário para os cenários previstos - Perfil "Carregamento Descontrolado" - Ano 2030 .....	119
Gráfico 64: Diagrama de carga diário para os cenários previstos - Perfil "Smart Grid" - Ano 2030...	120
Gráfico 65: Diagrama de carga diário em 2030 - Perfil descontrolado .....	121
Gráfico 66: Diagrama de carga diário em 2030 - Perfil Rede Inteligente .....	121

## ***Lista de figuras***

Figura 1: Primeiro posto de carregamento de carros eléctricos - Parque das Nações. Lisboa.....	28
Figura 2: Supõem-se que seja o primeiro veículo eléctrico a circular .....	29
Figura 3: Formula EV X-01.....	31
Figura 4: Transmissão de um Veículo Eléctrico.....	32
Figura 5: Transmissão de um Veículo Híbrido.....	32
Figura 6: Transmissão de um Veículo Híbrido Série .....	33
Figura 7: Transmissão de um Veículo Híbrido Paralelo.....	33
Figura 8: Transmissão de um Veículo Híbrido Série-Paralelo.....	34
Figura 9: Distribuição da população residente em Portugal em 2008 .....	38
Figura 10: Vantagens e condicionantes da mobilidade eléctrica.....	68
Figura 11: Evolução do modelo de Fisher-Pry.....	70
Figura 12: Triângulo de fogo .....	87



# **1. INTRODUÇÃO**

## **1.1. Objectivo do estudo**

Este estudo tem por objectivo desenvolver uma abordagem à realidade portuguesa face à introdução dos veículos eléctricos em Portugal entre 2010 e 2030 no que toca a:

- Determinar os parâmetros de consumo de combustível fóssil e emissões de dióxido de carbono de um veículo adimensional;
- Traçar cenários de penetração dos veículos eléctricos até 2030;
- Avaliar o impacto nos consumos de combustível e nas emissões de CO<sub>2</sub> entre 2010 e 2030;
- Analisar a influência ao nível do diagrama de carga diário eléctrico nacional entre 2010 e 2030.

## **1.2. Enquadramento geral**

Nas sociedades modernas, o sector energético é um dos sectores vitais para a economia. Com esta ideia em mente, percebe-se que a utilização da energia de uma forma irracional tem implicações sérias na factura energética nacional, pelo que é necessária a adopção de políticas que incentivem uma utilização cada vez mais racional da energia, políticas essas que se encontrem totalmente integradas com as políticas ambientais. Nos últimos anos, o mundo tem assistido a uma revolução no sector energético. Esta revolução, provocada por cortes no abastecimento energético, na flutuação quase diária nos preços dos combustíveis, nas alterações climáticas cada vez mais evidentes e mais recentemente, nos fortes impactos que a crise financeira global produziu, também nos mercados energéticos, obrigou a uma mudança radical de atitude perante a forma como se abordarão as questões energéticas no futuro. [1]

### **1.2.1. Produção e importação de energia na UE-27**

A dependência da União Europeia em relação às importações de energia primária, nomeadamente petróleo e mais recentemente, o gás natural têm originado discussões políticas relativamente ao fornecimento energético da Europa dado que mais de metade da energia dos 27 países europeus (UE-27) provém de países que se encontram fora da União Europeia.

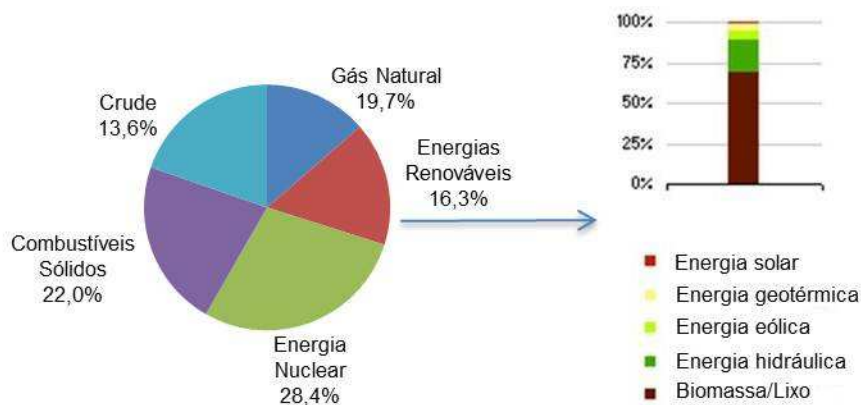
Em 2007, a produção de energia primária na UE-27 esteve perto dos 850 milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep), o que representa uma quebra de cerca de 12 % relativamente a valores de 1997. Esta redução na produção de energia na Europa indica a tendência de queda na produção europeia à medida que as reservas de matérias primas existentes em solo europeu vão sendo extintas ou cuja exploração deixa de ser considerada economicamente viável por parte dos produtores. Portugal tem sido um país em contra-ciclo nesta matéria uma vez que, a aposta nas energias renováveis ao longo dos últimos anos tem feito com que a produção de energia em solo nacional tenha crescido cerca de 32% em igual período.

	Produção Total de Energia Primária		Quota Total de Produção, 2007 (%)				
	1997	2007	Energia Nuclear	Combustíveis Sólidos	Gás Natural	Crude	Energia Renovável
<b>EU-27</b>	962,4	849,6	28,4	22,0	19,7	13,6	16,3
<b>Zona-Euro</b>	453,0	453,6	41,6	16,3	17,3	3,2	21,5
<b>Portugal</b>	3,8	4,6	-	0,0	-	-	100,0

Fonte: Eurostat (ten00076, ten00080, ten00077, ten00079, ten00078 e ten00081)

Tabela 1: Produção de energia primária (milhões de tep)

Quanto à diversificação da produção de energia primária em 2007, a Europa a 27 países recorria em grande parte à energia nuclear e ao carvão (totalizando mais de metade da produção energética europeia) seguindo-se o gás natural, as fontes de energia renováveis e finalmente o petróleo. Em relação ao petróleo para produção de energia primária, verifica-se que a Zona Euro mantém uma dependência mais baixa, com uma produção de 3,2%, quando comparada com a Europa a 27 países com um valor de 13,6%.



Fonte: Eurostat (ten00080, ten00077, ten00079, ten00081 e ten00082)

Gráfico 1: Produção de energia primária, UE-27, 2007 (% do total com base em tep)

A forte aposta nas fontes de energia renováveis levou a um crescimento superior a 38% na produção energética europeia entre 2002 e 2007, superando o crescimento face a todas as restantes fontes de energia, nomeadamente, petróleo, gás natural e combustíveis sólidos, tecnologias estas que tendem a sofrer diminuições na sua quota de participação na produção de energia na Europa.

	Produção primária (1000 tep)		Quota Total de Produção, 2007 (%)				
	1997	2007	Energia Solar	Biomassa e Lixo	Energia Geotérmica	Energia Hidráulica	Energia Eólica
<b>EU-27</b>	92.390	138.831	0,9	69,3	4,2	19,2	6,5
<b>Zona-Euro</b>	61.722	97.741	1,2	66,5	5,7	18,7	7,9
<b>Portugal</b>	3.750	4.610	0,6	68,9	4,2	18,8	7,5

Fonte: Eurostat (ten00081 e ten00082)

Tabela 2: Quota de produção de energia renovável, UE-27

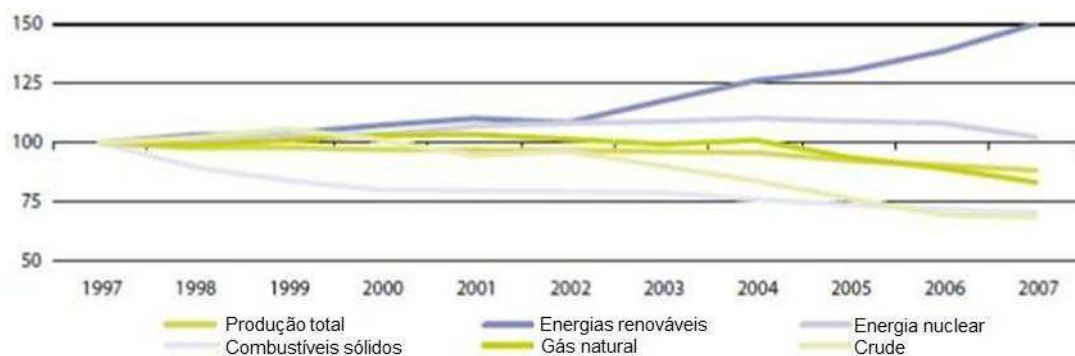


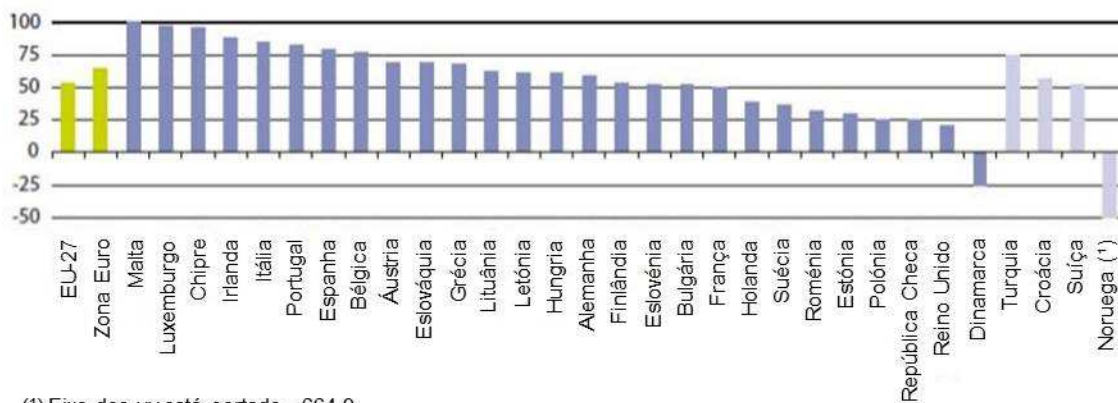
Gráfico 2: Evolução da produção de energia primária por origem, UE-27 (1997=100, em tep)

Por outro lado, desde 2004 que as importações de energia são superiores à produção existente na UE-27, tendo a sua dependência energética aumentado mais de 13% entre 1980 e 2007 com destaque para a dependência petrolífera com 82,7% e do gás natural com 60,3%. Saliente-se o facto da Dinamarca e Noruega serem os únicos países europeus auto-suficientes e exportadores de energia. [2]

	1000 Toneladas Equivalentes de Petróleo				
	1999	2001	2003	2005	2007
<b>EU-27</b>	790.677	858.357	905.367	986.618	988.354
<b>Zona Euro</b>	764.393	805.688	836.266	867.551	842.511
<b>Portugal</b>	22.342	21.848	22.393	24.414	21.847

Fonte: Eurostat (ten00083 e tps00001)

Tabela 3: Importações de energia primária



(\*) Eixo dos yy está cortado, -664,9.  
 Fonte: Eurostat (tsdcc310 e nrg\_100a)

Gráfico 3: Rácio de dependência energética, UE-27

### 1.2.2. Consumo de energia na UE-27

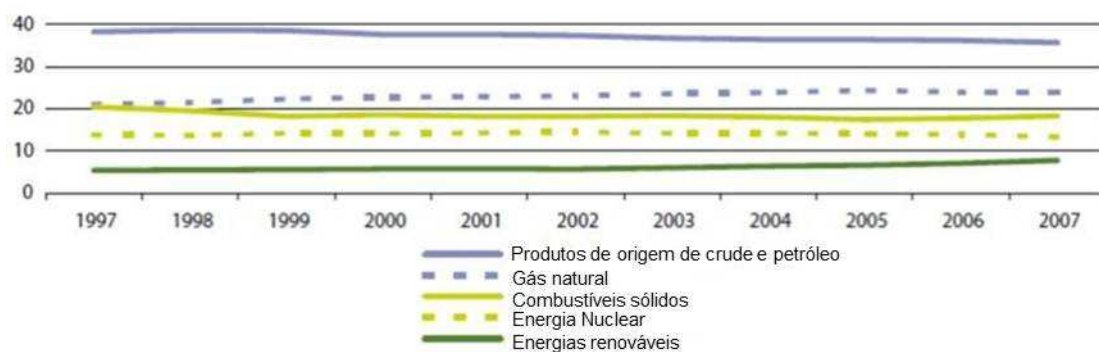
O consumo total de energia na UE-27 em 2007 foi superior a 1.800 milhões de toneladas equivalentes de petróleo o que marca um decréscimo no consumo para níveis idênticos a 2003 após um pico de consumo registado em 2005 com 1.826 milhões de tep.

	1997	1999	2001	2003	2005	2007	Quota na EU-27, 2007 (%)
<b>EU-27</b>	1.707	1.711	1.763	1.803	1.826	1.806	100
<b>Zona Euro</b>	1.154	1.182	1.227	1.258	1.277	1.263	69,9
<b>Portugal</b>	21,7	24,9	25,2	25,7	27,0	26,0	1,4

Fonte: Eurostat (ten00086)

Tabela 4: Consumo total de energia primária, UE-27 (milhões de tep)

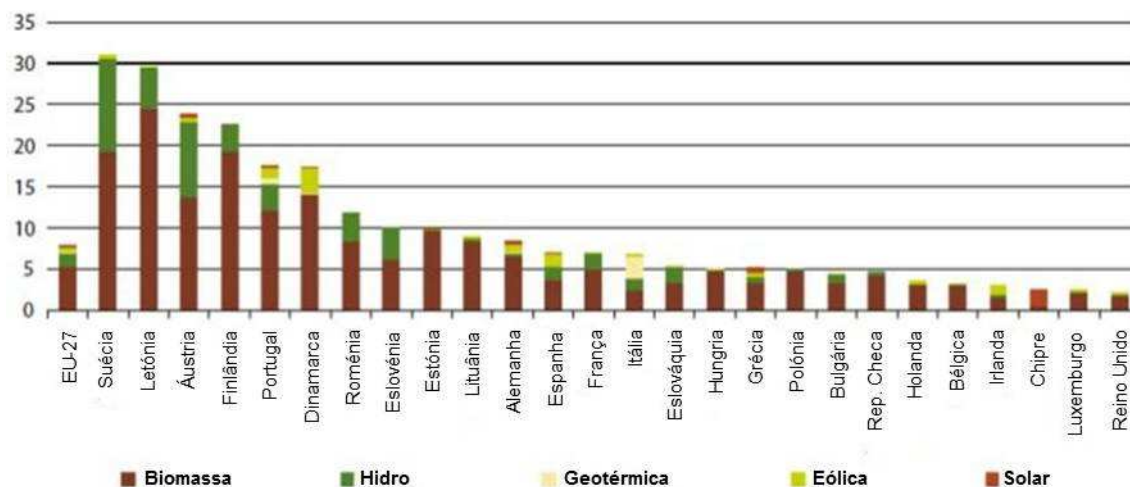
Há que realçar que o consumo energético de cada Estado-Membro depende em grande parte da estrutura do seu próprio sistema energético mas também da disponibilidade de recursos naturais para produção de energia primária. Este conceito é válido não só para os combustíveis convencionais (crude e carvão) e nuclear, mas também para as fontes de energia renováveis.



Fonte: Eurostat (nrg\_102a, nrg\_103a, nrg\_101a, nrg\_104a e nrg\_1071a)

Gráfico 4: Consumo total, UE-27 (% do consumo total)

Entre 1997 e 2007, registou-se uma ligeira quebra no consumo europeu nos derivados de petróleo e nos combustíveis fósseis em geral (com exceção para o gás natural). Por outro lado, verifica-se igualmente o aumento do consumo de energia produzida a partir das fontes renováveis, reflectindo a diversificação no Mix de Produção Energético, afastando os UE-27 da utilização das fontes mais poluentes.



(\*) Malta não disponível  
Fonte: Eurostat (tsdcc110)

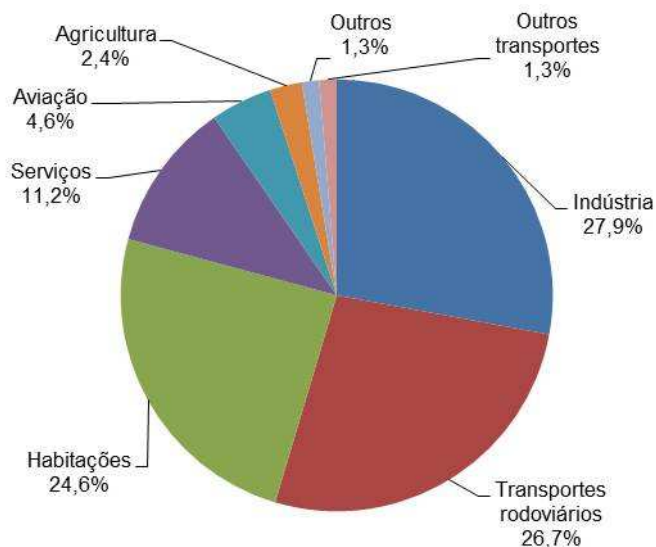
Gráfico 5: Quota de renováveis no consumo total, 2007 (%)

Os consumidores finais (excluem-se desta categoria os produtores de energia) são responsáveis por mais de 64% de quota no consumo energético na União Europeia, em 2007, consumo esse repartido de forma equitativa entre o consumo industrial, o consumo doméstico e os transportes

	1997	1999	2001	2003	2005	2007	Quota na EU-27, 2007 (%)
<b>EU-27</b>	1.104	1.109	1.140	1.160	1.172	1.158	100
<b>Zona Euro</b>	752	770	801	817	823	810	70
<b>Portugal</b>	15,3	16,7	18,1	18,4	18,7	18,8	1,6

Fonte: Eurostat (ten00095)

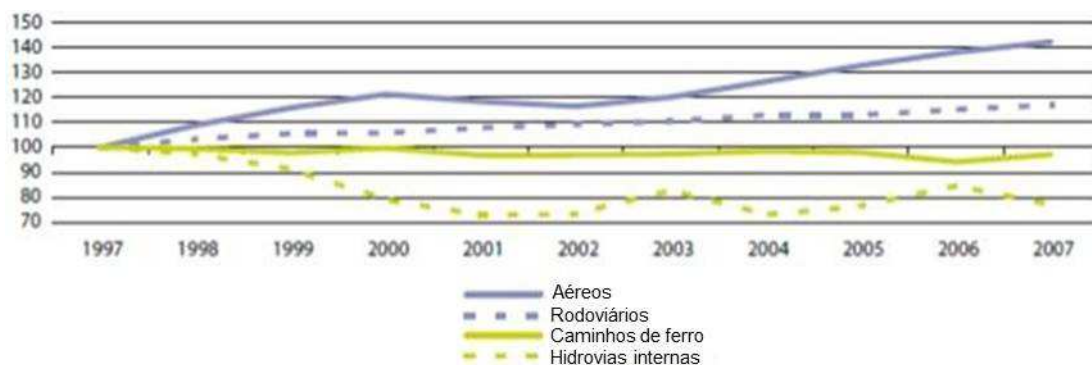
Tabela 5: Consumo final de energia (milhões de tep)



(\*) Provisório  
 Fonte: Eurostat (tsdpc320 e tsdtr100)

Gráfico 6: Consumo final de energia, UE-27, 2007 (% do total, com base em tep)

O sector dos transportes, verifica também taxas de crescimento diferentes em função do tipo de transporte. Enquanto que na aviação, o consumo cresceu perto de 43% entre 1997 e 2007, o transporte terrestre cresceu 17%, ao passo que o transporte ferroviário sofreu uma redução de 2,9%. Apesar do maior crescimento relativo do sector da aviação, o transporte terrestre é aquele que mais cresceu em termos absolutos com o aumento da procura de combustíveis de 44,8 milhões de tep contra 15,9 milhões de tep da aviação. [2]



(\*) Provisório para todos os meios de transporte, 2002; provisório para transportes rodoviários, 2006 e 2007.  
 Fonte: Eurostat ([tsdtr100](#))

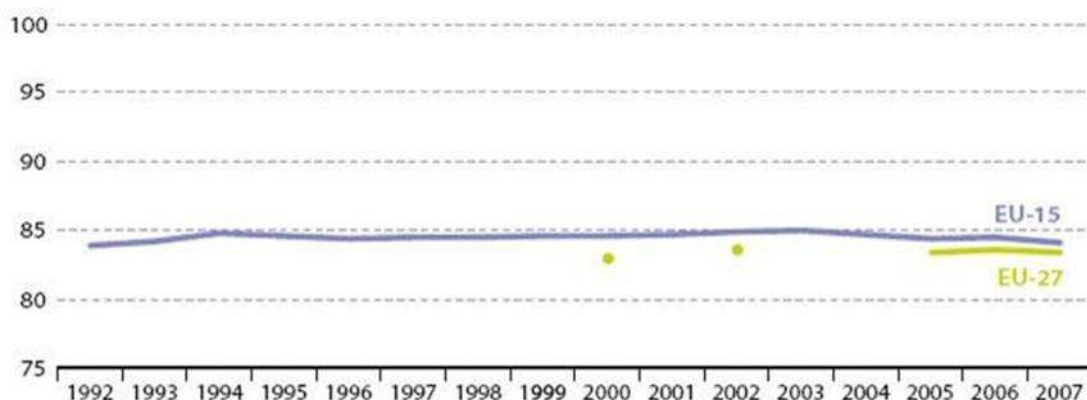
Gráfico 7: Consumo de energia por tipo de transporte, UE-27 (1997=100)

### 1.3. O consumo e as emissões de gases com efeito de estufa nos transportes rodoviários

Ao nível dos transportes rodoviários, o avanço tecnológico permitiu reduzir as emissões de alguns poluentes. No entanto e apesar destes avanços, este sector tem também o maior crescimento no consumo de energia e o maior crescimento nas emissões de gases com efeito de estufa.

A procura de energia por parte dos transportes não reside apenas no sector empresarial mas é extensível também ao sector particular. O aumento do número de veículos por habitante, a tendência para viver nos limites suburbanos das cidades e o desenvolvimento da actividade turística são alguns dos factores que contribuem para o aumento da procura de energia.

A quota relativa aos veículos de passageiros - meio de transporte responsável pela maioria das deslocações terrestres - estabilizou nos 85% desde o início da década e não dá sinais de mudança de comportamentos com vista à utilização de outros meios de transportes com menos emissões de gases com efeito de estufa.



Nota: Estimativa Eurostat.

Fonte: Eurostat ([tsdtr210](#))

Gráfico 8: Consumo de energia nos transportes terrestres

Entre 2000 e 2007, o consumo de energia nos transportes na UE-27 cresceu 11%, com o transporte rodoviário a crescer cerca de 1,4% ao ano, sendo este responsável por uma quota de 83% no consumo total de energia no sector dos transportes.

Comparativamente com a década anterior e apesar do consumo de energia nos transportes ter abrandado desde 2000, o aumento do consumo nos subsectores da aviação e transportes baseados em combustíveis fósseis, contribuíram para o crescimento das emissões de CO<sub>2</sub>.

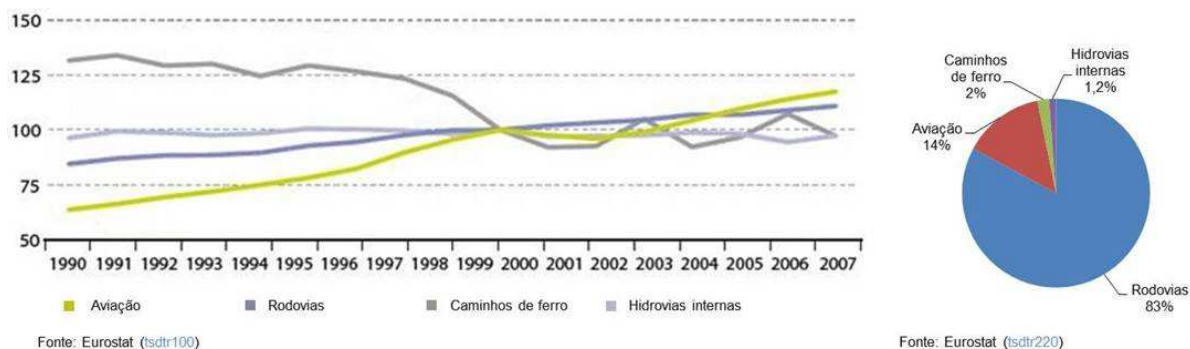


Gráfico 9: Evolução e quota do consumo de energia dos transportes

Ao nível das emissões de gases com efeito de estufa, o transporte rodoviário lidera com quase 20% do total das emissões em 2007 sendo o único que apresenta valores superiores aos verificados em 1990 e o que contribui com a maior percentagem de emissões.

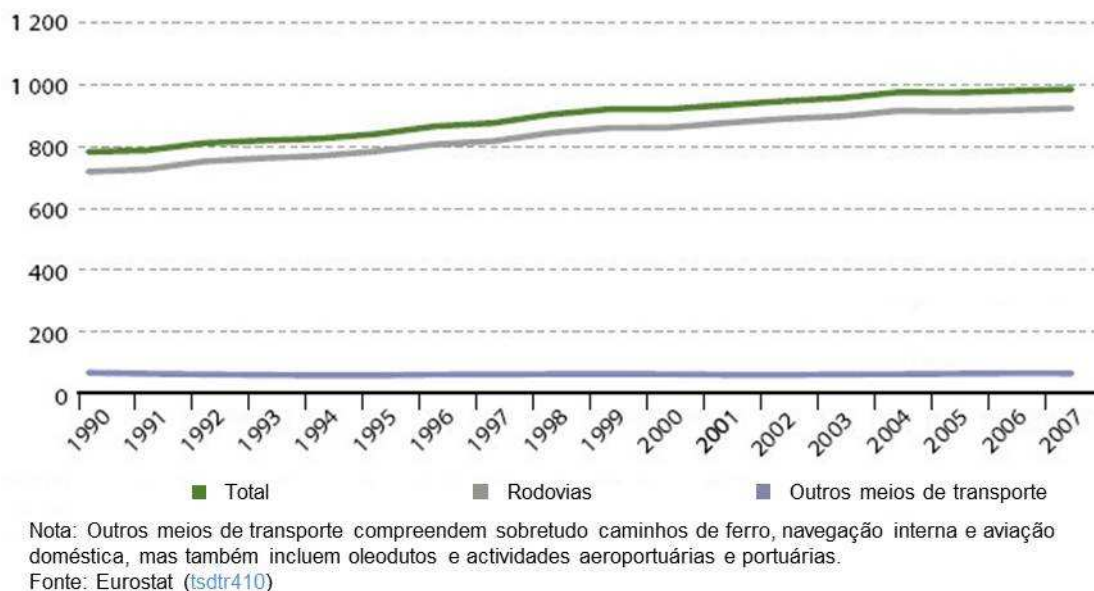
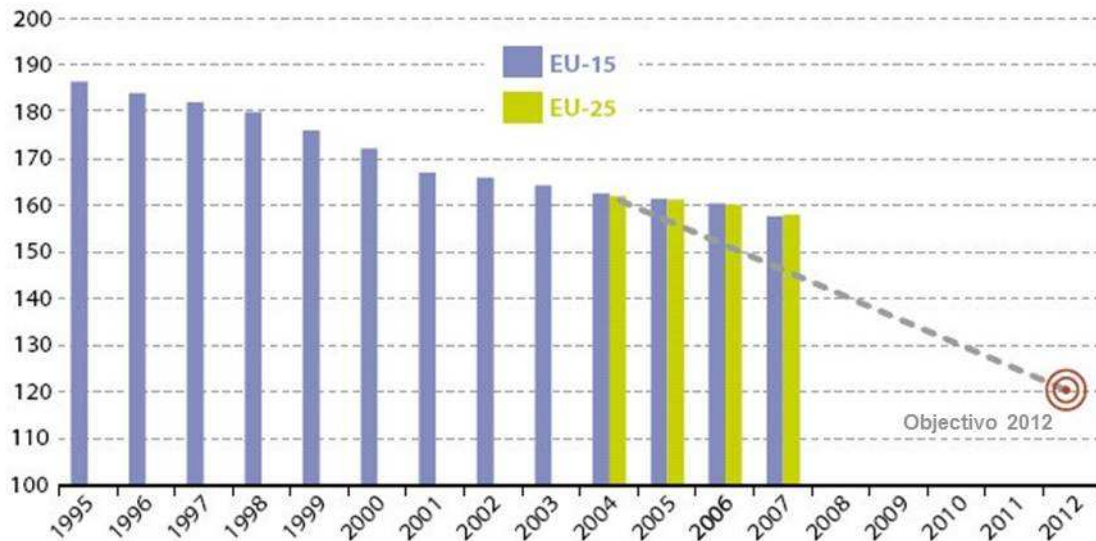


Gráfico 10: Emissões de CO<sub>2</sub> no sector dos transportes

No que diz respeito ao aumento médio dos gases com efeito de estufa derivados dos transportes, verifica-se que baixou de 1,6%/ano entre 1990 e 2000 para 0,98%/ano entre 2000 e 2007, sendo o transporte rodoviário o grande responsável para esta redução com uma variação actual de 1% contra

1,8% na década passada, muito devido às evoluções tecnológicas efectuadas pelos construtores automóveis ao nível da eficiência dos novos motores.

Quanto às emissões médias de CO<sub>2</sub> por quilómetro para os novos veículos de passageiros, verifica-se uma redução muito mais lenta do que aquela que seria necessária para atingir a meta de 120 gCO<sub>2</sub>/km em 2012. [3]



Fonte: Eurostat (tsdtr450)

Gráfico 11: Evolução das emissões de CO<sub>2</sub>/km nos veículos novos de passageiros

#### 1.4. Energias renováveis e eficiência energética

O aumento das necessidades energéticas tem vindo a aumentar progressivamente à medida que se assiste à melhoria da qualidade de vida das populações. No entanto, o aumento do preço do petróleo e a volatilidade nos preços dos produtos energéticos seus derivados mostram o quão importante é o tema do abastecimento energético.

Dentro desse âmbito, a diversificação do Mix Energético tem permitido que as fontes de energia renováveis tenham vindo a ganhar maior destaque, tanto a nível europeu como a nível nacional, colocando Portugal entre os Estados-membros da União Europeia que tem actualmente uma das maiores incorporações de fontes de energia renovável, com claro destaque para a produção eólica e hídrica.

Com uma tão forte dependência energética estrangeira e escassez de recursos, a União Europeia tem demonstrado uma cada vez maior preocupação com o sector energético. Nesse sentido, tem vindo a dar prioridade à diversificação do Mix energético e à garantia de aprovisionamento através da aposta no desenvolvimento de fontes de energias renováveis e da promoção da eficiência energética, permitindo aumentar a independência europeia de combustíveis fósseis importados e a redução dos gases com efeito de estufa, relacionando o tema energia com as alterações climáticas. [1]

#### **1.4.1. O pacote "Energia - Clima" (ou Pacote "20-20-20")**

Em Dezembro de 2008, foi adoptado o Pacote "Energia - Clima" (ou Pacote "20-20-20") com objectivos até 2020, que pretende reduzir as emissões de gases com efeitos de estufa em 20%, relativamente aos níveis de 1990 e a redução do consumo de energia em 20% mediante um aumento da eficiência energética, bem como atingir uma quota de produção de energia primária de 20% a partir de fontes de energia renováveis. [1]

Este pacote inclui ainda um conjunto de políticas no domínio do clima e da energia que pretende fazer face às alterações climáticas e assegurar a segurança no aprovisionamento energético até 2020. Deste pacote de medidas destacam-se:

##### **Redução nas emissões de gases com efeito de estufa**

Para cumprir o objectivo até 2020, são impostas metas nacionais específicas relativamente à quota de consumo proveniente de fontes de energia renováveis bem como a adopção de um plano a longo prazo que definirá os consumos específicos nos sectores dos transportes, electricidade e climatização. No entanto, a directiva aceita que os países com um reduzido PIB *per capita* e com forte potencial de crescimento poderão aumentar as suas emissões de carbono em 20% ao passo que os países com maior rendimento terão que reduzir as suas emissões de CO<sub>2</sub> em igual proporção.

A directiva prevê ainda um mecanismo solidário que pretende auxiliar os Estados-Membros menos desenvolvidos a transitar para uma economia livre de carbono. Portugal é um dos países que beneficia deste mecanismo onde lhe é permitido um aumento nas suas emissões de CO<sub>2</sub> em 1% até 2020.

A directiva deixa no entanto em aberto um possível entendimento global que permita uma redução superior a 20%, por forma a potenciar o combate as alterações climáticas.

##### **Novas regras para os veículos automóveis**

Em relação aos veículos automóveis, são estabelecidos novos patamares relativamente às emissões de dióxido de carbono por parte dos veículos ligeiros de passageiros a partir de 2012 por forma a auxiliar a União Europeia a atingir as suas metas de redução de gases com efeito de estufa até 2020 e dar um maior dinamismo ao combate contra o aquecimento global.

Pretende-se que esta redução surja de duas formas:

- Uma redução para 130 gCO<sub>2</sub>/km através de desenvolvimentos nos motores e
- Corte de 10 gCO<sub>2</sub>/km através dos elementos auxiliares como por exemplo, sistemas de ar condicionado e/ou pneus.

Estabelece ainda um objectivo adicional de 95g CO<sub>2</sub>/km a partir de 2020, sendo que até 2015, todos os fabricantes automóveis tenham que garantir que todos os novos modelos comercializados estejam

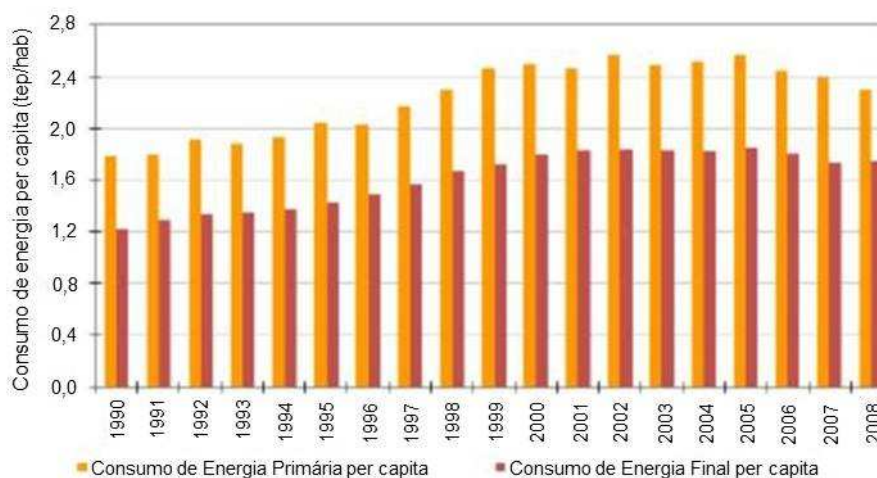
de acordo com os requisitos impostos, sob pena de coimas que poderão ir desde cinco euros para primeira grama acima do limite estabelecido para 2012 até noventa e cinco euros para cada grama a mais a partir de 2019. [4]

## 1.4.2. A política energética nacional

### 1.4.2.1. O sector energético em Portugal

Por um lado, Portugal é um país com poucos recursos energéticos fósseis endógenos, nomeadamente petróleo e gás natural o que implica uma elevada dependência energética externa (mais de 83%, em 2008) e em elevados níveis de importação de energia primária (mais de 87% também em 2008). No entanto, no campo das energias renováveis, Portugal possui um elevado potencial de produção, pelo que é necessário aumentar a contribuição destas fontes no Mix Energético português.

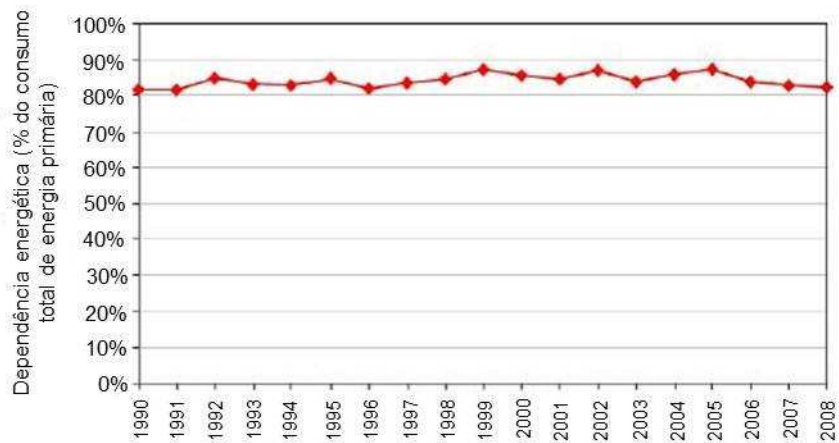
Apesar da economia portuguesa ainda depender fortemente da utilização de energia, verifica-se que a partir de 2005, Portugal registou uma redução no consumo energético. Esta redução, apesar de positiva, coloca Portugal com um consumo de energia final por habitante de 1,7 tep/habitante, ainda inferior ao da média europeia (UE-27) de 2,3 tep/habitante.



Fonte: DGEG, 2010

Gráfico 12: Evolução do consumo de energia (primária e final) por habitante

Por outro lado, em 2007 foram necessários 192 tep para produzir 1 000 euros de PIB (base 2000), quando a média europeia (UE-27) foi de 169 tep o que demonstra a necessidade de tornar a utilização da energia mais eficiente.



Fonte: DGEG, 2010

Gráfico 13: Evolução da dependência energética

A utilização do gás natural contribuiu para reduzir a dependência externa relativamente ao petróleo, bem como para a diversificação do Mix Energético. Em 2008, o consumo de gás natural era já bastante superior ao consumo de carvão (17% de gás natural contra 10,3% de carvão), muito devido às fortes emissões de CO<sub>2</sub> derivadas da sua utilização para produção de electricidade. Apesar de ter visto a redução da sua quota para pouco menos de 52%, o petróleo continua a liderar a estrutura de fornecimento.

É com o objectivo de reduzir o impacto que estas matérias primas têm na nossa realidade, que a contribuição das fontes de energia renováveis assume o seu papel de destaque, a par da promoção da eficiência energética nos sectores essenciais da economia nacional. Em números, as fontes de energia renovável representavam, em 2008 quase 18% do consumo nacional de energia. Em termos de produção de energia eléctrica, o contributo destas fontes de energia foi superior a 43% em 2008 e 45% em 2009, o que permitiu Portugal atingir as metas de 39% e 45% de incorporação de renováveis estabelecidas pela Directiva 2001/77/CE e pela Resolução do Conselho de Ministros n.º1/2008, respectivamente. [1]

#### 1.4.2.2. Estratégia Nacional para a Energia 2020

Em 2010, foi aprovada a nova Estratégia Nacional para a Energia 2020 (ENE 2020), através da Resolução do Conselho de Ministros n.º29/2010, de 15 de Abril, que define uma agenda para a competitividade, para o crescimento e diminuição da dependência energética do país, através da aposta nas energias renováveis e na promoção da eficiência energética, assegurando a segurança do abastecimento energético e a sustentabilidade económica e ambiental do modelo energético nacional, contribuindo para a redução das emissões de CO<sub>2</sub>.

A Estratégia define as políticas e medidas de maior relevância para a área da energia, assentando em cinco eixos fundamentais:

- Competitividade, crescimento e independência financeira;
- Aposta nas energias renováveis;
- Promoção da eficiência energética;
- Garantia de segurança do abastecimento energético;
- Promoção da sustentabilidade da Estratégia Nacional para a Energia 2020.

Na área das fontes de energia renováveis e biocombustíveis, o documento estabelece ainda metas até 2020:

- Energia eólica: Instalação de 2 000 MW de potência já atribuída até 2010 pretendendo atingir 8 500 MW de potência instalada em 2020;
- Energia hídrica: 8 600 MW de capacidade instalada até 2020 e implementação de um plano de acção para as mini-hídricas para o licenciamento de 250 MW bem como o desenvolvimento de capacidade reversível;
- Biomassa: instalação efectiva da potência já atribuída (250 MW), introduzindo mecanismos de flexibilidade na concretização dos projectos e promoção da produção de biomassa florestal;
- Solar: 1 500 MW de potência instalada em 2020; actualização do Programa de Microgeração e introdução de um Programa de Minigeração; desenvolvimento de um novo "cluster" industrial baseado na energia solar de concentração, para projectos de demonstração; promoção da energia solar térmica;
- Ondas, geotermia e hidrogénio: implementação da zona piloto para a energia das ondas (250 MW em 2020); promoção de uma nova fileira na área da geotermia (250 MW em 2020); exploração do potencial hidrogénio;
- Biocombustíveis e biogás: implementação das Directivas Europeias e das melhores práticas associadas aos biocombustíveis; exploração do potencial associado ao biogás proveniente da digestão anaeróbia de resíduos. [1]

### **1.4.2.3. Eficiência Energética**

No Plano Nacional para a Eficiência Energética, o aumento da eficiência energética é um dos principais objectivos com vista à redução das emissões de gases com efeitos de estufa, estando para isso o Estado Português a desenvolver um conjunto de medidas que pretende reduzir o consumo de energia em edifícios, na indústria e nos transportes. [1]

### **Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE)**

A Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008, de 20 de Maio, aprova o Plano Nacional para a Eficiência Energética (PNAEE), transpondo a Directiva 2006/32/CE, relativa à eficiência na utilização

final de energia e aos serviços energéticos em que engloba um conjunto de programas e medidas para que Portugal possa atingir os objectivos fixados para o período 2008-2015. Este plano atinge quatro áreas específicas: Transportes, Residencial e Serviços, Indústria e Estado, com actuação ao nível da mudança de Comportamentos, Fiscalidade e Incentivos e Financiamentos. Este plano pretende atingir uma economia energética de 9,8% face a valores de 2008 o que corresponde a perto de 1 800 milhões de tep em 2015. Dentro do PNAEE e para efeitos deste estudo, destacam-se os seguintes programas:

### **Redes Inteligentes - Programa Inovgrid**

Visa dotar a rede eléctrica de informação e equipamentos que permitam aumentar o contributo das fontes de energia renováveis, automatizar a gestão das redes e melhorar a qualidade dos serviços, diminuindo os custos de operação bem como a promoção da eficiência energética. Com estas soluções, as redes permitirão controlar e gerir toda a rede de distribuição em tempo real, diminuindo o tempo de interrupções de serviço. [1]

### **Mobilidade Eléctrica**

Nos últimos tempos, a mobilidade eléctrica tem tido grande destaque em matéria de transporte. Exemplos deste facto passam pelo lançamento mundial do modelo eléctrico Nissan Leaf ou a expansão da rede de postos de carregamento de veículos eléctricos por todo o país.

O Programa para a Mobilidade Eléctrica foi criado através da Resolução do Conselho de Ministros n.º20/2009, e pretende introduzir o veículo eléctrico enquanto meio de transporte e contribuir para o cumprimento das metas nacionais de redução da dependência energética e combate às alterações climáticas através da substituição progressiva dos combustíveis fósseis por electricidade e consequente redução das emissões de gases com efeito de estufa proveniente do sector dos transportes.

A Resolução do Conselho de Ministros n.º 81/2009 contempla uma fase-piloto para a plataforma de mobilidade eléctrica, designada por "*Mobi.E*" que pretende estabelecer uma rede com mais de 1 300 postos de carregamento para veículos eléctricos até 2011 e mais de 25 000 postos em 2020. [1]



Figura 1: Primeiro posto de carregamento de carros eléctricos - Parque das Nações. Lisboa

## 1.5. Veículos eléctricos

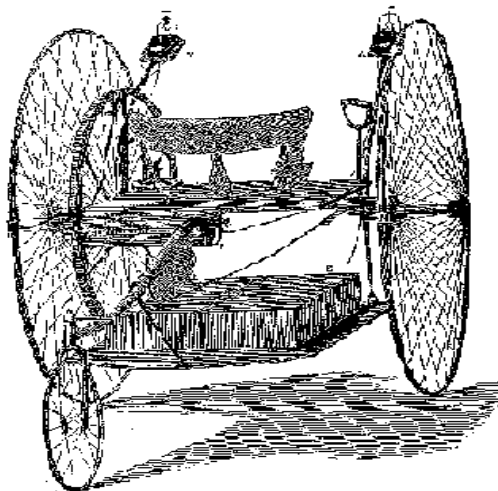
### 1.5.1. O papel dos veículos eléctricos

A transição do actual sistema de transportes baseado em produtos petrolíferos para um sistema de transportes eléctrico, baseado em fontes de energia renováveis beneficiaria não só o sector dos transportes mas também o sector da energia pois os veículos eléctricos poderão aproveitar os recursos eléctricos actuais para reduzir a dependência de petróleo e dinamizar o sector das fontes de energia renováveis.

Por outro lado, os veículos eléctricos poderão ajudar a resolver alguns problemas de imprevisibilidade, intermitência e produção eléctrica nas horas de vazio associados a algumas das fontes de energia renováveis. Por fim, a eficiência energética destes veículos é muito superior à dos veículos de combustão interna, dando um contributo para a independência energética. [6]

### 1.5.2. História dos veículos eléctricos

Entre 1832 e 1839, Robert Anderson inventa a primeira carragem eléctrica. Em 1842, Thomas Davenport e Robert Davidson criam o primeiro carro eléctrico de estrada sendo estes os pioneiros na utilização de baterias eléctricas não recarregáveis, tendo os aumentos das capacidades das baterias pelos franceses Gaston Plante, em 1865 e Camile Faure em 1881, aberto caminho ao desenvolvimento do carro eléctrico nos anos seguintes.



Triciclo Ayrton & Perry de 1881

Figura 2: Supõem-se que seja o primeiro veículo eléctrico a circular

No final do século XIX, França e Grã-Bretanha foram as primeiras nações a apostar no desenvolvimento dos veículos eléctricos mas é apenas em 1895 que os americanos começam a olhar com maior atenção para esta tecnologia, sobretudo após A. L. Ryker e William Morrison terem construído um triciclo eléctrico com capacidade para transportar seis passageiros em 1891. A

primeira aplicação comercial tomou forma com a frota de táxis de Nova Iorque, construída pela Electric Carriage and Wagon Company of Philadelphia, em 1897.

Para se ter uma ideia da performance destes veículos, veja-se a título de exemplo o Wood's Phaeton, de 1902 com uma autonomia de 18 milhas e velocidade máxima de 14 mph. Em 1916, Woods inventa o primeiro modelo híbrido onde estão presentes motores eléctrico e combustão interna.

No virar do século, os carros, agora disponíveis em versões a vapor, eléctricos ou a gasolina tornam-se cada vez mais populares. Em 1899 e 1900, os carros eléctricos atingem o seu pico nos Estados Unidos com as suas vendas a ultrapassarem toda a concorrência muito devido às vantagens face aos seus mais directos adversários: não tinham a tenebrosa caixa de velocidades nem a vibração, cheiro e ruído associados às opções a gasolina. Embora o carro a vapor também não tivesse uma caixa de velocidades, este sofria de um tempo de arranque demasiado longo podendo demorar 45 minutos só para arrancar.

Até 1935, os veículos eléctricos tinham tudo para serem bem sucedidos mas acabaram por desaparecer devido a vários acontecimentos marcantes:

- Pela década de 1920, a rede de estradas americana ligava as várias cidades o que obrigava a uma maior autonomia dos veículos;
- A descoberta de petróleo no estado do Texas reduz o preço do litro de gasolina tornando este bem acessível ao consumidor médio;
- Início da produção em série de carros com motores de combustão interna por Henry Ford tornando-os acessíveis à grande maioria da população, com preços entre os \$500 e os \$1.000 contra os \$1.750 do menos autónomo veículo eléctrico.

Durante os 25 anos seguintes não existiu qualquer desenvolvimento da tecnologia e o seu uso foi diminuindo até que nas décadas de 1960 e 1970, as questões ambientais relativas às emissões de CO<sub>2</sub> e a crise energética que se fez sentir devido à elevada dependência de petróleo importado voltou a dar outra vida ao transporte eléctrico. A par das questões económico-ambientais, também do ponto de vista legislativo houve diversos regulamentos que apoiaram este desenvolvimento no qual se destaca a U.S. 1990 Clean Air Act Amendment, a U.S. 1992 Energy Policy Act e regulamentos emitidos pela California Air Resources Board (CRAB). Em 1993 nos EUA, é lançado o projecto Partnership for a New Generation of Vehicles (PNGV) que pretende apoiar os construtores automóveis no desenvolvimento de veículos eficientes de onde surgem conversões de veículos existentes para electricidade bem como novos modelos eléctricos concebidos de raiz, capazes de atingir a velocidade permitida em auto-estrada e com autonomias entre as 50 e as 150 milhas.

Nos anos seguintes, seguem vários lançamentos de veículos eléctricos: O Chevrolet S-10, com uma autonomia de 60 milhas. Em 1994, o Geo Metro percorreu mais de 200 milhas entre Nova Iorque e Filadélfia com uma única carga. Na década de 1990 a Ford entra no desafio eléctrico com o Ecostar, e Ranger com autonomias de 100 e 65 milhas, respectivamente. Em 1998, a General Motors desenvolveu o EV1, um desportivo com uma aceleração dos 0 às 50 mph em menos de 7 segundos, velocidade máxima de 80 mph e autonomia de 80 milhas e o Chevrolet S-10 com uma capacidade de

carga de 950 libras e autonomia para 45 milhas. Seguem-se os mais conhecidos Toyota RAV4 e o Honda EV Plus, com baterias de Níquel-Hidretos Metálicos (NiMH) e a carrinha Nissan Altra EV com bateria de íões de lítio.

No plano desportivo, surge no Japão o Formula EV X-01 a competir no Japan EV Club com uma potência de 109 kW ou 284 hp e velocidade de, aproximadamente 168 mph, suportado por baterias de NiMh desenvolvidas pela Panasonic. [5]



Figura 3: Formula EV X-01

Uma das opções já existente desde à vários anos são os veículos híbridos, que recorrem a um motor de combustão interna para efectuar a transmissão da potência do motor às rodas motrizes, auxiliados por um motor eléctrico cuja alimentação provém de uma pequena bateria existente a montante. É estimado que existam actualmente cerca de 500 mil veículos deste tipo a circular em todo o mundo. Em 2005, o aumento do preço do petróleo acelerou o desenvolvimento dos veículos eléctricos e híbridos. Actualmente os construtores estão a anunciar para breve o lançamento de veículos com esta tecnologia. Exemplo disso são o Opel Ampera, Ford Focus EV ou mesmo a pioneira Toyota que já anunciou novos modelos híbridos em toda a sua gama de veículos.

Mesmo que os preços do petróleo voltem a baixar no futuro mais próximo, o crescimento dos veículos eléctricos é hoje irreversível sendo difícil dizer qual será a evolução deste tipo de veículos no futuro devido à co-existência de ambos os modelos híbridos/eléctricos e de combustão interna. No entanto, parece certo que com a massificação dos veículos eléctricos um pouco por todo o mundo deverá assistir-se a uma optimização dos processos de produção levando à redução do preço de componentes essenciais e por conseguinte, à redução do preço de venda ao consumidor final que, reforçados pelas iniciativas governamentais, farão com que este tipo de veículo venha a ter um papel preponderante no futuro. [7]

## 1.6. Configuração dos veículos eléctricos

Considera-se um veículo eléctrico como sendo um veículo que é movido no seu todo ou pelo menos em parte, por uma fonte eléctrica. As configurações dos veículos eléctricos incluem os veículos

puramente eléctricos cuja propulsão é totalmente eléctrica e vários tipos de veículos eléctricos híbridos cuja propulsão recorre a um misto entre as tecnologias de combustão interna tradicionais e a tecnologia eléctrica associada aos veículos. Este ponto pretende apresentar sucintamente as diferenças entre as diferentes configurações. [8]

### 1.6.1. Veículos eléctricos / *Battery Electric Vehicles*

Um veículo puramente eléctrico é um veículo cuja propulsão é realizada de forma totalmente eléctrica, tipicamente com um motor eléctrico e uma bateria de grandes dimensões. Na figura 4 apresenta-se um esquema básico de um veículo desta categoria.

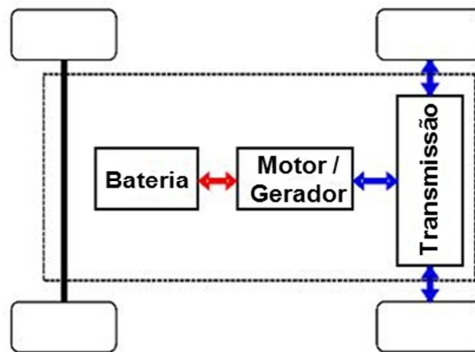


Figura 4: Transmissão de um Veículo Eléctrico

### 1.6.2. Veículos Híbridos / *Mild Hybrid Electric Vehicles*

Um veículo híbrido utiliza um motor de combustão interna tradicional e um motor eléctrico com a respectiva bateria que o alimenta. Por outro lado, a bateria pode ser recarregada a partir do mesmo motor eléctrico através da travagem regenerativa. Em qualquer dos casos, o motor de combustão interna está permanentemente a funcionar, podendo ser desligado em paragens curtas devido à intervenção do motor eléctrico com também poderá auxiliá-lo em situações onde seja exigido um acréscimo de potência do veículo.

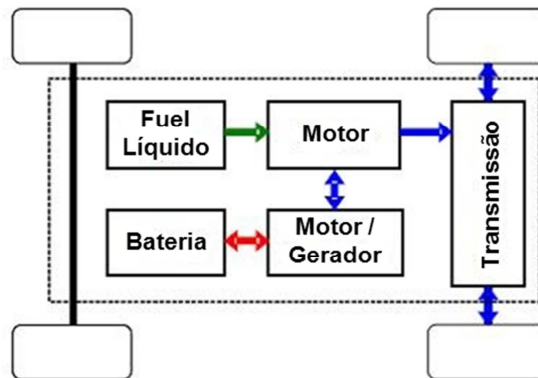


Figura 5: Transmissão de um Veículo Híbrido

### 1.6.3. Veículo Híbrido Série / *Series Hybrid Electric Vehicles*

À semelhança da configuração anterior, no veículo híbrido série existe também um motor de combustão interna, um motor eléctrico e respectiva bateria mas, neste caso, a transmissão de potência ao veículo é feita exclusivamente pelo motor eléctrico. O combustível alimenta o motor de combustão interna que por sua vez se encontra ligado ao veio de um gerador eléctrico que irá encarregar-se de carregar a bateria. Por sua vez, esta irá fornecer energia ao motor eléctrico que tratará de transmitir a potência às rodas motrizes. À semelhança do anterior, o motor eléctrico permite recarregar a bateria através do processo de travagem regenerativa.

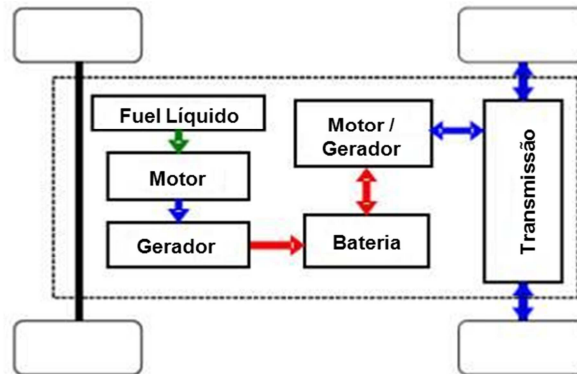


Figura 6: Transmissão de um Veículo Híbrido Série

### 1.6.4. Veículo Híbrido Paralelo / *Parallel Hybrid Electric Vehicles*

Num veículo paralelo híbrido existem duas formas de transmitir potência às rodas do veículo: um pelo motor eléctrico, outro pelo motor de combustão interna. A transmissão acopla o motor eléctrico e o motor de combustão permitindo o seu funcionamento em paralelo por forma a que ambos ou cada um por si transmita potência às rodas. O controlo num veículo desta categoria é mais complexo do que um veículo híbrido série dado que necessita de acoplar o motor eléctrico e o motor de combustão sem afectar a condução e/ou a performance.

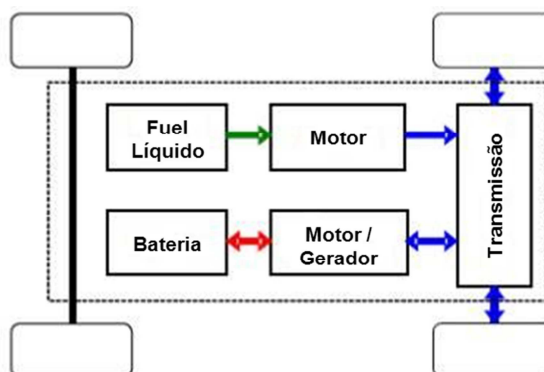


Figura 7: Transmissão de um Veículo Híbrido Paralelo

### 1.6.5. Veículo Híbrido Série-Paralelo / *Series-Parallel Hybrid Electric Vehicles*

Um veículo híbrido série-paralelo tem ambas as formas de transmissão de energia, série e paralelo. O sistema de motores eléctrico e de combustão interna permite que o motor de combustão possa recarregar a bateria através do motor eléctrico enquanto transmite potência às rodas motrizes. Podem existir variações mais complexas ou mais simples deste modelo base, dependendo sobretudo do número de motores e na forma como são utilizados. Estas configurações podem ser classificadas como híbridos complexos, como por exemplo, o conhecido Toyota Prius ou Ford Escape.

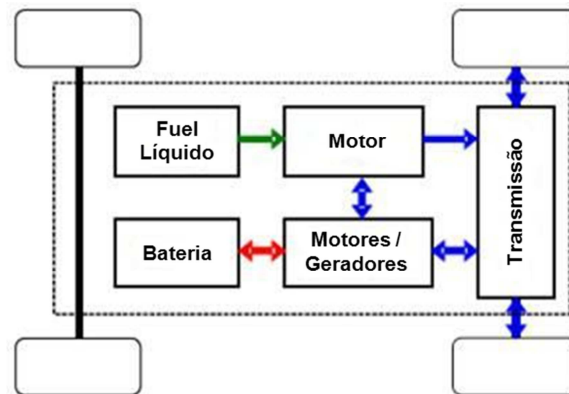


Figura 8: Transmissão de um Veículo Híbrido Série-Paralelo

### 1.6.6. Veículos Híbridos Plug-In / *Plug-In Hybrid Electric Vehicles*

Um veículo híbrido do tipo plug-in é um veículo eléctrico cuja bateria pode ser carregada a partir uma tomada comum. Apesar de poder ter qualquer uma das configurações híbridas anteriores, este veículo distingue-se dos restantes por possuir baterias mais volumosas que definem a sua autonomia quando em modo totalmente eléctrico.

### 1.7. O impacto na rede eléctrica e o papel dos operadores

É expectável que um grande número de veículos eléctricos ligados à rede possam causar problemas nas redes eléctricas existentes. Estudos mostram que a procura exacerbada de veículos eléctricos causará problemas ao nível do balanço entre a produção e o consumo. Dentro de certas condições de operação, poderão inclusive levar a problemas ao nível da qualidade da energia e desequilíbrios na tensão. No entanto, este último ponto poderá ser minimizado através de uma boa distribuição dos veículos eléctricos pelas diversas fases.

Outro aspecto interessante prende-se com o facto de os veículos eléctricos poderem fazer parte das chamadas "redes inteligentes" por forma a providenciar serviços auxiliares à operação da rede tal como poder compensar o balanço entre a produção e o consumo ou mesmo controlar a o nível de tensão e frequência. [9]

A massificação dos veículos eléctricos poderá ter impactos significativos na produção e distribuição de energia eléctrica. Por exemplo, se o carregamento das baterias de uma frota considerável de veículos eléctricos não for efectuado durante a noite, poderá resultar numa produção ineficiente de energia eléctrica por parte de uma central. Ao nível dos impactos na rede de transporte e distribuição, estudos advertem que os transformadores poderão ser sujeitos a um aumento da sua temperatura média de funcionamento devido à sobrecarga vinda do carregamento dos veículos eléctricos resultando num tempo de vida útil mais curto e aumento de custos por parte da rede. Poderão inclusive haver interrupções no abastecimento eléctrico, caso uma quantidade significativa de veículos efectuem o carregamento das suas baterias no período de maior consumo.

Estes constrangimentos obrigam os operadores a procurar novas formas de monitorizar e controlar a procura de electricidade. No entanto, para além da gestão unidireccional do trânsito de energia, estão a ser desenvolvidos métodos de integração dos veículos na rede que permitam fazer uma gestão bidireccional dos recursos eléctricos (rede para o carro e carro para a rede - ou o conceito "*Vehicle to Grid*"). Estas inovações são consideradas a base dos esforços de investigação e desenvolvimento das chamadas redes inteligentes. No primeiro cenário, a utilização de contadores inteligentes poderão efectuar a contagem do consumo eléctrico em tempo real. A aplicação de um programador horário aliado ao contador inteligente, permitirá que as baterias ligadas à rede apenas sejam recarregadas nos tarifários mais económicos, permitindo ao utilizador poupar na factura energética. Do ponto de vista dos operadores, estes poderão ter a possibilidade de cortar o abastecimento de milhares de veículos por forma a garantir a operacionalidade da rede após um pico na procura.

De uma forma simplista, com o conceito V2G é possível enviar energia para a rede a partir de um veículo estacionado e ligado á rede e permitirá:

- Uma gestão mais rentável da rede, no que diz respeito à sua estabilidade quanto à manutenção dos padrões de tensão e frequência;
- Abastecimento de emergência de energia pois permite uma integração rápida da energia presente nas baterias na rede para fazer face a uma situação inesperada;
- Ser a solução para fazer face à intermitência das fontes de energia renováveis, cujas políticas apontam para um crescimento da sua utilização no futuro, permitindo ser uma forma de armazenamento de energia produzida a partir destas fontes;
- Suportar a operação de outros consumidores eléctricos através da criação de esquemas de compensação remuneratória que permitam a adopção dos veículos eléctricos por parte dos consumidores.

Para que este conceito seja posto em prática, é no entanto necessário que exista capacidade de interligação adequada entre o veículo e a rede, controlo e capacidade de comunicação que permita ao operador determinar a capacidade disponível no veículo, requisitá-la e contá-la e equipamentos de medição e contagem bidireccionais que permitam analisar o trânsito de energia. [10]

## **1.8. Motivação da investigação**

A informação disponível acerca dos veículos eléctricos em Portugal prende-se sobretudo com a análise ao nível da sua performance, do lançamento de veículos para o mercado, da autonomia e desenvolvimento de baterias, por parte da imprensa automóvel.

Mesmo ao nível internacional, o estudo da penetração dos veículos eléctricos nos vários mercados e os impactos que estes terão nas redes eléctricas não está amplamente estudado ou não é conhecido. Em Portugal, existem apenas estudos que avaliam a introdução de veículos eléctricos em regiões delimitadas não sendo conhecidos estudos que avaliem esse impacto, por exemplo, ao nível do diagrama de carga diário na situação mais desfavorável, isto é, na ponta de inverno.

Assim, este estudo torna-se importante para perceber até que ponto a introdução deste tipo de tecnologia poderá contribuir para uma maior independência energética de Portugal bem como perceber até que ponto a rede eléctrica está preparada para a adopção dos carros eléctricos enquanto meio de transporte preferencial. Por outro lado, pretende também mostrar uma antevisão do comportamento dos seus condutores de veículos eléctricos e analisar o impacto da sua utilização ao nível do consumo de combustíveis e emissões de gases com efeito de estufa.

## **1.9. Estrutura do trabalho**

No capítulo 1 é efectuado o enquadramento do tema em análise, indicados os objectivos e motivação da presente investigação bem como apresentada a estrutura que compõe o trabalho.

A caracterização de vários temas que poderão influenciar a penetração dos veículos eléctricos na realidade portuguesa é efectuada no capítulo 2. Esta caracterização é feita, nomeadamente ao nível demográfico e sócio - económico e educacional, da mobilidade em Portugal e a caracterização da rede eléctrica nacional.

O capítulo 3 abordará a metodologia aplicada no presente estudo no que diz respeito às características de consumo de combustível e emissões de dióxido de carbono de um veículo genérico, bem como em relação ao método aplicado para aferir a influência que a carga necessária para abastecer os veículos eléctricos terá no diagrama de carga diário. Aborda ainda as expressões de cálculo que permitem quantificar a energia total consumida nos diferentes cenários abordados.

Em função da metodologia aplicada no capítulo anterior, a apresentação e análise dos resultados obtidos neste estudo é efectuada no capítulo 4, enquanto que no capítulo 5 serão apresentadas as conclusões do presente estudo.

Pretende-se que este trabalho não fique por aqui pelo que, no último capítulo serão apresentadas sugestões de estudos futuros que permitam completar o presente estudo. Estas sugestões serão sobretudo ao nível de novas metodologias e análise do impacto que os veículos eléctricos terão nas várias estruturas da sociedade portuguesa e europeia.

## 2. CARACTERIZAÇÃO NACIONAL PARA MOBILIDADE ELÉCTRICA

### 2.1. Caracterização territorial

Portugal localiza-se no extremo sudoeste da Europa, com o continente a ocupar uma área de cerca de 89 mil km<sup>2</sup> e as ilhas dos Açores e da Madeira com uma área de 2,3 mil km<sup>2</sup> e de 801 km<sup>2</sup>, respectivamente. Faz fronteira com o Oceano Atlântico a Oeste e com Espanha a Este, sendo esta a ligação terrestre com o resto da Europa. O arquipélago dos Açores é formado por nove ilhas, divididas entre grupo ocidental, onde se encontram as ilhas das Flores e do Corvo, o grupo central, com as ilhas Terceira, Graciosa, São Jorge, Pico e Faial e pelo grupo oriental, composto pelas ilhas de Santa Maria, São Miguel e pelo Ilhéu das Formigas. Quanto ao arquipélago da Madeira, é composto pelas ilhas da Madeira, Porto Santos e pelos ilhéus Desertas e Selvagens. [11]

### 2.2. Caracterização demográfica

Estima-se que Portugal tenha mais de dez milhões e seiscentas mil pessoas em 2009, o que equivale a uma densidade populacional de 115,4 indivíduos por km<sup>2</sup>. No entanto, verifica-se que grande parte da população portuguesa concentra-se junto ao litoral acima do Rio Sado, com maior enfoque nas áreas metropolitanas de Lisboa e Porto, muito devido ao êxodo de população do interior do país para o litoral, verificado a partir de meados do século passado. Um sinal claro desta realidade é o facto de 115 dos 308 municípios nacionais apresentarem uma densidade populacional superior à média nacional, com 29 municípios a registarem uma densidade populacional superior a mil habitantes por km<sup>2</sup>, com especial atenção para as Áreas Metropolitanas de Porto e Lisboa, mas também Entroncamento e Funchal. Embora com uma pressão demográfica menor, destaca-se também a região do Algarve, devido a um número significativo de municípios com densidades populacionais elevadas em comparação com o restante território. Contrastando com esta realidade e pelo motivo já referido, verifica-se um despovoamento acentuado do interior do Continente com densidades populacionais reduzidas.

Zona	Portugal	Continente	R. Autónoma dos Açores	R. Autónoma da Madeira
N.º Indivíduos	10.637.713	10.144.940	245.374	247.399
Densidade populacional (N.º Indivíduos/km <sup>2</sup> )	115,40	113,90	105,70	308,80

Tabela 6: População residente e densidade populacional em Portugal - Estimativas anuais 2009

Na ilha da Madeira, o Norte, menos povoado contrasta com a maior densidade populacional do Sul com os municípios da Ribeira Brava, Câmara de Lobos, Funchal, Santa Cruz e Machico, destacando-se claramente o município do Funchal com uma densidade populacional de perto de mil e trezentos habitantes por km<sup>2</sup>. Na região autónoma dos Açores, as densidades mais expressivas encontravam-se nas ilhas de São Miguel e da Terceira, constituindo Lagoa e Ponta Delgada, em São Miguel, os

únicos municípios açorianos com uma densidade populacional acima dos duzentos e cinquenta habitantes por km<sup>2</sup>. [11]

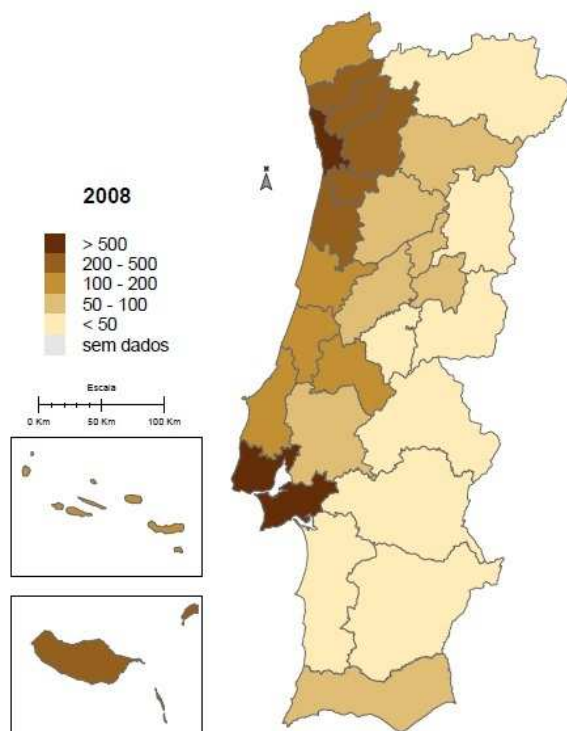


Figura 9: Distribuição da população residente em Portugal em 2008

Em termos de idades, cerca de metade da população tem idades compreendidas entre os 25 e os 59 anos e mais de 23%, têm mais de 60 anos de idade. Em termos de população jovem, mais de um quarto da população tem idades inferiores a 24 anos. Perto de 52% da população pertence ao sexo feminino.

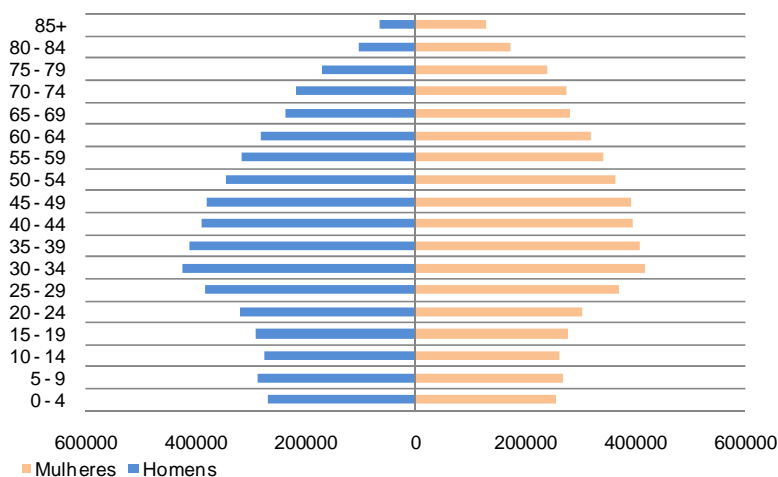


Gráfico 14: Pirâmide etária portuguesa, 2009

A grande maioria da população activa portuguesa possui habilitações ao nível do ensino básico, situação muito distante da média europeia. De facto, em termos percentuais, a população portuguesa

com o ensino básico é praticamente a mesma que a população europeia com o ensino secundário e superior juntos.

	Ensino Básico ISCED 0-2		Ensino Secundário ISCED 3-4		Ensino Superior ISCED 5-6	
	N.º	%	N.º	%	N.º	%
<b>UE-27</b>	75997,9	27,9%	127576,6	46,8%	68479,9	25,1%
<b>Portugal</b>	4172,3	70,1%	907,0	15,2%	873,0	14,7%

Tabela 7: População segundo o nível de habilitação, 25-64 anos, 2009 (em milhares)

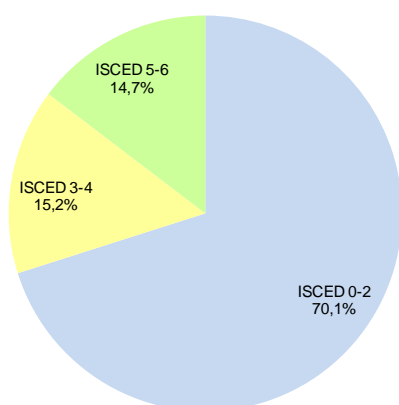


Gráfico 15: Nível de habilitações da população portuguesa entre os 25 e os 64 anos

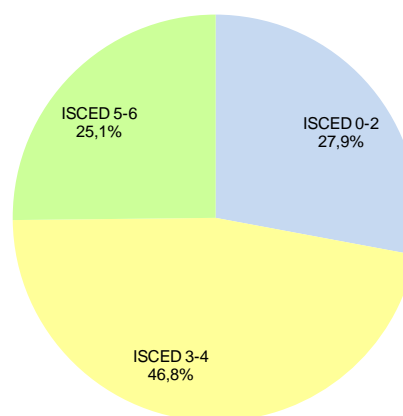


Gráfico 16: Nível de habilitações da população UE-27 entre os 25 e os 64 anos

No mercado de trabalho português, mais de 60% da população activa trabalha na área dos serviços, sendo esta a principal estrutura sectorial criadora de emprego, seguida da Indústria, Energia e Construção com perto de 27% e finalmente o sector primário (agricultura, silvicultura e pescas) com cerca de 11% da população a trabalhar neste sector.

O poder de compra dos portugueses centra-se sobretudo na região de Lisboa e do Algarve, com o seu valor a situar-se bem acima da média nacional.

	Norte	Centro	Lisboa	Alentejo	Algarve	Continente	Açores	Madeira	Portugal
<b>2005</b>	85,5%	83,9%	137,3%	85,6%	113,0%	100,5%	81,7%	96,6%	100,0%
<b>2007</b>	86,2%	83,8%	136,9%	87,3%	103,7%	100,5%	83,6%	95,5%	100,0%

Tabela 8: Poder de compra per capita em Portugal em 2005 e 2007

No desemprego, em 2009, a taxa nacional situava-se nos 9,6% contra a média europeia dos 27 países a situar-se nos 8,9%. Especial ênfase para o desemprego nas camadas jovens, em que a média nacional e europeia a 27 países, se situava nos 20,0% e 19,6%, respectivamente. [12]

### 2.3. Caracterização das infra-estruturas rodoviárias

Em 2009, a rede rodoviária nacional atingiu, no Continente, 13.112 km, repartidos pelos 2.199 km de itinerários principais, por 1.543 km em itinerários complementares, 4.939 km em estradas nacionais e 4.431 km em estradas regionais.

Com a tipologia de auto-estradas (que se sobrepõe à classificação de rede fundamental e de rede complementar), contabilizaram-se em 2009, 2.705 km, ou seja, mais de um quinto do total da rede viária. [11]

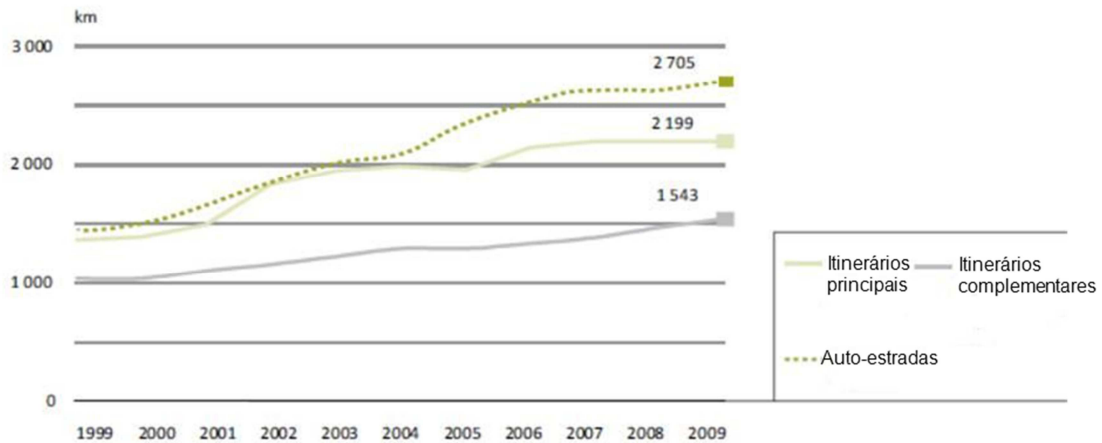


Gráfico 17: Evolução das infra-estruturas rodoviárias em Portugal - 1999 a 2009

### 2.4. Caracterização do parque automóvel

Nos últimos trinta e cinco anos, o parque automóvel nacional cresceu a uma média próxima dos 17% ao ano, passando de apenas oitocentos e quarenta e quatro mil veículos em 1974, para mais de cinco milhões e oitocentas mil viaturas a circular em Portugal, em 2009. [23]

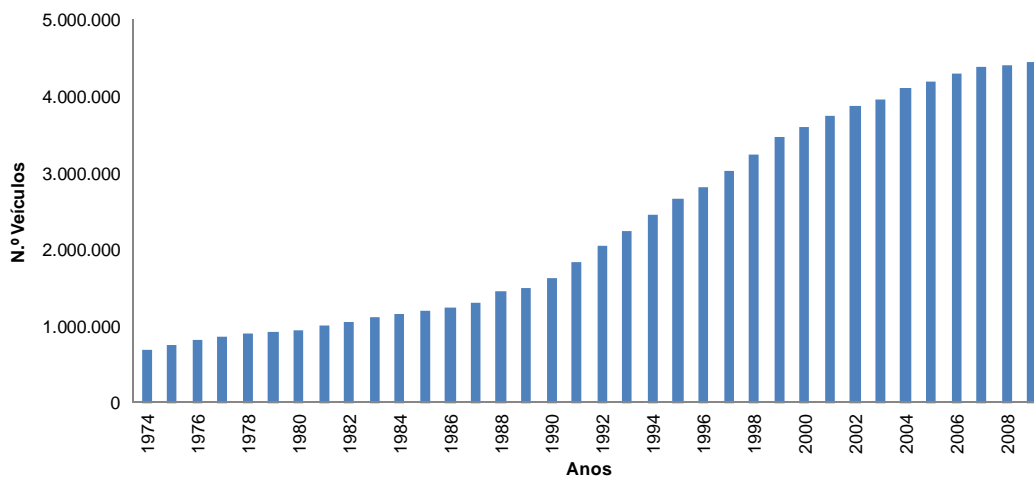


Gráfico 18: Evolução do parque automóvel ligeiro em Portugal entre 1974 e 2009

Salienta-se o facto da percentagem de veículos ligeiros ter sofrido uma ligeira quebra superior a 5% no período em análise ao passo que os veículos comerciais ligeiros mantiveram o seu valor relativo praticamente inalterável. Estes valores representam bem a importância que o veículo ligeiro tem na sociedade actual, sendo este o meio de transporte preferencial da grande maioria dos portugueses.

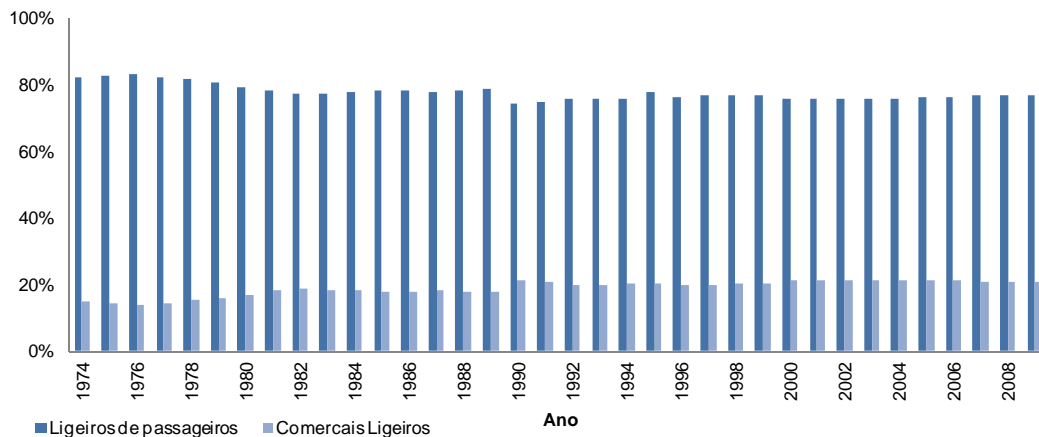


Gráfico 19: Percentagem de veículos ligeiros de passageiros e comerciais ligeiros - 1974 a 2009

Relativamente à idade do parque automóvel, verifica-se que mais de três quintos do parque existente têm mais de cinco anos de existência. Em termos médios, cada automóvel tem pouco mais de dez anos, tanto nos ligeiros de passageiros, como nos comerciais ligeiros.

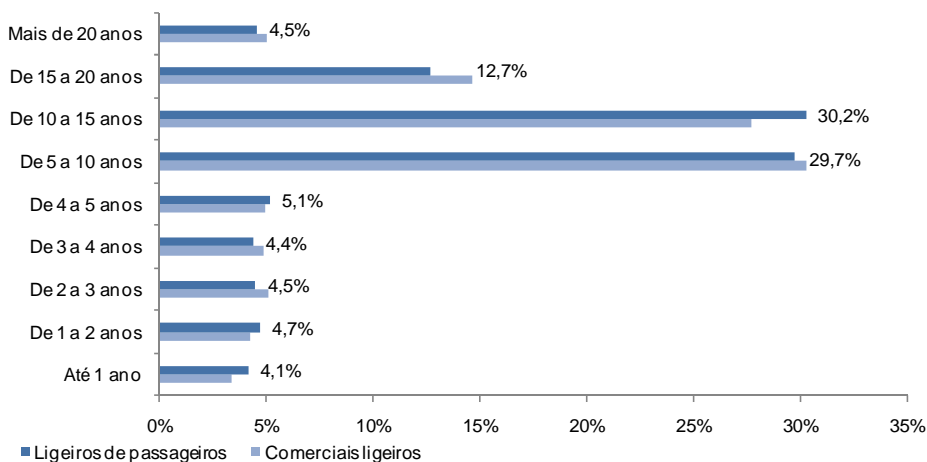


Gráfico 20: Idade do parque automóvel ligeiro em Portugal em 2009

A distribuição do parque automóvel em Portugal assemelha-se em muito à distribuição da população, com a maior parte dos veículos registados na faixa litoral Norte e Centro, bem como na região do Algarve. Destaca-se claramente a pressão automóvel em torno das grandes cidades de Lisboa e Porto, com perto de 40% do total de ligeiros de passageiros e de 30% nos veículos comerciais ligeiros.

Em termos de densidade automóvel, destaque para a Região Autónoma dos Açores, com mais de três habitantes a partilharem o mesmo veículo ligeiro de passageiros, seguido dos distritos de Bragança, Setúbal, Beja e Região Autónoma da Madeira.

Distritos	Ligeiros de passageiros *		Comerciais Ligeiros		Total Ligeiros		Habitantes por ligeiro de passageiros
	Unidades	%	Unidades	%	Unidades	%	
Aveiro	321.991	7,2%	92.526	7,7%	414.517	7,3%	2,3
Beja	60.441	1,4%	25.229	2,1%	85.670	1,5%	2,6
Braga	348.199	7,8%	101.253	8,4%	449.452	7,9%	2,5
Bragança	54.103	1,2%	28.804	2,4%	82.907	1,5%	2,7
Castelo Branco	79.813	1,8%	32.654	2,7%	112.467	2,0%	2,5
Coimbra	193.703	4,3%	55.723	4,6%	249.426	4,4%	2,3
Évora	70.904	1,6%	24.026	2,0%	94.930	1,7%	2,4
Faro	202.659	4,5%	68.336	5,7%	270.995	4,8%	2,1
Guarda	72.832	1,6%	25.588	2,1%	98.420	1,7%	2,4
Leiria	225.691	5,1%	71.799	6,0%	297.490	5,3%	2,2
Lisboa	985.881	22,1%	190.618	15,8%	1.176.499	20,8%	2,3
Portalegre	48.445	1,1%	18.489	1,5%	66.934	1,2%	2,5
Porto	729.032	16,4%	161.358	13,4%	890.390	15,7%	2,5
Santarém	200.742	4,5%	73.912	6,1%	274.654	4,9%	2,4
Setúbal	337.901	7,6%	68.518	5,7%	406.419	7,2%	2,6
Viana do Castelo	106.371	2,4%	26.190	2,2%	132.561	2,3%	2,4
Vila Real	86.733	1,9%	31.604	2,6%	118.337	2,1%	2,5
Viseu	160.269	3,6%	56.965	4,7%	217.234	3,8%	2,5
<b>Continente</b>	<b>4.285.710</b>	<b>96,2%</b>	<b>1.153.592</b>	<b>95,8%</b>	<b>5.439.303</b>	<b>96,1%</b>	<b>2,4</b>
Açores	74795	1,7%	27847	2,3%	102.642	1,8%	3,3
Madeira	96496	2,2%	22562	1,9%	119.058	2,1%	2,6

\* inclui veículos Todo-o-Terreno

Tabela 9: Parque e densidade automóvel por distrito em Portugal em 2009

Em termos de vendas de viaturas novas, em termos globais, o sector automóvel caracterizou-se por um crescimento progressivo desde 1974 até ao virar do século, ano em que se atingiram perto das quatrocentas e vinte mil unidades vendidas.

Nos ligeiros de passageiros, o crescimento ligeiro no início da década de oitenta dá lugar a um salto significativo a partir da segunda metade da década devido à entrada de Portugal na então Comunidade Económica Europeia, atingindo o seu pico de vendas, já na década de noventa, com mais de duzentas e setenta e cinco mil unidades vendidas. Desde então, o mercado tem vindo a sofrer uma redução progressiva no volume de vendas até 2008, ano em que se verifica uma quebra abrupta, superior a 25%.

Por seu lado, o mercado dos veículos comerciais ligeiros mostra-se mais estável, apesar de também ele sofrer oscilações ao longo do tempo, em linha com os restantes mercados.

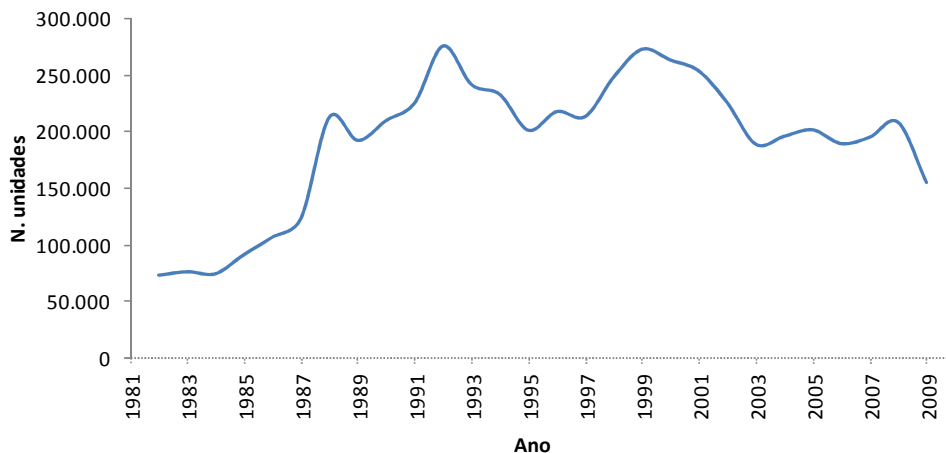


Gráfico 21: Vendas de veículos ligeiros desde 1982

Analisando as vendas de veículos ligeiros de passageiros novos nos últimos anos, no que diz respeito ao tipo de combustível, verifica-se uma clara preferência dos condutores portugueses pelas motorizações a diesel, com uma quota média acima dos 65% em detrimento da gasolina que abrange pouco mais do que um terço do total de viaturas novas vendidas nos últimos cinco anos. Em relação aos veículos híbridos, verifica-se que começa a ganhar alguma credibilidade junto dos compradores, tendo as suas vendas vindo a ser consolidadas desde 2005, onde foram vendidas apenas 759 viaturas, contra as 1151 unidades vendidas em 2009, representando já , perto de 1% do total de viaturas vendidas.

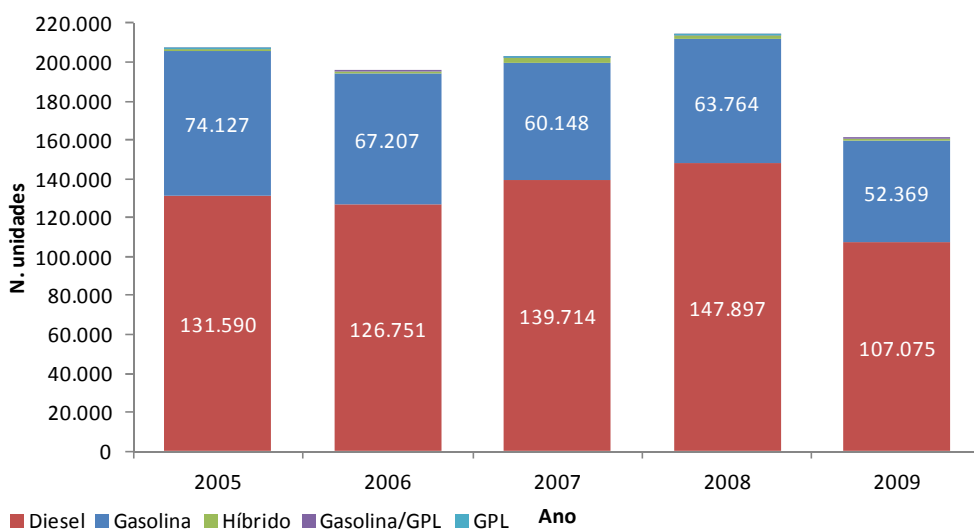


Gráfico 22: Vendas de veículos ligeiros de passageiros por tipo de combustível - 2005 a 2009

Em termos de segmentos, a aquisição de viaturas incide sobretudo na gama inferior e gamas médias, com mais de 80% do total de viaturas vendidas nos últimos anos. Especial nota para o segmento de monovolumes, sobretudo vocacionados para o transporte familiar, que representa mais de 8% das vendas.

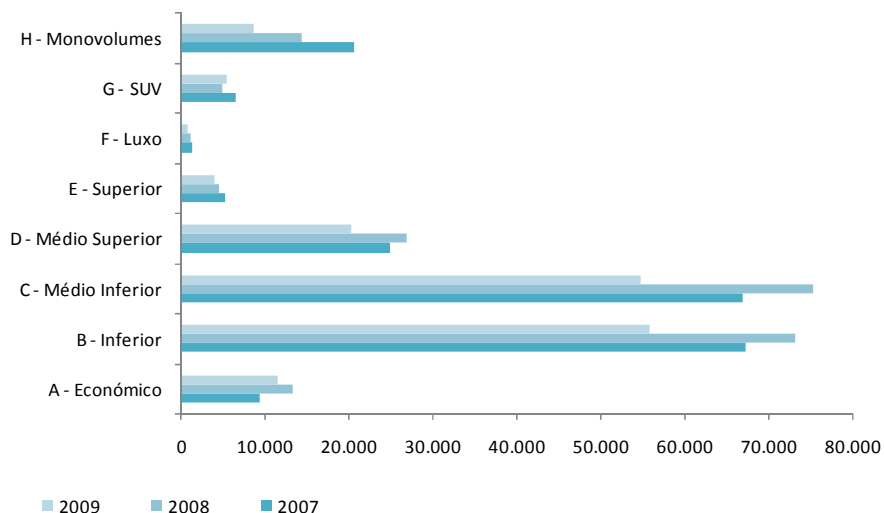


Gráfico 23: Vendas de veículos ligeiros de passageiros novos, por segmento, em 2009

Nos segmentos mais baixos, a gasolina é o combustível eleito para a maioria dos condutores ao passo que o diesel é a preferência nas gamas superiores. Enquanto que no segmento de luxo, a escolha incide de igual forma sobre ambos os tipos de combustível, nos segmentos inferior e médio inferior verifica-se uma clara aposta nos combustíveis alternativos, como as soluções híbridas ou GPL.

Segmentos	Combustível	Gasolina	Diesel	Outros	Total
A	Unidades	8.461	2.988	1	11.450
Económico	% Combustível	16,2%	2,8%	0,1%	7,1%
B	Unidades	33.559	21.821	416	55.796
Inferior	% Combustível	64,1%	20,4%	26,5%	34,7%
C	Unidades	7.702	45.871	1.075	54.648
Médio Inferior	% Combustível	14,7%	42,8%	68,5%	33,9%
D	Unidades	961	19.258	0	20.219
Médio Superior	% Combustível	1,8%	18,0%	0,0%	12,6%
E	Unidades	60	3.881	22	3.963
Superior	% Combustível	0,1%	3,6%	1,4%	2,5%
F	Unidades	279	528	13	820
Luxo	% Combustível	0,5%	0,5%	0,8%	0,5%
G	Unidades	470	4.969	42	5.481
SUV	% Combustível	0,9%	4,6%	2,7%	3,4%
H	Unidades	877	7.759	0	8.636
Monovolumes	% Combustível	1,7%	7,2%	0,0%	5,4%
<b>Total</b>	<b>Unidades</b>	<b>52.369</b>	<b>107.075</b>	<b>1.569</b>	<b>161.013</b>

Tabela 10: Vendas de veículos por segmento e tipo de combustível, em 2009

Na compra de um veículo novo de passageiros, a cilindrada e potência são dois dos factores tidos em linha de conta na escolha da viatura. Neste campo, perto de 90% dos condutores portugueses preferem motorizações entre os mil e os dois mil centímetros cúbicos e com potências superiores a 50 kW.

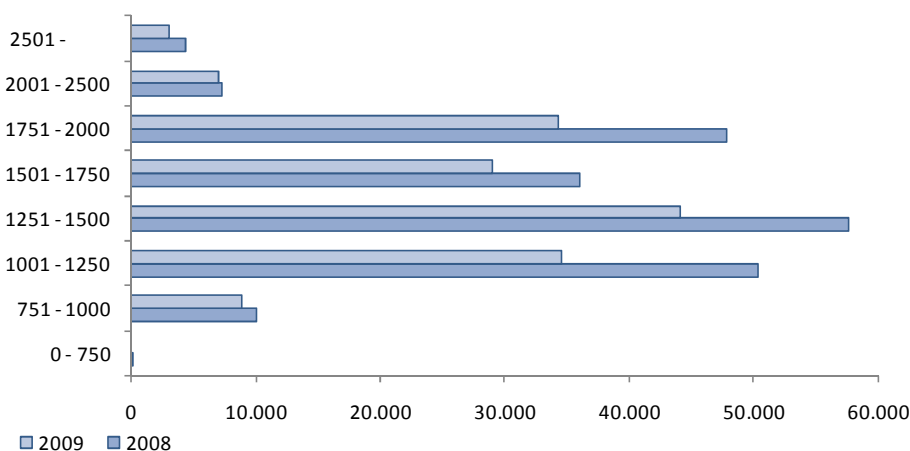


Gráfico 24: Venda de viaturas novas, por cilindrada, em cm<sup>3</sup> - 2008 a 2009

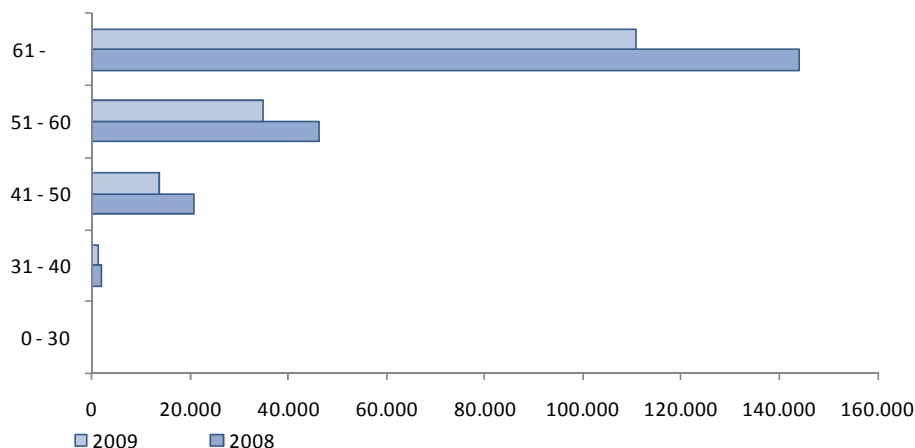


Gráfico 25: Venda de viaturas novas, por potência, em kW - 2008 e 2009

Analisando cada cilindrada em função do tipo de combustível, verifica-se que tanto em 2008 como em 2009, a gasolina prevalece nas motorizações mais baixas, enquanto que a aposta no diesel começa nas motorizações a partir dos 1.250 cm<sup>3</sup>. Verifica-se ainda um salto significativo na escolha de motorizações à base de combustíveis alternativos em 2009, com um crescimento superior a mil por cento com especial ênfase nas cilindradas compreendidas entre os 1.251 e os 1.500 cm<sup>3</sup>.

Cilindrada (cm <sup>3</sup> )	2008					2009				
	Gasolina	Diesel	Híbridos	Outros	Total	Gasolina	Diesel	Híbridos	Outros	Total
0 - 750	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
751 - 1000	9.037	1.034	0	0	10.071	8.143	667	0	0	8.810
1001 - 1250	35.451	14.869	0	0	50.321	27.190	7.022	0	1	34.214
1251 - 1500	15.698	40.279	1.607	2	57.587	13.791	29.446	924	416	44.578
1501 - 1750	1.209	34.844	0	3	36.056	1.546	27.463	0	0	29.009
1751 - 2000	1.664	46.094	0	31	47.789	1.033	33.123	151	0	34.307
2001 - 2500	76	7.168	0	0	7.244	197	6.803	0	1	7.001
2501 - ...	626	3.611	85	0	4.322	469	2.551	76	0	3.096
<b>Total:</b>	<b>63.762</b>	<b>147.899</b>	<b>1.692</b>	<b>36</b>	<b>213.392</b>	<b>52.369</b>	<b>107.075</b>	<b>1.151</b>	<b>418</b>	<b>161.016</b>

Tabela 11: Vendas de veículos em função da cilindrada e do tipo de combustível - 2008 e 2009

Finalmente, em termos de emissões de dióxido de carbono, a viaturas novas, vendidas entre 2008 e 2009 lançavam, em média 136 gCO<sub>2</sub>/km, com a gasolina a ter mais 3% de emissões de os motores a diesel.

Ano	2008	2009
CO <sub>2</sub> médio (g/km)	137	135
CO <sub>2</sub> médio (g/km) Gasolina	141	138
CO <sub>2</sub> médio (g/km) Diesel	136	134

Tabela 12: Emissões médias de gCO<sub>2</sub>/km

## 2.5. Caracterização da mobilidade

Existem poucos estudos que caracterizem a mobilidade rodoviária em Portugal. Os poucos que existem, reflectem sobretudo as opções em termos de escolha do modo de transporte utilizado nas viagens pendulares, isto é, nas deslocações casa - trabalho/escola - casa, geograficamente limitados às grandes áreas metropolitanas (A.M.) de Lisboa e Porto. Destes estudos ficam de fora as viagens de carácter profissional, do dia-a-dia ou de lazer/turismo. [13]

Em 2001, mais de 90% da população residente nas áreas metropolitanas de Lisboa e Porto residiam, trabalhavam e/ou estudavam nas próprias A.M., sendo que, tanto num caso como no outro, mais de metade deslocava-se no interior do próprio conselho de residência.

Em termos de ocupação diária, verifica-se uma grande concentração em torno dos centros empregadores durante o dia, contrastando com a pouca afluência durante o período nocturno, onde esta concentração se verifica, naturalmente, junto às zonas residências.

Na utilização dos meios de transporte, o automóvel domina sob todas os restantes modos de transporte, com 47% das preferências, seguido do transporte colectivo e das deslocações a pé, com 36% e 18%. Dentro dos transportes colectivos, o autocarro é o segundo meio de transporte mais utilizado nas deslocações nos concelhos mais centrais de ambas as A.M. enquanto nos concelhos periféricos, predominam as deslocações a pé onde ocupa a terceira posição.

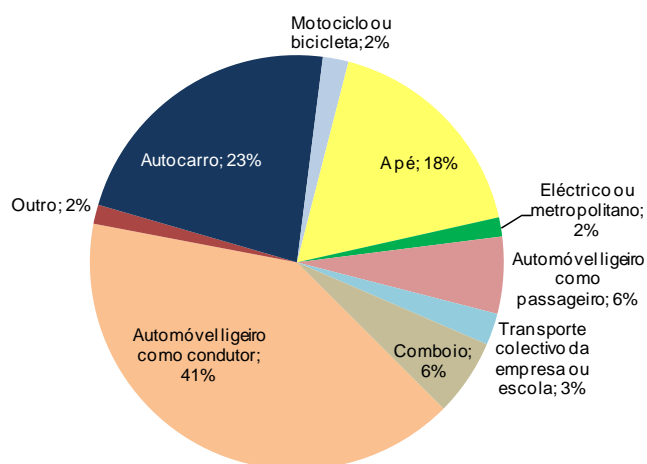


Gráfico 26: Principais modos de transporte utilizados nos movimentos pendulares

A escolha do automóvel para as deslocações pendulares está sobretudo associada a grupos socioeconómicos de topo e com níveis de escolaridade mais elevados, com predominância para a sua utilização por parte da população masculina. Dentro de cada grupo, o transporte colectivo recolhe as preferências, sobretudo da população feminina e dos estudantes. Por outro lado, as deslocações a

pé são realizadas maioritariamente pela população mais idosa, por pequenos empresários femininos e trabalhadores do sector primário.

Segundo um estudo de mobilidade realizado na cidade de Lisboa em 2003, 75% dos utilizadores do transporte individual apontaram a rapidez e a facilidade de estacionamento como as principais razões pela qual escolhem o automóvel em detrimento de outros meios de transporte. Em relação ao transporte colectivo, as razões pela sua escolha por parte da população dividem-se pela rapidez, seguida da ausência de alternativa e do preço. As deslocações a pé são escolhidas nas viagens de curta distância e/ou pelo simples prazer de andar a pé.

Mais recentemente, foi efectuado um inquérito junto de oitocentos adultos com o objectivo de aferir o interesse dos mesmos em adquirir um veículo eléctrico. Desse inquérito, que focou também aspectos de mobilidade e comportamentos, contemplou adultos com mais de 18 anos, dos quais 54% eram do sexo masculino, onde cerca de 87% dos inquiridos possuíam habilitações ao nível do ensino superior e com residência maioritariamente no distrito de Lisboa. Praticamente todos os inquiridos possuíam carta de condução e 83% têm mais de 5 anos de carta de condução. 84% das pessoas que responderam ao questionário indicaram possuir carro próprio, a maioria tendo um veículo utilitário ou pequeno familiar. A idade média do veículo situa-se maioritariamente entre os 4 e os 9 anos, sendo também neste período que é efectuada a troca do veículo antigo por um novo.

Ao nível da utilização, 78% utiliza o veículo todos os dias e mais de 90% dos inquiridos realiza viagens diárias inferiores a cem quilómetros. Ao nível da quilometragem anual percorrida, a grande maioria efectua cerca de vinte e seis mil quilómetros anualmente, compreendendo tanto viagens pendulares como viagens longas. Já no que diz respeito ao tipo de percurso realizado, 43% efectua percursos mistos que compreendem viajar tanto em cidade como em auto-estrada, 33% viaja sobretudo em ambiente citadino e 23% apenas em auto-estradas e vias equiparadas.

Em relação ao estacionamento no local de residência, factor que influencia directamente o abastecimento do veículo eléctrico, cerca de metade dos inquiridos estaciona os seus veículos na rua de forma gratuita, ao passo que 31% tem parqueamento na garagem do seu prédio de habitação e 15% reside em vivendas com garagem. Os restantes dividem-se entre parques públicos ou sujeitos a parquímetros. Já no que toca ao parqueamento das viaturas no local de trabalho, 41% tem estacionamento no parque do edifício, 26% continua a estacionar gratuitamente na via pública e 11% em parques públicos gratuitos.

Na hora de trocar de viatura, os inquiridos privilegiam o consumo de combustível, o preço e a segurança que o veículo proporciona em detrimento de argumentos como a imagem/*status* que uma viatura transmite ou as suas prestações.

No que diz respeito ao veículo eléctrico, a grande maioria conhece ou já ouviu falar das novas tecnologias utilizadas nos automóveis, nomeadamente a tecnologia híbrida e eléctrica, com 95% cada e *Plug-in* com uns "meros" 59%. Na hora de adquirir uma viatura nova em função do seu impacto

ambiental, 42% optaria por um veículo híbrido, 27% por um *Plug-In* e apenas 14% por um eléctrico enquanto que 17% dos inquiridos não sabe por qual tecnologia optaria.

Na hora de carregar a bateria do veículo eléctrico, a grande maioria optará por efectuar o carregamento na garagem da sua residência ou no local de trabalho, durante o período nocturno e assim que o mostrador da bateria indique meia carga ou menos. [14]

## 2.6. Caracterização da rede eléctrica

A rede eléctrica em Portugal está dividida em cinco grandes grupos distintos: produção, transporte, distribuição, comercialização e consumo.

### 2.6.1. Produção

Actualmente, a produção eléctrica em Portugal assenta sobretudo em centrais electroprodutoras de origem hídrica e térmica, utilizando, neste último caso, grandes quantidades de combustíveis fósseis importados. No entanto, nos últimos anos, com vista a minimizar a dependência energética externa face aos combustíveis fósseis e os impactos ambientais do sector, Portugal tem vindo a desenvolver uma forte aposta nas energias alternativas como a produção a partir da energia eólica, hídrica, fotovoltaica, biomassa e biogás.

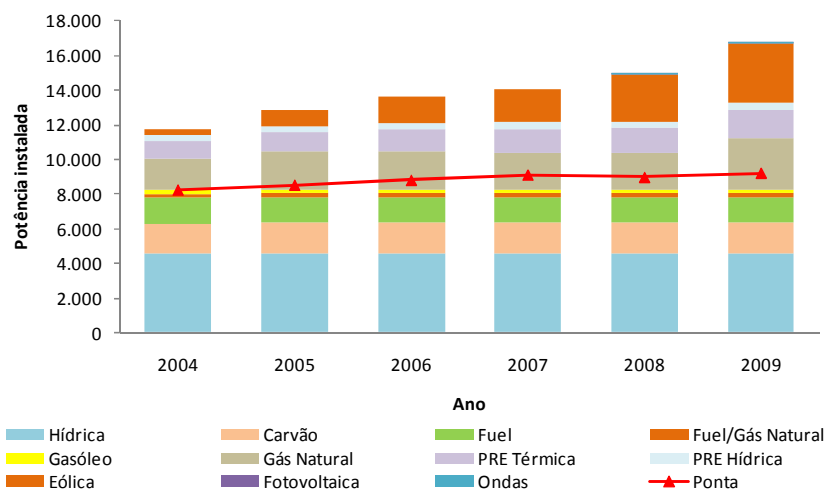


Gráfico 27: Potência instalada a 31-12-2009, por tipo de fonte

Da quota de energia eléctrica produzida a partir de fontes de energia em produção em regime especial, destacam-se os aproveitamentos eólico e mini-hídrica enquanto que tem aumentado a contribuição das centrais de co-geração para a produção combinada de calor e electricidade, sobretudo destinada a fins industriais ou de aquecimento.

Na maior parte dos casos, a distância entre a central de produção e o local de consumo é ainda grande, pelo que, a energia produzida é entregue, numa primeira fase, à rede de transporte em muito alta tensão, que a entrega à rede de distribuição local e que por sua vez irá entregá-la directamente ao consumidor. Existem, no entanto, algumas excepções a esta "regra", na medida em que a energia

proveniente das fontes de energia renovável é entregue directamente na rede de distribuição de média ou alta tensão, em função da tecnologia de produção associada. [15]

### 2.6.2. Rede de transporte

O transporte da energia produzida nas centrais electroprodutoras até ao distribuidor e alguns clientes (que por motivos de ordem técnica ou económica estão directamente ligados em muito alta tensão) é feito em Portugal pela concessionária da rede de transporte, a REN - Redes Energéticas Nacionais, que detêm a concessão de exploração das linhas de transporte durante um período de cinquenta anos. É também ao nível da rede de transporte que é feita a interligação das redes eléctricas entre Portugal e Espanha, com benefícios ao nível da segurança de ambos os sistemas e o promovendo a concorrência entre as empresas produtoras de ambos os países.

A rede de transporte em Portugal é assente maioritariamente em linha aérea, em 400 kV, 220 kV e 150 kV embora a Norte exista ainda uma linha de interligação com Espanha, explorada a 132 kV. Contudo, na região de Lisboa, existem troços subterrâneos explorados a 220 kV e 150 kV.

Nível de tensão	2008	2009
400 kV (km)	1.589	1.609
220 kV (km)	3.257	3.289
150 kV* (km)	2.667	2.671

\* Inclui 9 km de troço português da linhas de interligação internacional de 132 kV entre Lindoso e Conchas

Tabela 13: Comprimento da rede de transporte em Portugal, 2009

Para além das linhas de transporte, a rede nacional de transporte conta ainda com sessenta e uma subestações, nove postos de corte e dois postos de seccionamento. Para compensação do factor de potência a RNT possui ainda cerca de 2.050 MVar capacitivos para efeitos de compensação de potência reactiva, condensadores esses que se encontram dispersos pelas diversas subestações. [16]

Potência de transformação em serviço (MVA)	2.008	2.009
Autotransformação	9.921	10.701
Transformação	16.273	17.534

Tabela 14: Potência de transformação da RNT

### 2.6.3. Rede de distribuição

A rede de distribuição tem como objectivo permitir que a energia transportada através da rede de transporte em alta tensão (nível único de tensão de 60 kV) e em média tensão (níveis de tensão de

6,10,15 e 30 kV) seja entregue directamente ao consumidor final em baixa tensão (400V trifásica e 0,230V monofásica). A interligação entre a rede de transporte e a rede de distribuição é feita através das subestações de interligação MAT/AT. De um modo geral, a distribuição é assegurada por meio de linhas aéreas e cabos subterrâneos em alta tensão, no nível de tensão de 60 kV, em média tensão em 30 kV, 15 kV e 10 kV e em baixa tensão em 400V para sistemas trifásicos e 230 V para sistemas monofásicos.

	Linhas aéreas			Cabos subterrâneos		
	AT	MT	BT	AT	MT	BT
2008	8.380	57.700	103.250	470	14.610	30.450
2009	8.450	58.260	104.230	470	15.110	31.710

Tabela 15: Comprimento das linhas de distribuição, em km

Para além das linhas e à semelhança da rede de transporte, a constituição da rede de distribuição contempla ainda subestações, postos de seccionamento, postos de transformação e equipamentos acessórios à sua exploração, bem como as redes de iluminação pública, as ligações aos consumidores e aos centros electroprodutores. [17]

#### 2.6.4. Comercialização

Com a liberalização do mercado energético, o contacto entre os clientes e os distribuidores passou a ser canalizado através das empresas comercializadoras, excepto em questões relacionadas com a ligação à rede ou outros assuntos de natureza técnica. Pretende-se desta forma, a introdução da concorrência no sector, com benefícios para os consumidores e aumento da eficiência energética nas empresas em geral.

Com este sistema, os comercializadores têm a opção de escolher onde irão comprar e vender energia, através do direito de acesso às redes de transporte e distribuição, e por outro, os consumidores finais são livres para escolher o seu fornecedor de electricidade. [18].

#### 2.6.5. Consumo

Em termos de consumo, a rede eléctrica nacional contempla o fornecimento a perto de seis milhões de clientes, sendo que cerca de 0,4% estão ligados directamente em média, alta ou muito alta tensão.

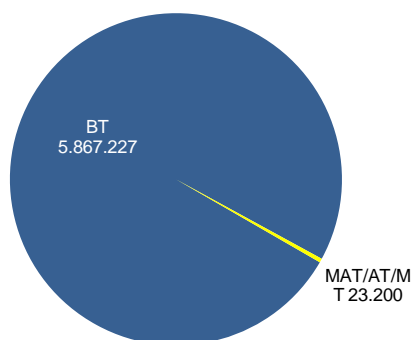


Gráfico 28: N.º de clientes de energia eléctrica

Em relação a 2008, verificou-se, em 2009, uma redução no consumo de 1,4%, em que o consumo total abastecido pela rede pública registou o valor de 49,9 TWh, 82% dos quais pertencentes aos clientes com tarifa regulada e os restantes 18% aos clientes aderentes ao mercado liberalizado.

No consumo por tipo de actividade, verifica-se que existem três grandes grupos de consumo: indústria, serviços e o consumo doméstico, representando na totalidade, cerca de 97% do consumo total. Em relação ao consumo por nível de tensão, verifica-se que o consumo doméstico, inferior a 41,1 kVA é de longe o maior consumidor eléctrico, seguido do consumo industrial em média tensão.

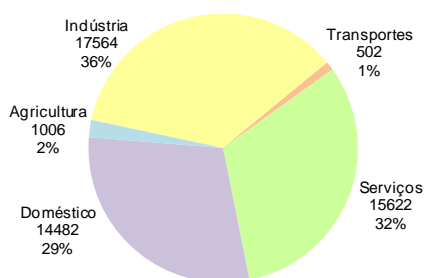


Gráfico 29: Consumo por sector de actividade

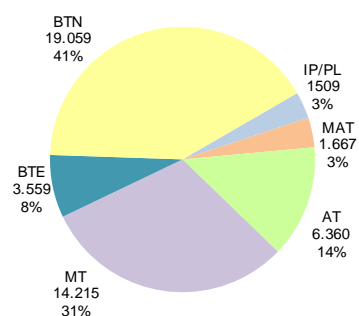


Gráfico 30: Consumo por nível de tensão

Na tabela seguinte é indicada a origem da electricidade consumida em Portugal, por tipo de fonte, nos anos de 2008 e 2009. É possível observar uma forte contribuição das fontes de energia renováveis, nomeadamente, da hídrica em regime especial e uma redução na contribuição por parte das fontes a fuel/gasóleo, bem como na importação de energia. [19]

	2008	2009	$\Delta\%$
<b>Hídrica</b>	<b>6.441</b>	<b>7.892</b>	<b>22,5%</b>
<b>Térmica</b>	<b>23.797</b>	<b>23.708</b>	<b>-0,4%</b>
Carvão	10.423	11.942	14,6%
Fuel/Gasóleo	801	303	-62,2%
Gás Natural	12.573	11.463	-8,8%
<b>Produção em regime especial</b>	<b>11.565</b>	<b>14.417</b>	<b>24,7%</b>
PRE Térmica	5.177	5.963	15,2%
PRE Hídrica	660	823	24,7%
Eólica	5.695	7.492	31,6%
Fotovoltaica	33	139	321,2%
Ondas	0	0	0,0%
<b>Saldo importador</b>	<b>9.431</b>	<b>4.777</b>	<b>-49,3%</b>
Importação	9.479	5.616	-40,8%
Exportação	40	827	1967,5%
<b>Bombagem hidroeléctrica</b>	<b>639</b>	<b>929</b>	<b>45,4%</b>
<b>Consumo Total</b>	<b>50.595</b>	<b>49.865</b>	<b>-1,4%</b>

Tabela 16: Dados gerais de produção e de consumo no S.E.N.

### 2.6.6. Diagrama de carga de inverno

De acordo com a REN, o pico de consumo eléctrico em 2009, registou-se no dia 12-01-2009, onde se verifica uma contribuição significativa das fontes de energia renováveis, coadjuvadas pelas centrais a carvão e gás mas também fuel nas horas de maior consumo. Neste dia, a importação de energia foi ainda significativa, sendo substituída pela produção hídrica ao final do dia, nomeadamente albufeiras.

[19]

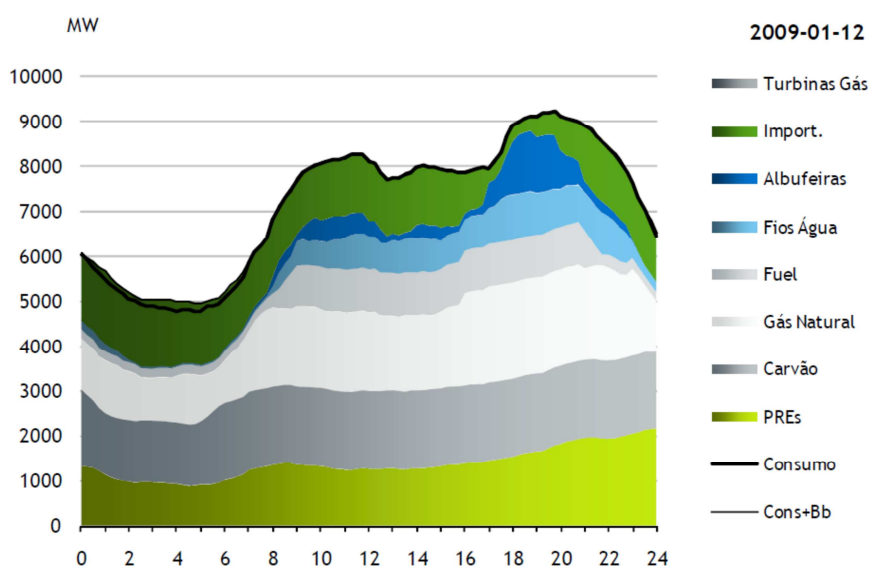


Gráfico 31: Diagrama de carga do dia de ponta anual - Inverno

### 2.6.7. Diagrama de carga de verão

Num diagrama de carga de um típico dia de Verão, a contribuição das fontes de energia renováveis para a produção de electricidade é cerca de metade da verificada no inverno com as centrais de carvão e gás natural a assumirem grande parte da produção. Em termos de importação, regista-se apenas um período durante a manhã em que a importação de energia é substituída pela produção hídrica, nomeadamente albufeiras. [19]

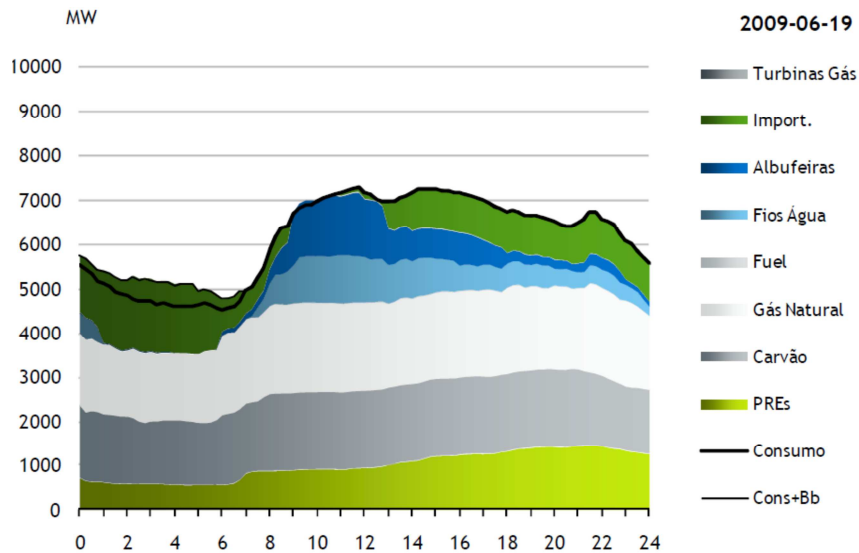


Gráfico 32: Diagrama de carga de um dia típico de Verão

Segundo a ERSE, o valor médio de perdas de energia na rede de transporte foi, em 2009 de 1,05% da energia produzida e entregue à REN, representando cerca de 523 GWh. Na rede de distribuição, este valor sobe para os 8,3%, o que corresponde a um valor de 3683 GWh em perdas de energia.

A curto prazo, o desenvolvimento da rede de transporte está a reforçar a capacidade de transporte das linhas já existentes, passando, em alguns casos, de 150 kV para linhas duplas de 400 +150 ou 220 kV, assim como a preparar a rede para receber a energia que será gerada pelas futuras barragens previstas pelo Plano Nacional de Barragens de Elevado Potencial Hídrico. Por outro lado, estão a ser também reforçadas e construídas novas ligações a produtores em regime especial cujas licenças estão já emitidas pela DGEG, como é o caso das novas centrais de ciclo combinado de Lavos e de Sines.

Ao nível do consumo, está também a ser realizado o reforço da alimentação aos grandes centros de consumo, nomeadamente Porto, Lisboa e Algarve através da abertura de novos pontos injectores bem como a preparação da rede para receber a Rede de Alta Velocidade.

Por outro lado, a capacidade de interligação com Espanha está também a ser desenvolvida com a abertura prevista de novas interligações Lagoaça - Aldeadávila e Tavira - Puebla de Guzman, integrando cada vez mais ambas as redes ibéricas.

É expectável que a médio e longo prazo, a tendência de reforço da capacidade de transporte, de ligação a novos centros electroprodutores (especialmente PRE's) e o aumento da capacidade de interligação entre ambos os países se mantenha.

## 2.7. Caracterização dos postos de carregamento

Actualmente existem várias formas de carregamento de veículos eléctricos em estudo ou mesmo já em fase de implementação e exploração. Através da "Mobi.E", até 2012, Portugal pretende implementar uma rede de postos de carregamento um pouco por todo o país, composta por 1.300 postos de carregamento normal (entre 6 e 8 horas), repartidos por 25 municípios e 50 postos de carregamento rápido (20 a 30 minutos) junto às principais vias de acesso.

Neste domínio, empresas nacionais tem vindo a desenvolver pontos de carregamento normal monofásicos de baixa potência, com tempos de carga mais longos, passíveis de serem utilizados no sector residencial ou em parques públicos mas também sistemas mais potentes, trifásicos, com intensidades de corrente e potências mais elevadas, mais vocacionados para carregamentos rápidos. Na tabela 17, encontra-se um resumo das características principais das estações de carregamento desenvolvidas pela Efacec. [20]

A este sistema de carregamento rápido, junta-se as estações de troca de baterias propostas pela Better Place, onde é possível trocar uma bateria descarregada por uma completamente cheia em cerca de 3 minutos.

Quer num caso, quer no outro, há a necessidade de compatibilizar os interfaces entre o posto/estação de carregamento e o veículo. Nesse sentido, foi criada a CHAdeMO, cujo objectivo principal é a padronização dos interfaces, quer sejam eles tomadas ou baterias.

Postos de Carregamento EFACEC							
Família	Modelo	Voltagem	Corrente	Potência	Saída	Tomada	Modo de Carga
Carregador doméstico	Básico	Monofásico	13 – 16 e 32 A	3 – 3,7 – 7,4 kVA	Cabo fixo	J1772	Modo 3
						Tipo 2	
		Tomada	Tipo 2				
	Avançado	Monofásico	Seleccionável 6 – 10 – 16 – 25 e 32 A	Gama de 1,4 a 7,4 kVA	Cabo fixo	J1772	Modo 3
					Tipo 2		
		Tomada	Tipo 2				
Carregador normal	Mobi.e® Universal*	Monofásico	16 A	3,7 kVA	Tomada	IEC/EN 60309	Modo 1/2
	Público	Monofásico	16 e 32 A	3,7 e 7,4 kVA	Tomada	Tipo 2	Modo 3
		Trifásico	32 A	22 kVA	Tomada	Tipo 2	Modo 3
		Monofásico	16 e 32 A	3,7 e 7,4 kVA	Cabo fixo	Tipo 2	Modo 3
					J1772		
Carregador rápido	DC CHAdeMo	DC	Até 125 A	50 kW	Cabo fixo	G 105	Modo 4
	AC	Trifásico	Até 63 A	43 kVA	Cabo fixo	Tipo 2	Modo 3

\* É esperado que o Mobi.e® em Modo 3 até ao final de 2010.

Tabela 17: Características dos postos de carregamento da Efacec

## 2.8. Caracterização das baterias

Até aos dias de hoje, as baterias de Níquel-Hidretos Metálicos, NiMH tem sido bastante utilizadas na produção em série de veículos híbridos. No entanto, esta bateria é possuí características pouco apelativas (nomeadamente valores de energia específica) para aplicação nos veículos eléctricos. É também aceite que esta tecnologia tenha atingido o seu potencial máximo de desenvolvimento, pelo que não é expectável que venham a existir desenvolvimentos tecnológicos ou reduções de custos nesta área. Mesmo antes das baterias NiMH, já a tecnologia NiCd tinha atingido o seu pico desde o final do século XX, pelo que os fabricantes têm vindo a apostar nas baterias a iões de lítio, (Li-ion) devido aos valores de energia específica superiores aos da tecnologia NiMH, à ausência de efeito de memória e a taxas de descarga relativamente baixas. Por estes motivos, a indústria de baterias vê o lítio como sendo a tecnologia mais promissora para aplicação em veículos eléctricos no curto e médio prazo uma vez que o seu potencial de desenvolvimento não atingiu ainda, o seu valor máximo.

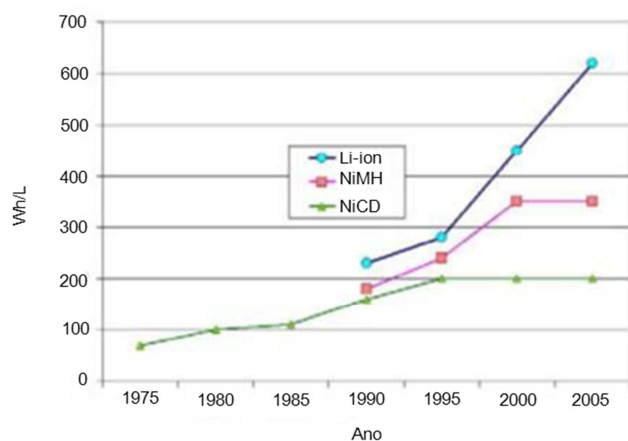


Gráfico 33: Evolução da densidade de energia das baterias em função do tipo de tecnologia

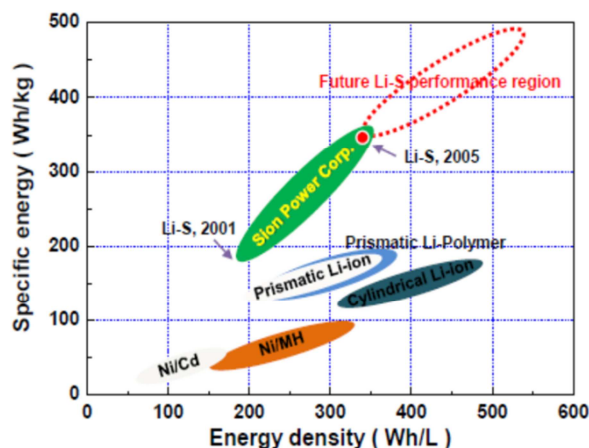


Gráfico 34: Potencial de desenvolvimento das baterias em função do tipo de tecnologia

Para efeitos de aplicação em veículos eléctricos, as baterias podem ser avaliadas segundo os seguintes aspectos:

- **Segurança:** A maior preocupação nesta matéria provém do sobreaquecimento das baterias devido a sobrecarga da bateria, taxas de descarga elevadas ou curto-circuitos advindos das reacções químicas que poderão libertar grandes quantidades de energia envolvidas no processo e que poderão provocar um incêndio na viatura. Este facto por si, poderia causar a desconfiança por parte dos consumidores na aceitação da mobilidade eléctrica e atrasar o desenvolvimento tecnológico e industrial neste campo. Assim, é necessário que os fabricantes apliquem medidas que permitam minimizar ou mesmo eliminar os efeitos do sobreaquecimento nas baterias, recorrendo a um invólucro mais robusto, um sistema de arrefecimento mais eficiente e sistemas de controlo avançados, só para mencionar alguns exemplos;

- *Vida útil:* Neste contexto, o conceito de vida útil subdivide-se em duas áreas:
  - Ciclo de carga/descarga: Número de ciclos de carga e descarga completos da bateria sem perda significativa da capacidade original de armazenamento de energia (tipicamente, 80% da capacidade inicial);
  - Tempo de vida útil: Número de anos em que é expectável que uma bateria poderá ser utilizada até deixar de servir o seu objectivo em condições de armazenamento, segurança ou performance.

As baterias actuais possuem a estabilidade necessária para a uma aplicação abrangente nos veículos eléctricos. No entanto, o seu tempo de vida útil continua a ser uma incógnita, muito devido ao envelhecimento dos materiais em certas condições, embora alguns fabricantes garantam dez anos de utilização sem problemas de degradação ou perda de características, muito devido ao sobredimensionamento das baterias;

Uma outra abordagem poderá passar pela aplicação de baterias mais pequenas e com uma vida útil mais curta, podendo ser trocadas ao abrigo de programas de troca de baterias permitindo, por um lado, uma introdução mais rápida (no tempo), menos dispendiosa dos veículos eléctricos no mercado e por outro, dar algum fôlego aos fabricantes de baterias para desenvolverem a tecnologia;

- *Performance:* As baterias para os veículos eléctricos terão de ser capazes de serem utilizadas sem degradação significativa da sua capacidade, em condições climáticas adversas, como sendo um dia quente de verão ou em temperaturas muito baixas durante o inverno. Neste campo, os fabricantes poderão desenvolver baterias específicas, optimizadas em função das condições de cada mercado, tendo em linha de conta que este ponto poderia criar entraves à mobilidade das viaturas entre países;
- *Energia específica:* Hoje em dia, a capacidade de armazenamento de energia específica - medida em energia por quilograma de peso (kWh/kg) - de uma bateria é de cerca de um por cento da energia específica de um depósito de combustível de gasolina. Em termos comparativos, uma bateria poderá atingir uma densidade energética entre 80 e os 120 Wh/kg ao passo que um depósito de gasolina chega aos 13.000 Wh/kg. Prevê-se que este parâmetro não venha a sofrer desenvolvimentos significativos no futuro, fazendo com que os veículos eléctricos se mantenham com uma autonomia entre os 250 e os 300 quilómetros;
- *Potência específica:* Representa a quantidade de potência entregue pela bateria por cada quilograma de massa da mesma - medida em potência por quilograma de massa (W/kg) - é importante, sobretudo nos veículos híbridos devido às pequenas mas rápidas descargas de energia. No entanto, nos veículos eléctricos, este parâmetro não é tão crítico como a energia específica dado que actualmente, a potência específica é equivalente ou mesmo superior a um modelo equivalente a um motor de combustão interna;

- *Tempo de carga:* Tempos de carregamento das baterias de seis a oito horas numa tomada de 230 Vac, são actualmente, uma das barreiras tecnológicas ao desenvolvimento comercial dos veículos eléctricos, quando comparados com uns insignificantes dez minutos para atestar um depósito de combustível. Este tempo pode ser reduzido significativamente com recurso a métodos de carregamento mais sofisticados, que poderão envolver tomadas trifásicas ou estações de carregamento podendo, neste último caso, carregar grande parte da bateria em apenas vinte minutos. No entanto, estes carregamentos ultra rápidos acarretam problemas de aquecimento da bateria que terão que ser resolvidos através de sistemas de arrefecimento existentes no veículo. Está em aberto também, uma solução de troca de baterias em estações adequadas em que um "carregamento" poderá levar cerca de três minutos, tempo necessário à toca da bateria descarregada por uma totalmente carregada. Para além de um sistema de gestão de baterias mais complexo é necessário que os fabricantes de baterias e automóveis terão que chegar a um standard de bateria que seja comum a qualquer veículo, independente da sua marca;
- *Custo:* Actualmente, o custo de uma bateria varia entre os \$990 e os \$1.220/kWh. É expectável que a produção em série das baterias em função da introdução do veículo eléctrico nos mercados faça cair os preços das matérias-primas em particular e os custos de produção e desenvolvimento em geral, sendo possível atingir um custo entre os \$360 e os \$440/kWh nos próximos dez anos, valor ainda longe do objectivo de \$250/kWh definido pelo United States Advanced Battery Consortium.

A tabela seguinte pretende fazer uma comparação dos valores típicos para características de cada tecnologia, em função da configuração do veículo. [10] [21]

Configuração		HEV	BEV	PHEV
Matéria-prima		NiMH	Li-ion	Li-on
Autonomia	km	0	241 - 322	16 - 97
Capacidade de armazenamento	kWh	1,3	30 - 60	4 - 30
Energia específica	Wh/kg	46	110 - 160	110 - 160
Potência máxima	kW	27 - 135	--	40 - 100
Potência específica	W/kg	1300	1500	500 - 1500
Peso da bateria	kg	29	200 - 500	70 - 190
Tempo de vida útil	Anos	10 a 15	10 a 15	10 a 15
Ciclos de carga/descarga	--	--	--	> 2500
Custo específico	€/kWh	600	--	750 - 1500

Tabela 18: Características técnicas das baterias - Dados indicativos

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Introdução

No presente capítulo será explicada a metodologia aplicada neste estudo, com vista a determinar qual o impacto que os veículos eléctricos terão ao nível do consumo de combustível, das emissões de CO<sub>2</sub> e do diagrama de carga eléctrico diário. Serão apresentadas as expressões de cálculo utilizadas que permitirão atingir o objectivo a que este trabalho se propõem, devidamente fundamentadas e apoiadas em artigos científicos, notícias de imprensa, artigos de opinião ou informação comercial.

Pelo facto de não existirem registos históricos relacionados com a introdução de veículos eléctricos em larga escala e deste trabalho se centrar no futuro a médio e longo prazo, houve a necessidade de se assumir alguns pressupostos e considerações, justificadas e referenciadas, por forma a ser possível efectuar alguns dos cálculos apresentados.

Numa primeira fase, para se determinar o consumo e as emissões de CO<sub>2</sub> de um veículo adimensional foram dados os seguintes passos:

- Listagem das características técnicas dos veículos com motor de combustão interna actualmente à venda em Portugal;
- Segmentação e enquadramento dos veículos em função das suas características e das categorias definidas pela ACAP, bem como a determinação dos consumos e emissões médias de cada categoria;
- Determinação do consumo de combustível e das emissões de CO<sub>2</sub> para um veículo genérico a gasolina e a diesel, em função da percentagem de vendas inerente a cada combustível;
- Cálculo do consumo médio de combustível e das emissões médias de CO<sub>2</sub> de um veículo adimensional, em função da percentagem de vendas de veículos para cada tipo de combustível.

Seguidamente, para efectuar a previsão do crescimento do parque automóvel e da introdução dos veículos eléctricos até 2030, recorreu-se a:

- Função de Distribuição Logística, para estimar a evolução do crescimento do parque automóvel, tendo por base o histórico da ACAP, no período compreendido entre 1974 e 2009, bem como da informação contida em diversos artigos científicos e notícias de imprensa;
- Modelo de Fisher-Pry tendo como ponto de partida a informação contida em diversos artigos científicos e notícias de imprensa.

Foi também efectuado o cálculo referente aos hábitos de utilização de um veículo de combustão interna e de um veículo eléctrico, com o objectivo de determinar:

- O número de quilómetros que um veículo percorre durante um ano;

- O consumo anual de combustível de um veículo ligeiro de passageiros;
- As emissões de CO<sub>2</sub> libertadas por estes veículos para a atmosfera em igual período.

Ao nível do diagrama de carga eléctrico, os cálculos efectuados tiveram em linha de conta com:

- O consumo por quilómetro de um veículo eléctrico;
- Os quilómetros percorridos em deslocações pendulares;
- O diagrama de carga eléctrico do dia de maior consumo do ano de 2009.

Finalmente foram efectuados os cálculos referentes ao consumo energético, tendo em conta todo o parque automóvel de veículos de combustão interna existentes em cada ano, até 2030, por forma a ser possível efectuar a comparação com o consumo inerente à utilização de veículos eléctricos.

### **3.2. Oferta e distribuição automóvel**

A oferta de veículos com motores de combustão interna actual à venda no mercado nacional é imensa com os construtores automóveis a apresentarem características mecânicas, performances e preços que tentam diferenciar-se da restante concorrência. Segundo uma revista da especialidade, existem mais de 1.500 modelos diferentes à venda em Portugal, desde os modelos mais económicos até aos mais potentes e luxuosos, passando pelos segmentos médios, sempre muito competitivos. Com base neste panorama, o desafio passa por perceber quais serão as características de consumo e de emissões que um veículo automóvel único, de combustão interna, representativo de todo o parque circulante, poderá ter. [22]

Numa primeira abordagem, pretende-se conhecer quais as características de consumo de combustível e emissões de dióxido de carbono de um qualquer veículo automóvel com motor de combustão interna. Pretende-se que as características deste veículo único sejam representativas de todos os modelos em circulação em Portugal.

Para determinar qual o consumo e as emissões de dióxido de carbono médias importa, numa primeira fase, obter informação de todos os veículos existentes à venda e enquadrá-los dentro de umas dada categoria de veículo. Para tal socorremo-nos da informação dos construtores, disponibilizada e presente na imprensa especializada no mercado automóvel, nomeadamente:

- Marca, modelo e versão;
- Cilindrada, tipo de combustível, consumo em circuito misto e emissões de CO<sub>2</sub>.

Face à diversidade dos veículos, optou-se por enquadrar cada veículo face a um dos oito segmentos de automóveis ligeiros de passageiros definidos pela ACAP:

- Económico
- Médio Inferior
- Superior
- Luxo
- Inferior
- Médio Superior
- Monovolume
- SUV (*Sport Utility Vehicle*)

A compilação destes dados servirão como referência para perceber qual o volume de combustível actualmente gasto por veículos com motores de combustão interna e as suas respectivas emissões de CO<sub>2</sub> permitindo determinar os potenciais ganhos com a adopção dos veículos eléctricos enquanto modo de transporte preferencial.

De referir que, as mais de 1.500 versões diferentes de veículos automóveis correspondem a cerca de 1.200 modelos com características diferentes, sobretudo nos parâmetros em análise no presente estudo. Não é objectivo deste trabalho perceber a razão de existirem diferentes valores declarados de emissões de dióxido de carbono num dado modelo ou consumos diferentes em motores com a mesma cilindrada e potência mas importa sim, contabilizar os seus valores por forma a obter um resultado tão próximo da realidade quanto possível. Para simplificar esta tarefa, evitando duplicações de dados, não foram contabilizados modelos e versões cujos parâmetros de consumos e emissões são iguais, sendo a diferenciação entre eles apenas ao nível da versão e do equipamento disponibilizado.

Após a listagem dos dados, os veículos foram divididos pelas oito categorias indicadas anteriormente, tendo em conta as características de cada modelo. Na falta de uma definição clara das características de cada categoria por parte da ACAP, a segmentação dos veículos foi feita, de uma forma empírica, tendo em conta os seguintes aspectos:

- Tipo de veículos (Todo-o-terreno, familiar, Desportivo, etc.);
- Preço;
- Marca;
- Modelo;

É do senso comum que veículos da mesma categoria apresentam consumos e emissões diferentes, em função do tipo de combustível de cada motor. Tendo este ponto em consideração, foi efectuada a separação entre modelos com motores a gasolina e motores a diesel com o objectivo de determinar o consumo e as emissões médias nos vários binómios categoria/combustível.

Importa salientar que uma pequena minoria de fabricantes não indicam os consumos ou as emissões dos seus modelos pelo que, para efeitos do presente estudo, os seus valores foram estimados tendo em conta os valores mais altos obtidos no seu segmento.

Na falta de dados concretos acerca da forma como o parque automóvel está distribuído actualmente, a categorização efectuada assume um papel preponderante na medida em que se assume que existe uma relação directa entre a distribuição do parque automóvel ligeiro circulante e as vendas anuais de veículos de cada segmento.

A distribuição do volume de vendas em cada segmento utilizada neste estudo teve por base dados de 2009, disponibilizados no relatório anual da ACAP para as diversas categorias. Excluem-se deste estudo, todos os veículos comerciais ligeiros devido ao elevado número de quilómetros efectuados diariamente, valor esse muito acima da autonomia máxima de qualquer veículo eléctrico actual, o que, combinado com os tempos de carregamento actuais, torna economicamente impraticável a utilização destes veículos na vertente eléctrica. Para além deste factor, o objectivo deste estudo passa por avaliar o impacto da troca de um veículo ligeiro de passageiros com motor de combustão interna ao nível da utilização pessoal, por um veículo eléctrico. [23]

Embora os veículos híbridos estejam já representados nas estatísticas oficiais disponíveis, estes foram excluídos deste estudo devido à sua baixa representatividade no mercado nacional e por conseguinte, pouca influência nos resultados globais. Ainda assim e a título de curiosidade, um veículo híbrido tem um consumo médio de combustível de 3,3 litros/100 km e emissões de CO<sub>2</sub> na ordem das 77 gCO<sub>2</sub>/km. O combustível utilizado em todos os modelos à venda em Portugal é a gasolina, independentemente do segmento, marca ou modelo.

### 3.3. Consumo de combustível de um veículo de combustão interna

Tendo por base os pressupostos já definidos, avancemos para a determinação do consumo médio do veículo adimensional que se pretende obter. Para tal, é efectuada a média simples do consumo de cada veículo em função do número total de veículos de cada categoria. (1)

$$\overline{Cons}_{cat} = \frac{1}{n_{tc}} \cdot \sum_{c=1}^{n_{tc}} x_c \quad (1)$$

$\overline{Cons}_{cat}$ : Consumo médio da categoria;

$n_{tc}$ : Número total de veículos pertencentes à categoria;

$x_c$ : Variável representativa do consumo de cada veículo.

O mesmo princípio é aplicado em relação às emissões de dióxido de carbono, onde se relaciona as emissões de dióxido de carbono de cada veículo com o número total de veículos pertencentes a essa categoria. (2)

$$\overline{Em}_{cat} = \frac{1}{n_{tc}} \cdot \sum_{e=1}^{n_{tc}} x_e \quad (2)$$

$Em_{cat}$ : Emissões de CO<sub>2</sub> médias da categoria;

$n_{tc}$ : Número total de veículos pertencentes à categoria;

$x_e$ : Variável representativa das emissões de CO<sub>2</sub> de cada veículo.

Tal como indicado anteriormente, assume-se que as vendas anuais de veículos ligeiros de passageiros representam, com um elevado grau de confiança a dispersão do parque automóvel em circulação, pelos diversos segmentos. Nesse sentido, importa conhecer a quota de vendas afectas a cada um dos segmentos por forma fazer reflectir a contribuição de cada categoria no consumo e no nível de emissões do veículo adimensional.

	Gasolina	Diesel	Híbrido
Económico	16,2%	2,8%	0,1%
Inferior	64,1%	20,4%	26,5%
Médio Inferior	14,7%	42,8%	68,5%
Médio Superior	1,8%	18,0%	0,0%
Superior	0,1%	3,6%	1,4%
Monovolume	0,5%	0,5%	0,8%
Luxo	0,9%	4,6%	2,7%
SUV	1,7%	7,2%	0,0%

Tabela 19: Percentagem de vendas de veículos novos por segmento - 2009

Com base nos pressupostos que temos vindo a enunciar, estamos em condições de determinar qual o consumo médio de combustível, relacionando o consumo por categoria de veículo com a quota de vendas da respectiva categoria, vendas essas referentes ao ano de 2009. (3)

$$\overline{CMC} = \sum_{n_{cat}=1}^{n_{cat}} (CMCV \cdot \%Vendas_{cat}) \quad (3)$$

$CMC$ : Consumo médio por tipo de combustível;

$CMCV$ : Consumo médio por categoria de veículo;

$\%Vendas_{cat}$ : Percentagem de vendas da categoria referente ao ano de 2009.

O mesmo princípio é aplicado para o cálculo das emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera de cada categoria, onde se relaciona as emissões médias por categoria de veículo com a quota de venda da respectiva categoria. (4)

$$\overline{EMC} = \sum_{n_{cat}=1}^{n_{cat}} (\overline{EMV} \cdot \%Vendas_{cat}) \quad (4)$$

$EMC$ : Emissões médias por tipo de combustível;

$EMV$ : Emissões médias por categoria de veículo;

$\%Vendas_{cat}$ : Percentagem de vendas da categoria referente ao ano de 2009.

Por analogia com o assumido para a caracterização do parque automóvel, para determinar o consumo e as emissões de um veículo único, é importante considerar as vendas de veículos em função do tipo de combustível utilizado. É do conhecimento comum que as vendas de veículos ligeiros a diesel subiram nos últimos anos e que actualmente, o parque automóvel a diesel é praticamente idêntico ao da gasolina, situação esta que tem tido também alguma contribuição para a aproximação do preço do litro de ambos os combustíveis que se tem verificado ao longo dos últimos anos.

Assim, torna-se possível aferir as características do veículo ligeiro adimensional tendo em consideração os consumos genéricas de um veículo a gasolina, a diesel e a representatividade de cada combustível em termos de vendas. (5)

$$\overline{CMC}_{AD/100km} = \overline{CMC}_{Gasolina/100km} \cdot \%Vendas_{Gasolina} + \overline{CMC}_{Diesel/100km} \cdot \%Vendas_{Diesel} \quad (5)$$

$CMC_{AD/100km}$ : Consumo médio de combustível de um veículo adimensional por cada 100 km's;

$CMC_{X/100km}$ : Consumo médio de um veículo genérico a gasolina, diesel por cada 100 km's;

$\%Vendas_X$ : Percentagem de vendas de veículos a gasolina, diesel, referente ao ano de 2009.

Para a determinação das emissões de  $CO_2$  do veículo adimensional, segue-se o mesmo princípio, relacionado as emissões de um veículo genérico a gasolina, a diesel e a representatividade de cada combustível em termos de vendas. (6)

$$\overline{EMC}_{AD/100km} = \overline{EMC}_{Gasolina/100km} \cdot \%Vendas_{Gasolina} + \overline{EMC}_{Diesel/100km} \cdot \%Vendas_{Diesel} \quad (6)$$

$EMC_{AD}$ : Emissões médias de um veículo adimensional por cada 100 km's;

$EMC_X$ : Emissões médias de um veículo genérico a gasolina, diesel por cada 100 km's;

$\%Vendas_X$ : Percentagem de vendas de veículos a gasolina, diesel, referente ao ano de 2009.

No que diz respeito a custos inerentes à utilização de um veículo, o factor que mais peso tem nas despesas mensais de um agregado familiar são, de longe, os custos com os combustíveis.

Desde 2008 que estes custos têm vindo a aumentar com a escalada de preços que se tem verificado, muito devido à permanente flutuação do preço do barril de petróleo nos mercados internacionais. Esta variação, fruto da grande dependência de muitos países desenvolvidos ou em vias de

desenvolvimento e das crises bélicas que assolam os países produtores deste hidrocarboneto, cada vez mais escasso e precioso na economia global, tem feito com que cada vez mais pessoas optem por se fazerem transportar em transportes públicos. Desta forma o custo com combustíveis por cada cem quilómetros percorridos, relaciona o consumo médio de combustível determinado anteriormente com o preço médio de um litro de combustível, determinado entre os preços de um litro de gasolina e de gasóleo. (7)

$$C_{UtilAD/100km} = \overline{CMC_{AD/100km}} \cdot PComb_{médio} \quad (7)$$

$C_{UtilAD}$ : Custo de utilização de um veículo adimensional por cada 100 km's;

$CMC_{AD}$ : Consumo médio de um veículo adimensional;

$PComb_{médio}$ : Preço médio de um litro de combustível.

Para determinar o custo por quilómetro referente apenas aos combustíveis será necessário determinar qual o consumo por quilómetro. (8)

$$\overline{CMC_{AD}} = \frac{CMC_{AD/100km}}{100} \quad (8)$$

$CMC_{AD}$ : Consumo médio, por km, de combustível de um veículo adimensional;

$CMC_{AD/100km}$ : Consumo médio de um veículo genérico a gasolina, diesel por cada 100 km's.;

$\%Vendas_x$ : Percentagem de vendas de veículos a gasolina, diesel, referente ao ano de 2009.

O preço do combustível utilizado neste estudo teve como referência, os valores praticados em Portugal Continental a 28 de Fevereiro de 2011 para a gasolina e para o diesel, tendo em conta a média ponderada entre ambos os preços. De realçar que, desde essa data, os preços dos combustíveis têm sofrido aumentos consecutivos, muito influenciados pelos conflitos sócio-políticos e armados que têm vindo a assolar os países de Norte de África, de onde é originário uma boa quota de produção de petróleo mundial. Destaque ainda para o forte sismo que abalou o Japão em Março de 2011, com magnitude 9.0 na escala de Richter, seguido de tsunami, que veio colocar em causa alguma da capacidade de produção de electricidade por parte das centrais nucleares japonesas e que dessa forma, contribuíram para um aumento do preço do petróleo nos mercados internacionais. Assim, o custo de utilização relaciona o consumo por quilómetro com o preço médio de combustível. (9)

$$C_{UtilAD} = \overline{CMC_{AD}} \cdot PComb_{médio} \quad (9)$$

$C_{UtilAD}$ : Custo de utilização de um veículo adimensional;

$CMC_{AD}$ : Consumo médio de um veículo adimensional;

$PComb_{médio}$ : Preço médio de um litro de combustível.

### 3.4. Evolução do parque automóvel até 2030

Desde os perto de 700 mil em 1974 até aos perto de 4,5 milhões em 2009, o parque automóvel ligeiro tem vivido um crescimento substancial, sobretudo com a entrada de Portugal na Comunidade Económica Europeia, altura em que se registou um crescimento anual na ordem dos 10% ao ano.

No entanto, desde o início da década de 90 que se sente uma desaceleração neste crescimento, verificando-se que o parque automóvel começa a mostrar sinais de alguma saturação. Desde então, mesmo com a introdução de medidas de incentivo à troca de viaturas mais antigas por carros novos que cumprem as directivas comunitárias referentes aos consumos e às emissões de CO<sub>2</sub>, com melhores performances, mais económicos e seguros, este crescimento tem sido cada vez menor, com o parque a registar um crescimento médio de 1,7% entre 2004 e 2009 e com tendência para que este crescimento continue a diminuir nos próximos anos.

Num futuro a curto prazo, com o clima socioeconómico actual, onde a dívida pública portuguesa atinge cerca de 87% do Produto Interno Bruto Português e com o auxílio recente por parte das entidades internacionais nomeadamente, Comissão Europeia, Fundo Europeu de Estabilização Financeira e Fundo Monetário Internacional no panorama nacional, não será de esperar que a retoma do sector possa vir a acontecer no médio prazo nem que o parque automóvel possa vir a crescer muito mais até 2030. Um sinal claro deste cenário de crise foi a abolição do programa de renovação do parque automóvel com mais de dez anos, com muitos consumidores a anteciparem a compra de uma nova viatura até final de 2010 e conseqüente estagnação na aquisição de viaturas novas no primeiro semestre de 2011.

Por outro lado, de acordo com o EUROSTAT, é expectável que em Portugal, a taxa de motorização possa atingir os 616 veículos motorizados por cada 1000 habitantes em 2050. Tal significa que possam vir a circular cerca de 7 milhões de veículos ligeiros de passageiros nas estradas portuguesas, valores estes utilizados como referência na previsão de crescimento do parque automóvel efectuada neste estudo. [24]

Para a determinação do crescimento do parque automóvel a médio-longo prazo, recorreu-se aos dados da ACAP, no período entre 1974 e 2009, associando este histórico à Função de Distribuição Logística. (10) [24]

Esta função descreve uma curva sigmóide (em forma de 'S') utilizada habitualmente em estudos de crescimento populacional. É uma função probabilística que, no âmbito do presente estudo pretende estimar anualmente o número de veículos ligeiros de passageiros a circular nas estradas portuguesas até 2030 bem como, observar a evolução do parque automóvel no período em análise. Esta função é definida pelo declive da curva de evolução do parque automóvel entre 1974 e 2009 e pelo número de veículos que se supõe existirem em 2050, tal como indicado anteriormente. [25]

$$Y = \frac{C}{1 + A \cdot e^{B \cdot x}} \quad (10)$$

Y: Número anual estimado de veículos ligeiros em circulação;

A: Constante de deslocamento da curva;

B: Declive da curva de evolução do parque automóvel entre 1974 e 2009;

C: Número estimado do parque automóvel ligeiro em 2050;

x: Ano.

Com base na função de distribuição logística, é expectável que a evolução do parque automóvel venha a ter o comportamento indicado no gráfico 36.

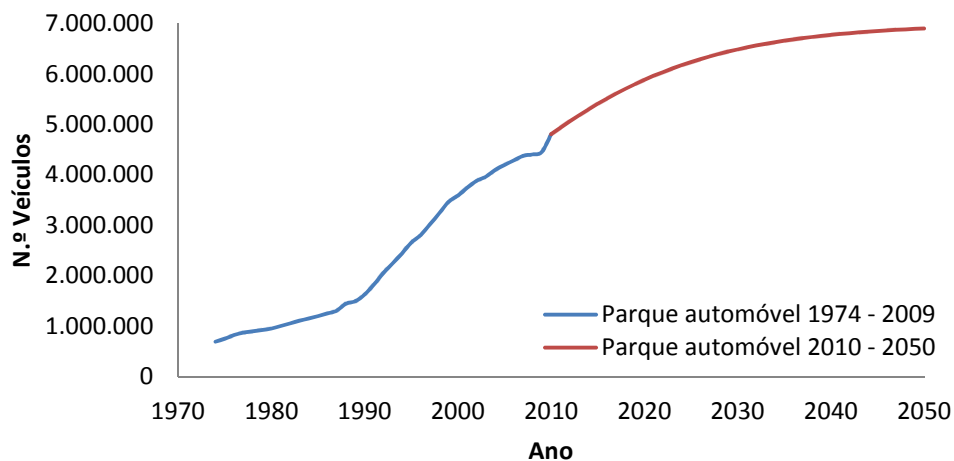


Gráfico 35: Evolução do parque automóvel ligeiro de passageiros 1974-2009 e previsão 2010-2030

A previsão obtida tem como base um cenário "*business as usual*", em que apenas é considerada a existência de veículos de combustão interna a gasolina e a diesel. Será a partir deste cenário base que serão efectuadas as diversas comparações com os cenários de introdução de veículos eléctricos no mercado nacional, nomeadamente nas reduções que se esperam que aconteça ao nível do consumo de combustível e das emissões de CO<sub>2</sub> em cada ano.

### 3.5. A mobilidade eléctrica

Com a estimativa de evolução do parque automóvel efectuada, importa agora perceber quais as vantagens e condicionantes que estarão presentes na introdução da mobilidade eléctrica automóvel na realidade portuguesa.

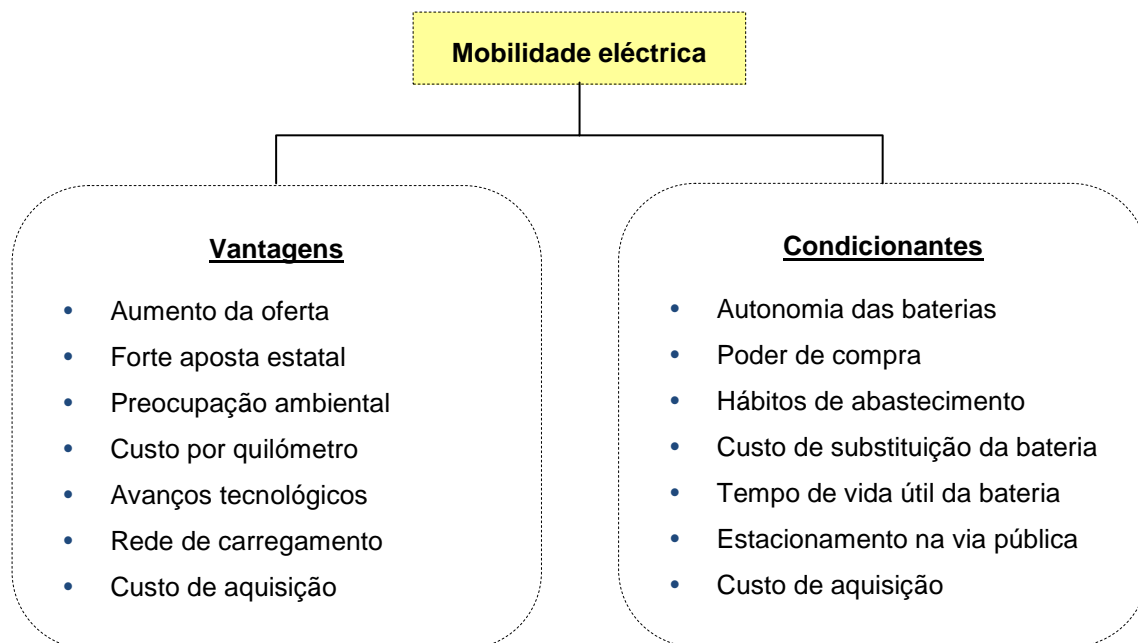


Figura 10: Vantagens e condicionantes da mobilidade eléctrica

Do lado das vantagens temos claramente o início da comercialização de veículos eléctricos no final de 2010, com a certeza de que praticamente todos os fabricantes apresentaram modelos eléctricos entre 2010 e 2011. Embora numa fase inicial, alguns fabricantes tenham preferido apostar em modelos Plug-In, a oferta de veículos totalmente eléctricos tem vindo a crescer e é expectável que a médio prazo, todas as marcas venham a possuir um modelo eléctrico em comercialização

A preocupação ambiental será certamente um ponto a favor da electrificação dos veículos. No entanto, crê-se que será o custo por quilómetro substancialmente mais baixo do carro eléctrico face ao equivalente a combustível fóssil, que facilitará adopção dos veículos eléctricos na hora de adquirir um novo automóvel. Nestes custos, incluem-se igualmente os custos de manutenção do veículo, substancialmente menores devido à menor mecanização do veículo.

Por outro lado, o custo de aquisição do veículo, embora inicialmente elevado, terá tendência para reduzir substancialmente ao longo dos próximos anos devido ao aumento da procura, à diminuição dos custos de produção e ao aumento da concorrência por parte dos fabricantes.

A rede de postos de carregamento que, numa primeira fase atingirá os 1.350 postos em todo o país já em 2012, com enfoque nos grandes eixos de circulação rodoviária, tanto nas cidades como nas vias rápidas. Perspectiva-se a expansão da mesma nos próximos anos aliada a incentivos fiscais na troca de um veículo de combustão interna por um eléctrico; descontos na tarifa eléctrica por parte de uma empresa fornecedora de electricidade.

De salientar ainda a forte aposta do Estado português nesta tecnologia com o objectivo de criar um "cluster" de desenvolvimento em Portugal que coloca o país na linha da frente mundial na utilização

dos veículos eléctricos. É notória a promoção efectuada pelo Governo Português aos carros eléctricos, com o Primeiro-Ministro cessante a fazer-se chegar a eventos públicos neste veículo.

Por outro lado, existem factores que dificultarão a adopção deste tipo de veículos, nomeadamente o preço elevado dos veículos eléctricos que mesmo com os incentivos estatais, continua a ser um grande entrave no momento da compra.

A reduzida autonomia das baterias obrigará os consumidores a efectuarem carregamentos diários e durante o período nocturno, por forma a poderem usufruir dos preços mais baixos na tarifa eléctrica. Este factor por si obrigará a uma alteração nos hábitos de abastecimento do veículo por parte dos consumidores, razão que poderá vir a ter alguma resistência por parte dos mesmos.

A nível económico, o baixo poder de compra da maioria dos consumidores portugueses, obriga-os à aquisição de um veículo que possa servir tanto para as suas viagens com percursos mais curtos como para as viagens mais longas.

Também o facto de actualmente, muitos dos veículos estacionarem na via pública durante o período nocturno, em locais sem postos de carregamento, vem acrescentar dificuldades em todo o processo de abastecimento das baterias. Ainda em relação às baterias, não esquecer as limitações no que diz respeito ao seu tempo de vida útil e custo de substituição.

Estes factores, tanto a favor como contra, dificultam a tarefa de prever qual será a taxa de penetração deste tipo de veículo. Segundo fontes ligadas ao Ministério da Economia, as melhores expectativas apontam para que em 2020, cerca de 10% dos veículos a circular em território nacional sejam eléctricos, representando entre quinhentos e seiscentos mil veículos eléctricos. [26]

### 3.5.1. Evolução do parque automóvel eléctricos até 2030

Para efectuar a previsão de evolução dos veículos eléctricos no mercado nacional foi utilizado o modelo de crescimento de Fisher-Pry (11) dado que a sua aplicação permite estimar qual a quota de mercado que uma dada tecnologia terá no mercado a que se destina, em função de determinados parâmetros, previamente definidos. [27] [28] [29] [30]

Neste estudo em particular, o parâmetro "a" representa o ponto em que o crescimento atingirá 50% de adopção de uma dada tecnologia e onde se dará a inflexão da curva de crescimento tecnológica, a partir do qual o crescimento da curva tenderá a ser cada vez menor, até que seja atingida a saturação. Já o parâmetro "b" pretende estimar qual a percentagem de crescimento de uma dada tecnologia no período em análise e a variável "y", que representa o ano. (11)

$$F(t)\% = \frac{1}{1 + e^{[-b \cdot (y-a)]}} \quad (11)$$

a: Ano em que o crescimento atingirá 50% de adopção de uma dada tecnologia;

b: percentagem de crescimento de uma dada tecnologia num dado período;

y: Ano.

Esta curva é caracterizada por três fases: a de introdução (Fase 1), a de expansão (Fase 2) e finalmente a de saturação (Fase 3), tal como se pode verificar na Figura 11.

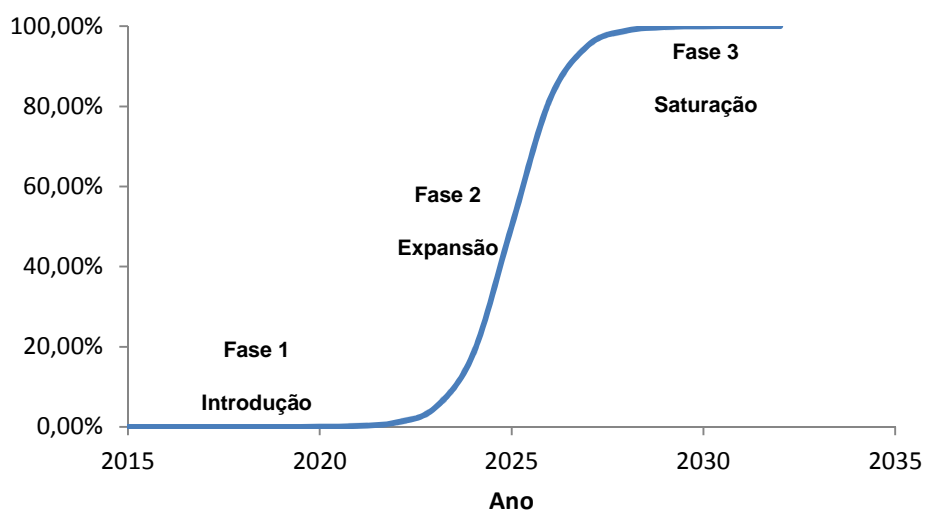


Figura 11: Evolução do modelo de Fisher-Pry

**Fase 1 - Introdução:** O crescimento é muito lento devido à novidade da tecnologia. Nesta fase é significativo o desconhecimento da tecnologia por parte do consumidor, havendo algum receio no momento da aquisição. Sendo uma fase cujas vendas são pouco significativas, o custo da tecnologia é normalmente alto, direccionando as vendas para as classes socioeconómicas superiores.

**Fase 2 - Expansão:** Fase onde a tecnologia amadurece e torna-se acessível a um número cada vez maior de pessoas, devido ao maior conhecimento das suas vantagens, acompanhada por alguma concorrência e conseqüente descida de preços. É uma fase em que o crescimento é exponencial e onde atinge o seu ponto de inflexão, altura a partir do qual, o crescimento tende a diminuir lentamente.

**Fase 3 - Saturação:** Nesta fase, o crescimento é muito pequeno, com o mercado a adquirir modelos para troca de equipamentos antigos,

Dada a inexistência de um histórico de vendas capaz de poder ser aplicado numa previsão de vendas no futuro, assumir-se-á ao longo deste estudo que as vendas iniciais de veículos eléctricos, nomeadamente até 2015 seguirão a evolução das vendas dos veículos a diesel verificadas no período compreendido entre 1990 e 1994, aplicando um factor de correcção de 1,5%. Este factor de redução, pretende aproximar a curva de penetração dos diesel à curva estimada dos eléctricos entre 2011 e 2015, com base na venda de 52 veículos eléctricos registadas entre Janeiro e Abril de 2011. A

manter-se este ritmo de vendas, 2011 terminará com cerca de 156 veículos a circular nas estradas nacionais, valor este atingível com o factor de correcção indicado anteriormente. Nos 3 anos seguintes, ou seja até 2014, manteremos o mesmo princípio por forma a ser possível efectuar uma previsão de evolução das vendas anuais através do modelo de Fisher-Pry.

Neste estudo, os parâmetros da função serão definidos e devidamente justificados para um cenário base, considerado como sendo aquele que terá maior probabilidade de acontecer e dois outros cenários: um optimista, onde a introdução de veículos eléctricos é superior ao expectável e um pessimista, onde a adopção dos veículos eléctricos fica aquém do que é esperado em relação ao cenário base.

### **3.5.2. Cenário Base**

Neste cenário, assume-se como plausível que exista um crescimento de 30% nas vendas dos veículos eléctricos até 2030 em relação a valores de 2011, com o ponto de inflexão do crescimento a dar-se em 2025. Para estes valores contribuem os seguintes factores:

- Algumas estimativas apontam para que a maturidade da tecnologia eléctrica associada à mobilidade seja atingida ao fim de 8 anos. No entanto, crê-se que este período seja demasiado curto para que os veículos eléctricos atinjam uma cota de mercado significativa; [31]
- Espera-se que a evolução da tecnologia inerente à mobilidade eléctrica conhecerá novos desenvolvimentos a partir da segunda metade da presente década, nomeadamente ao nível da capacidade das baterias de iões de lítio, o que virá certamente potenciar as vendas deste segmento;
- É expectável que os custos de produção diminuam no médio prazo, com reflexão ao nível do preço de aquisição, tornando o veículo eléctrico mais apetecível para o consumidor final; [10]
- Actualmente, os preços dos combustíveis fósseis estão a sofrer oscilações constantes nos mercados internacionais devido a conflitos bélicos e sociais nos países produtores mas também devido à exploração intensiva das jazidas que obriga a investimentos avultados em tecnologia de perfuração por forma a permitir efectuar a captação a maiores profundidades. Por estes motivos, é expectável que os preços dos combustíveis possam vir a aumentar nos próximos anos, tornando as viaturas com motores de combustão interna menos apetecíveis;
- Desconhece-se para já qual a política que o novo governo irá adoptar nesta matéria, pelo que assume-se que a aposta na mobilidade eléctrica se mantenha mas que perca alguma da notoriedade dada pelo anterior executivo. Há no entanto que salientar, que existem metas europeias a cumprir relativas às emissões de CO<sub>2</sub> já para 2020, o que poderá gerar a manutenção dos programas de incentivos em curso ou mesmo a criação de programas adicionais.

Com base nestes argumentos, é expectável que os veículos eléctricos sigam o comportamento indicado no gráfico seguinte.

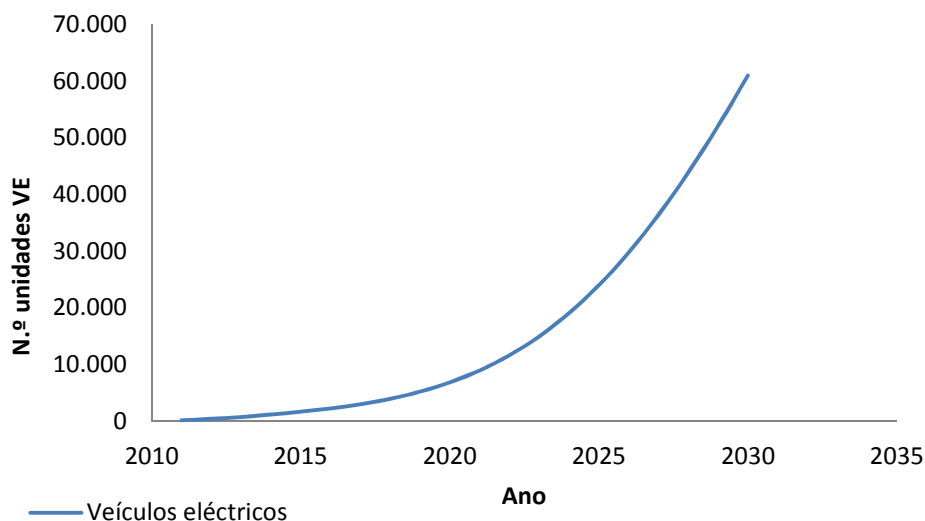


Gráfico 36: Cenário base de evolução do parque automóvel existente até 2030

### 3.5.3. Cenário Optimista

Assume-se como possível, que a adopção da tecnologia eléctrica possa ter um comportamento mais favorável do que o previsto no cenário base. Neste cenário, o ponto de inflexão da função logística poderá dar-se já em 2020 e poderemos estar perante um crescimento nas vendas de não mais do que 50% até 2030. Para este cenário contribuem os seguintes factores:

- Aumento contínuo do preço dos combustíveis que segundo algumas notícias vinculadas na imprensa, poderão a vir a estabilizar nos 200 dólares por barril num horizonte temporal de 2 a 3 anos;
- Crescimento económico em linha com o verificado no resto da Europa, já a partir de 2015, com o término do programa de ajuda externa a que Portugal aderiu em 2011 e cujo prazo de duração previsto é de 3 anos; [33]
- Aposta clara e inequívoca por parte do actual e futuros executivos governamentais, com a introdução de incentivos fiscais na compra e utilização destes veículos;
- Tarifas de electricidade bonificadas para proprietários de veículos eléctricos, baixando significativamente os custos com o abastecimento; [32]
- Entradas permitidas nos centros das cidades. Note-se a título de exemplo, que ainda durante o ano de 2011, a Câmara Municipal de Lisboa irá vedar o acesso à baixa lisboeta a veículos matriculados antes de 1992, por forma a restringir o acesso a veículos muito poluentes. Esta proibição será aumentada em 2012 a toda a cidade de Lisboa; [36]
- Faixas de circulação e estacionamento dedicados para veículos eléctricos nos centros das cidades; [37]

- Expansão da rede de postos de carregamento para veículos eléctricos para além dos 1.350 postos de carregamento, permitindo que um veículo que circule dentro da cidade não esteja muito longe de um posto de carregamento, bem como a possibilidade de ser criada uma rede nacional de postos de carregamento rápido nas auto-estradas;
- Redução do tempo de carga rápida das baterias dos actuais 30 minutos para cerca de 10 a 15 minutos para carregamento de 80% da bateria; [34] [35]
- Evolução muito significativa a médio prazo no que toca à capacidade das baterias, aumentando a autonomia do veículo para valores mais próximos dos valores verificados para veículos a gasolina;
- Aumento da concorrência, com os fabricantes automóveis a lançarem novos modelos e evoluções, com conseqüente redução do preço de venda ao público destes veículos.

Num cenário optimista, a evolução das vendas anuais terá o comportamento verificado no gráfico seguinte.

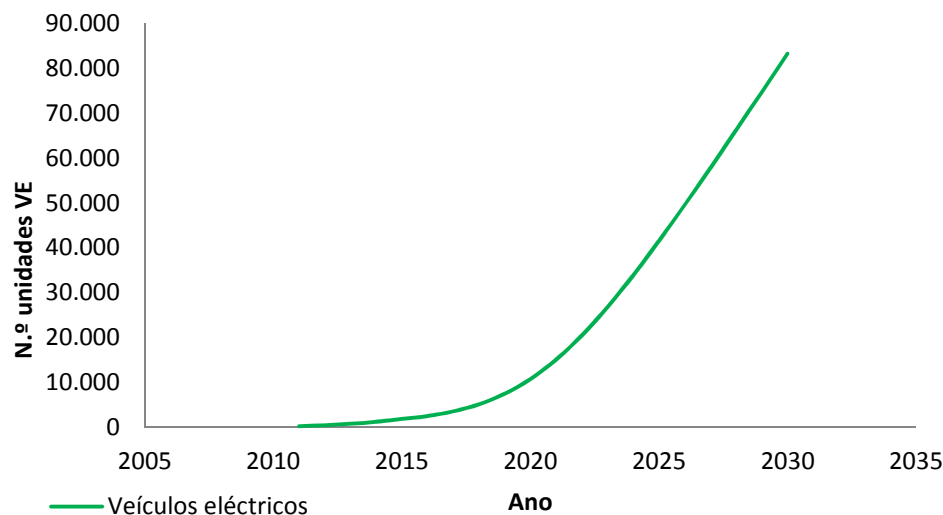


Gráfico 37: Cenário optimista de evolução do parque automóvel existente até 2030

#### 3.5.4. Cenário Pessimista

Num cenário pessimista, assumiremos que a introdução da tecnologia se fará lentamente, com a inflexão a registar-se apenas em 2040 e uma taxa de crescimento de apenas 20% até 2030. Para este cenário contribuem:

- Grande relutância na adopção dos veículos eléctricos por parte dos consumidores, muito potenciadas pelas limitações económicas (baixo poder de compra e custo elevado do veículo) e tecnológicas (fraca autonomia da bateria, limitações ao nível do carregamento da mesma);
- Contágio da crise grega aos países periféricos nos quais se insere Portugal, dando origem a uma recessão que se poderá estender para lá de 2013, com conseqüente instabilidade social e clara diminuição do poder de compra dos consumidores portugueses; [38]

- Abandono ou redução na aposta da mobilidade eléctrica por parte do governo, com cortes nos incentivos fiscais bem como na promoção dos veículos eléctricos;
- Possível congelamento da expansão da rede de postos de carregamento de veículos eléctricos, mantendo-se os actuais 1.350 postos previstos em 2012, colocados juntos das zonas de maior circulação;
- No que concerne aos veículos eléctricos, a existência de apenas alguns desenvolvimentos tecnológicos de pouca relevância, mantendo-se o actual estado da arte até 2030;
- Estabilização dos preços dos combustíveis nos 120 dólares por barril, com consequente estabilização dos preços dos combustíveis praticados nos postos de abastecimento.

Neste cenário, a evolução das vendas terá a evolução verificada no gráfico seguinte.

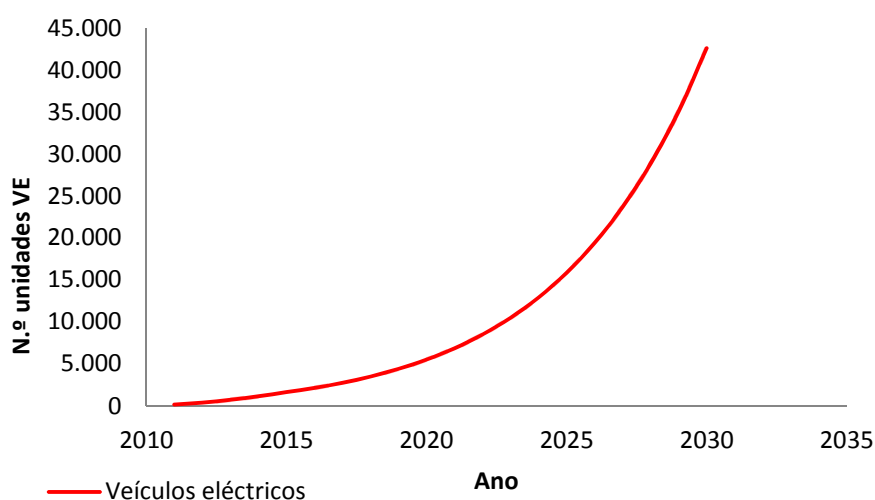


Gráfico 38: Cenário pessimista de evolução do parque automóvel existente até 2030

Por forma a melhor perceber as diferenças nas vendas anuais em função de cada cenário, apresenta-se a compilação da evolução das três hipóteses até 2030. Estes três cenários permitirão aferir o impacto que os veículos eléctricos terão no consumo de combustível, nas emissões de CO<sub>2</sub> e no diagrama de carga nacional eléctrico.

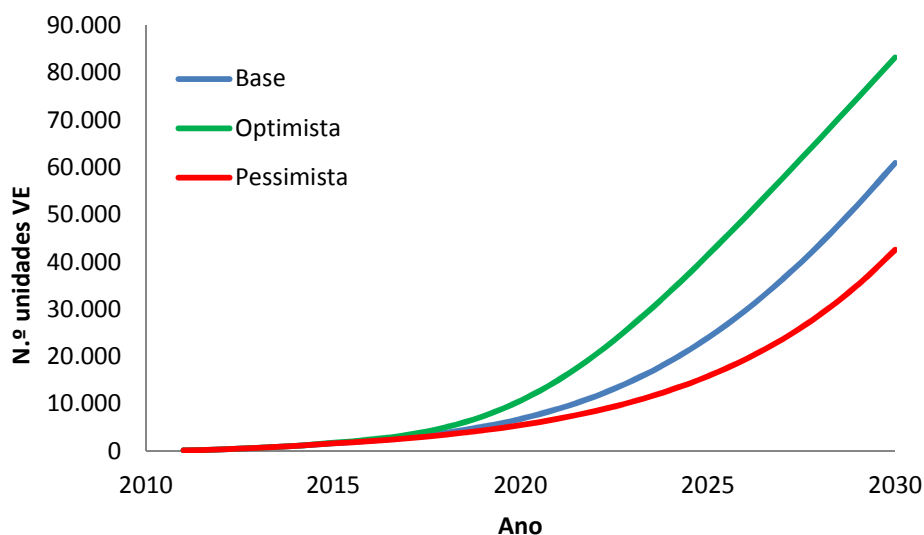


Gráfico 39: Resumo dos cenários de evolução pessimista, base e optimista do parque automóvel até 2030

### 3.6. Impacto no diagrama de carga eléctrica

Importa perceber qual o impacto que os veículos eléctricos terão ao nível do consumo eléctrico e, uma vez que o carregamento será sobretudo suportado pela rede eléctrica, qual será o impacto deste consumo no diagrama de carga eléctrica diário.

Para a realização deste estudo, foi tido em conta o diagrama de carga com o consumo eléctrico mais elevado do ano de 2009, registado no dia 12 de Janeiro de 2009 e considerado um aumento de consumo de 2,4% ao ano até 2030, valor este estimado a partir da evolução média no consumo registada entre 2004 e 2010.

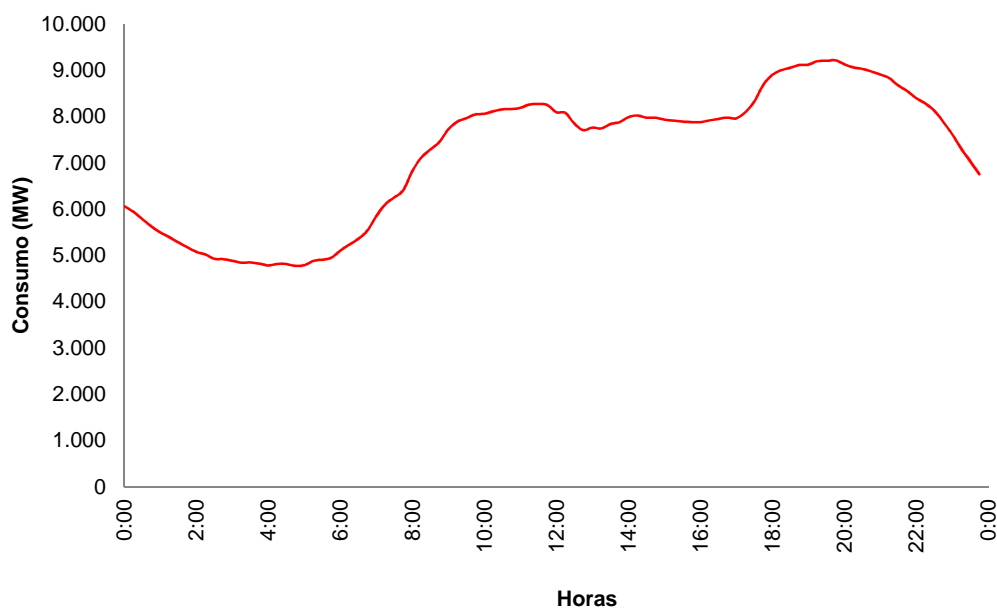


Gráfico 40: Diagrama de carga eléctricos do dia 12 de Janeiro de 2009 - Fonte REN

### 3.6.1. Perfis de carga das baterias

O impacto dos veículos eléctricos no diagrama de carga eléctrico diário dependerá do perfil de carga das baterias adoptado. Caso o carregamento das baterias não siga determinadas regras, a utilização dos veículos eléctricos enquanto utensílio para atingir uma menor dependência energética poderá traduzir-se num verdadeiro fiasco. Importa portanto, perceber de que forma os vários perfis de carga das baterias influenciarão o diagrama de carga. Para tal, foram adoptados os três perfis de carregamento definidos pelo EPRI: para os veículos PHEV, para um cenário de carregamento descontrolado e para um cenário de carga das baterias controlado. Por fim, foi desenvolvido um quarto perfil de carregamento, tendo em conta os pressupostos indicados adiante.[39]

#### 3.6.1.1. Perfil de carregamento EPRI - PHEV

O perfil de carregamento das baterias EPRI - PHEV é um perfil que se caracteriza sobretudo por um dois períodos distintos:

- O primeiro, durante o período nocturno, em que se espera que cerca de 60% dos veículos se encontrem ligados à rede eléctrica a serem abastecidos, por forma a aproveitarem o tarifário de vazio para garantir um abastecimento mais barato;
- O segundo período, com um impacto substancialmente menor, que ocorrerá durante o período diurno, onde se espera que cerca de 12% dos veículos estejam a ser abastecidos a partir da rede.

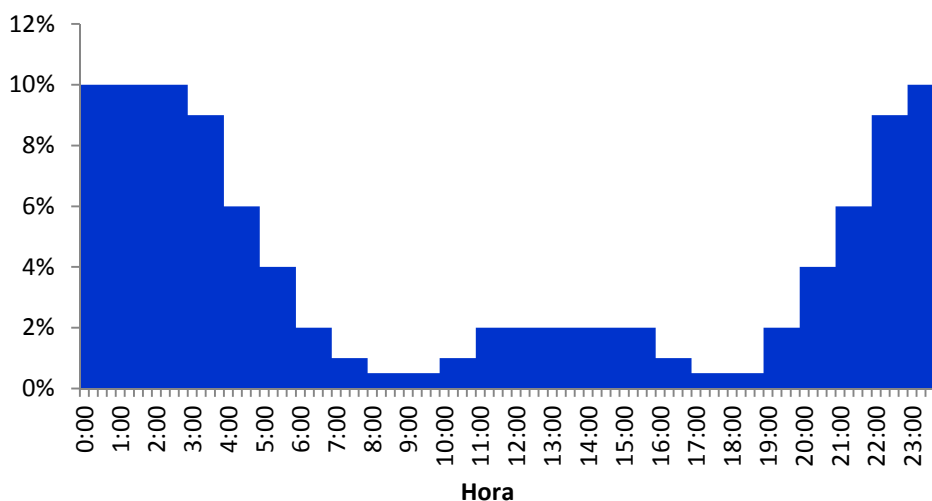


Gráfico 41: Perfil de carga da EPRI para PHEV

#### 3.6.1.2. Perfil de carga EPRI - Carregamento descontrolado

Num perfil de carregamento descontrolado, haverá a tendência para ligar o veículo ao final do dia, após a chegada ao domicílio por forma a iniciar o abastecimento do veículo durante o período

nocturno, pelo que é expectável que 72% do abastecimento ocorra entre as 19h e as 24h. Haverá ainda o receio de que o veículo possa não ter bateria para fazer face a uma urgência ou a uma saída inesperada. Durante o dia, os abastecimentos verificados terão um valor reduzido, tendo este abastecimento origem nos postos de carregamento rápido para fazer face a uma viagem ou consumo inesperado.

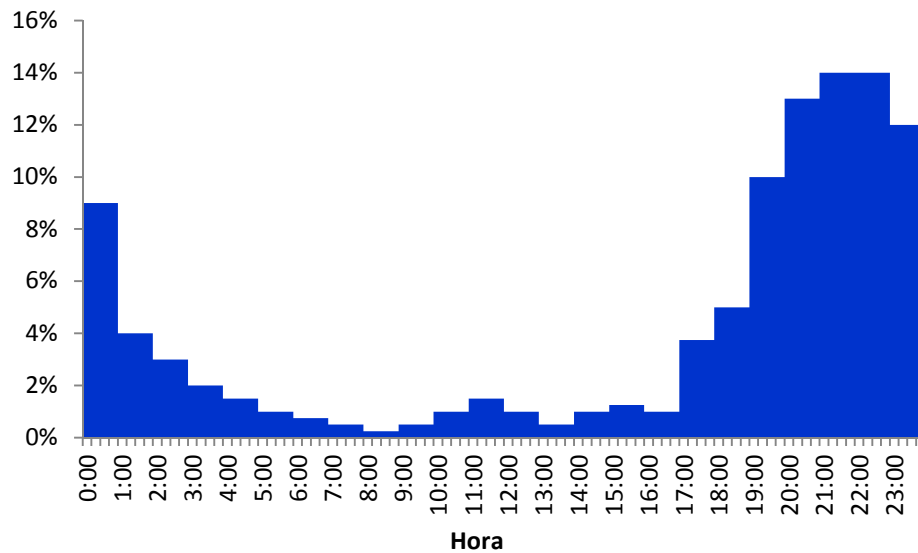


Gráfico 42: Perfil de carga EPRI para carregamento descontrolado

### 3.6.1.3. Perfil de carga EPRI - Carregamento em horário de vazio

O carregamento controlado prevê que aproximadamente 88% dos veículos sejam carregados durante o período nocturno, após a entrada do tarifário de vazio por forma a usufruir de tarifas mais baixas. De realçar que o carregamento das baterias é distribuído ao longo de todo o período nocturno. Durante o período diurno, o carregamento é praticamente inexistente, existindo um ligeiro aumento entre as 17h e as 20h, altura em que são efectuadas as viagens de regresso a casa e onde poderá ser necessário efectuar um abastecimento de emergência que permita que os condutores cheguem ao seu destino.

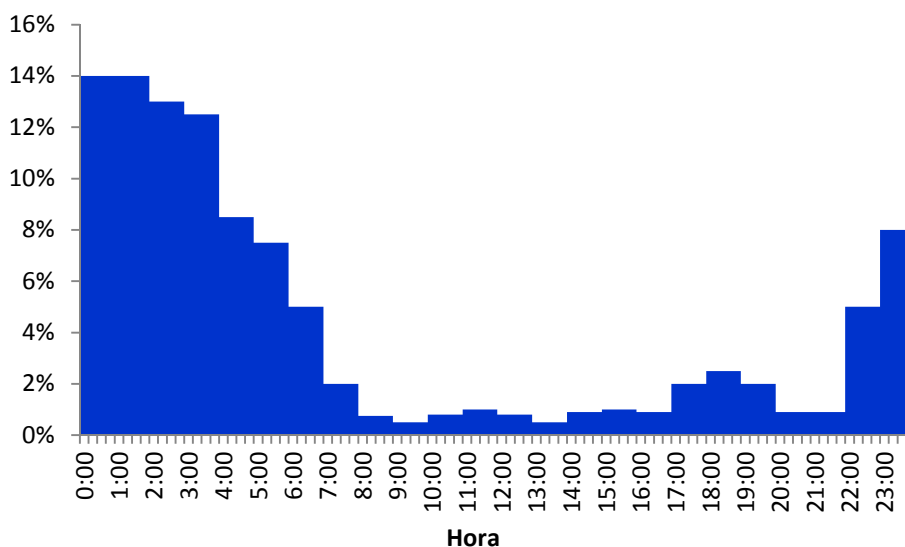


Gráfico 43: Perfil de carga da EPRI para carregamento em horário de vazio

#### 3.6.1.4. Perfil de carga com recurso às redes inteligentes

Num cenário futuro, a rede eléctrica possuirá capacidade de mandar ligar e desligar o carregamento das baterias, em função da tarifa contratada, da capacidade da bateria ou de eventuais constrangimentos da própria rede, conceito este inerente às redes inteligentes ("*smart grids*")

Pressupõem-se que a utilização das redes inteligentes permitirá distribuir o carregamento das baterias ao longo do período nocturno do diagrama de carga, considerando que a totalidade do parque automóvel eléctrico esteja ligado à rede pelas 22 horas, altura em que a tarifa nocturna utilizada neste estudo entra em vigor.

Apesar de se assumir que todo o carregamento de baterias terá lugar durante a noite, considera-se que durante o período diurno haverá uma franja de consumidores que necessitará de carregar as suas baterias em postos de carregamento rápido. No presente estudo, considera-se que este consumo representa 10% da capacidade total das baterias existentes em cada ano em veículos eléctricos. Este valor é assumido como sendo constante ao longo de todo o dia.

Neste perfil de carga foi considerado que a tecnologia actual permite que o veículo recarregue a bateria através da travagem regenerativa e que essa característica evitará que a rede eléctrica necessite de carregar uma bateria completamente vazia. Por outro lado, os próprios sistemas de gestão das baterias possuem limites mínimos de energia presentes na mesma, limites esses que se forem ultrapassados poderão provocar danos significativos na bateria. Estes sistemas pretendem evitar a descarga completa das baterias e aumentar o tempo de vida útil da mesma. [10] [39]

Uma vez que no âmbito deste estudo foi assumido o caso mais desfavorável para a determinação da quantidade de energia necessária para carregar as baterias, considera-se que existirá a necessidade de recarregar as baterias todos os dias, bem como se assume que as mesmas se encontram praticamente descarregadas no momento em que se inicia o processo de carregamento.

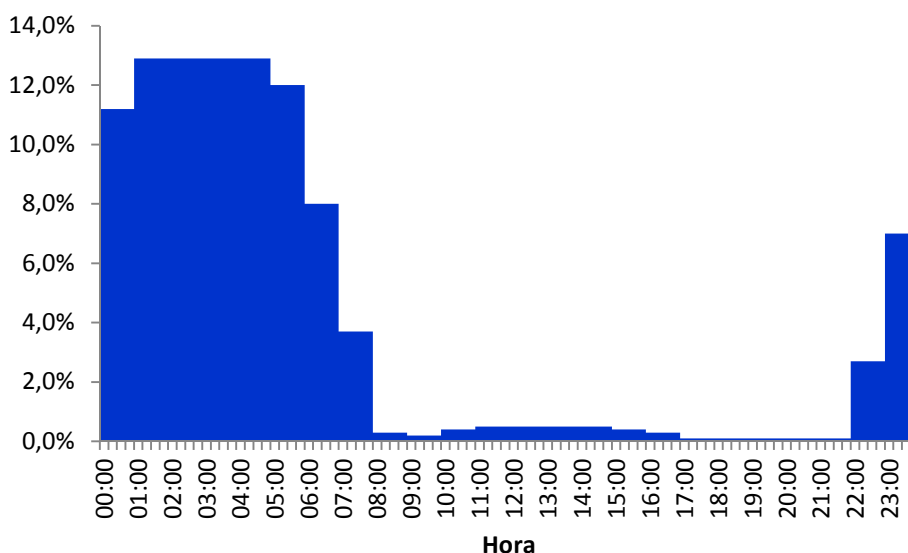


Gráfico 44: Perfil de carga para carregamento com recurso às redes inteligentes

### 3.6.2. Integração no diagrama de carga

Assumindo que o consumo dos veículos eléctricos será totalmente suportado pela rede eléctrica, importa então saber quanta energia representa essa carga em MWh por forma a integrá-la no diagrama de carga eléctrico. Para tal recorreu-se ao número de quilómetros percorridos anualmente por todo o parque automóvel eléctrico existente a cada ano, de acordo com cada cenário de previsão, relacionando-o com o consumo eléctrico por quilómetro do veículo de referência e com o perfil de carregamento em análise.

$$Conselec_{VE} = Cons_{kmelec} \cdot km's_{ano} \quad (12)$$

$Conselec_{VE}$ : Consumo eléctrico anual de um veículo eléctrico, em kWh;

$Cons_{kmelec}$ : Consumo eléctrico do veículo eléctrico, em kWh

$km's_{ano}$ : Quilómetros percorridos anualmente pelo veículo adimensional;

$$Conselec_X = Conselec_{Ano\ X-1} + Conselec_{VE} \cdot \%PC_X \cdot N.^{\circ} VE's \quad (13)$$

$Conselec_X$ : Consumo eléctrico no ano X, em MWh;

$Conselec_{X-1}$ : Consumo eléctrico no ano anterior, em MWh;

$Conselec_{VE}$ : Consumo eléctrico anual de um veículo eléctrico, em kWh;

$\%PC_X$ : Percentagem de veículos eléctricos em carga, de acordo com o perfil de carregamento das baterias;

$N.^{\circ} VE$ : Número total de veículos eléctricos no ano x.

Neste caso, tomou-se o Mitsubishi i-Miev como veículo de referência, com um consumo eléctrico de 144 Wh/km indicado pelo fabricante. No entanto, há que ter em consideração as perdas energéticas inerentes ao processo de carga e descarga da bateria, perdas essas que de uma forma geral representam cerca de 20% do consumo eléctrico utilizado pelo sistema de carregamento. Considera-se ainda que, de uma forma geral, terão também que ser assumidas perdas inerentes ao transporte da energia eléctrica através das redes de transporte e distribuição, perdas essas que poderão atingir os 10% da energia consumida. [40]

Assume-se igualmente que a distribuição de carga necessária ao carregamento das baterias é constante ao longo de todo o ano, o que significa que no pior caso possível, todas as baterias serão colocadas à carga todas as noites por forma a aproveitar tarifário de vazio.

Dado que os registos referentes ao diagrama de carga eléctrico são obtidos em intervalos de 15 minutos, a entrada de carga proveniente do carregamento das baterias foi também dividida em períodos idênticos de forma a ser inseridos mais facilmente no diagrama de carga disponibilizado pela REN. Do ponto de vista tecnológico, a entrada desfasada de carga, permitirá que o gestor da rede faça a gestão adequada da produção em função do consumo previsto a cada momento, mantendo íntegra a relação entre produção e consumo eléctrico.

### 3.7. Mix de produção de energia eléctrica

Para o cálculo das emissões de dióxido de carbono totais emitidas anualmente pelo S.E.N. é necessário determinar os factores de utilização de cada tecnologia. Este parâmetro será utilizado como valor de referência para cada tecnologia para efectuar a estimativa da energia produzida nos anos de 2020 e 2030. Numa primeira fase, foram obtidos os valores de energia produzida entre os anos 2007 e 2010, com base nos dados da REN e a partir destes, foi calculada a potência média anual para cada tecnologia. A partir da potência média anual e da potência instalada foram determinados os factores de utilização, factores estes que servirão de referência para a estimativa de consumo que se pretende efectuar.[41]

$$F.U_{TEC} (\%) = \frac{P_{MED}}{P_{INST.}} \quad (14)$$

*F.U<sub>TEC</sub>*: Factor de Utilização por tipo de tecnologia, em %

*P<sub>MED</sub>*: Potência média, em MW

*P<sub>INST</sub>*: Potência instalada, em MW

	2007	2008	2009	2010
Hidráulica	9.522	6.436	7.892	14.869
Carvão	11.662	10.423	11.942	6.553
Fuel/Gasóleo	1.268	800	303	47
Gás natural	10.494	12.573	11.463	10.700
PRE				
Hidráulica	698	663	823	1.379
Térmica	5.433	5.160	5.963	7.313
Eólica	4.001	5.694	7.492	9.024
Fotovoltaica	20	33	139	207
Importações	7.488	9.431	4.777	2.623
Bombagem	540	639	929	512
<b>Consumo Total</b>	<b>50.046</b>	<b>50.574</b>	<b>49.865</b>	<b>52.203</b>

Tabela 20: Dados gerais de consumo de energia no SEN entre 2007 e 2010, em GWh

Será calculado o factor de utilização médio registado entre os anos de 2007 e 2010 para aplicação na obtenção da energia produzida a partir de cada tecnologia nos anos de 2020 e 2030.

Nos cenários de 2020 e 2030, para além dos factores de utilização médios obtidos anteriormente, foi considerada a potência instalada prevista no ano de 2020 com base em fontes oficiais e estimado um incremento de 5% por tecnologia na potência instalada prevista para 2030, incremento este que poderá surgir tanto por meio de reforço de potência em recursos já existentes, como pela criação de novas fontes de produção de energia eléctrica tal como a eólica instalada em mar (*off-shore*) ou ondas. Para 2030 não são de esperar investimentos em fontes de energia produtoras de emissões de CO<sub>2</sub>, tais como as centrais de ciclo combinado a gás natural mas sim existir investimento no desenvolvimento de centrais a carvão limpo, com base na captura e armazenamento de emissões de CO<sub>2</sub>. No entanto a aposta será sem dúvida nas tecnologias renováveis. [42] [43] [44]

<b>Potência Instalada (MW)</b>	<b>2020</b>	<b>2030</b>
Hidráulica	7.428	7.800
Carvão	800	850
Fuel/Gasóleo	0	0
Gás natural	5.665	5.700
PRE		
Hidráulica	664	700
Térmica	2.000	2.000
Eólica	8.500	9.000
Fotovoltaica	1.500	1.600

Tabela 21: Potência Instalada prevista em 2020 e 2030, em MW

Com base nos valores de potência instalada do quadro anterior e nos factores de utilização determinados acima, determinou-se a potência média de cada tecnologia para cada ano, através da manipulação da equação de cálculo dos factores de utilização.

Por outro lado, a REN estima que a partir de 2015, Portugal inverta a sua condição de importador de energia para passar para a exportar electricidade para Espanha. Esta inversão surge associada aos aumentos de potência e investimentos em novos aproveitamentos, como o Plano Nacional de Barragens e é com base nesta informação que se assume que em 2020 e 2030 não haverão importações de energia eléctrica.

A determinação da energia anualmente produzida por cada tecnologia, para 2020 e 2030 é obtida através da potência média anual e do total de horas num ano com 365 dias.

$$E_{PROD} = P_{MED} \cdot Horas_{Ano} \quad (15)$$

$E_{PROD}$ : Energia produzida para 2020 e 2030, em GWh;

$P_{MED}$ : Potência média por tipo de tecnologia, em MW;

$Horas_{Ano}$ : Horas por ano.

Por fim, o ajuste da energia produzida por cada central é efectuado através da repartição da potência em função dos valores de utilização de cada tecnologia. A aposta recai principalmente sobre as renováveis, seguindo-se as centrais de ciclo combinado a gás natural e a carvão limpo, devido aos valores de emissões de CO<sub>2</sub> mais reduzidos quando comparados com as centrais a fuel ou a gasóleo.

### 3.8. Emissões de CO<sub>2</sub> do S.E.N.

As emissões do S.E.N. são obtidas em função do mix de produção de energia eléctrica previsto para cada ano, tendo em conta a produção estimada para cada tecnologia e o seu nível de emissões de CO<sub>2</sub> específicas. Estas emissões têm origem sobretudo nas centrais térmicas, em particular as centrais de ciclo combinado a gás natural, fuel/gasóleo, carvão ou ainda nas PRE térmicas, como as centrais de cogeração ou de biomassa.

$$EM_{SEN} = \sum E_{PRODTEC} \cdot EM_{ESPTEC} \quad (16)$$

$EM_{SEN}$ : Emissões médias de CO<sub>2</sub> do SEN, em kg/kWh;

$E_{PRODTEC}$ : Energia produzida por tipo de tecnologia, em GWh;

$EM_{ESPTEC}$ : Emissões específicas de cada tecnologia, em kg.

Os valores de emissões de CO<sub>2</sub> utilizados como referência por cada tipo de tecnologia encontram-se no quadro seguinte. [45] [46]

<b>Tecnologia</b>	<b>Emissões de referência (kg/kWh)</b>
Carvão	0,850
Fuel/Gasóleo	0,800
Gás natural	0,315
PRE Térmica	0,400
Importações	0,515

Tabela 22: Emissões de CO<sub>2</sub> específicas por tecnologia de produção de energia eléctrica

Ao nível da utilização dos veículos eléctricos, em função do seu crescimento, é desejável que todo o seu abastecimento seja efectuado a partir de fontes de energia renovável, nomeadamente eólica, solar e hídrica. No entanto, dependendo do número de veículos eléctricos existentes no futuro, é possível que a produção de energia eléctrica com base nestas fontes possa ser insuficiente para garantir o abastecimento de todas as viaturas eléctricas, pelo que será necessário recorrer às centrais de ciclo combinado a gás natural para colmatar todas as necessidades.

Desse modo, apesar de a utilização do veículo eléctrico não ser uma fonte de emissões per si, é contudo um facto que no processo de produção de energia eléctrica a partir de fontes térmicas (como é o caso do gás natural), existem emissões de dióxido de carbono para a atmosfera pelo que, para obter um valor mais preciso, importa considerar também as emissões da produção associadas a este tipo de veículos.

$$EM_{VEP} = Cons_{SVE} \cdot EM_{SENANO} \quad (17)$$

*EM<sub>VEP</sub>*: Emissões de CO<sub>2</sub> associadas à produção de energia eléctrica para abastecimento de veículos eléctricos, em kg

*Cons<sub>SVE</sub>*: Consumo eléctrico anual dos parque automóvel eléctrico ligeiro, kWh

*EM<sub>SENANO</sub>*: Emissões de CO<sub>2</sub> anuais do S.E.N., em kg/kWh

### 3.8.1. Consumo de gás natural nas centrais de ciclo combinado

É previsível que o crescimento do parque automóvel eléctrico venha a requerer uma maior utilização das centrais térmicas de ciclo combinado a gás natural fazendo deslocar o consumo de combustível rodoviário para esta fonte de energia primária. Importa então, por um lado perceber qual será o consumo de combustíveis rodoviários que deixará de ser necessário importar e por outro, qual será o acréscimo de gás natural para fazer face ao abastecimento de veículos eléctricos por falta de capacidade das fontes de energia renovável.

Com base no estudo do IDMEC, é expectável que os veículos eléctricos venham a ganhar mercado sobretudo face aos veículos movidos a gasolina. O preço do litro da gasolina mais elevado que o

diesel, o reduzido número de quilómetros percorridos anualmente e o preço por quilómetro mais baixo para os veículos eléctricos, poderão vir a tornar-se determinantes para a concretização deste cenário.

Dessa forma e para efeitos de contabilização dos consumos de combustível, considera-se que os veículos eléctricos irão “roubar” mercado aos veículos de combustão interna na seguinte proporção.

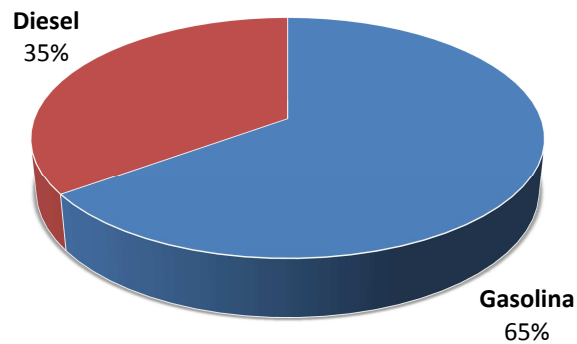


Gráfico 45: Distribuição dos veículos de combustão absorvidos pelos veículos eléctricos

O cálculo do consumo de combustível associado aos veículos eléctricos pretende estimar quantos litros de cada tipo de combustível deixarão de ser consumidos com a adopção dos veículos eléctricos.

$$Cons_{CombVE} = N.^{\circ} VE \cdot \%VCI \cdot Cons_{CombAD} \quad (18)$$

$Cons_{COMB}$ : Consumo de combustível (gasolina ou diesel) inerente aos veículos eléctricos, em milhões de litros;

$N.^{\circ} VE$ : Número de veículos ligeiros que compõem o parque automóvel eléctrico;

$\%VCI$ : Quota de mercado ganha aos veículos de combustão interna

$Cons_{COMBAD}$ : Consumo anual de combustível (gasolina ou diesel) dos veículos tipo, em litros.

Por forma a aferir qual dos tipos de veículos é mais eficiente do ponto de vista energético, é necessário estabelecer uma comparação entre ambos. Uma das formas de realizar esta comparação, passa por comparar o consumo energético entre as tecnologias eléctrica e de combustão interna.

Ao nível eléctrico, para efectuar este comparativo energético, considera-se que o carregamento das baterias dos veículos eléctricos será efectuado apenas por fontes de energia renováveis e pelas centrais de ciclo combinado a gás natural. Tomando como referência o consumo por quilómetro de um veículo eléctrico e o consumo de gás natural de uma central de ciclo combinado para produção de um quilowatt-hora (com base no valor de  $0,158 \text{ Nm}^3/\text{kWh}$ ), determina-se o consumo de gás natural necessário para um veículo eléctrico percorrer essa distância. No entanto, em 2020 e 2030, estima-se que as centrais de ciclo combinado a gás natural representem uma percentagem do S.E.N., pelo que

é necessário afectar o consumo dessa mesma quota de produção de energia eléctrica. Para efeitos deste estudo, a restante contribuição terá origem nas fontes de energia renovável. [52]

$$Cons_{GNVE} = Cons_{VE} \cdot Cons_{CGN} \cdot \%EER \quad (19)$$

$Cons_{GNVE}$ : Consumo anual de gás natural inerente ao abastecimento de um veículo eléctrico, em  $Nm^3/h$

$Cons_{VE}$ : Consumo eléctrico de um veículo eléctrico, em Wh

$Cons_{CGN}$ : Consumo médio de uma central de ciclo combinado a gás natural, em  $Nm^3/kWh$

$\%EER$ : Quota de produção das centrais de ciclo combinado a gás natural no S.E.N em 2020 e 2030.

Sendo a comparação efectuada em energia, será necessário converter o consumo de gás natural em Joule.

$$ECons_{GNVE} = Cons_{GNVE} \cdot E_{Nm^3} \quad (20)$$

$ECons_{GNVE}$ : Energia consumida em gás natural inerente ao abastecimento de um veículo eléctrico, em Joule;

$Cons_{GNVE}$ : Consumo anual de gás natural inerente ao abastecimento de um veículo eléctrico, em  $Nm^3$

$E_{Nm^3}$ : Energia por  $Nm^3$ , em Joule

Em relação ao veículos de combustão interna, o cálculo do consumo energético tem em conta o consumo médio de um veículo a gasolina e a diesel determinado em (4), por quilómetro percorrido convertido em unidades de energia.

$$E_{CMC} = \frac{CMC}{100} \cdot E_{TC} \quad (21)$$

$E_{CMC}$ : Energia consumida por quilómetro percorrido por um veículo de combustão interna, em Joule;

$CMC$ : Consumo médio por tipo de combustível;

$E_{TC}$ : Energia por tipo de combustível, em Joule

### 3.9. Emissões de CO<sub>2</sub> de um veículo de combustão interna

A adopção dos veículos eléctricos dará origem a uma redução do parque automóvel a combustão interna e por conseguinte, dará também origem a uma redução no valor de emissões de CO<sub>2</sub> associado ao parque automóvel.

Relativamente ao cálculo das emissões de dióxido de carbono de uma viatura a gasolina ou a diesel, a determinação desse valor relaciona da mesma forma os quilómetros percorridos anualmente por um veículo com as emissões médias determinados anteriormente. (12)

$$EMC/Ano_x = km/Ano_x \cdot \overline{EMC} \quad (21)$$

$EMC/Ano_x$ : Emissões de CO<sub>2</sub> emitidas anualmente por um veículo a gasolina ou a diesel;

$km/Ano_x$ : Quilómetros percorridos anualmente por um veículo a gasolina ou a diesel;

$EMC$ : Emissões médias por tipo de combustível, por quilómetro.

O cálculo das emissões de dióxido de carbono globais, relacionam o número de veículos que compõem o parque automóvel em cada ano, com as emissões médias de um veículo adimensional. (13)

$$EMC_{Ano} = N.Veículos \cdot EMC/Ano_x \quad (22)$$

$EMC_{Ano}$ : Emissões totais anuais;

$N. Veículos$ : Número de veículos que compõem o parque automóvel a cada ano;

$EMC/Ano_x$ : Emissões de CO<sub>2</sub> emitidas anualmente por um veículo a gasolina ou a diesel.

### 3.10. Comparativo energético entre cenários

Pretende-se estimar qual será o consumo energético, tanto num cenário em que apenas existem veículos com motores de combustão interna, como perceber qual será a poupança energética inerente aos três cenários de introdução de veículos eléctricos. Para tal é necessário perceber o papel dos combustíveis fósseis nos motores de combustão interna.

Para que exista combustão, é necessária a conjugação de três elementos:

- **Combustível:** Apresentam-se nos três estados físicos da matéria:
  - **Gases**, como por exemplo, metano, hidrogénio, gás natural ou monóxido de carbono, que no caso dos gases inflamáveis entram em combustão à temperatura e pressão atmosférica normal. No caso dos gases não combustíveis, por exemplo, gorduras e óleos lubrificantes, poderão entrar em combustão espontânea quando em contacto com o oxigénio puro;

- **Líquidos**, como por exemplo, petróleo, gasolina, álcool ou resinas em que a combustão acontece quando os vapores libertados pelo líquido ardem quando misturados com o ar;
  - **Sólidos**, como por exemplo o carvão, a madeira ou o papel.
- **Comburente**, onde o elemento mais abundante e mais utilizado nos motores de combustão interna é o ar atmosférico onde cerca de 21% da sua composição é oxigénio e o restante é sobretudo, azoto.
  - **Energia de activação**, energia mínima necessária para que a combustão aconteça. Essa energia pode ser produzida por choque, fricção ou, no caso dos veículos com motores de combustão interna, a faísca ou a pressão.

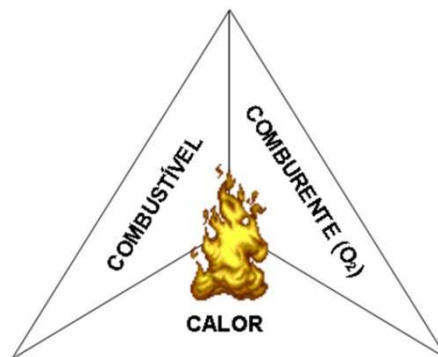


Figura 12: Triângulo de fogo

A reacção química existente nos motores de combustão é designada como reacção exotérmica, em que existe a libertação de energia sob a forma de calor. Essa energia é normalmente designada de Poder Calorífico de um combustível definindo-se pela quantidade de calor proveniente da combustão estequiométrica (ou completa) de uma unidade de volume ou massa de combustível. Este divide-se em dois valores: O Poder Calorífico Superior, que representa todo o calor libertado pelo processo de combustão, onde a água resultante desse processo se encontra na fase líquida e o Poder Calorífico Inferior, que representa o calor libertado pelo processo de combustão, onde a água resultante desse processo se encontra na fase gasosa, forma essa que se pretende que aconteça nos motores de combustão, de modo a evitar a corrosão da câmara de combustão. Por outro lado, a temperatura dos gases de combustão é muito elevada em qualquer máquina térmica, fazendo com que a água contida na combustão se encontre sempre no estado gasoso, razão pela qual é considerado o PCI do combustível como valor a utilizar para o cálculo da energia. [48] [49] [50]

Desta forma, nos cálculos efectuados no presente estudo para determinação do valor energético de um litro de combustível em unidade de energia, utilizaremos a unidade do Sistema Internacional, Joule. Na sua determinação foram considerados os valores de referência para o PCI de um litro de

gasolina e de diesel definidos no Decreto-lei 141/2010, de 21 de Dezembro, valores esses constantes da tabela seguinte. [51]

Combustível	Teor energético por unidade de volume	
	Poder Calorífico Inferior (MJ/l)	
Gasolina	32	
Gasóleo	36	

Tabela 23: Poder Calorífico Inferior da gasolina e do gasóleo

Com base nestes valores de referência, a energia consumida anualmente por um veículo equipado com um motor de combustão interna resulta conjugação entre os litros consumidos anualmente por um veículo a gasolina ou a diesel, com o PCI de ambos os combustíveis. (14)

$$E_x = \frac{1}{x} \cdot \sum_{i=1}^x \text{Litros/Ano} \cdot \text{PCI}_i \quad (23)$$

$E_x$ : Energia consumida anualmente por um veículo a gasolina ou a diesel, em Joule;

$\text{Litros/Ano}_x$ : Litros de combustível gastos anualmente por um veículo a gasolina ou a diesel.;

$\text{PCI}_x$ : Poder Calorífico Inferior do combustível gasolina ou diesel.

Este dado será importante para servir de comparação entre um cenário onde todo o parque automóvel será composto por veículos de combustão interna e permitirá determinar a poupança inerente à utilização dos veículos eléctricos. (15)

$$E_T = E_x \cdot N.^{\circ} \text{Veículos} \quad (24)$$

$E_T$ : Energia total consumida, em Joule;

$E_x$ : Energia consumida anualmente por um veículo a gasolina ou a diesel, em Joule;

$N.^{\circ} \text{Veículos}$ : Número de veículos que compõem o parque automóvel a cada ano.

Com o crescimento do parque automóvel ligeiro movido a electricidade, também o aumento da energia eléctrica consumida irá crescer. Com base nessa transferência de consumo, importa aferir o consumo energético inerente a esta transição e perceber se existirá uma maior eficiência energética do sistema energético com a utilização dos veículos eléctricos face aos seus congéneres a combustão interna. Esta comparação é efectuada:

- Do lado dos veículos de combustão interna, a partir do valor energético anual em Joule, inerente à utilização dos veículos, considerando os diferentes valores de energia para os veículos a gasolina e a diesel;
- Do lado dos veículos eléctricos, a partir do consumo eléctrico equivalente, também em Joule, considerando a utilização prevista para estes veículos.

Os resultados apresentados e discutidos do capítulo seguinte terão por base as considerações e metodologia indicada no presente capítulo.



## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo pretende-se apresentar os resultados obtidos com a aplicação da metodologia descrita no capítulo anterior. Serão apresentados os resultados referentes a:

- Caracterização do parque automóvel, nomeadamente vendas por segmento e por tipo de combustível, adopção de combustíveis em função do segmento, consumos e emissões de CO<sub>2</sub> dos veículos com motores de combustão interna;
- Evolução comparativa entre os preços por litro dos combustíveis rodoviários utilizados, nomeadamente gasolina e gasóleo;
- Consumos e emissões de CO<sub>2</sub> dos veículos genéricos a gasolina, a diesel e do veículo adimensional;
- Dados sobre a mobilidade em Portugal, com base no inquérito levado a cabo pelo IDMEC, respeitante a deslocações pendulares e de longo curso e nos relatórios sobre mobilidade nas áreas metropolitanas de Lisboa e Porto;
- Projeções de evolução do parque automóvel com veículos com motores de combustão interna e veículos eléctricos;
- Evolução do consumo de combustível, das emissões de CO<sub>2</sub> do parque automóvel total, com e sem veículos eléctricos;
- Evolução da carga eléctrica anual inerente ao carregamento das baterias dos veículos eléctricos e o seu impacto ao nível do diagrama de carga eléctrico diário;
- A poupança energética expectável, tanto em termos de consumo de combustível como ao nível das emissões de CO<sub>2</sub> advindas da utilização dos veículos eléctricos.

Nos pontos aplicáveis, a apresentação e análise de resultados é efectuada de acordo com os cenários previstos na Metodologia. No final do capítulo é igualmente efectuada uma análise sucinta sobre a evolução dos vários parâmetros em estudo, caso a introdução dos veículos eléctricos venha a desenvolver-se com uma percentagem compreendendo os limites de 5%, 10% ou 20% do parque automóvel total, previsto em cada ano entre 2010 e 2030.

### 4.1. Dispersão do Parque Automóvel

De acordo com o relatório da ACAP, o parque automóvel nacional é caracterizado sobretudo por veículos das gamas mais baixas, nomeadamente dos segmentos Económico, Inferior e Médio Inferior, com estas gamas a representarem mais de 60% das vendas de veículos a diesel e 95% dos veículos a gasolina.

Mês	2005	2006	% Var 06/05	2007	% Var 07/06	2008	% Var 08/07	2009	% Var 09/08
A – Económico	6 315	9 576	51,6	9 377	-2,1	13 298	41,8	11 450	-13,9
B – Inferior	69 053	68 603	-0,7	67 158	-2,1	73 163	8,9	55 796	-23,7
C – Médio Inferior	71 444	61 805	-13,5	66 838	8,1	75 276	12,6	54 648	-27,4
D – Médio Superior	29 694	25 209	-15,1	24 902	-1,2	26 774	7,5	20 219	-24,5
E – Superior	4 955	5 782	16,7	5 198	-10,1	4 463	-14,1	3 963	-11,2
F – Luxo	804	1 317	63,8	1 291	-2,0	1 142	-11,5	820	-28,2
G – SUV	4 627	4 956	7,1	6 520	31,6	4 846	-25,7	5 481	13,1
H – Monovolumes	19 596	17 454	-10,9	20 532	17,6	14 427	-29,7	8 636	-40,1
<b>Total</b>	<b>206 488</b>	<b>194 702</b>	<b>-5,7</b>	<b>201 816</b>	<b>3,7</b>	<b>213 389</b>	<b>5,7</b>	<b>161 013</b>	<b>-24,5</b>

Fonte: ACAP.

Tabela 24: Vendas de Veículos Automóveis Ligeiros por segmentos, Fonte ACAP

De facto, este é um ponto determinante, uma vez que os preços de venda ao público de veículos da gama Económica variam em média, entre 8 a 11 mil euros, os da gama Inferior entre 14 a 16 mil euros e os da gama Média Inferior custam em média cerca de 20 a 25 mil euros. Os valores praticados nos restantes segmentos variam entre os 30 mil euros e as centenas de milhar de euros, nomeadamente no segmento Luxo ou nas versões desportivas ou topo de gama das marcas *Premium*.

Por outro lado, os baixos consumos praticados pelos veículos dos segmentos mais baixos influenciam certamente a escolha de um veículo dado que este ponto reflecte-se directamente no orçamento mensal das famílias no que toca nos gastos com combustível.

Apesar das alterações fiscais impostas desde 2007, ano em que foram introduzidas as emissões de CO<sub>2</sub> dos veículos no cálculo do Imposto Único de Circulação, verifica-se que na hora de adquirir, o consumidor final não decide a sua compra em função deste parâmetro, de acordo com um responsável de um concessionário automóvel. Este imposto acaba por ter um impacto pouco significativo nos segmentos mais baixos do mercado, uma vez que as baixas motorizações mostram também níveis de emissões de CO<sub>2</sub> reduzidos, fazendo com que haja uma preocupação acrescida com os consumos, muito devido aos aumentos sucessivos do preço de petróleo nos mercados internacionais.

No total foram contabilizadas 635 versões a gasolina, 601 versões a diesel e 12 versões híbridas a gasolina. No total foram contabilizadas 1248 versões de veículos diferentes, considerando o binómio consumo/emissões de CO<sub>2</sub> de todos os modelos analisados neste estudo.

Embora os veículos híbridos estejam já representados nas estatísticas oficiais disponíveis, foi tomada a opção de não incluir os dados inerentes a este grupo de veículos devido à sua baixa representatividade no mercado nacional e por conseguinte, pouca influência nos resultados globais.

Por outro lado, a fraca penetração dos veículos híbridos a nível mundial e a crescente aposta e desenvolvimento tecnológico na mobilidade eléctrica poderão ditar o desaparecimento deste tipo de veículos a médio-longo prazo, sobretudo devido à menor eficiência e custos de utilização mais elevados quando comparado com um veículo eléctrico ou um híbrido *Plug-in*.

Ainda assim e a título de curiosidade, um veículo híbrido, com motor de combustão tem um consumo médio de combustível de 3,3 litros/100 km e emissões de CO<sub>2</sub> na ordem das 77 gCO<sub>2</sub>/km. O combustível utilizado em todos os modelos à venda em Portugal é a gasolina, independentemente do segmento, marca ou modelo.

#### **4.2. Caracterização geral dos segmentos**

Em termos de oferta automóvel, verifica-se mais versões a gasolina nos segmentos Económico e Inferior do que a diesel. Este facto deve-se sobretudo às baixas motorizações disponíveis e ao baixo número de quilómetros praticados pelos condutores destes veículos. Estes são veículos sobretudo citadinos para viagens pendulares diárias cujos quilómetros percorridos anualmente não justificam o investimento adicional em motorizações a diesel.

Nos segmentos intermédios, destinados sobretudo à classe média, existe uma aposta na diversificação da oferta, tanto a gasolina como a diesel, com uma concorrência muito feroz por parte dos construtores. Têm no seu público-alvo, o consumidor que pretende adquirir um veículo multifacetado que possa ser utilizado tanto para as suas deslocações pendulares, como para as viagens mais longas em família. Pretende também uma boa relação qualidade/prestações/performances/preço uma vez que são veículos que normalmente tendem a manter-se em circulação entre os 8 e os 10 anos.

Já no segmento Monovolume, prevalecem as opções a diesel dado ser um segmento destinado às famílias, onde o conforto a bordo do veículo, o número de passageiros e sobretudo os consumos são factores importantes na hora de aquisição.

No que diz respeito aos veículos do segmento Luxo, a clara adopção da gasolina como combustível de eleição prende-se com o facto de neste segmento existir uma preocupação pelas performances deste tipo de veículos, aliadas também ao conforto e ao *status* que este de veículo transmite. Neste segmento o preço de aquisição e os custos de utilização não são um factor preponderante, sendo os veículos destinados às classes média-alta da sociedade.

Os SUV (veículos onde se enquadraram também os veículos todo-o-terreno) têm uma oferta maioritariamente a diesel pois são veículos possantes, normalmente com motores cujas cilindradas rondam, em média os 2.000 e os 2.500 cc., logo grandes consumidores de combustível pelo que a

adopção do diesel enquanto combustível preferencial terá como objectivo minimizar os consumos praticados por estes veículos.

Considerando as várias versões de veículos automóveis à venda no mercado português e os diversos segmentos pelos quais estas se distribuem, no gráfico seguinte é possível verificar:

- O distribuição de versões existentes em cada segmento, para a gasolina e para o diesel e;
- A preferência dos fabricantes automóveis dada à gasolina nos segmentos "Económico", "Inferior" e "Luxo", com mais versões disponíveis à venda, à diversificação de versões entre ambos os combustíveis nos segmentos intermédios e a preferência dada a versões a diesel para os segmentos SUV e Monovolume.

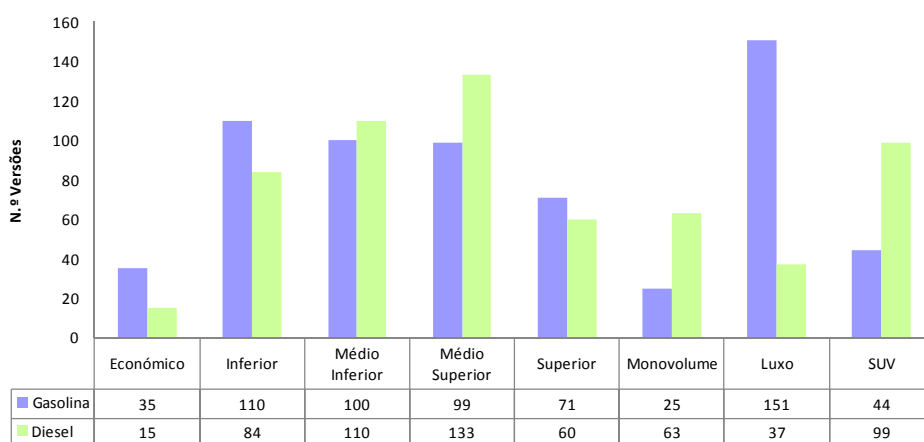


Gráfico 46: Adopção de motores a gasolina ou a diesel em função do segmento

### 4.3. Consumos e emissões dos VCI

#### 4.3.1. Caracterização geral

Em termos de consumos, existe uma clara diferenciação entre os segmentos, com os segmentos inferiores a revelarem-se os mais poupados na hora de abastecer. Tal dever-se-á aos motores de baixa cilindrada (metade das versões a gasolina analisadas possui motores com cilindradas inferiores a mil centímetros cúbicos).

À medida que os segmentos vão evoluindo, os veículos são cada vez maiores, os motores tornam-se mais potentes, mais performantes mas também mais pesados, factores estes que, aliados ao estilo de condução, irão influenciar o seu consumo.

Uma nota para o segmento Luxo, onde os consumos de gasolina poderão chegar ser superiores aos 30 litros/100 km's percorridos, no caso do Lamborghini Murciélago, ou perto dos 15 litros de gasóleo, no caso do Audi Q7.

Em relação às emissões de CO<sub>2</sub>, a tendência é idêntica à verificada em relação aos consumos, com as gamas mais baixas a emitirem emissões mais reduzidas, aumentando progressivamente para os segmentos superiores. Analisando por tipo de combustível, verifica-se que os veículos a diesel são cerca de 20% menos poluentes dos que os veículos a gasolina, com esta diferença a aumentar à medida que aumenta a dimensão, o motor e a performance do veículo.

Apesar de, em termos gerais, o gasóleo ser mais poluente do que a gasolina, os avanços nos últimos anos nomeadamente ao nível da adopção de filtros de partículas, tem aproximado as emissões de CO<sub>2</sub> dos diesel dos valores registados nos veículos a gasolina. Uma outra razão para um veículo a diesel apresentar emissões mais baixas do que um equivalente a gasolina, prende-se com o facto de ser um motor mais energético e por conseguinte, consumir menos combustível.

	Gasolina			Diesel			Δ Emissões CO <sub>2</sub>
	Consumo médio de combustível, em l/100 km's	Emissões de CO <sub>2</sub> , em gCO <sub>2</sub> /km	Vendas 2009, em %	Consumo médio de combustível, em l/100 km's	Emissões de CO <sub>2</sub> , em gCO <sub>2</sub> /km	Vendas 2009, em %	
<b>Económico</b>	5,1	121	16,20%	4,3	111	2,80%	8,3%
<b>Inferior</b>	6	139	64,10%	4,5	114	20,40%	18,0%
<b>Médio Inferior</b>	7,2	163	14,70%	5	130	42,80%	20,2%
<b>Médio Superior</b>	8,2	189	1,80%	5,7	148	18,00%	21,7%
<b>Superior</b>	9,4	219	0,10%	6,2	161	3,60%	26,5%
<b>Monovolume</b>	9,2	190	0,50%	6,3	159	0,50%	16,3%
<b>Luxo</b>	12,2	291	0,90%	7,4	190	4,60%	34,7%
<b>SUV</b>	9,6	225	1,70%	7,1	187	7,20%	16,9%

Tabela 25: Consumos, emissões e % de vendas dos segmentos em função do tipo de combustível

#### 4.3.2. Segmento Económico

O segmento Económico, categoria onde se enquadram modelos como o Renault Twingo ou Nissan Micra, é o segmento mais poupado em termos de consumos com os modelos a gasolina a consumirem entre os 4,1 e os 7,0 litros de gasolina e entre 3,3 e os 5,3 litros de gasóleo por cada cem quilómetros percorridos. Estes consumos reflectem motores de baixa cilindrada e potência que procuram a poupança na factura do combustível e manobrabilidade em cidade. Em termos médios, o consumo dos veículos deste segmento é de 4,7 litros por cada cem quilómetros.

Em termos de emissões de CO<sub>2</sub>, os motores a gasolina deste segmento emitem entre 95 e 159 gCO<sub>2</sub>/km e entre os 86 e as 128 gCO<sub>2</sub>/km para um veículo a gasóleo. Em termos médios, um veículo deste segmento emite 116 gCO<sub>2</sub>/km.

#### 4.3.3. Segmento Inferior

No segmento Inferior, onde é possível encontrar modelos como o Skoda Fabia ou Citroën C3, veículos mais versáteis, utilizados sobretudo pela população mais jovem onde os consumos a gasolina oscilam entre os 4,1 e os 8,2 litros, ao passo que as versões a gasóleo oscilam entre os 3,4

e os 5,8 litros por cada cem quilómetros percorridos. Em termos médios, um veículo deste segmento consome 5,2 litros/100 km's.

Neste segmento, as emissões de um veículo a gasolina variam entre os 104 e as 195 gCO<sub>2</sub>/km e entre as 89 e as 145 gCO<sub>2</sub>/km para um veículo a gasóleo. Em termos médios, um veículo deste segmento emite 127 gCO<sub>2</sub>/km.

#### **4.3.4. Segmento Médio Inferior**

No segmento Médio Inferior onde é possível encontrar modelos como o Opel Astra ou Renault Mégane, mais vocacionadas para famílias jovens da classe média-baixa e um ou dois filhos, em que os consumos variam entre os 5,2 e os 10,5 litros de gasolina e os 3,8 e os 7,1 litros de gasóleo por cada 100 quilómetros com o consumo médio de um veículo deste segmento a situar-se nos 4,3 litros/100 km's.

Neste segmento, as emissões de um veículo a gasolina variam entre os 121 e as 250 gCO<sub>2</sub>/km e entre as 99 e as 187 gCO<sub>2</sub>/km para um veículo a gasóleo. Em termos médios um veículo deste segmento emite cerca de 146 gCO<sub>2</sub>/km.

#### **4.3.5. Segmento Médio Superior**

No segmento Médio Superior encontram-se modelos como Opel Insígnia ou Volvo S60, veículos direccionados para famílias da classe média que procuram um bom compromisso entre prestações, conforto e segurança. Estes modelos consomem entre 4,5 e os 13,7 litros de gasolina e os 3,8 e os 9,2 litros de gasóleo, com o consumo médio de um veículo deste segmento a situar-se nos 7,0 litros/100 km's

Neste segmento, as emissões de um veículo a gasolina variam entre os 118 e as 316 gCO<sub>2</sub>/km e entre as 99 e as 220 gCO<sub>2</sub>/km para um veículo a gasóleo. Em termos médios, um veículo deste segmento emite 169 gCO<sub>2</sub>/km.

#### **4.3.6. Segmento Superior**

No segmento Superior é possível encontrar veículos como o Mercedes Classe E ou o BMW Série 5. São veículos para a classe média-alta, com poder económico que procura acima de tudo veículos com qualidade e segurança reconhecidas bem como índices de conforto acima da média, Neste segmento, os consumos a gasolina variam entre os 6,5 e os 14,5 litros enquanto que os veículos a gasóleo consomem entre 4,9 e os 8,7 litros. Em média, o consumo de um veículo deste segmento situa-se nos 7,8 litros.

Neste segmento, as emissões de um veículo a gasolina variam entre os 149 e as 345 gCO<sub>2</sub>/km e entre as 129 e as 230 gCO<sub>2</sub>/km para um veículo a gasóleo e as 179 e as 180 gCO<sub>2</sub>/km para os híbridos. Em termos médios, um veículo deste segmento emite 191 gCO<sub>2</sub>/km.

#### **4.3.7. Segmento Monovolume**

Os Monovolumes são sobretudo procurados por famílias que pretendem obter capacidade de transporte de pessoas e bagagens sem grandes compromissos. Neste segmento poderão ser encontrados modelos como a Volkswagen Sharan ou Seat Alhambra, modelos produzidos em Portugal. Os veículos deste segmento consomem entre 6,1 e 13,2 litros de gasolina e entre 4,5 e 9,3 litros de gasóleo, ao passo que o consumo médio de um veículo deste segmento situa-se nos 7,7 litros/100km's

Neste segmento, as emissões de um veículo a gasolina variam entre os 138 e as 306 gCO<sub>2</sub>/km e entre as 114 e as 247 gCO<sub>2</sub>/km para um veículo a gasóleo. Em termos médios, um veículo deste segmento emite 174 gCO<sub>2</sub>/km.

#### **4.3.8. Segmento Luxo**

No segmento Luxo, poderão ser encontrados modelos como o Bentley Continental ou Mercedes Classe S, veículos direccionados para uma pequena franja da sociedade, como capacidade económica que permita o investimento de algumas dezenas ou mesmo centenas de euros num veículo. Procuram performances, distinção, qualidade e *status* no veículo que conduzem. Tem normalmente mais do que um veículo, sendo a compra efectuada por gosto ou prazer em vez da necessidade. Estes veículos têm normalmente consumos altos, que oscilam entre os 6,7 litros e os 21,3 litros de gasolina e os 5,3 e os 11,3 litros de gasóleo. Em termos médios, o consumo de um veículo deste segmento situa-se nos 9,5 litros/100 km's

Neste segmento, as emissões de um veículo a gasolina variam entre os 155 e as 500 gCO<sub>2</sub>/km e entre as 139 e as 298 gCO<sub>2</sub>/km para um veículo a gasóleo. Em termos médios, um veículo deste segmento emite 241 gCO<sub>2</sub>/km.

#### **4.3.9. Segmento SUV**

Em relação aos SUV (Sport Utility Vehicles) onde se enquadram modelos que vão desde Chevrolet Captiva até ao Land Rover Defender. São veículos procurados por condutores mais jovens que procuram o prazer de conduzir fora de estrada ou pela imagem positiva associada à aventura que alguns condutores pretendem mostrar. O consumo destes veículos oscila entre os 6,0 e os 16,5 litros nos motores a gasolina e entre os 4,9 e os 11,6 litros nos motores a gasóleo. Em termos médio, o consumo de um veículo deste segmento situa-se nos 8,2 litros/100 km's

Neste segmento, as emissões de um veículo a gasolina variam entre os 135 e as 392 gCO<sub>2</sub>/km e entre as 129 e as 391 gCO<sub>2</sub>/km para um veículo a gasóleo. Em termos médios, um veículo deste segmento emite 206 gCO<sub>2</sub>/km.

#### 4.4. Vendas por combustível

Com base nas vendas de automóveis ligeiros registadas em 2009, verifica-se que os condutores estão cada vez mais a apostar nos veículos a diesel, muito devido aos consumos mais baixos e maior robustez destes veículos aliados a um maior tempo de vida útil. As vendas de veículos por tipo de combustível representaram 32,5% para os veículos a gasolina, 66,5% a gasóleo e somente 0,7% para veículos híbridos.

		2005		2006		2007		2008		2009	
		Unidades	%	Unidades	%	Unidades	%	Unidades	%	Unidades	%
Ligeiros Passageiros (*)	Gasolina	74 127	35,9	67 207	34,5	60 148	29,8	63 764	29,9	52 369	32,5
	Diesel	131 590	63,7	126 751	65,1	139 714	69,2	147 897	69,3	107 075	66,5
	Híbrido	759	0,4	731	0,4	1 914	0,9	1 692	0,8	1 151	0,7
	Gasolina/GPL	7	0,0	13	0,0	35	0,0	33	0,0	418	0,3
	GPL	5	0,0	0	0,0	5	0,0	3	0,0	0	0,0
			206 488		194 702		201 816		213 389		161 013
TOTAL POR COMBUSTÍVEL	Gasolina	74 138	26,6	67 235	25,4	60 234	21,8	63 773	23,2	52 372	25,7
	Diesel	203 561	73,1	197 175	74,4	214 415	77,5	209 626	76,2	149 819	73,5
	Híbrido	759	0,3	731	0,3	1 914	0,7	1 692	0,6	1 151	0,6
	Gasolina/GPL	7	0,0	13	0,0	35	0,0	33	0,0	418	0,2
	GPL	5	0,0	20	0,0	8	0,0	3	0,0	0	0,0
			278 470		265 174		276 606		275 127		203 760

(\*) Inclui veículos Todo-o-Terreno.  
Fonte: ACAP.

Tabela 26: Vendas de veículos ligeiros de passageiros por tipo de combustível

Esta adoção da tecnologia diesel tem originado uma repartição praticamente equitativa entre o parque automóvel a gasolina e a diesel. Uma das consequências desta equidade no parque automóvel prende-se com a diferença entre o preço do litro de gasolina e do diesel, dado que tem vindo a verificar-se uma aproximação cada vez maior do preço por litro de gasóleo ao preço por litro da gasolina, como é possível observar no gráfico seguinte. [53]

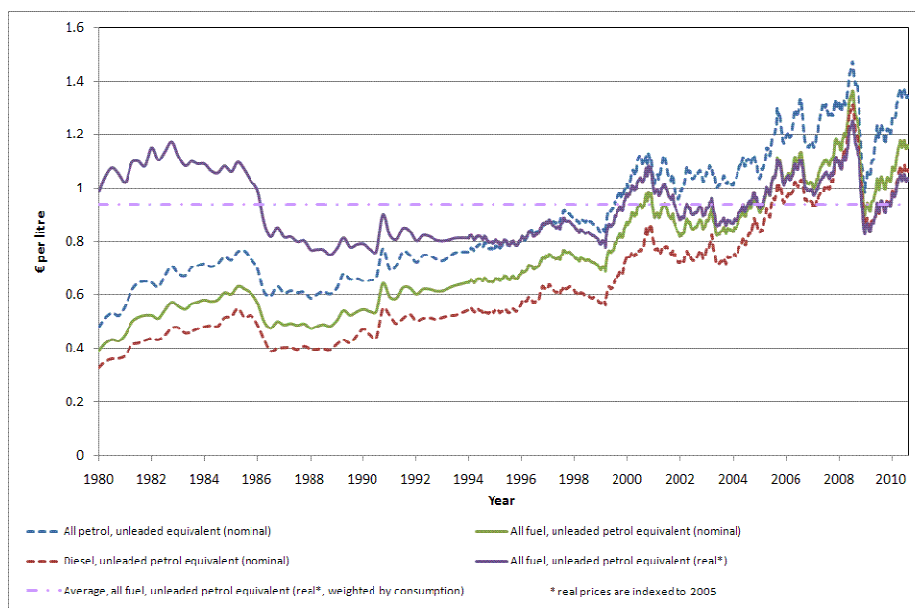


Gráfico 47: Evolução do preço dos combustíveis na Europa entre 1980 e 2010

#### 4.5. Veículo adimensional

O presente estudo tem como um dos seus objectivos a determinação do consumo e as emissões de um veículo que possa representar todo o parque automóvel actualmente em circulação. No entanto, para determinar as suas características é necessário perceber primeiro quais as características de um qualquer veículo a gasolina e a diesel.

##### 4.5.1. Veículo genérico a gasolina

Um veículo genérico a gasolina consome em média 6,2 litros de combustível por cada cem quilómetros e emite cerca de 144 gCO<sub>2</sub>/km. Apesar de existirem modelos a consumirem cerca de 21 litros de gasolina e emitirem mais de 300 gCO<sub>2</sub>/km para percorrem a mesma distância, o resultado obtido é fortemente influenciado pelas vendas dos segmentos inferiores, o que indica que um veículo a gasolina é tipicamente do segmento Inferior.

Em relação ao custo de utilização, um veículo a gasolina gasta perto de 10€ para percorrer 100 quilómetros, sem contabilizar os custos fiscais e de manutenção.

##### 4.5.2. Veículo genérico a diesel

Por outro lado, um veículo a diesel necessita de 5,3 litros de combustível por cada cem quilómetros e emite 137 gCO<sub>2</sub>/km. No diesel, verifica-se uma amplitude bastante mais reduzida, com o veículo mais gastador a consumir por mais de 11,6 litros por cada cem quilómetros. Ainda assim, também os resultados obtidos são influenciados pelas percentagens de vendas mais elevadas nos segmentos

intermédios. Estes resultados mostram que um típico veículo a diesel pertence ao segmento Médio Inferior/Médio Superior.

Ao nível dos custos de utilização, um veículo a diesel, necessita em média de 7€ para percorrer os mesmos quilómetros, valor significativamente abaixo do verificado nos veículos a gasolina, influenciados pelos consumos mais baixos mas também pelo preço mais baixo do diesel (inferior em cerca de 11,6%, depois de impostos)

#### 4.5.3. Veículo adimensional

Com base na informação descrita ao longo deste estudo, em termos médios, o veículo adimensional tem um consumo de 5,6 litros por cada cem quilómetros e emite cerca de 138 gCO<sub>2</sub>/km.

Em termos de consumos, o veículo adimensional encontra-se no segmento Inferior quando comparado com os veículos a gasolina e no segmento Médio Superior quando comparado com os diesel. Em termos de emissões, o veículo adimensional mantém-se no segmento Inferior para as gamas a gasolina e desce para o segmento Médio Inferior na gama a diesel.

Tipo de combustível	Consumo médio de combustível, em l/100 km's	Emissões de CO <sub>2</sub> , em gCO <sub>2</sub> /km	Segmento
Gasolina	6,2	144	Inferior
Diesel	5,3	137	Medio Inferior Médio Superior
<b>Veículo Adimensional</b>	5,6	138	<b>Gasolina:</b> Inferior <b>Diesel:</b> Médio Inferior/Médio Superior

Tabela 27: Consumo e emissões dos veículos genéricos a gasolina, a diesel e do veículo adimensional

## 4.6. Mobilidade

### 4.6.1. Deslocações pendulares

Com base nos resultados do estudo do IDMEC, que contemplou cerca de 800 inquéritos, foi possível estimar os quilómetros percorridos por aproximadamente 659 veículos, tal como indicado na tabela seguinte. De referir que não foi possível aceder às tabelas de valores de origem, pelo que os valores a seguir indicados foram obtidos através da observação dos respectivos gráficos, pelo que deverão ser consideradas como aproximados. [14]

De notar ainda que o estudo que nos serviu de base não indica uma valor limite de quilómetros para os veículos que percorrem mais de 58.400 quilómetros anualmente pelo que para efeitos do presente

estudo, estima-se que em média, estes veículos percorrerão 70.000 quilómetros anualmente, respeitantes às suas deslocações diárias.

Km's/ano	Diesel		Gasolina	
	N.º Ocorrências	%	N.º Ocorrências	%
365	22	3,3%	45	6,8%
3.650	22	3,3%	49	7,4%
7.300	20	3,0%	29	4,4%
10.950	26	3,9%	60	9,1%
14.600	24	3,6%	28	4,2%
18.250	50	7,6%	42	6,4%
21.900	54	8,2%	39	5,9%
25.550	29	4,4%	15	2,3%
29.200	4	0,6%	1	0,2%
32.850	26	3,9%	11	1,7%
36.500	8	1,2%	3	0,5%
40.150	7	1,1%	0	0,0%
43.800	16	2,4%	0	0,0%
47.450	8	1,2%	0	0,0%
51.100	10	1,5%	0	0,0%
54.750	4	0,6%	0	0,0%
58.400	0	0,0%	1	0,2%
70.000	5	0,8%	1	0,2%

Tabela 28: Quilometragem efectuada pelos condutores nas viagens pendulares

Com base nestes valores, um veículo a gasolina percorre cerca de 6 mil quilómetros anualmente e um veículo a gasóleo percorrerá cerca de 11 mil quilómetros somente em deslocações pendulares. Considerando a penetração dos veículos por tipo de combustível na amostra (50,8% de veículos a diesel e 49,2% a gasolina), estima-se que um veículo adimensional percorra cerca de 8800 quilómetros anualmente em viagens pendulares.

Com base nos consumos dos veículos tipo determinados anteriormente e nos quilómetros percorridos nas deslocações pendulares estima-se que um veículo genérico a gasolina consuma cerca de 390 litros e um veículo genérico a gasóleo consuma cerca de 600 litros por ano. Por conseguinte, o veículo adimensional necessita em média de perto de 500 litros de combustível para percorrer os cerca de 8.800 quilómetros anuais.

Com base nas emissões de CO<sub>2</sub> dos veículos tipo determinados anteriormente e nos quilómetros percorridos nas deslocações pendulares estima-se que um veículo genérico a gasolina emita cerca de perto de 1 Tonelada de dióxido de carbono, um veículo genérico a gasóleo emite mais de 1,5 toneladas de CO<sub>2</sub>. Por conseguinte, o veículo adimensional emite mais de 1,2 toneladas de CO<sub>2</sub> ao percorrer os cerca de 8.800 quilómetros anuais.

#### 4.6.2. Deslocações longas

Nas viagens de longa distância estima-se que um veículo percorra 17,8 mil quilómetros anualmente, sendo que cada viagem, em média terá mais de 800 quilómetros, considerando o percurso de ida e volta.

Limite de km's	%	Ocorrências	Média de km's percorridos
100	1%	6,6	659
500	49%	322,9	161.455
1000	43%	283,4	283.370
2000	6%	39,5	79.080
3000	1%	6,6	19.770

Tabela 29: Quilómetros percorridos nas viagens de longa distância

Com respeito ao número de viagens longas efectuadas anualmente, estima-se que sejam realizadas mais de 21 viagens anualmente. Este número de viagens representa uma deslocação de aproximadamente oitocentos quilómetros a cada duas semanas o que pode ser explicado pelos 57% de condutores que efectuam pelo menos uma ou mais viagens por mês e pelos condutores que efectuam viagens longas diariamente.

Frequência	%	Viagens / Ano
Raramente	43%	1
Diariamente	2%	365
Semanalmente	18%	52
Mensalmente	37%	12

Tabela 30: Frequência anual das viagens de longa distância

No total, um veículo genérico a gasóleo percorre no total cerca de 29 mil quilómetros, um veículo genérico a gasolina percorre 24 mil quilómetros e um veículo adimensional percorrerá mais de 26.500 quilómetros anualmente.

Nas viagens longas, um carro a gasóleo consome perto de 950 litros e emite 2,4 Toneladas de CO<sub>2</sub>, ao passo que um carro a gasolina consome mais de 1100 litros e emite cerca de 2,55 Toneladas de CO<sub>2</sub>. Anualmente, o veículo adimensional consome, em média, mais de 1000 litros de combustível para as viagens longas o que corresponde a 2,5 Toneladas de CO<sub>2</sub> libertadas para a atmosfera.

### 4.6.3. Deslocações anuais

Anualmente, um veículo percorre cerca de 26.500 quilómetros, consome cerca de 1.521 litros de combustível (independentemente do tipo de combustível) e emite mais de 3.7 Toneladas de emissões de CO<sub>2</sub> para a atmosfera.

Como verificação, foi efectuada a comparação entre os consumos através do método aplicado para a obtenção das características do modelo adimensional e com os resultados do estudo efectuado pelo IDMEC. Com base neste último estudo, o consumo será de 5,7 litros por cada 100 quilómetros (mais 0,1 litros do que obtido com aplicação da metodologia desenvolvida neste estudo), e 140 gCO<sub>2</sub>/km (mais 2 gCO<sub>2</sub>/km de acordo com a mesma comparação).

Tal como foi referido na Metodologia, para efeitos do presente estudo, apenas serão considerados os resultados obtidos nas viagens pendulares dado que se prevê que seja este o tipo de percurso mais utilizado pelos condutores de veículos eléctricos.

## 4.7. Parque automóvel de combustão interna, consumos e emissões

### 4.7.1. Evolução do parque automóvel total

Tendo em conta as condições indicadas na metodologia, estima-se que em 2050 existirão mais de 6,9 milhões de veículos a circular em Portugal em 2050, tal como indicado no gráfico seguinte.

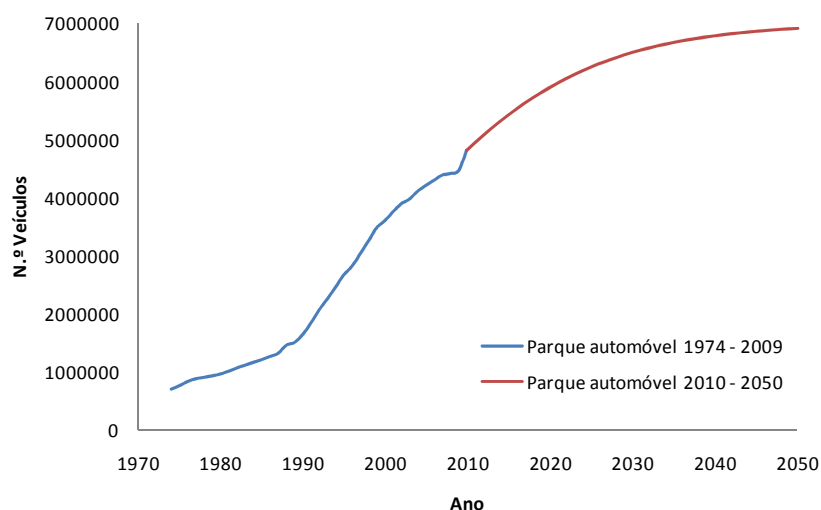


Gráfico 48: Evolução do parque automóvel - De 1974 a 2050

De acordo com o gráfico, é expectável que o parque automóvel de veículos ligeiros venha a crescer significativamente ao longo dos próximos 20 anos, passando dos cerca de quatro milhões e oitocentos mil veículos para perto de seis milhões e quinhentas mil viaturas ligeiras em 2030, o que

vem reforçar a necessidade e urgência de adopção de uma mobilidade mais verde e menos dependente das importações de energia fóssil.

No ano de 2010, a projecção efectuada apresenta uma variação negativa de aproximadamente 1,25% relativamente aos dados do parque automóvel seguro indicado pelo Instituto de Seguros de Portugal para o ano de 2010. Esta variação significa que se encontram a circular mais sessenta mil veículos do que o esperado. Uma das razões apontadas para este acréscimo, prende-se com o fim do Programa de Incentivo Abate de Veículos, que originou uma autêntica corrida aos concessionários, impulsionando as vendas de veículos após o Verão de 2010, conforme se pode observar no gráfico seguinte.



Gráfico 49: Vendas automóveis ligeiros - Fonte: ACAP, último acesso em 04-08-2010

Apesar de este ser um erro relativamente baixo, haverá a necessidade de análises adicionais por forma a aproximar a projecção da curva prevista ao parque automóvel real em cada ano, reduzindo-se desta forma o erro da projecção.

O gráfico acima comprova o que se previa em relação à evolução do parque automóvel para 2011, com as vendas a situarem-se cerca de 22% abaixo dos valores registados em 2010, muito devido ao clima de austeridade económica que se vive em Portugal, não sendo de esperar uma evolução mais favorável até 2015 devido às medidas de contenção económica aplicadas à população em geral. Esta redução poderá ser mais pronunciada no último trimestre de 2011, devido à antecipação da compra de um veículo novo verificada no final de 2010.

#### 4.7.2. Consumo de combustível

Em função da evolução do parque automóvel estimado, é expectável que o consumo de combustível venha a aumentar significativamente nos próximos anos. Em termos absolutos, Portugal poderá vir a consumir perto de três milhões de litros de combustível em 2020 e mais de três mil e duzentos

milhões litros em 2030, o que mostra que irá continuar a verificar-se um aumento significativo no consumo de combustíveis, sobretudo até 2020, existindo um crescimento 22% em 2020 e de 35% em 2030 em relação a valores de 2010. De notar que a partir de 2020, verifica-se um abrandamento no consumo com um aumento próximo dos 10% entre 2020 e 2030, com forte probabilidade de ter origem na saturação do parque automóvel nacional.

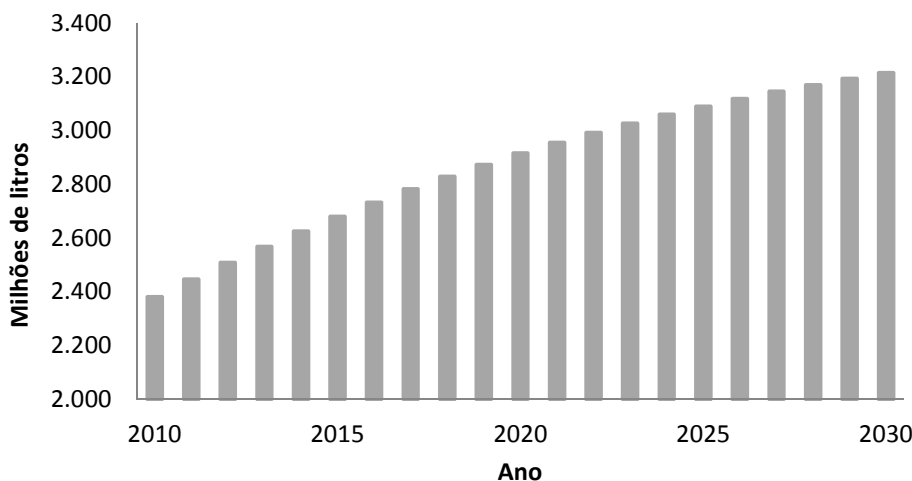


Gráfico 50: Evolução do consumo de combustível no cenário "Business As Usual"

Esta evolução significará que Portugal irá consumir mais de sessenta mil milhões de litros de combustível até 2030, caso o estado da arte em relação aos veículos ligeiros com motores de combustão interna não venha a conhecer novas evoluções ao nível da eficiência energética destes veículos.

De notar que, ao nível da política energética 20-20-20, nada é referido no que toca à maior eficiência dos veículos em termos de consumo, o que poderá significar que estes estarão no limiar do desenvolvimento da tecnologia e que não é expectável uma redução dos consumos através dos sistemas motores.

#### 4.7.3. Emissões de CO<sub>2</sub>

O relatório da ACAP de 2010 indica que as emissões médias de um veículo a gasolina situam-se nas 138 gCO<sub>2</sub>/km, ao passo que um veículo a diesel emite 134 gCO<sub>2</sub>/km. Em termos médios, os novos veículos, vendidos em 2009 emite no seu conjunto cerca de 135 gCO<sub>2</sub>/km, de acordo com o mesmo relatório.

Com a aplicação da metodologia desenvolvida neste estudo e no que diz respeito às emissões de dióxido de carbono emitidas para a atmosfera, verifica-se que a média do parque automóvel situa-se nas 138 gCO<sub>2</sub>/km, ligeiramente acima do valor indicado pela ACAP e muito acima da meta de 120 gCO<sub>2</sub>/km que a Comissão Europeia pretende atingir já em 2015. Isto significa que em Portugal haverão emissões de CO<sub>2</sub> na ordem dos seis mil milhões de toneladas em 2010 e perto das oito mil

milhões de toneladas em 2030, o que representa um crescimento nas emissões de 22% até 2020 e 35% até 2030 em relação a valores obtidos em 2010. À semelhança do que se verificou nos consumos de combustível e dado que ambos os parâmetros têm uma relação directa entre si, é possível que venha a existir um abrandamento nas emissões de CO<sub>2</sub> a partir de 2020, com o crescimento a situar-se nos 10% entre 2020 e 2030.

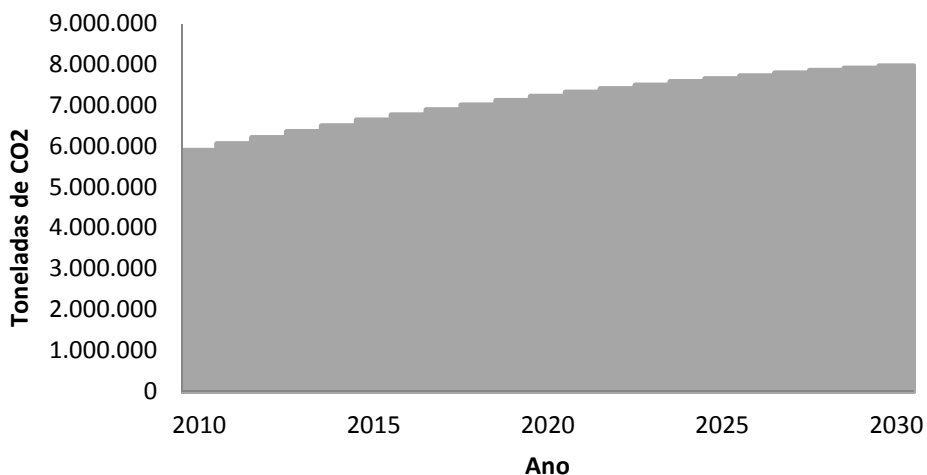


Gráfico 51: Evolução das emissões de CO<sub>2</sub> no cenário "Business As Usual"

Em conclusão, até 2030, Portugal poderá emitir mais de 149 mil milhões de toneladas de dióxido de carbono para atmosfera, com origem apenas na combustão de combustíveis fósseis em veículos ligeiros de passageiros.

Também neste campo, é expectável que as medidas que têm vindo a ser implementadas por parte da Comissão Europeia, nomeadamente com a imposição do limite de 120 gCO<sub>2</sub>/km (130 gCO<sub>2</sub>/km fruto do desenvolvimento tecnológico ao nível dos motores e 10g CO<sub>2</sub>/km, fruto da maior eficiência dos sistemas auxiliares) para todos os veículos novos já em 2015, apenas venham a ter algum impacto a partir de 2025, assumindo a troca de um veículo a cada 10 anos, uma vez que de acordo com o inquérito efectuado pelo IDMEC, cerca de dois terços dos condutores trocam de carro entre os 4 e os 13 anos.

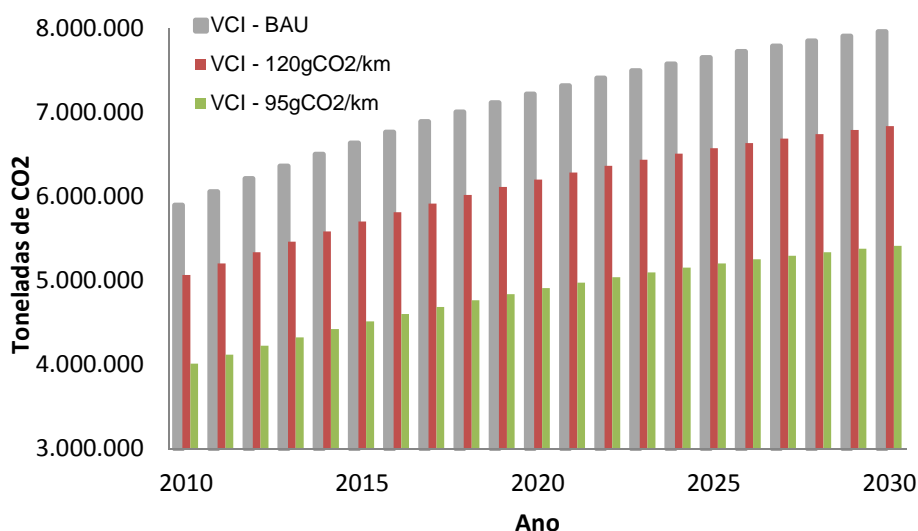


Gráfico 52: Emissões de CO<sub>2</sub>, em função dos limites impostos pela UE em 2015 e 2020.

Conforme se observa, a redução de apenas 18 gCO<sub>2</sub>/km em cada veículo em circulação terá um impacto considerável na factura ambiental portuguesa. Caso a medida estivesse já em vigor, significaria uma redução de perto de 21 mil milhões de toneladas de dióxido de carbono emitidas para a atmosfera no período compreendido entre 2010 e 2030, quando comparado com o cenário "*business as usual*".

Por outro lado, a aplicação do limite de 95 gCO<sub>2</sub>/km, cuja entrada em vigor se prevê ser dentro de cerca de dez anos, poderá vir a ter um impacto muito significativo nas emissões gasosas libertadas para a atmosfera, com uma redução das emissões para níveis anteriores a 2010, mesmo com o aumento do parque automóvel previsto para os próximos anos. Em termos globais, esta medida, caso tivesse já em vigor, significaria uma redução de cerca de 48 mil milhões de toneladas de emissões que não seriam libertadas na atmosfera, quando comparado com o cenário "*business as usual*" e vinte e sete mil milhões de toneladas, comparativamente ao limite de 120 gCO<sub>2</sub>/km..

#### 4.8. Parque automóvel eléctrico - Poupança nos consumos e nas emissões directas

##### 4.8.1. Evolução do parque automóvel eléctrico

A introdução de veículos eléctricos tenderá a substituir algum do parque automóvel até então maioritariamente movido a combustível fóssil. De acordo com a metodologia aplicada, verifica-se que o panorama automóvel manter-se-á praticamente inalterado até 2020, ano em que se poderá começar a denotar-se uma tendência de crescimento dos veículos eléctricos. No entanto, é a partir de 2025 que se verifica alguma penetração deste tipo de veículos na realidade automóvel nacional com os veículos de combustão interna a perderem algum terreno para os seus congéneres eléctricos.

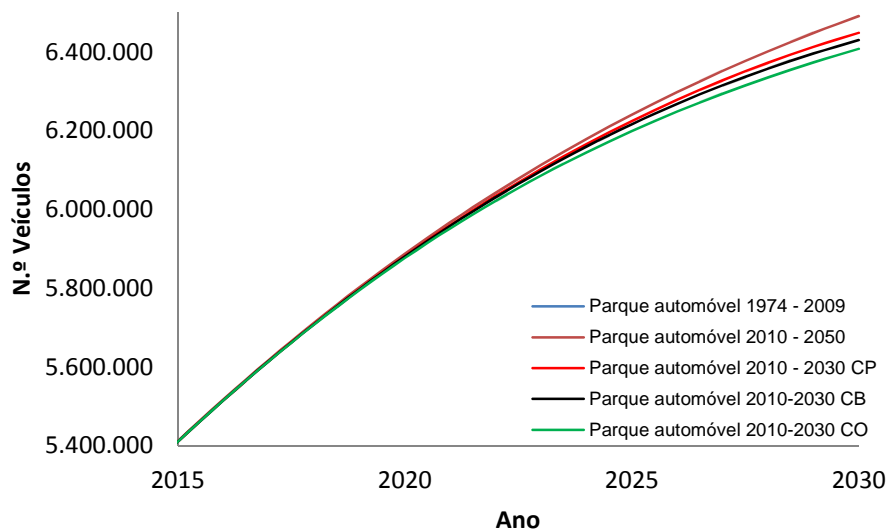


Gráfico 53: Evolução do crescimento dos VCI em função da introdução dos veículos eléctricos

A adopção dos veículos eléctricos representará em 2020, entre 0,09% e 0,18% do parque automóvel ao passo que em 2030, o volume de veículos eléctricos em circulação subirá para valores compreendidos entre uns meros 0,66% e perto de 1,3% de veículos eléctricos em 2030. Esta penetração mostra que, apesar da forte aposta por parte das entidades governamentais, fabricantes e fornecedores (de electricidade e outros), será de esperar uma grande resistência por parte dos consumidores na aquisição de um veículo eléctrico, presumivelmente motivada pelo desconhecimento, pelas reduzidas autonomias e uma rede de postos de abastecimento ainda pequena, o que se irá traduzir numa introdução muito lenta do veículo eléctrico no panorama nacional.

Verifica-se que a adopção dos veículos eléctricos terá, como qualquer tecnologia inovadora, uma introdução imperceptível no mercado português nos primeiros cinco anos, com uma previsão de venda de aproximadamente 150 veículos vendidos em 2011 e entre 1600 e 1800 veículos em 2015. Para este comportamento contribuem o facto da mobilidade eléctrica aplicada a veículos automóveis ser uma novidade para o consumidor comum (apesar de ter algum impacto em outras aplicações, nomeadamente, scooters eléctricas ou mini-bus de transporte de passageiros) e existirem ainda a questão da baixa autonomia destes veículos e da facilidade de acesso aos postos de carregamento que, apesar de instalados um pouco por todo o país, existe ainda um desconhecimento por parte da população em geral acerca da forma como funciona.

A partir de 2015, é expectável que os veículos eléctricos venham a registar um ligeiro aumento nas vendas, sobretudo potenciado pelos avanços tecnológicos, tanto ao nível da autonomia das baterias com pela redução dos custos de produção dos veículos. No entanto, uma diferenciação entre cenários apenas será possível de verificar a partir de 2020, com o distanciamento das vendas inerentes ao cenário optimista face aos restantes, acentuando-se esta diferença nos anos seguintes. Para este facto contribuirão sobretudo um crescimento da confiança por parte dos consumidores em

relação aos veículos eléctricos acompanhado por uma forte redução no preço de venda destes veículos e incremento da autonomia das baterias.

No que diz respeito ao crescimento na adopção dos veículos eléctricos, poderá verificar-se um crescimento muito considerável na adopção destes veículos que poderá variar entre os 27.000% e para o cenário pessimista e os 53.600% para o cenário optimista face a valores previstos para 2011, o que implica representa entre 61 e mais de 83 mil veículos eléctricos a circular em Portugal em 2030.

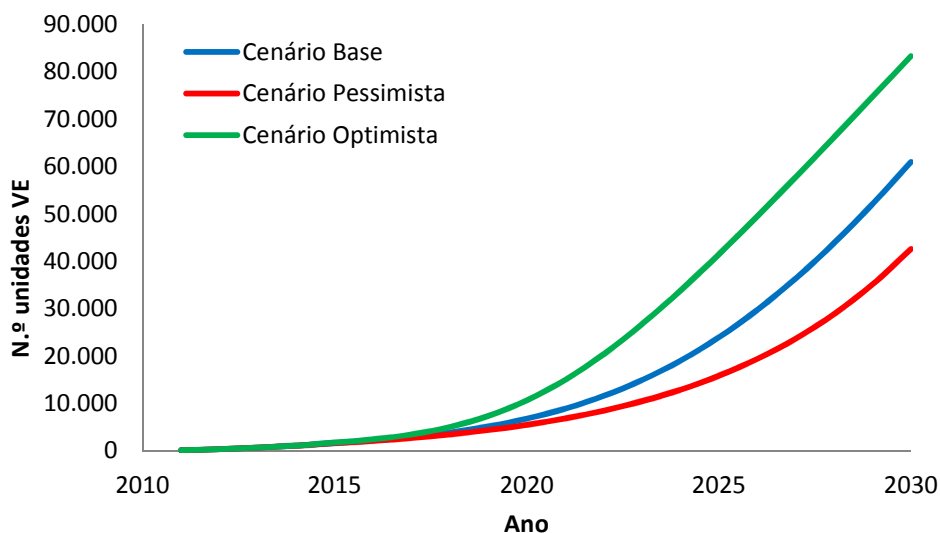


Gráfico 54: Evolução do parque automóvel eléctrico em função dos cenários previstos

#### 4.8.2. Consumo e poupança nos combustíveis fósseis

A par do crescimento do parque automóvel, seja ele de origem eléctrica ou a combustíveis fósseis, é expectável que se venha a confirmar o crescente aumento no consumo de combustíveis fósseis na próxima década, fruto da relação directa entre este parâmetro e o crescimento de perto de um milhão de veículos do parque automóvel ligeiro previsto até 2030. Mesmo com o aumento da procura de veículos eléctricos, o aumento no consumo de combustíveis fósseis poderá vir a ser superior a 1.200 milhões de litros de gasolina em 2030 e perto de 2.000 milhões de litros de gasóleo, reforçando a adopção do diesel como combustível de eleição.

Ano	Cenário Base	Cenário Optimista	Cenário Pessimista
2010	917	917	917
2015	1.031	1.031	1.031
2020	1.121	1.120	1.121
2025	1.185	1.182	1.186
2030	1.226	1.221	1.229

Tabela 31: Consumo de gasolina até 2030, em milhões de litros

Ano	Cenário Base	Cenário Optimista	Cenário Pessimista
2010	1.465	1.465	1.465
2015	1.648	1.648	1.648
2020	1.791	1.790	1.792
2025	1.894	1.888	1.896
2030	1.959	1.952	1.964

Tabela 32: Consumo de gasóleo até 2030, em milhões de litros

Por sua vez, os veículos eléctricos irão contribuir para uma redução do consumo directo de combustíveis fósseis, redução essa que acompanhará o crescimento do parque automóvel eléctrico.

Em termos de litros, a introdução dos veículos eléctricos irá permitir uma maior poupança no consumo de gasolina, poupança essa que poderá variar entre os 11 e os 21 milhões de litros em 2030, fruto de uma maior adopção dos veículos eléctricos em detrimento dos veículos a gasolina. No que diz respeito ao consumo de gasóleo, a poupança será substancialmente menor, situando-se entre os 9 e os 17 milhões de litros de gasóleo para o mesmo ano.

Ano	Cenário Base	Cenário Optimista	Cenário Pessimista
2010	0	0	0
2015	0	0	0
2020	2	3	1
2025	6	10	4
2030	15	21	11

Tabela 33: Poupança de gasolina associada à utilização de veículos eléctricos, em milhões de litros

Ano	Cenário Base	Cenário Optimista	Cenário Pessimista
2010	0	0	0
2015	0	0	0
2020	1	2	1
2025	5	9	3
2030	13	17	9

Tabela 34: Poupança de gasóleo associada à utilização de veículos eléctricos, em milhões de litros

De referir que em termos globais, a transição dos veículos com motores de combustão interna para eléctricos poderá fazer com que Portugal possa reduzir entre 57 e 127 milhões de litros de gasolina, equivalente a 0,25% e 0,55% do consumo neste tipo de combustível para os próximos 20 anos; e entre 48 e 105 milhões de litros de gasóleo, o que equivale a cerca de 0,13% e 0,28% do consumo para as gamas a diesel para o mesmo período.

### 4.8.3. Emissões de CO<sub>2</sub>

À semelhança do que se verifica nos consumos, é também expectável que se verifique o aumento das emissões de dióxido de carbono emitidas para a atmosfera com origem nos veículos ligeiros de passageiros, crescimento esse que poderá ser aproximadamente de 8 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas nesse ano para a atmosfera.

Ano	Cenário Base	Cenário Optimista	Cenário Pessimista
2010	2.119.230	3.779.355	5.898.586
2015	2.384.064	4.251.651	6.635.715
2020	2.591.213	4.621.071	7.212.284
2025	2.739.195	4.884.977	7.624.172
2030	2.833.356	5.052.900	7.886.255

Tabela 35: Emissões de CO<sub>2</sub> do parque automóvel a combustão interna, em Toneladas

Com os veículos eléctricos, poderá verificar-se uma redução nos níveis de emissões de dióxido de carbono para atmosfera. Apesar de ligeiras, essas reduções poderão significar uma poupança que poderá atingir um valor entre as 48 mil e as 94 mil toneladas de CO<sub>2</sub> em 2030. Em termos globais, nas próximas duas décadas, Portugal poderá evitar a emissão de 255 mil a 365 mil toneladas de CO<sub>2</sub> para atmosfera, dependendo do cenário de introdução de veículos eléctricos que se venha a registar, o que representa uma redução de aproximadamente de 0,17% e 0,38%, para os cenários pessimista ou optimista, respectivamente.

Considerando agora os limites previstos pela Comissão Europeia para as emissões de veículos novos vendidos a partir de 2015 e 2020, assumindo que anualmente serão vendidos, em média 206.478 novos veículos (considerando as vendas anuais de veículos novos ligeiros de passageiros e todo-o-terreno registadas pela ACAP entre 2011 e 2009), é possível estimar qual será o impacto que estas restrições terão ao nível das emissões de CO<sub>2</sub> a partir de 2015.

Pela análise do gráfico abaixo observa-se que até 2015, as emissões irão crescer a um ritmo de cerca de 2,5% ano. Após 2015 e já com a limitação imposta aos 120 gCO<sub>2</sub>/km, verifica-se que a medida não irá provocar uma redução das emissões libertadas na atmosfera mas sim provocar uma desaceleração na evolução deste parâmetro com o crescimento a situar-se aproximadamente nos 1,3% ao ano entre 2015 e 2020.

A partir de 2020, com a limitação das emissões a 95 gCO<sub>2</sub>/km, a tendência de desaceleração verificada entre 2015 e 2020 aumentará o ritmo e será a partir de 2025 que se poderão observar reduções ao nível das emissões de CO<sub>2</sub> libertadas na atmosfera, reduções estas que poderão atingir mais de 0,27% ao ano entre 2025 e 2030.

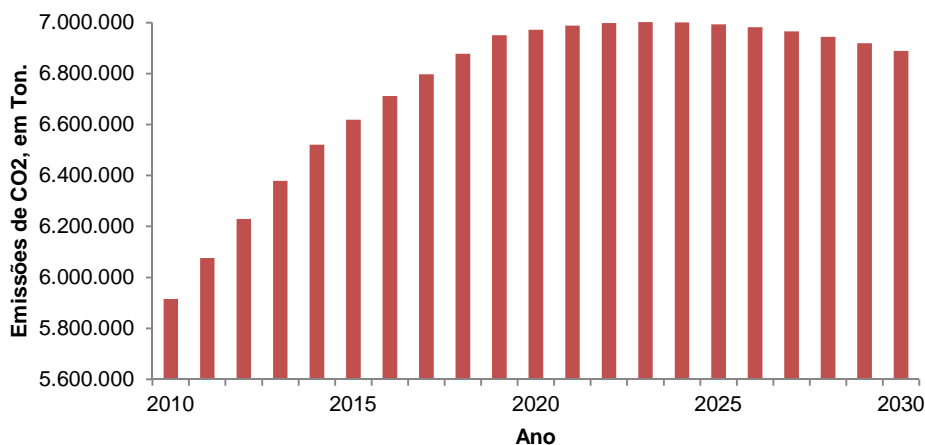


Gráfico 55: Previsão de evolução do nível de emissões globais em função dos limites impostos pela UE.

#### 4.8.4. O Sistema Electroprodutor Nacional em 2020 e 2030 e os veículos eléctricos

Com o aumento do consumo eléctrico a situar-se na ordem dos 2,4% ao ano, verifica-se que o consumo eléctrico adstrito aos veículos eléctricos representa uma pequeníssima parte desse consumo, dado que em 2020 situar-se-á entre os 0,01% e os 0,03% do consumo total para os cenários pessimista e optimista, respectivamente. Apesar de um crescimento expectável do parque automóvel eléctrico na ordem dos 6,8% entre 2020 e 2030, a contribuição dos veículos eléctricos no consumo anual de energia eléctrica em 2030 situar-se-á compreendido entre os 0,08% e os 0,17%, valor esse perfeitamente passível de ser suportado pela rede eléctrica.

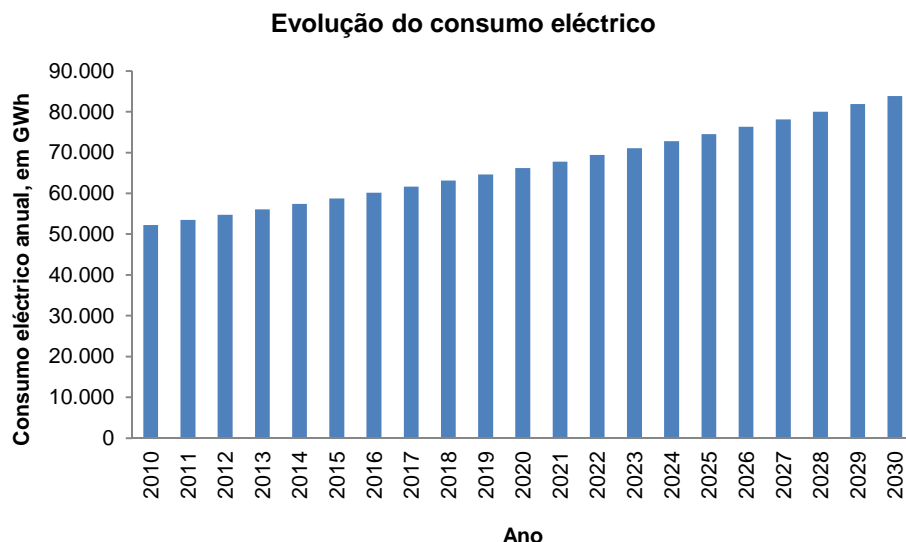


Gráfico 56: Evolução do consumo eléctrico até 2030, em GWh

Prevê-se que o sistema electroprodutor nacional em 2020 venha a ter uma forte contribuição das fontes de energia alternativas no mix de produção eléctrica. Com efeito, em 2020, Portugal poderá ter a possibilidade de produzir aproximadamente 70% da energia eléctrica consumida a partir das fontes renováveis, com especial enfoque na tecnologia eólica e hídrica, tanto ao nível da grande como da mini-hídrica. Essa aposta pretende explorar os recursos naturais existentes em Portugal e com isso, minimizar as importações de energia na forma de carvão, gás natural ou mesmo através das importações de energia eléctrica através da rede eléctrica espanhola. Com efeito, neste último ponto, a REN aponta para que Portugal passe da condição de importador para exportador de energia eléctrica já a partir de 2015, com a ligação das centrais hídricas com capacidade reversível, constantes do plano nacional de barragens, plano esse que fará com que Portugal possa aumentar o aproveitamento hídrico para os cerca de 70%.

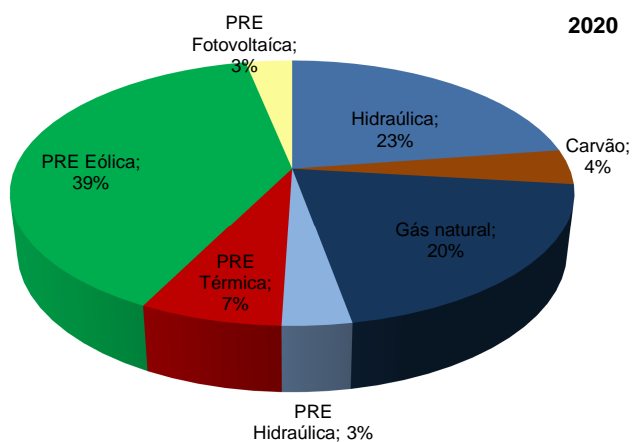


Gráfico 57: Mix de produção do SEN, em 2020

Para 2030, assumindo um aumento constante no consumo eléctrico e face à impossibilidade de instalar novos aproveitamentos renováveis, é expectável que aumente a contribuição das centrais de produção de energia com base em combustíveis fósseis, nomeadamente gás natural, muito devido aos níveis de emissões de CO<sub>2</sub> mais baixos e ao rendimento mais elevado das centrais de ciclo combinado. Por outro lado, caso os projectos de captação de partículas emitidas pelas centrais de produção eléctrica a carvão venham a ter sucesso, poderá verificar-se um regresso às centrais térmicas para produção eléctrica uma vez que estas centrais possuem um nível de emissões mais baixo inclusive que as centrais de gás natural. Não é portanto de estranhar que a produção de electricidade com origem renovável venha a diminuir para os 60% do total do consumo eléctrico previsto para 2030, contrapondo com o aumento da produção de origem térmica.

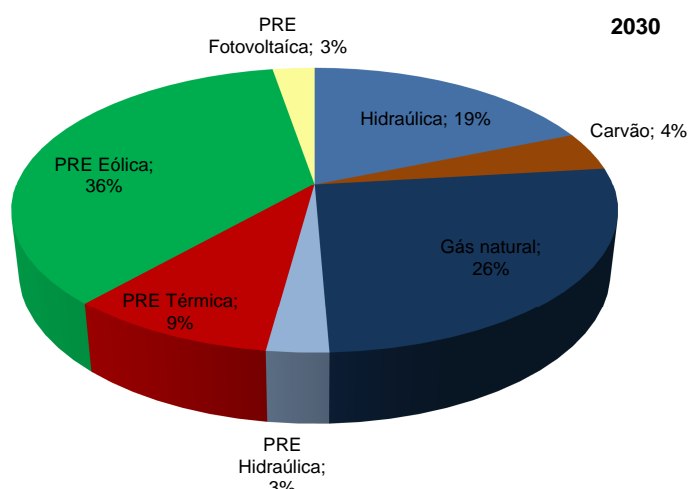


Gráfico 58: Mix de produção do SEN, em 2030

Este perfil de produção terá naturalmente repercussões no nível de emissões do SEN, uma vez que assistir-se-á numa primeira fase, a uma redução muito significativa nas emissões de CO<sub>2</sub> por quilowatt-hora produzido até 2020 e um ligeiro retrocesso entre 2020 e 2030, muito devido ao aumento do consumo de energia que se espera existir nesse período.

2010	2020	2030
0,304	0,131	0,163

Tabela 36: Emissões de CO<sub>2</sub> do SEN, em kg/kWh produzido

Apesar de ser um consumo relativamente baixo e perfeitamente suportado por qualquer fonte de energia renovável, a verdade é que com a tecnologia actual não é de todo possível direccionar toda ou parte da produção renovável para o abastecimento exclusivo dos veículos eléctricos, pelo que se prevê que, a manter-se o actual estado da arte, a utilização de veículos eléctricos terá uma quota de abastecimento de energia com origem nas centrais térmicas, pelo que neste caso, é importante considerar igualmente as contribuições das centrais de ciclo combinado a gás natural no que diz

respeito às emissões de CO<sub>2</sub> para abastecimento destes veículos. Com base na quota de produção inerente às centrais de ciclo combinado a gás natural, do seu nível de emissões específicas de CO<sub>2</sub> e das necessidades de energia para abastecimento dos veículos eléctricos, verifica-se que serão emitidas entre 3 e 11 toneladas de dióxido de carbono em 2020. Para 2030 e com o aumento do parque automóvel eléctrico, o nível de emissões de CO<sub>2</sub> ascenderá a um valor compreendido entre as 220 e as 833 toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas para atmosfera pelos veículos eléctricos.

Tomando como referência o número de veículos eléctricos estimado para cada cenário, é expectável que exista uma redução muito significativa nas emissões de CO<sub>2</sub>, passando dos milhares de toneladas para valores na ordem das dezenas, caso esses mesmos veículos fossem a combustão interna.

Ano	Cenário Base		Cenário Optimista		Cenário Pessimista	
	VCI	VE	VCI	VE	VCI	VE
2020	7.662	0,1	11.988	0,4	6.190	0,1
2030	68.500	12	93.559	22	47.867	6

Tabela 37: Comparação das emissões de CO<sub>2</sub> entre o parque automóvel VCI e VE, em Ton de CO<sub>2</sub>

Ao nível do veículo mais em particular, a adopção dos veículos eléctricos dará origem a uma diminuição significativa do nível de emissões de CO<sub>2</sub> por cada quilómetro percorrido por cada veículo. Efectivamente e tendo por base os dados do estudo do IDMEC, enquanto que um veículo com motor de combustão interna emitirão entre 137 e 143 gCO<sub>2</sub>/km percorrido para um veículo a diesel e a gasolina respectivamente, com a adopção dos veículos eléctricos situar-se-á num valor inferior às 20 gCO<sub>2</sub>/km, emissões estas que têm origem na produção de energia eléctrica a partir das centrais de ciclo combinado a gás natural.

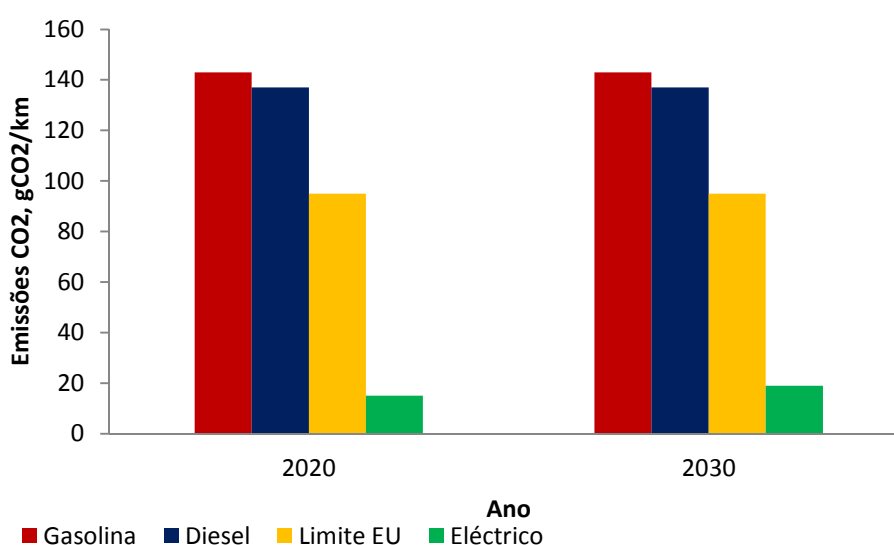


Gráfico 59: Nível de emissões por km em função do tipo de veículo, em gCO<sub>2</sub>/km

A manter-se o estado da arte tecnológica actual, apenas os veículos eléctricos terão capacidade de reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> por quilómetro percorrido abaixo do limite de 95gCO<sub>2</sub>/km imposto pela comissão Europeia, já a partir de 2020. De uma forma muito geral, os veículos com motores de combustão, apesar de poderem vir a receber algumas evoluções ao longo dos próximos anos, dificilmente atingirão esse mesmo limite sem que venham a existir perdas de características, nomeadamente potência, conforto ou mesmo estatuto.

#### 4.9. Consumo de energia primária

Com base na comparação energética efectuada entre o consumo de energia primária (entenda-se gás natural ou combustíveis fósseis rodoviários) dos veículos eléctricos e dos veículos com motores de combustão interna, verifica-se que um veículo eléctrico é cerca de 85 a 90% mais eficiente do ponto de vista energético do que os seus homólogos a combustão interna. Para esta eficiência contribui não só o facto de apenas 20 a 25% do abastecimento das baterias ser proveniente das centrais de ciclo combinado a gás natural mas também a vantagem do motor eléctrico ser mais eficiente quando comparado com o motor tradicional de combustão.

Ano	Gás natural	Gasolina	Gasóleo
2020	232	1.992	1.919
2030	302		

Tabela 38: Energia consumida por quilómetro em gás natural, gasolina e gasóleo em 2020 e 2030, em kJ

Analisando todo o parque automóvel eléctrico estimado e considerando os quilómetros percorridos anualmente, verifica-se que os veículos eléctricos podem contribuir para que Portugal possa reduzir as suas importações em cerca de 13% em 2020 e 17% em 2030, contribuindo para que seja energeticamente menos dependente das importações de energia primária.

Ano	Cenário Optimista				Cenário Pessimista			
	N.º VE	Gás natural	Gasolina	Gasóleo	N.º VE	Gás natural	Gasolina	Gasóleo
2020	10.669	22	86	81	5.509	11	44	42
2030	83.266	221	671	629	42.601	113	344	322

Tabela 39: Energia consumida pelo parque automóvel eléctrico, em energia primária, em TJ

#### 4.10. Influência do diagrama de carga diário

O diagrama de carga português caracteriza-se por um período de vazio, entre a meia noite e as oito horas da manhã e por um período de cheia, entre as oito horas da manhã e a meia-noite. No período de cheia, é possível aferir duas pontas de carga: a primeira, entre as nove horas e o meio-dia, com o consumo a surgir maioritariamente da indústria e serviços; e ao final da tarde, a partir das dezassete até às vinte e duas horas, com a transferência gradual do consumo para o sector residencial. Este comportamento, longe de ser constante, mostra também que em 2009, o consumo durante o período de vazio é cerca de metade do consumo verificado durante o período de cheia, razões pelas quais se pretende que o abastecimento das baterias dos veículos eléctricos seja efectuado maioritariamente durante a noite.

A manter-se o aumento anual no consumo eléctrico nos 2,4% ao ano ao longo das próximas duas décadas, verifica-se que em 2030 o consumo eléctrico será aproximadamente 1,6 vezes maior que o registado em 2009. De realçar que neste cenário apenas está a ser analisado o diagrama de carga diário de inverno, considerando o dia de maior consumo registado em 2009. Por outro lado, também não estão a ser contabilizadas as medidas postas em prática para o aumento da eficiência energética em 20% até 2020, que deverão contribuir para uma desaceleração neste crescimento a já a partir de 2015. Ao nível do comportamento do diagrama de carga diário, verifica-se também a acentuação da diferença de consumo entre o período nocturno e diurno, diferença essa superior a 27% em qualquer um dos cenários.

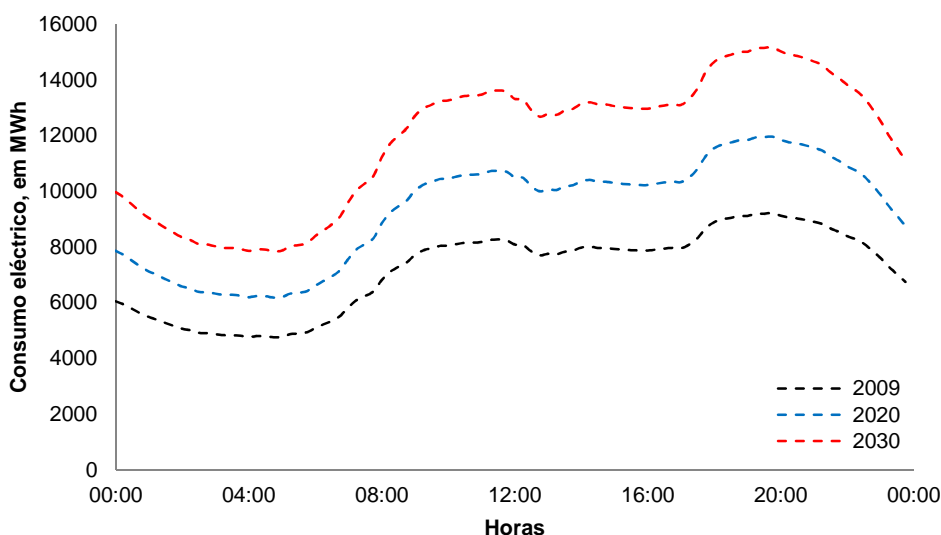


Gráfico 60: Evolução no consumo eléctrico diário entre 2009 e 2030 - Diagrama de carga da ponta de inverno de 2009

Em termos absolutos, este crescimento significa que Portugal irá consumir cerca de 84 TWh em 2030, independentemente do cenário de veículos eléctricos que se venha a registar. Ao nível do diagrama de carga diário, este crescimento significa que poderá verificar-se pontas de consumo na

ordem dos 12 GWh em 2020 e dos 15 GWh em 2030, representado um aumento no consumo de aproximadamente de 30% e 65%, respectivamente.

O diagrama de carga seguinte mostra claramente a necessidade de dispor de capacidade instalada suficiente e um Mix de produção variado para fazer face tanto para a situações de baixo consumo durante o período nocturno, como de pontas de consumo muito elevadas durante o dia.

Por outro lado, embora a capacidade instalada em 2009 em Portugal supere as necessidades de consumo para esse ano, verifica-se que, caso a previsão de aumento venha a ocorrer, o sistema electroprodutor nacional deixará de poder suportar todo o consumo necessário, havendo necessidade de aumentar a capacidade instalada já para 2020.

Já em relação ao consumo previsto para 2030, torna-se necessário em aumentar o investimento em centrais de produção, tanto em regime de PRO como PRE, por forma a satisfazer todo o consumo previsto para o período 2020-2030, uma vez que a capacidade instalada actualmente não conseguirá suportar esse aumento de carga.

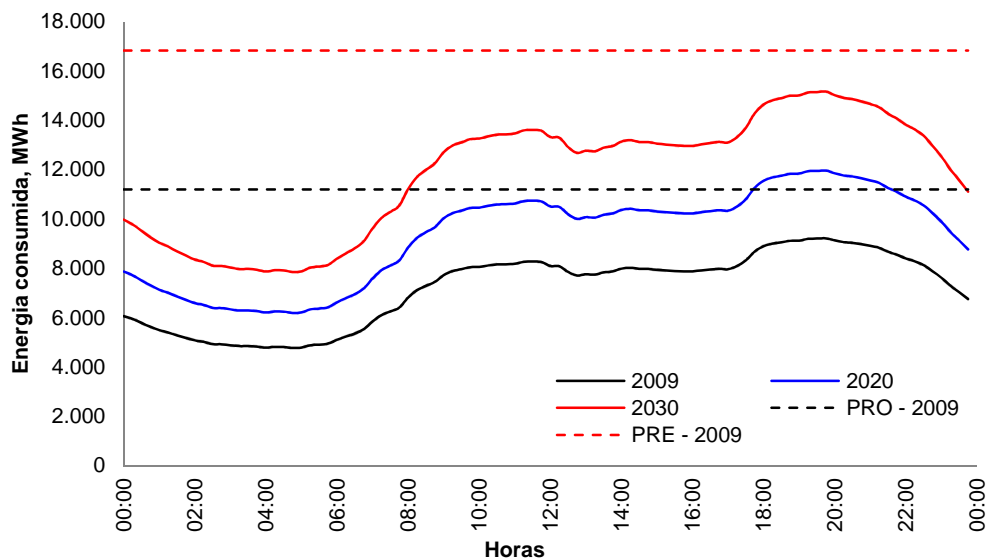


Gráfico 61: Diagrama de carga diário da ponta de inverno para os anos 2009, 2020 e 2030, em MWh

Ao nível das PRE's, onde se enquadram as tecnologias mini-hídrica, eólica, solar e térmica (através da co-geração e térmica renovável), houve uma contribuição em 2010, na ordem dos 34,3%, de onde metade da produção de energia teve origem na eólica, o que traduz um aumento de 1,3 TWh face a valores de 2009. [54]

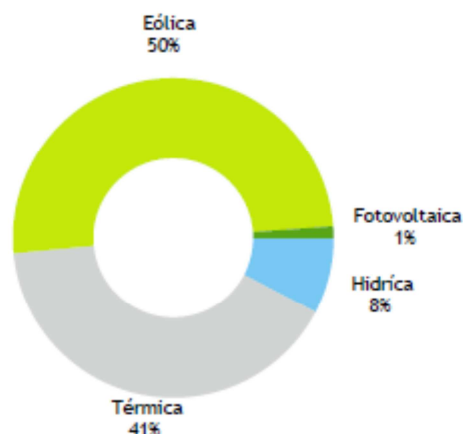


Gráfico 62: Contribuição das PRE's na satisfação do consumo eléctrico verificado em 2010

#### 4.10.1. O carregamento das baterias vs diagrama de carga diário

No caso em análise, o carregamento das baterias dos veículos eléctricos terá um impacto imperceptível no diagrama de carga diário dado que a sua contribuição oscilará entre 0,12% e 0,23% do consumo global diário estimado para 2030, considerando um parque automóvel eléctrico compreendido entre as 43 mil e 84 mil viaturas num perfil de carregamento descontrolado.

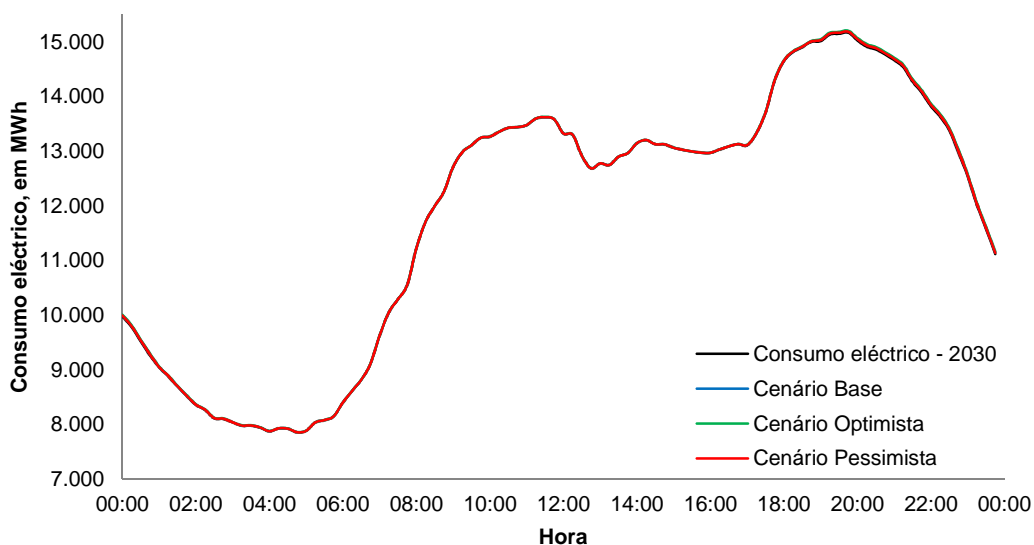


Gráfico 63: Diagrama de carga diário para os cenários previstos - Perfil "Carregamento Descontrolado" - Ano 2030

Num cenário onde o carregamento das baterias é gerido pelo operador da rede, verifica-se que o impacto é ainda menor do que o verificado num perfil de carregamento descontrolado, situando-se o abastecimento dos veículos eléctricos numa contribuição em torno dos 0,002% do consumo total previsto para 2030.

Este impacto prende-se com o facto da rede poder gerir o abastecimento dos veículos eléctricos, por forma a que as suas baterias sejam carregadas sobretudo durante o período nocturno, por forma a nivelar o diagrama de carga e para escoamento da energia eléctrica produzida a partir das fontes renováveis.

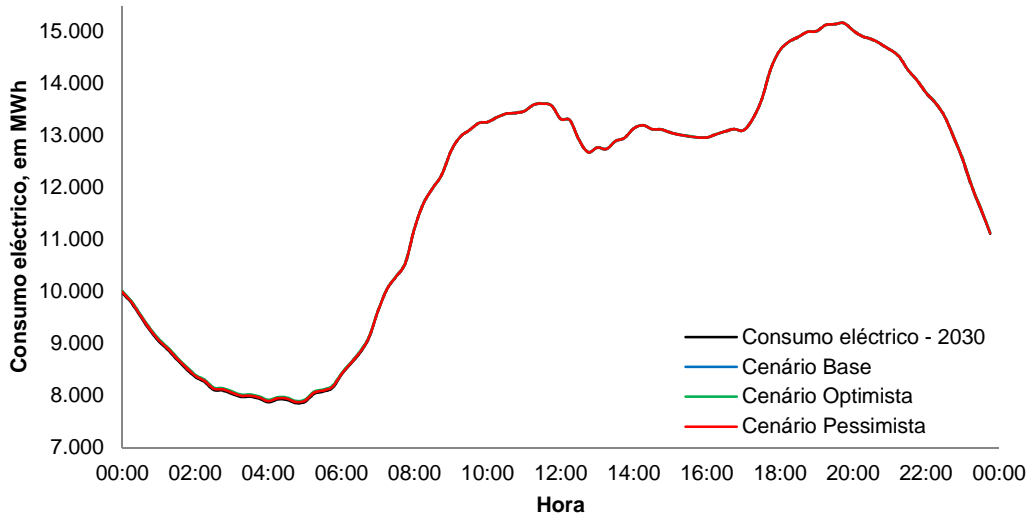


Gráfico 64: Diagrama de carga diário para os cenários previstos - Perfil "Smart Grid" - Ano 2030

Será igualmente interessante analisar a influência da introdução de veículos eléctricos num cenário hipotético onde será assumido um crescimento elevado do parque automóvel eléctrico que poderá ser entre as quinhentas mil e os dois milhões e quinhentas mil viaturas em 2030, para um cenário pessimista e optimista, respectivamente.

Considerando um perfil de carregamento sem qualquer tipo de controlo, verifica-se que existirá a tendência para colocar a viatura a carregar ao final do dia, aumentando consideravelmente a ponta de consumo já existente entre as 18h e as 22h. por outro lado, verifica-se também que o consumo durante o período de vazio é sobretudo para abastecer o consumo normal de electricidade, não havendo grandes variações em função da utilização dos veículos eléctricos.

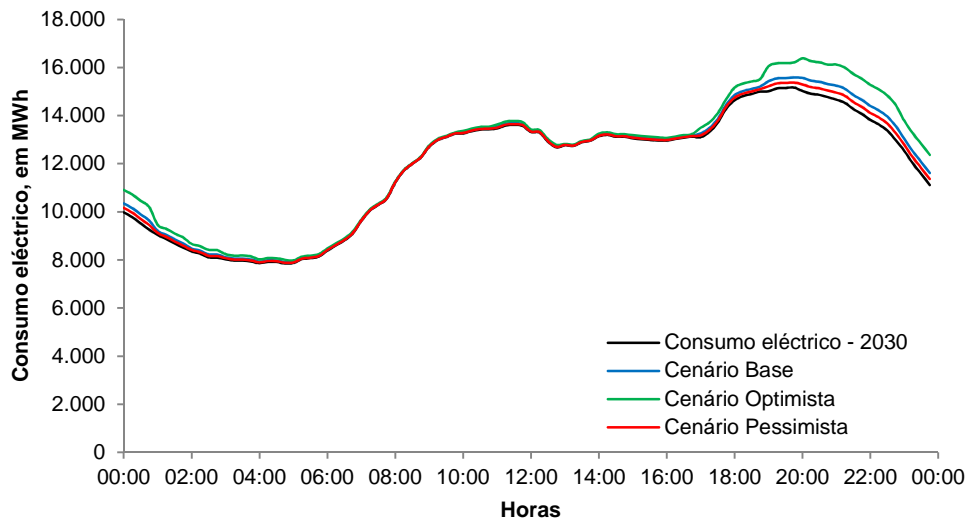


Gráfico 65: Diagrama de carga diário em 2030 - Perfil descontrolado

Considerando agora um cenário em que o abastecimento das baterias é controlado pelo operador através das redes inteligentes, verifica-se que existe a deslocalização do abastecimento de veículos eléctricos para o período nocturno, fazendo com que haja um nivelamento do diagrama de carga diário. Este nivelamento será tanto maior consoante o aumento do parque eléctrico. Durante o período diurno, o abastecimento eléctrico será sobretudo para suportar o consumo normal esperado para esse ano. Haverá no entanto, uma pequena parte do abastecimento que será dirigido para os carregamento de alto débito por forma a fazer face a situações de falta de carga nas baterias, situações estas que se esperam pontuais.

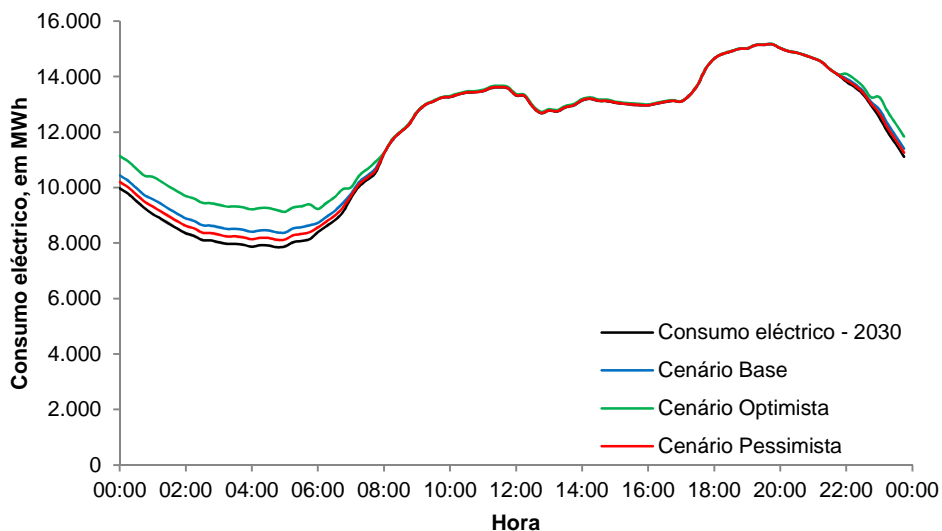


Gráfico 66: Diagrama de carga diário em 2030 - Perfil Rede Inteligente

#### **4.11. Comparativo energético entre veículos de combustão interna e veículos eléctricos.**

Ao nível da energia dispendida por um veículo com motor de combustão interna e por um veículo eléctrico, verifica-se que a eficiência energética recai sobre a utilização dos veículos eléctricos. Efectivamente, num cenário "*business as usual*" onde apenas existirão veículos de combustão interna, um qualquer veículo deverá gastar cerca de 1,94 MJ por cada quilómetro percorrido contra 1,78 MJ que um veículo eléctrico necessita para percorrer igual distância. Isto significa um enorme ganho em eficiência energética nos transportes rodoviários, uma vez que os veículos eléctricos conseguem obter ganhos de eficiência acima dos 90% em relação aos seus homólogos a combustão.

## 5. CONCLUSÕES

Neste capítulo pretende-se efectuar as conclusões do presente estudo tendo em conta a metodologia aplicada no capítulo 3 e os resultados apresentados no capítulo 4.

Actualmente todo o foco está direccionado para os veículos de combustão interna tanto por razões históricas, económicas ou de natureza tecnológica. É composto por veículos a diesel e a gasolina em igual proporção e pelos segmentos mais baixos uma vez que os preços de venda praticados nestes segmentos estão enquadrados com o poder de compra dos portugueses. Um dos factores que mais influencia a escolha de um dado modelo é o consumo de combustível devido à sua implicação no orçamento mensal das famílias. No que diz respeito ao imposto de circulação, factor que reflecte directamente o impacto ambiental de um dado veículo, é um factor que não entra nas contas na hora de adquirir uma viatura.

Ao nível dos segmentos, a gasolina é o combustível de eleição nos segmentos mais baixos e nos veículos presentes na categoria de Luxo ao passo que nos restantes segmentos, a opção recai sobretudo nos veículos a diesel. Em termos de veículo propriamente dito, o consumidor português pretende um veículo que responda a todas as suas necessidades de deslocação, tanto pendulares como de longa distância e que apresente uma boa relação qualidade/preço dado que é um bem que tende a manter-se em circulação por cerca de uma década.

No que toca aos consumos e as emissões de CO<sub>2</sub>, como era de esperar, existe uma preocupação grande em manter os consumos baixos, nomeadamente nos segmentos mais baixos existindo um aumento gradual em função dos segmentos. De notar que os avanços efectuados nos últimos anos na tecnologia diesel ao nível da inclusão do biodiesel e nos desenvolvimentos nos filtros de partículas, permite que este apresente valores de emissões de CO<sub>2</sub> inferiores aos dos seus homólogos a gasolina, factor para o qual contribui também o facto do motor a diesel consumir menos combustível.

Ao nível dos combustíveis, verifica-se uma maior penetração dos veículos a diesel em detrimento dos veículos a gasolina, aposta esta que poderá estar directamente ligada, tanto ao preço do diesel, mais barato que o da gasolina, como pelo facto dos veículos a diesel apresentarem um consumo médio 2,5 litros inferior do que os seus homólogos a gasolina, diferenças essas que poderão ir dos 0,8 litros para um veículo do segmento Económico até perto dos 5 litros no segmento de Luxo.

Ao nível dos segmentos, regista-se uma amplitude considerável nos consumos e nas emissões de CO<sub>2</sub> dos veículos em comercialização actualmente, variação essa que pode ir desde os cerca de quatro litros até às dezenas de litros de combustível consumido por cada cem quilómetros percorridos e desde as 80 gCO<sub>2</sub>/km até às cerca de 300 gCO<sub>2</sub>/km, ao nível das emissões.

O crescimento do parque automóvel a diesel deve-se sobretudo aos consumos mais baixos mas também devido ao preço de combustível mais baixo do que o da gasolina, razão pela qual tem feito com que o preço entre ambos os tipos de combustíveis se tenha aproximado nos últimos anos, diminuindo a diferença entre eles.

Apesar da forte aposta nos veículos eléctricos, é expectável que o parque automóvel de combustão interna continue a crescer nas próximas duas décadas, sustentado pelas baixas autonomias dos veículos eléctricos comparativamente com os veículos de combustão interna, pelo elevado preço de compra, colocando um veículo eléctrico do segmento Económico ou Inferior ao nível de veículo de combustão interna do segmento Superior, associado ao baixo poder de compra da maioria dos consumidores que terá apenas capital para adquirir um veículo multifacetado que responda às suas necessidades de deslocação, tanto em viagens pendulares, como em viagens longas.

Em relação aos veículos genéricos, um veículo a gasolina consome cerca de 6,2 litros de gasolina contra os 5,3 litros de diesel gastos por um veículo a diesel para percorrer uma distância de cem quilómetros. Já o veículo adimensional caracterizado neste estudo consome aproximadamente 5,6 litros de combustível para a mesma distância. Em relação às emissões, um veículo a gasolina emite cerca de 144 gCO<sub>2</sub>/km, mais 7 gramas do que um veículo a diesel. As emissões dos veículos diesel estão muito próximas das emissões do veículo adimensional uma vez que este emite 138 gCO<sub>2</sub>/km. De qualquer das formas, qualquer um destes valores inerentes a veículos novos, está ainda muito longe da meta estabelecida de 120 gCO<sub>2</sub>/km imposta pela Comissão Europeia para 2015. Torna-se portanto necessário que os construtores automóveis e de acessórios adoptem medidas nos próximos anos que permitam atingir as metas pretendidas. No caso de se atingir 2015 sem que haja o cumprimento destas metas, dois cenários poderão surgir:

- Ao não atingirem as metas estabelecidas, a Comissão Europeia aplicará multas avultadas aos construtores automóveis por cada grama de CO<sub>2</sub> emitida por um veículo novo, além do valor regulamentado o que poderá colocar os construtores automóveis numa posição economicamente fragilizada, ou em alternativa, estes transferirão o sobrecusto do veículo para o consumidor final, cenário este que se espera como sendo o mais provável. Neste cenário, é possível que a compra de veículos novos seja seriamente ponderada por parte dos consumidores e se possa vir a verificar uma viragem nos padrões de mobilidade, com a adopção clara do transporte público enquanto meio de transporte preferencial;
- Por outro lado e sobretudo no caso das marcas generalistas, os construtores poderão ter que abandonar a comercialização das gamas mais poluentes com vista a cumprirem com a meta europeia. Isto significa que a gasolina, poderemos vir a ter apenas modelos dos segmentos Económico ou Inferior, ao passo que nos modelos a diesel, poderemos ter, para além dos referidos, veículos do segmento Médio Inferior (assumindo que virão a ser aplicados novas tecnologias ao nível das emissões de CO<sub>2</sub>). Caso este cenário se venha a verificar, os consumidores terão forçosamente de abdicar de algumas características apenas destinadas aos modelos das gamas superiores ou monetariamente mais caras, nomeadamente: performances, conforto ou status. Também ao nível da segurança rodoviária, poderemos vir a ter alterações caso este cenário venha a concretizar-se uma vez que os modelos dos segmentos mais baixos são habitualmente menos seguros do que os modelos das gamas superiores, o que poderá originar um aumento da sinistralidade rodoviária.

Ao nível da mobilidade, verifica-se que cerca de 84% da população percorre, em média uma distância até setenta quilómetros diariamente sendo que esta percentagem sobe para os 92%, caso a distância aumente para os cem quilómetros percorridos. As curtas distâncias percorridas diariamente poderão representar uma oportunidade para os veículos eléctricos, dado que as autonomias de alguns veículos que entrarão brevemente em comercialização aproximam-se actualmente destes valores (exemplo: modelos da Renault). Por outro lado e para que o veículo eléctrico tenha sucesso, será necessário uma mudança radical de hábitos e comportamentos por parte dos condutores e incentivos adicionais, tanto por parte das entidades estatais como por parte dos fornecedores de energia. De referir ainda que, para que esta mudança de hábitos seja uma realidade, há que dinamizar o abastecimento eléctrico dos veículos por forma a colocar os pontos de abastecimento cada vez mais próximos das zonas residenciais e não apenas junto às zonas de acesso a transportes públicos. Por outro lado, o abastecimento dos veículos eléctricos nos grandes eixos rodoviários é ainda uma incógnita, uma vez que não existe uma definição clara sobre o modelo de abastecimento a implementar. A troca de baterias defendida pelo sistema Better Place ou o carregamento rápido são as opções que se destacam. Para tal, do ponto de vista técnico, é necessário que seja adoptado um único formato de bateria, comum a qualquer veículo e que permita a troca da bateria sem necessidade de adaptações ou intervenções adicionais. Do ponto de vista económico, a troca de baterias levanta algumas questões sobre a forma como será efectuada a sua gestão, ao longo do seu tempo de vida útil. Ao nível do carregamento rápido, o efeito de sobreaquecimento causado pela grande quantidade de energia necessária para abastecer o veículo provoca um desgaste acrescido à bateria o que implicará uma redução significativa no seu tempo de vida útil. Mesmo com o carregamento rápido, o tempo de carga é ainda muito longo estando actualmente nos trinta minutos. No entanto, com o desenvolvimento de novos postos de abastecimento, é expectável que a breve trecho, este tempo venha a ser reduzido para cerca de 10 minutos.

Com base nestes valores, um veículo a gasolina percorre cerca de 6 mil quilómetros anualmente e um veículo a gasóleo percorrerá cerca de 11 mil quilómetros somente em deslocações pendulares. Considerando a penetração dos veículos por tipo de combustível na amostra (50,8% de veículos a diesel e 49,2% a gasolina), estima-se que um veículo adimensional percorra cerca de 8800 quilómetros anualmente em viagens pendulares.

Com base nos consumos dos veículos tipo determinados anteriormente e nos quilómetros percorridos nas deslocações pendulares estima-se que um veículo genérico a gasolina consuma cerca de 390 litros e um veículo genérico a gasóleo consuma cerca de 600 litros por ano. Por conseguinte, o veículo adimensional necessita em média de perto de 500 litros de combustível para percorrer os cerca de 8.800 quilómetros anuais.

Com base nas emissões de CO<sub>2</sub> dos veículos tipo determinados anteriormente e nos quilómetros percorridos nas deslocações pendulares estima-se que um veículo genérico a gasolina emita cerca de perto de 1 tonelada de dióxido de carbono e um veículo genérico a gasóleo emita mais de 1,5 toneladas de CO<sub>2</sub>. Por conseguinte, o veículo adimensional emite mais de 1,2 toneladas de CO<sub>2</sub> ao percorrer os cerca de 8.800 quilómetros anuais.

Estima-se que um veículo efectue cerca de vinte e sete mil quilómetros anualmente sendo que desses, cerca de 9000 quilómetros sejam percorridos em viagens pendulares e 18000 quilómetros percorridos em viagens de longa distância o que significa que um veículo gastará cerca de 1500 litros de combustível anualmente e emitirá aproximadamente quase 4 toneladas de CO<sub>2</sub> para a atmosfera.

Apesar da crise que assola toda a economia mundial da qual Portugal não é excepção, é expectável que o parque automóvel continue a crescer nas próximas duas décadas, esperando-se que venha a atingir mais de seis milhões e quinhentas mil viaturas em 2030 o que implica que as questões da sustentabilidade energética nacional permaneçam na ordem do dia, com um crescimento mais acentuado a partir da segunda metade da presente década.

Assim, e dado que o parque automóvel a circular nas próximas duas décadas será maioritariamente de combustão interna, é de esperar que o aumento do consumo de combustível possa ultrapassar os mil e duzentos milhões de litros de gasolina e perto de dois mil milhões de litros de gasóleo em 2030, dado que não é de esperar desenvolvimentos significativos ao nível do consumo dos motores de combustão interna.

Ao nível das emissões de CO<sub>2</sub>, o crescimento será também ele significativo, mesmo com a aplicação das medidas de contenção dos gases de efeito de estufa prevista pela Comissão Europeia que poderá reduzir as emissões globais de CO<sub>2</sub> dos 150 milhões de toneladas nos próximos 20 anos para cerca de 140 milhões de toneladas, representando uma redução de cerca de 5,5% face à ausência de medidas de controlo.

Com excepção para raríssimos casos, é ainda difícil encontrar um veículo eléctrico à venda num qualquer concessionário automóvel uma vez que os construtores estão a prever que a comercialização em massa de veículos eléctricos se venha a efectivar apenas a partir do final de 2011 e durante todo o ano de 2012. No entanto, o foco e a atenção dada a este veículo é grande, dado que praticamente todos os construtores automóveis estão a desenvolver ou mesmo a apresentar o seu próprio modelo eléctrico nos diversos salões automóveis, um pouco por todo o mundo. Por outro lado, tanto o governo como os fornecedores de energia estão empenhados em potenciar o desenvolvimento e a adopção desta tecnologia por parte dos consumidores, multiplicando-se os incentivos, as restrições à circulação de veículos com motores de combustão interna mais poluentes e as acções de marketing que têm sido desenvolvidas em torno do tema.

Apesar de os veículos eléctricos serem conhecidos da grande maioria da população, o seu grau de confiança é ainda muito baixo na hora de adquirir um veículo novo, havendo apetência pelo modelos híbridos tradicionais ou híbridos do tipo Plug-In, devido à maior autonomia destes e uma vez que os preços que se prevêem para ambos os modelos venham a ser muito similares.

Em relação aos veículos eléctricos, estima-se que venha a existir uma introdução muito lenta deste tipo de veículos na próxima década, tanto pela desconfiança por parte dos consumidores como pelo seu custo elevado. No entanto, com o aumento do preço do combustível fóssil, o desenvolvimento da tecnologia eléctrica associada aos veículos quer ao nível do aumento da capacidade das baterias, da expansão da rede de carregamento eléctrico e redução dos custos de produção, é expectável que a

introdução deste tipo de veículos venha a expandir-se após 2025, com tendência para que substituam progressivamente os veículos de combustão interna, podendo vir a atingir uma quota de parque automóvel que poderá chegar aos 1,3 % em 2030, ou seja, pouco mais de oitenta e três mil viaturas eléctricas.

Mesmo com a introdução dos veículos eléctricos é expectável que o crescimento no consumo de combustível acompanhe o crescimento do parque automóvel de combustão interna, sendo de esperar o consumo de mais de 23 mil milhões de litros de gasolina e 37 mil milhões de litros de gasóleo entre 2010 e 2030. Com a expansão dos veículos eléctricos prevista para a década 2020-2030, é possível que sejam poupados cerca de 53 a 121 milhões de litros de gasolina e entre 44 a 101 milhões de litros de gasóleo, o que corresponde a uma quota entre 0,23% e 0,52% do consumo total de gasolina e entre 0,12% e 0,27% do consumo total de gasóleo no período em análise face ao cenário "*business as usual*".

Com a introdução de veículos eléctricos, será de esperar o aumento do consumo de gás natural por parte do sistema electroprodutor, uma vez que parte do abastecimento das baterias será feito com recurso a centrais de ciclo combinado a gás natural. Embora este abastecimento seja efectuado sobretudo a partir de fontes de energia renovável, a saturação geográfica para instalação de novas centrais renováveis fará com que as centrais térmicas venham ganhar um novo lugar de destaque no horizonte 2020-2030. Ainda assim, mesmo com o abastecimento das baterias a fazer-se em parte pelas centrais de ciclo combinado a gás natural, é expectável que Portugal aumente a sua independência energética face às importações de energia primária para utilização no sector dos transportes, nomeadamente nos veículos ligeiros de passageiros e de utilização particular. Com a afectação dos preços do gás natural aos preços de petróleo, será importante aferir qual o ganho económico da solução gás natural para abastecimento de veículos eléctricos.

Por outro lado, o aumento considerável de consumo de gás natural poderá ser uma oportunidade para o rápido desenvolvimento das redes inteligentes por forma a minimizar o contributo das centrais térmicas para o sector rodoviário, ficando este abastecimento afecto apenas a centrais renováveis, que, segundo as estimativas, serão perfeitamente capazes de suportar toda essa carga adicional.

Ao nível das emissões de dióxido de carbono, verifica-se que estas acompanharão o crescimento do parque automóvel de combustão interna, crescimento esse que fará com que sejam emitidas perto de 150 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> para a atmosfera até 2030. A escolha e utilização de veículos eléctricos permitirá reduzir estas emissões num valor entre 255 mil e 560 mil toneladas de emissões directas de CO<sub>2</sub> até 2030. De realçar que o processo de abastecimento das baterias terá sempre a contribuição de centrais de ciclo combinado a gás natural, o que fará com que o nível de emissões seja reduzido em mais de 99% quando comparado com as emissões de CO<sub>2</sub> do parque automóvel homologado a combustão interna, redução essa devida à utilização de fontes de energia renovável para abastecimento das baterias.

Ao nível da introdução das metas de emissões de CO<sub>2</sub> impostas pela Comissão Europeia, é expectável que continue a existir um crescimento na ordem dos 1,5% até 2015 e uma desaceleração

neste crescimento para os 1,3% ao ano nos cinco anos seguintes. A partir de 2020 e com o apertar das restrições nas emissões, o crescimento no volume de emissões de CO<sub>2</sub> passará dos 1,3% para os 0,27% ano no período entre 2025 e 2030.

Em termos do aumento do consumo eléctrico associado aos veículos eléctricos, verifica-se que o aumento será muito lento até 2020, devido ao crescimento lento na introdução da tecnologia no parque automóvel nacional. No entanto, entre 2020 e 2030 é possível que se venha a verificar um aumento considerável no consumo, muito em linha com o aumento estimado do número de veículos eléctricos a circular nas estradas portuguesas. Este crescimento poderá atingir os 138 GWh em 2030, o que representa um consumo diário adicional de 380 MWh em 2030 inerente aos veículos eléctricos

O diagrama de carga diário é inconstante ao longo do dia. Nesse sentido, a introdução dos veículos eléctricos poderá dar uma contribuição para que o diagrama de carga se torne mais constante ao longo do dia, pese no entanto o facto de, nos cenários considerados, essa contribuição seja insignificante para essa estabilização. De realçar que, se todo o parque automóvel previsto para 2030 fosse eléctrico, verificar-se-ia que a rede continuaria a conseguir suportar esse consumo, desde que a gestão do carregamento das baterias seja efectuada a partir da aplicação das funcionalidades das redes inteligentes e com isso, o processo de carga seja efectuada durante o período de vazio. Tendo em conta os restantes perfis de carga, o sistema electroprodutor terá que ser reforçado por forma a fazer face ao aumento do consumo eléctrico inerente ao abastecimento das baterias, sobretudo nas horas em que se verificam as pontas de carga diária. Ainda assim, este reforço de potência instalada deverá ser correctamente equacionado em relação ao tipo de central a desenvolver, tanto devido à volatilidade das centrais de produção com origem renovável (hídrica, solar e eólica) e aos níveis de emissões e custos das centrais de produção eléctrico com origem em combustíveis fósseis. No caso das fontes hídricas, convém salientar a instalação da capacidade de reversibilidade das grandes barragens, o que irá permitir o armazenamento de energia na forma de água.

Actualmente, a energia eólica domina perante as restantes PRE's, sendo expectável que essa tendência venha ser reforçada nos próximos anos, com uma contribuição para o abastecimento eléctrico estimada de 39% e 36% em 2020 e 2030, respectivamente. Idealmente esta poderia ser uma das principais fontes de energia renovável a abastecer as baterias dos veículos eléctricos por forma a manter as emissões de CO<sub>2</sub> globais (compreendendo a produção de energia eléctrica e a utilização do veículo) o mais próximas possível de zero.

Apesar da introdução de veículos eléctricos representar um aumento no consumo eléctrico, é de notar que os maiores aumentos advêm do consumo tradicional de energia eléctrica. A introdução de veículos eléctricos terá um impacto muito pouco significativo até 2020, ano a partir do qual essa contribuição verá um crescimento mais acentuado mas ainda assim, insignificante perante todo o consumo tradicional.

Do ponto de vista energético e considerando apenas a utilização do veículo no dia-a-dia, a escolha recai sem sobra de dúvida sobre os veículos eléctricos dada a sua maior eficiência por cada quilómetro percorrido face aos veículos de combustão interna. Espera-se que este ganho de

eficiência (na ordem dos 90%) venha a melhorar consideravelmente a eficiência energética nacional no transporte rodoviário, sector este que é actualmente um dos grandes consumidores de energia.



## 6. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

- Análise do impacto dos veículos eléctricos no panorama da mobilidade face a diferentes cenários de penetração face aos veículos a gasolina e a diesel;
- Análise da evolução do mercado de veículos eléctricos face à concorrência entre fornecedores de electricidade, após MIBEL;
- Evolução do mercado e utilização dos veículos eléctricos em função do aumento da autonomia das baterias;
- Análise do mercado automóvel caso não sejam atingidas as metas ambientais para os veículos automóveis previstas para 2020;
- Impacto que a adopção de veículos híbridos do tipo Plug-In enquanto veículo "eléctrico" mais vendido;
- Impacto económico da introdução dos veículos eléctricos em Portugal. Análise ao nível das importações de energia e na utilização do veículo eléctrico;
- Evolução das redes de distribuição e transporte de energia eléctrica em função do crescimento do parque automóvel eléctrico. Introdução das redes inteligentes em Portugal e a sua implicação em termos de abastecimento dos veículos eléctricos. Análise dos custos de implementação das redes inteligentes do ponto de vista dos operadores de electricidade e do consumidor final;
- Medidas a adoptar para fomentar a adopção de veículos eléctricos enquanto meio de uniformização do diagrama de carga diário;
- Avaliação do impacto que os veículos eléctricos terão ao nível do Orçamento de Estado. Medidas a adoptar para taxação de impostos aos proprietários de veículos eléctricos.



## 7. LISTA DE REFERÊNCIAS

### Capítulo 1

- [1] *"Relatório de Estado do Ambiente 2009"*, Outubro 2010, Agência Portuguesa do Ambiente
- [2] Eurostat, Eurostat yearbook 2010
- [3] Eurostat, Sustainable development - Transport
- [4] *"Council adopts climate-energy legislative package"*, Council of the European Union, 8434/09 (Presse 77);
- [5] Electrick Publications and NJK, [http://www.speedace.info/electric\\_vehicle\\_history.htm](http://www.speedace.info/electric_vehicle_history.htm)
- [6] *"The rise of renewable energy"*, Better Place, <http://www.betterplace.com/the-opportunity-energy>
- [7] INEE, Instituto Nacional de Eficiência Energética, *"As consequências da expansão dos Veículos eléctricos (Bateria, Híbridos e Célula a Combustível) no Brasil"*, Fev/2006
- [8] MIT Electric Vehicle Team, April 2008
- [9] *"Impact of Electric Vehicles on Power Distribution Networks"*, Putros G. A., Suwanapingkarl P., Johnston D., Bentley, E.C., Narayana M., School of Computing, Engineering and Information Sciences, Northumbria University
- [10] *"Plug-in Hybrid and Battery-Electric Vehicles: State of the research and development and comparative analysis of energy and cost efficiency"*, Francoise Nemry, Guillaume Leduc, Almudena Muñoz, European Commission, JRC/IPTS, 2009

### Capítulo 2

- [11] *"INE - Anuário Estatístico de Portugal"*, 2009
- [12] *"Desenvolvimento Sustentável e Competitividade, Informação Sócio-económica"*, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território, Departamento de Prospectiva e Planeamento e Relações Internacionais, 3/2010
- [13] *"Movimentos pendulares e organização do território metropolitano : área metropolitana de Lisboa e área metropolitana do Porto : 1991/2001"*, Instituto Nacional de Estatística. - Lisboa : I.N.E., 2003 - ISBN 972-673-676-5
- [14] *"Strategic marketing plan for battery electric vehicles. The Portuguese case"*, Camus C, Baptista P, Silva C, Farias T., IPL - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa; UTL - Instituto Superior Técnico, Lisboa
- [15] *Sector eléctrico "Produção"*: Website Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, <http://www.erse.pt/pt/electricidade/actividadesdosector/producao/Paginas/default.aspx>, último acesso em 03/07/2011
- [16] *Sector eléctrico "Transporte"*: Website Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, <http://www.erse.pt/pt/electricidade/actividadesdosector/transporte/Paginas/default.aspx>, último acesso em 03/07/2011

- [17] *Sector eléctrico "Distribuição"*: Website Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, <http://www.erse.pt/pt/electricidade/actividadesdosector/distribuicao/Paginas/default.aspx>, último acesso em 03/07/2011
- [18] *Sector eléctrico "Comercialização"*: Website Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, <http://www.erse.pt/pt/electricidade/actividadesdosector/comercializacao/Paginas/default.aspx>, último acesso em 03/07/2011
- [19] *"REN - Caracterização da Rede Nacional de Transporte para efeitos de acesso à rede em 31 de Dezembro de 2009"* - Edição; Março 2010
- [20] *"Challenges and Opportunities for the electric Vehicles Society"* - 06/12/2010 - Apresentação EFACEC
- [21] *"Batteries for Electric Cars - Challenges, Opportunities, and the Outlook to 2020"*, Andreas Dinger, Ripley Martin, Xavier Mosquet, Maximilian Rabi, Dimitrios Rizoulis, Massimo Russo, Georg Sticher, The Boston Consulting Group Inc., 2010

### Capítulo 3

- [22] *"Guia do Automóvel"*, n.º 310, 02/2011, Motorpress Lisboa
- [23] *"Estatísticas do Sector Automóvel"*, Edição de 2010, ACAP
- [24] *"Impacts of alternative vehicle technologies and energy sources in the Portuguese road transportation sector"*, Patrícia C. Baptista, Carla M. Silva, Tiago L. Farias, IDMEC - Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa
- [25] Hosmer, D.W. & Lemeshow, S. (2000), *"Applied Logistic Regression"*, 2ª Edição, Edições John Wiley & Sons
- [26] *"Financial Times"*, July 14 2010, [www.ft.com/portugal-2010](http://www.ft.com/portugal-2010), último acesso em 07/07/2011
- [27] *"Apontamentos da Cadeira de Energias Renováveis"*, Apresentação Eng.º Victor Mendes, ISEL, 2008
- [28] *"Introducing technology timeline interpretation to technology diffusion and maturity analysis as applied to different industrial sectors"*, Steve Wunderlich and Tarek Khalil, University of Miami
- [29] *"Technology forecasting for telecommunications"*, Lawrence K. Vaston and Ray L. Hodges, Technology Future Inc, *Teletronikk 4.2004*
- [30] *"A model of the product lifecycle for sales forecasting"*, Philip M. Yelland, January 2004
- [31] *"Roteiro para a difusão dos veículos eléctricos"*, INEE, ABVE, Maio 2010
- [32] [http://economico.sapo.pt/noticias/seis-boas-razoes-para-comprar-um-carro-electrico\\_65483.html](http://economico.sapo.pt/noticias/seis-boas-razoes-para-comprar-um-carro-electrico_65483.html), último acesso em 06-07-2011
- [33] <http://www.agenciafinanceira.iol.pt/geral/ajuda-externa-pedido-de-resgate-troika-socrates-agencia-financeira/1250683-5238.html>, último acesso em 03/07/2011
- [34] <http://www.edp.pt/pt/sustentabilidade/ied/wattdrive/veiculoselectricos/pages/veiculoselectricos.aspx>, , último acesso em 03/07/2011
- [35] <http://www.abb.pt/cawp/seitp202/5eda5aef216c9b21c12578c00036b227.aspx>, último acesso em 05/07/2011

- [36] <http://www.cm-lisboa.pt/?idc=42&idi=57484>, último acesso em 03/07/2011
- [37] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:C:2011:044:0047:0052:PT:PDF>, último acesso em 06/07/2011
- [38] <http://aeiou.expresso.pt/cenarios-de-bancarrota-grega=f651043>, último acesso em 3/07/2011
- [39] *"Impacts of electric vehicle's charging strategies in the electricity prices"*, Camus, C, Farias T., ISEL/IPL, IST/UTL, Lisboa,
- [40] [http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/Noticias/Documents/Semin%C3%A1rio%2008%20Mar%C3%A7o%202010%20-%20PDFs/Nuno\\_Fernandes.pdf](http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/Noticias/Documents/Semin%C3%A1rio%2008%20Mar%C3%A7o%202010%20-%20PDFs/Nuno_Fernandes.pdf), último acesso em 03/07/2011
- [41] *"REN - Caracterização da Rede Nacional de Transporte para efeitos de acesso à rede em 31 de Dezembro de XXXX"*, REN, Edições: 2007 a 2010
- [42] *"Plano Novas Energias, ENE 2020"*, Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento, 2010
- [43] *"Geração Eléctrica Segura e Competitiva - Gás Natural e Carvão Limpo"*, Vitor Baptista, REN, "O futuro energético em Portugal, Abril 2009.
- [44] *"Segurança de abastecimento ao nível da produção de electricidade - Análise intercalar - Período 2009-2020"*, REN, Abril 2008
- [45] *"Vantagens do ciclo combinado a gás natural face a outras tecnologias de produção de energia. Estudo do caso: A central da Tapada do Outeiro, Portugal"*, Brenhas, M.J. Universidade Fernando Pessoa
- [46] *"Rotulagem de energia eléctrica - Princípios e boas práticas"*, ERSE, Março 2008
- [47] [http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/Noticias/Documents/Semin%C3%A1rio%2008%20Mar%C3%A7o%202010%20-%20PDFs/Guilherme\\_Castro.pdf](http://www.imtt.pt/sites/IMTT/Portugues/Noticias/Documents/Semin%C3%A1rio%2008%20Mar%C3%A7o%202010%20-%20PDFs/Guilherme_Castro.pdf), último acesso em 03/07/2011
- [48] *"Combustão e Combustíveis"*, Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Química e Engenharia de alimentos, Prof. Humberto Jorge José
- [49] *"Apontamentos da cadeira de Máquinas Térmicas e Hidráulicas"*, Eng.º Sérgio Faias, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, 2006
- [50] <http://antonioguilherme.web.br.com/Arquivos/combustiveis.php>, último acesso em 03/07/2011
- [51] Decreto-Lei 141/2010, de 31 de Dezembro
- [52] [http://www.cumprirquioto.pt/measures/MeasureDatasheet.action?measureDatasheet.id=10000&sector=ENERGY\\_OFFER](http://www.cumprirquioto.pt/measures/MeasureDatasheet.action?measureDatasheet.id=10000&sector=ENERGY_OFFER), ultimo acesso em 10/11/2011

## Capítulo 5

- [53] Road transport fuel prices (including taxes) in EU Member States, Website: European Environment Agency, <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/road-transport-fuel-prices-including-1>, último acesso em 04/08/2011
- [54] *"REN - Caracterização da Rede Nacional de Transporte para efeitos de acesso à rede em 31 de Dezembro de 2010"* - Edição; Março 2011