

UNIVERSIDADE DE LISBOA
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA E ENERGIA



Índice de Mobilidade Sustentável da Área Metropolitana de Lisboa

João Eduardo Garção Cordeiro

Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

Dissertação orientada por:
Professora Doutora Carla Silva

2022

Agradecimentos

A realização de uma dissertação é uma jornada repleta de grandes desafios, com altos e baixos, mas também uma possibilidade de crescimento e enriquecimento, quer a nível educacional, quer a nível pessoal. Este trabalho dedico a todos, os que ao longo desta caminhada, contribuíram de alguma forma, sendo indispensáveis à sua concretização.

Um agradecimento à Professora Carla Silva, pela sua orientação, por todo o apoio prestado e por todas as ideias sugeridas que contribuíram para a definição do caminho trilhado.

Ao aluno de doutoramento em Sistemas Sustentáveis de Energia, Ângelo Soares, por toda a ajuda que me prestou e conhecimentos que transmitiu.

À ACAP e à Carris por toda informação e dados disponibilizados, que muito ajudou no desenvolvimento deste trabalho.

A todos os meus amigos e familiares, que comigo partilharam todos os momentos desta caminhada e que muito me apoiaram e motivaram.

E um especial agradecimento aos meus pais, pelo apoio incondicional que sempre me deram, pelo encorajamento nas horas de maior dificuldade e pela estabilidade que sempre souberam transmitir.

Resumo

O setor dos transportes representa um grande peso no consumo de energia final, sendo responsável por cerca de 1/3 das emissões de gases com efeito de estufa (GEE). Desta forma, torna-se inevitável a promoção de uma mobilidade mais sustentável, com o intuito de reduzir os impactos ambientais, económicos e sociais associados a uma mobilidade dominada pelo automóvel privado. Neste contexto, os indicadores de mobilidade sustentável são vistos como uma importante ferramenta para as cidades e autoridades locais, pois permitem acompanhar e avaliar o progresso das ações de políticas com vista a alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável.

Com esta realidade em mente, o presente estudo pretende avaliar o índice de sustentabilidade da mobilidade na Área Metropolitana de Lisboa (AML), ao nível energético e ambiental através do cálculo de dois indicadores, o de Eficiência Energética (MJ/pkm) e o de emissão de GEE (TonCO₂eq/capita). O primeiro indicador refere-se à energia final consumida pelas deslocações diárias inventariadas pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) em 2017. O segundo indicador refere-se às emissões atmosféricas de GEE, compostas maioritariamente por CO₂, CH₄ e N₂O, em ciclo de vida da eletricidade, gasóleo e gasolina, de acordo com a frota circulante para transporte de passageiros referida no INE em 2017. Os indicadores são calculados para esse ano e estimados até 2050 através da elaboração de quatro cenários que promovam a transição energética na mobilidade, mais concretamente de eletrificação da frota circulante de transportes da AML, de modo a comparar diferentes evoluções dos indicadores escolhidos até 2050.

Os resultados mostram que, mantendo o nível de mobilidade, isto é, os passageiros quilómetro transportados, e a população residente, os cenários de adoção massiva de veículos ligeiros de passageiros elétricos puros (EVs) e de autocarros EVs, traduzem-se numa evolução muito positiva de ambos os indicadores, reforçando a importância que uma transição energética no setor dos transportes terá na sustentabilidade das cidades.

Palavras-chave: Eficiência energética; Emissão de GEE; Eletrificação da frota circulante; Cenários.

Abstract

The transport sector represents a large weight in the final energy consumption, being responsible for about 1/3 of greenhouse gas emissions (GHG). Thus, the promotion of a more sustainable mobility becomes inevitable, to reduce not only the environmental impacts, but also the economic and social impacts associated with a mobility dominated by the private car. In this context, sustainable mobility indicators are seen as an important tool for cities and local authorities to monitor and evaluate the progress of policy actions towards sustainable development goals.

With this reality in mind, the present study intends to evaluate the sustainability index of mobility in the Lisbon Metropolitan Area (AML), at the energy and environmental level through the calculation of two indicators, the Energy Efficiency (MJ/pkm) and the GHG emission (TonCO₂eq/capita). The first indicator refers to the final energy consumed by daily commuting provided by the National Institute of Statistics (INE) in 2017. The second indicator refers to atmospheric GHG emissions (CO₂, CH₄, N₂O) in life cycle of electricity, diesel and gasoline, according to the circulating fleet for passenger transport presented by INE in 2017. The indicators are calculated for that year and estimated until 2050 through the development of four scenarios that promote energy transition in mobility. Specifically, by electrification of the circulating fleet of transport in AML and comparing different evolutions of the chosen indicators until 2050.

The results show that, keeping the level of mobility, i.e., passengers kilometers transported, the resident population, and starting from scenarios of massive adoption of pure electric passenger vehicles (EVs) and EV buses, a very positive evolution of both indicators is possible, reinforcing the importance that an energy transition in the transport sector will have in the sustainability of cities.

Keywords: Energy efficiency; GHG emissions; Electrification of the circulating fleet; Scenarios.

Abreviaturas e Acrónimos

ACAP	Associação Automóvel de Portugal
ADENE	Agência para a Energia
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
DGEG	Direção-Geral de Energia e Geologia
EEA	Agência Europeia do Ambiente
EV	Veículo elétrico puro
GEE	Gases com Efeito de Estufa
GN	Gás Natural
GPL	Gás de Petróleo Liquefeito
ICEV	Veículos a combustão interna (do inglês <i>Internal Combustion Engine Vehicle</i>)
IMOB	Inquérito à Mobilidade 2017
IMT	Instituto da Mobilidade e dos Transportes
INE	Instituto Nacional de Estatística
LHV	Poder Calorífico Inferior (do inglês <i>Lower Heating Value</i>)
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
PAMUS	Plano de Ação de Mobilidade Urbana Sustentável
PHEV	Veículo Híbrido <i>Plug-In</i>
PNEC	Plano Nacional de Energia e Clima
PIB	Produto Interno Bruto
RNC	Roteiro para a Neutralidade Carbónica
SMP2.0	Projeto de Mobilidade Sustentável 2.0 (do inglês <i>Sustainable Mobility Project 2.0</i>)
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
TtW	Do depósito às rodas (do inglês <i>Tank-to-Wheels</i>)
UE	União Europeia
UVE	Associação de Utilizadores de Veículos Elétricos
WtT	Do poço ao depósito (do inglês <i>Well-to-Tank</i>)
WtW	Do poço às rodas (do inglês <i>Well-to-Wheels</i>)

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	ii
Abstract.....	iii
Abreviaturas e Acrónimos	iv
Índice	v
Índice de Figuras.....	vii
Índice de Tabelas	ix
1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos e Perguntas de Investigação	2
1.3 Organização do Documento	3
2 Estado da Arte	4
2.1 Mobilidade Sustentável	4
2.2 Indicadores de Mobilidade Sustentável.....	5
2.3 Consumo Energético e Emissões de GEE nos Transportes.....	8
2.4 Metas ambientais	10
2.5 Emissões <i>Well-to-Wheels</i>	12
2.6 Parque Automóvel em Portugal.....	13
3 Caso de Estudo	17
3.1 Caracterização da AML.....	17
3.2 Mobilidade na AML.....	18
3.3 Parque Circulante	21
4 Métodos	22
4.1 Evolução do Parque Automóvel e Vendas de Ligeiros de Passageiros.....	22
4.2 Cálculo dos Indicadores	22
4.3 Cenário de Referência	23
4.3.1 Veículos Ligeiros de Passageiros	24
4.3.2 Táxis	25
4.3.3 Motociclos e Ciclomotores.....	25
4.3.4 Autocarros	26
4.3.5 Comboio	26
4.3.6 Metropolitano	26
4.3.7 Barco	26
4.3.8 Resumo dos Dados para o Cálculo dos Indicadores.....	27

4.4	Cenário 1	27
4.4.1	Veículos ligeiros de passageiros.....	27
4.4.2	Autocarros	30
4.4.3	Restantes modos de transporte	32
4.5	Cenário 2	32
4.5.1	Veículos ligeiros de passageiros.....	32
4.5.2	Autocarros	33
4.5.3	Restantes modos de Transporte.....	33
4.6	Cenário 3	33
4.7	Cenário 4	33
4.8	Síntese dos cenários.....	34
5	Resultados e Discussão	35
5.1	Cenário Base.....	35
5.2	Cenário 1	35
5.2.1	Projeção do parque de veículos ligeiros de passageiros	35
5.2.2	Projeção do parque de autocarros.....	36
5.2.3	Projeção dos indicadores	37
5.3	Cenário 2	38
5.3.1	Projeção do parque de veículos ligeiros de passageiros	38
5.3.2	Projeção dos indicadores	38
5.4	Cenário 3	39
5.4.1	Projeção dos indicadores	39
5.5	Cenário 4	40
5.5.1	Projeção dos indicadores	40
5.6	Análise global.....	41
6	Conclusões e Sugestões Futuras.....	44
7	Referências	46
	Anexos	49
A.	Dados históricos do parque de veículos ligeiros e pesados de passageiros	49
B.	Dados históricos de novas matrículas de veículos ligeiros e pesados de passageiros	51
C.	Relatórios de Sustentabilidade das Empresas de Transporte da AML	52

Índice de Figuras

Figura 1.1. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (fonte: ods.pt [1]).....	1
Figura 2.1. Diagrama dos Objetivos do Transporte Sustentável baseado em Litman (2007) [18]	6
Figura 2.2. Diagrama do consumo de energia final por setor, em 2019. (fonte: DGEG [22])	8
Figura 2.3. Diagrama de evolução do consumo de energia nos transportes nacionais. (fonte: DGEG [22]).....	9
Figura 2.4. Diagrama das emissões GEE por setor. (fonte: APA [23])	9
Figura 2.5. Evolução das emissões de GEE no setor dos transportes entre 1990 e 2020, em Portugal. (fonte: APA [23]).....	10
Figura 2.6. Metas do PNEC para o horizonte de 2030. (fonte: DGEG [28]).....	11
Figura 2.7. Metas do RNC 2050 para os vários setores. (fonte: RNC 2050 [29])	12
Figura 2.8. Diagrama do ciclo de vida do combustível.	13
Figura 2.9. Evolução do parque de veículos ligeiros de passageiros. (fonte: INE)	14
Figura 2.10. Evolução da taxa de motorização em Portugal e na UE 27, no período de 2011 a 2020. (fonte: Eurostat, 2021 [33])	14
Figura 2.11. Distribuição da frota de veículos ligeiros de passageiros por tipo de tecnologia, em 2020. (fonte: INE)	15
Figura 2.12. Evolução das vendas de veículos ligeiros de passageiros entre 2010 e 2020. (dados: ACAP).....	15
Figura 2.13. Evolução das vendas de EVs e PHEVs entre 2010 e 2020. (fonte: ACAP).....	16
Figura 2.14. Vendas de veículos ligeiros de passageiros por tipo de energia em dezembro de 2020. (fonte: UVE [34])	16
Figura 3.1. AML. (fonte: INE - IMOB 2017).....	17
Figura 3.2. Total de deslocações/dia por município de residência na AML. (fonte: INE - IMOB)	18
Figura 3.3. Distribuição das deslocações por meio de transporte principal na AML. (fonte: INE, IMOB)	19
Figura 3.4. Razões para utilização do automóvel na AML. (fonte: INE - IMOB)	19
Figura 3.5. Distribuição do número de deslocações/dia segundo o motivo principal das deslocações. (fonte: INE - IMOB)	20
Figura 3.6. Distância média das deslocações por município de residência. (fonte: INE - IMOB)	20
Figura 3.7. Distância média das deslocações segundo o meio de transporte principal. (fonte: INE - IMOB).....	21
Figura 4.1. Distribuição da frota de veículos ligeiros de passageiros em 2017. (fonte: INE) ...	24
Figura 4.2. Distribuição da frota de veículos pesados de passageiros em 2017 (fonte: INE)....	30
Figura 5.1. Cenário 1: Projeção do parque de veículos ligeiros de passageiros até 2050.....	36
Figura 5.2. Cenário 1: Projeção do parque de autocarros até 2050.....	36
Figura 5.3. Cenário 1: Projeção do indicador de Eficiência Energética dos transportes na AML até 2050.	37
Figura 5.4. Cenário 1: Projeção do indicador de Emissão de GEE por parte dos transportes na AML até 2050.	37
Figura 5.5. Cenário 2: Projeção do parque de veículos ligeiros de passageiros até 2050.....	38
Figura 5.6. Cenário 2: Projeção do indicador de Eficiência Energética do setor dos transportes da AML, até 2050.....	39

Figura 5.7. Cenário 2: Projeção do indicador de Emissão de GEE por parte dos transportes na AML até 2050.	39
Figura 5.8. Cenário 3: Projeção do indicador de Eficiência Energética do setor dos transportes da AML, até 2050.	40
Figura 5.9. Cenário 3: Projeção do indicador de Emissão de GEE por parte dos transportes na AML até 2050.	40
Figura 5.10. Cenário 4: Projeção do indicador de Eficiência Energética do setor dos transportes da AML, até 2050.	41
Figura 5.11. Cenário 4: Projeção do indicador de Emissão de GEE por parte dos transportes na AML até 2050.	41
Figura 5.12. Comparação do indicador de Eficiência Energética dos diferentes cenários, até 2050.	42
Figura 5.13. Comparação do indicador de Emissão de GEE dos diferentes cenários, até 2050.	43
Figura 5.14. Emissões de GEE do Cenário 1, divididas em WtT e TtW, para 2017 e 2050.	43
Anexo A.1. Dados históricos do parque de veículos ligeiros de passageiros, entre 2010 e 2020, retirados do INE [45].	49
Anexo A.2. Dados históricos do parque de veículos pesados de passageiros, entre 2010 e 2020, retirados do INE [45].	50
Anexo B.1. Dados históricos de novas matrículas de veículos ligeiros de passageiros, entre 2010 e 2021 (ACAP).	51
Anexo B.2. Dados históricos de novas matrículas de veículos ligeiros de passageiros, entre 2010 e 2021 (ACAP).	51
Anexo C.1. Valor da intensidade energética da frota de autocarros da Carris para 2017 [37]. ...	52
Anexo C.2. Valor da eficiência energética da frota do Metropolitano de Lisboa para 2016 [40].	53
Anexo C.3. Valor do consumo médio por passageiro quilómetro da frota de barcos do Grupo Transtejo e Soflusa para 2014 [42].	53
Anexo C.4. Valor do consumo de energia da frota de comboios da CP para 2017 [39].	53

Índice de Tabelas

Tabela 2.1. Resumo de estudos de Indicadores de Mobilidade Sustentável	7
Tabela 4.1. Resumo dos dados de mobilidade dos diferentes modos de transporte. (fonte: INE)	24
Tabela 4.2. Percentagem do parque de automóveis ligeiros de passageiros em 2017, por tipo de tecnologia, e respetivo consumo específico em MJ/p km.	25
Tabela 4.3. Propriedades da Gasolina (E5) [36]	25
Tabela 4.4. Dados de Intensidade Energética retirados do Relatório de Sustentabilidade da Carris [37]	26
Tabela 4.5. Dados de Intensidade Energética retirados do Relatório de Sustentabilidade da Metropolitano Lisboa [40].....	26
Tabela 4.6. Propriedades do Gasóleo Marítimo [43]	27
Tabela 4.7. Dados dados para o cálculo dos indicadores	27
Tabela 4.8. Emissões WTT e emissões TTW por tipo de energia [36].....	27
Tabela 4.9. Histórico da evolução do parque e das vendas de veículos ligeiros de passageiros para o período de 2010 a 2020 retirados dos Anexos A.1 e B.1	28
Tabela 4.10. Evolução do parque de EVs, da percentagem de EVs no parque total de ligeiros de passageiros, das vendas de EVs e da taxa de variação de vendas, para o período de 2010 a 2020. (fonte INE e ACAP)	29
Tabela 4.11. Valores de abate de veículos por tecnologia, em 2020. (dados: Valorcar)	29
Tabela 4.12. Valores de intensidade energética da frota de autocarros por tecnologia.	30
Tabela 4.13. Evolução do parque e das vendas de autocarros no período de 2010 a 2020. (fontes: INE e ACAP)	31
Tabela 4.14. Evolução do parque de autocarros elétricos, taxa de variação da frota e percentagem no total do parque de autocarros para o período 2010 a 20120. (fonte: ACAP)	32
Tabela 4.15. Evolução do parque de PHEVs, da percentagem de PHEVs no parque total de ligeiros de passageiros, das vendas de PHEVs e da taxa de variação de vendas, para o período de 2010 a 2020. (fonte INE e ACAP)	33
Tabela 4.16. Resumo dos Cenários apresentados no Capítulo 4.....	34
Tabela 5.1. Resultado do cálculo dos indicadores para o Cenário Base.	35

1 Introdução

1.1 Enquadramento

A população humana é cada vez mais dependente de energia nos vários setores de atividade, fazendo com que o setor energético seja fundamental para o desenvolvimento social e económico. O contínuo aumento do consumo de energia é uma tendência que vem sendo acompanhada pelos governos numa tentativa de melhorar políticas relacionadas com os padrões de bem-estar e o desenvolvimento tecnológico.

Em 2015 surgiram dois marcos de cooperação em política internacional ambiental. O Acordo de Paris, que trouxe um conjunto de medidas com o objetivo de impedir que o aumento da temperatura média global ultrapasse os 2°C acima da temperatura média verificada em 1990, apontando para uma meta preferencial de 1,5°C, e “O Transformar o Nosso Mundo: Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável”, que consiste num tratado internacional proposto pela ONU que define dezassete Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Figura 1.1), os quais pretendem orientar a política mundial nas dimensões social, económica, ambiental e governamental para o objetivo do desenvolvimento de uma economia neutra em carbono e eficiente em recursos.

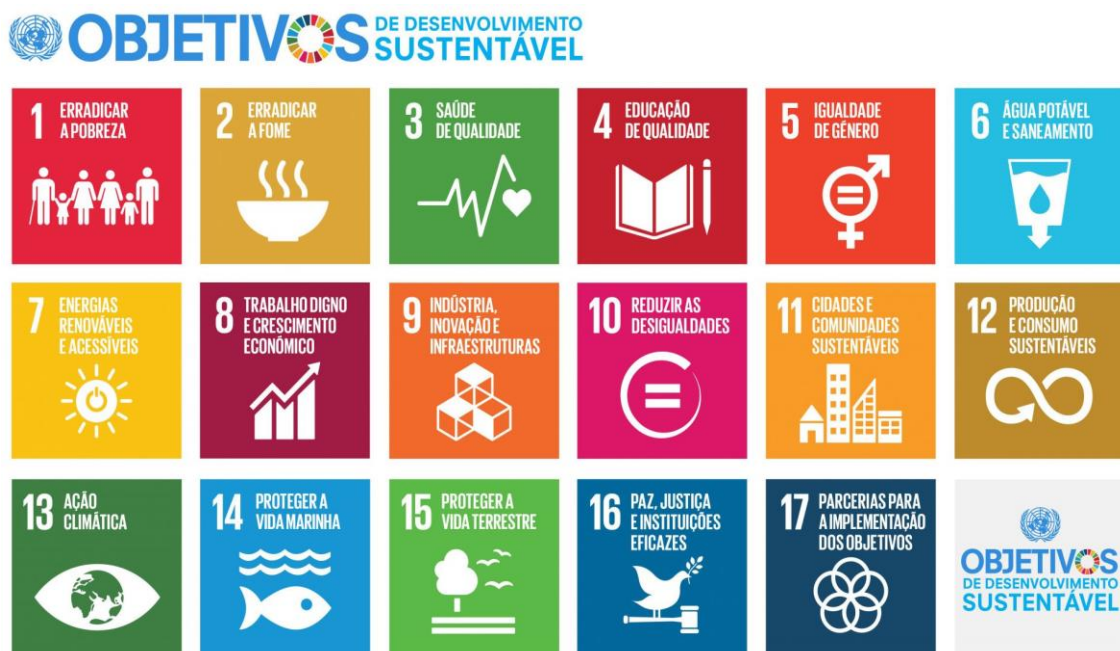


Figura 1.1. Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (fonte: ods.pt [1])

A crescente preocupação em torno das alterações climáticas, do crescimento da população mundial e do desenvolvimento social e económico das cidades, leva a que seja imperativo uma mudança de paradigma no que toca à mobilidade, exigindo-se uma adoção de alternativas mais eficientes e sustentáveis.

A constante necessidade das pessoas se deslocarem nas suas atividades diárias, leva a uma procura dos meios de transporte mais rápidos e com menores custos associados. Contudo, a mobilidade urbana acarreta uma série de problemas nos dias que correm, desde logo congestionamentos, poluição e acidentes.

Introdução

Segundo dados do INE [2] em 2017, o número de passageiros transportados por comboio teve um aumento de 2,7% face ao ano anterior, sendo que o metropolitano também assistiu a uma subida no número de passageiros na ordem 5,4% em relação a 2016. Por outro lado, o parque de veículos rodoviários em circulação também sofreu um aumento, sendo de destacar a subida nos veículos ligeiros de passageiros, mais 4,5%, sendo que estes representam 78,5% do parque circulante.

Segundo refere o “Livro Verde: Por Uma Nova Cultura de Mobilidade Urbana”, de 2007, a circulação urbana está na origem de 40% das emissões de CO₂ e de 70% das emissões de outros poluentes resultantes dos transportes rodoviários [3]. É urgente criar condições para que as cidades se tornem mais sustentáveis e onde a mobilidade assume um papel de relevo.

Com o intuito de “descarbonizar o setor dos transportes, fomentando a transferência modal e um melhor funcionamento das redes de transporte coletivo, promovendo a mobilidade elétrica e ativa e o uso de combustíveis alternativos limpos”, e na sequência do Regulamento UE 2018/1999, foi elaborado o Plano Nacional de Energia e Clima para 2030 [4]. Este pretende implementar medidas como o apoio financeiro à mobilidade elétrica e a aquisição de veículos menos emissores nas frotas de transportes públicos, a promoção e apoio à mobilidade elétrica, o incentivo à utilização dos transportes partilhados, a produção e o consumo de combustíveis renováveis alternativos e a construção de infraestruturas de abastecimento de combustíveis alternativos.

Tendo por base os ODS, a importância deste estudo prende-se com a necessidade de tornar as cidades e comunidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis, de garantir padrões de consumo e de produção sustentáveis e de adotar medidas urgentes para combater as alterações climáticas e os seus impactos.

Para fazer face a estas necessidades, pretende-se fazer uma análise aos indicadores de sustentabilidade de mobilidade urbana, mais concretamente da eficiência dos transportes e das emissões de GEE. O estudo destes indicadores é de extrema importância, pois permite verificar e acompanhar a eficácia da ação política e ajudar os decisores políticos no processo de decisão de implementação de ações com vista a alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável.

1.2 Objetivos e Perguntas de Investigação

Esta dissertação questiona “De que forma a eletrificação do setor dos transportes pode contribuir para uma cidade mais sustentável?”, e tem como objetivo principal observar a evolução do índice de mobilidade sustentável da Área Metropolitana de Lisboa (AML) de 2017 até 2050, tendo em conta diferentes cenários de penetração de veículos elétricos na frota.

Pretende-se alcançar esse objetivo através da determinação de dois indicadores, o da eficiência energética dos transportes e o da emissão de gases com efeito de estufa, tendo por base a metodologia de cálculo usada no Projeto de Mobilidade Sustentável 2.0 do *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) [5].

Numa primeira fase, esse cálculo será realizado para o ano de 2017, recorrendo à utilização de dados referentes às eficiências e emissões de cada modo de transporte e ao documento “Mobilidade e funcionalidade do território nas Áreas Metropolitanas do Porto e de Lisboa 2017” do Instituto Nacional de Estatística (INE) [6], de onde serão retirados os dados de mobilidade na AML.

Numa segunda fase, serão elaborados diferentes cenários de eletrificação da frota da AML, considerando principalmente automóveis ligeiros de passageiros e autocarros.

Introdução

Numa terceira fase, será feita a projeção dos indicadores para 2050, tendo em conta os diferentes cenários.

Por fim, pretende-se avaliar o impacto da eletrificação dos transportes na sustentabilidade de uma cidade e verificar quais as vantagens da aplicação destes cenários.

1.3 Organização do Documento

A dissertação está organizada em seis capítulos, sendo eles:

- Capítulo 1: Enquadramento à temática do desenvolvimento sustentável e da mobilidade, assim como os objetivos a atingir com a realização do trabalho;
- Capítulo 2: Revisão da literatura, onde é feito um levantamento do trabalho realizado por outros autores e abordada a realidade do nosso país em relação ao tema;
- Capítulo 3: Caso de Estudo sobre o qual se baseia a dissertação;
- Capítulo 4: Metodologia de cálculo dos indicadores escolhidos para a determinação do índice de mobilidade sustentável;
- Capítulo 5: Aplicação prática dos indicadores e consequente apresentação de resultados dos diferentes cenários desenvolvidos;
- Capítulo 6: Síntese do trabalho desenvolvido e apresentação das conclusões.
- Capítulo 7: Referências bibliográficas utilizadas na dissertação.

2 Estado da Arte

2.1 Mobilidade Sustentável

Entende-se como mobilidade a facilidade de deslocação de um lugar para outro.

Mais concretamente, o Instituto da Mobilidade e dos Transportes – IMT, define este conceito como a “capacidade individual de deslocação em função das necessidades e do interesse em viajar dos indivíduos. Os meios de transporte disponíveis e a acessibilidade proporcionada pelo sistema de transportes influenciam a mobilidade, bem como as características individuais e o contexto familiar dos indivíduos” [7].

Segundo Magagnin e Silva (2008) [8] podemos olhar para o conceito como um atributo onde se estabelecem os critérios de deslocação no espaço urbano para diversas finalidades como a ida para o trabalho, escola, lazer, entre outras. Assim, quando se fala em mobilidade urbana sustentável, pode pensar-se numa estratégia para o futuro desenvolvimento da área urbana, incluindo infraestruturas de transportes e serviços de mobilidade.

O uso crescente do transporte motorizado levou a uma mudança na relação distância tempo de deslocação, aumentando a capacidade de percorrer distâncias mais longas no mesmo período. Este facto, associado à dispersão da rede de transportes para áreas mais distantes, à transição para uma economia baseada nos serviços e à deslocalização do emprego, reforçou o fenómeno da expansão urbana, alterando consideravelmente os padrões de deslocação pendular, aumentando as distâncias e diversidade dos fluxos [9].

Assistimos, nos dias de hoje, a uma concentração da população nos grandes centros urbanos. Perante esta realidade, as necessidades de melhorias na mobilidade tornam-se evidentes pois com a crescente densidade populacional, o sistema atual de transportes pode tornar-se insustentável. O aumento da densidade populacional nas grandes cidades apresenta desafios consideráveis de planeamento e gestão nos mais variados setores urbanos. No setor dos transportes, os problemas mais comuns são os congestionamentos, ocupação do espaço público, acidentes e ruído, além do grande impacto ambiental que todos estes fatores acarretam.

É, por isso, importante não dissociar os conceitos de mobilidade e sustentabilidade.

Em 1987, a World Commission on Environment and Development (WCED), publicou o documento “*Our Common Future*” onde apresenta estratégias para combater os problemas relativos ao desenvolvimento e ao meio ambiente. Segundo o mesmo, mobilidade sustentável pode ser definida como “a capacidade de atender às necessidades da sociedade em deslocar-se livremente, em ganhar acesso, em comunicar, em comercializar e em estabelecer relações sem sacrificar outros valores fundamentais humanos e/ou ecológicos, hoje ou futuramente” [10].

De acordo com Steg e Gifford (2005) [11], o planeamento de um sistema de transporte sustentável deve encontrar-se em equilíbrio com os aspetos económicos, sociais e ambientais, agora e no futuro. Já para Banister *et al* (2007) [12], a estratégia para atingir um sistema de transportes sustentável, tem de passar pela combinação de um conjunto de medidas políticas chave:

- a. tecnologia, com o investimento em tecnologia nos diferentes modos de transporte, sistemas de informação e no próprio sistema de transporte;
- b. regulação dos utilizadores, através do licenciamento de condutores e veículos, dos impostos, tarifas, normas e regulamentos de trânsito;

- c. ordenamento do território, incluindo planeamento e regulação;
- d. informação, através da sensibilização, persuasão e marketing individual.

A mobilidade é vista como um dos principais desafios que as áreas urbanas enfrentam à escala global, tanto pela necessidade de satisfazer as necessidades daqueles que vivem, trabalham ou visitam as cidades, como pelo impacto ambiental que estas representam. Por outro lado, a transformação digital das cidades, bem como a evolução tecnológica no sector da mobilidade, apresentam novas soluções e equipamentos que contribuem de forma muito significativa para uma mudança disruptiva na mobilidade urbana. Podemos observar uma mudança de paradigma em três grandes tendências, desde logo, a partilha de veículos, a micromobilidade e os veículos autónomos. A estas tendências acresce a evolução em curso para a mobilidade elétrica que transversalmente potencia as três tendências referidas [13].

Com os avanços tecnológicos, aliados ao desenvolvimento económico e constante procura por soluções de sustentabilidade, as principais cidades do mundo lutam para se transformarem em espaços mais inovadores através das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC). Estas permitem uma utilização dos recursos de forma mais inteligente e eficiente com o intuito de alcançar a poupança energética, melhorando assim a prestação de serviços e a qualidade de vida, abrindo caminho às *Smart Cities* (Cidades Inteligentes). O Setor dos Transportes é visto como uma das principais áreas que permitirá a evolução dessas cidades inteligentes.

A mobilidade inteligente é uma componente vital para as estratégias da cidade inteligente, contribuindo através dos seus objetivos específicos para o principal objetivo em comum, o de redução da pegada ambiental da cidade e a melhoria da qualidade de vida dos seus cidadãos [14].

2.2 Indicadores de Mobilidade Sustentável

A literatura aponta vários significados para indicadores, todos eles conceptualmente muito semelhantes. Estes podem representar dados e medidas, de ordem quantitativa ou qualitativa, definidos para responder a perguntas, comunicar fenómenos complexos de uma forma simples e mostrar tendências e progressos ao longo do tempo, sendo considerados elementos fundamentais de planeamento e gestão para os decisores políticos.

Gustavson *et al.* (1999) [15], refere que para ser possível estudar o desenvolvimento sustentável, é necessária a recolha de informação, onde os indicadores quantitativos desempenham um papel crucial. Utilizar o desenvolvimento sustentável como objetivo de planeamento requer indicadores que possam ajudar os decisores políticos a identificar políticas apropriadas e a monitorizar a eficácia da ação política.

Outros, como Parris e Kates (2003) [16], sustentam que os indicadores são uma ferramenta poderosa de interesse crescente e com aplicações crescentes, ajudando a avaliar o progresso em direção aos objetivos, destacando as principais iniciativas políticas, sensibilizando o público para as ações que podem contribuir para o desenvolvimento sustentável, educando o público sobre o tema, e tornando transparentes as contrapartidas e sinergias entre os diferentes objetivos de desenvolvimento sustentável.

Devido à urgência do tema, o WBCSD apresentou o relatório sobre o projeto de mobilidade sustentável para o ano de 2030 [17] no qual identifica os padrões de mobilidade atuais no mundo, especialmente nas cidades dos países em desenvolvimento, devido ao seu rápido crescimento económico e, por consequência, aumento da taxa de motorização (número de carros por cada 1000 habitantes). Devido à variabilidade de prioridades que cada país tem sobre a mobilidade, é necessária a

uniformização destas de forma a obter um sistema comparativo válido e de fácil aplicação. É, por isso, proposto um conjunto de medidas para a melhoria da mobilidade nas cidades, entre elas o controlo das emissões de gases poluentes, a limitação dos níveis de GEE, a diminuição dos acidentes rodoviários, a redução do ruído, a redução do congestionamento ou a garantia e melhoria dos acessos aos serviços de transporte por parte de todos os cidadãos.

Litman (2007) [18] invoca que a sustentabilidade concilia metas e objetivos económicos, sociais e ambientais (as metas, são resultados gerais desejados, os objetivos são específicos, formas mensuráveis de alcançar as metas), incluindo os que envolvem impactos indiretos e a longo prazo. Para o autor, o planeamento sustentável do sistema de transportes reconhece que as decisões de transporte afetam as pessoas de muitas formas, pelo que devem ser considerados vários objetivos e impactos no processo de planeamento. Os objetivos, ou dimensões, da mobilidade sustentável poderão conter uma variedade de indicadores. Alguns exemplos estão presentes na Figura 2.1.

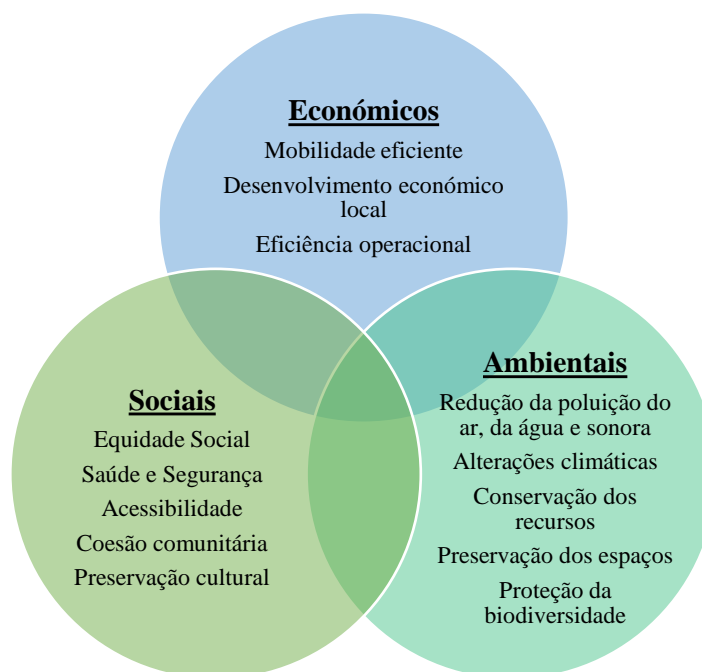


Figura 2.1. Diagrama dos Objetivos do Transporte Sustentável baseado em Litman (2007) [18]

A relevância da utilização de indicadores para medição do progresso do sistema de mobilidade sustentável, levou a que muitas instituições e autores criassem o seu próprio conjunto de indicadores, adaptando o mesmo às características da cidade ou país, mas respeitando as dimensões da sustentabilidade.

Na Tabela 2.1 encontram-se resumidos alguns estudos relevantes acerca de indicadores de mobilidade sustentável.

Tabela 2.1. Resumo de estudos de Indicadores de Mobilidade Sustentável

Sistema de Indicadores	Dimensões	Complexidade (nº de indicadores)	Exemplos de indicadores	Transparência (as métricas são descritas extensivamente?)	Referências
Urban Mobility Index 3.0	3 (maturidade, inovação e desempenho)	27 (9 para cada dimensão com pesos diferentes)	Densidade rodoviária; Densidade da rede de ciclovias; Densidade da aglomeração urbana; Emissões de CO ₂ relacionadas com o transporte; Tempo médio de viagem para o trabalho; Acidentes mortais relacionados com o tráfego.	Não	[19]
SMP 2.0	4 (meio ambiente, qualidade de vida na cidade, sucesso económico, desempenho do sistema de mobilidade)	19 (5 a 12, com pesos iguais em cada dimensão)	Fatalidades; Acesso a serviços de mobilidade; Qualidade do espaço público; Diversidade funcional urbana; Tempo de deslocação; Emissões de gases com efeito de estufa (GEE); Congestionamento e atrasos; Eficiência energética; Conforto e prazer; Segurança.	Sim	[5]
Indicators to Assess Sustainability of Transport Activities - Part 2	5 (ambiental, social, económico, institucional, técnico/operacional)	55 (4 a 19 em cada dimensão com pesos iguais)	Volume de transporte em relação ao PIB; Investimento em infraestruturas de transporte; Fatalidades; Contribuição do setor dos transportes no crescimento do emprego; Tempo médio de viagem; NO _x , VOCs, PM ₁₀ , PM _{2.5} , SO _x , O ₃ , CO ₂ , N ₂ O, CH ₄ (per capita); Uso de fontes de Energias Renováveis; Dimensão da frota de veículos.	Sim	[20]
SUMI	NA, mas com base no SMP2.0	18 (13 dos quais considerados estrategicamente importantes - com base no SMP2.0)	Emissões poluentes do ar; Ruído; GEE; Fatalidades; Eficiência energética; Satisfação em relação ao transporte público; Acesso aos serviços de mobilidade.	Sim	[21]

De entre os estudos apresentados, o maior enfoque será dado ao Projeto de Mobilidade Sustentável 2.0 (SMP2.0), criado pelo WBCSD, com o objetivo de avaliar o potencial de mobilidade sustentável das cidades, e já testado em várias cidades do mundo. Este relatório documenta definições de indicadores, parâmetros e metodologias, bem como orientações sobre possíveis aproximações a serem utilizadas

pelas cidades para identificar o seu desempenho em termos de mobilidade sustentável. Contém informações práticas sobre os métodos propostos para a recolha de dados e o cálculo dos parâmetros de cada um dos indicadores. O conjunto de indicadores é válido para as cidades/regiões em qualquer fase do desenvolvimento económico.

2.3 Consumo Energético e Emissões de GEE nos Transportes

A atual problemática do setor dos transportes é baseada na sua ligação a uma ampla gama de impactes ambientais em todas as escalas geográficas, sendo que a sua natureza está relacionada com os modos de transporte em si, os seus sistemas de fornecimento de energia, as emissões atmosféricas e as infraestruturas em que operam.

Em Portugal, este setor representa uma parte importante do consumo de energia final, sendo o transporte rodoviário responsável pela quase totalidade desse consumo. Verifica-se ainda que os transportes terrestres são os maiores responsáveis pelo consumo de produtos petrolíferos para fins energéticos, contribuindo de forma decisiva para a dependência energética do país.

Segundo o anuário Energia em Números [22], publicado pelo Observatório da Energia da Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) e pela Agência para a Energia, Unidade de Informação (ADENE), para o ano de 2021, e como se pode observar na Figura 2.2, os transportes foram responsáveis pela maior parcela do consumo final de energia em 2019.

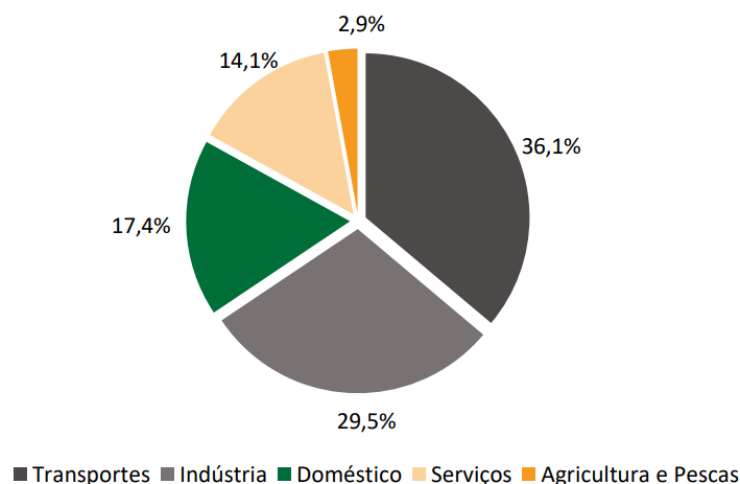


Figura 2.2. Diagrama do consumo de energia final por setor, em 2019. (fonte: DGEG [22])

Em termos de consumo por modo de transporte, o transporte rodoviário é claramente o consumidor principal de energia, com 95% desse consumo, seguido do transporte aéreo, e por fim dos meios de transporte energeticamente mais eficientes, o transporte ferroviário e o transporte marítimo, como pode ser observado na Figura 2.3.

O consumo total de combustíveis derivados do petróleo continua a manter-se predominante, sendo que o gasóleo e a gasolina representam quase a totalidade das fontes de energia utilizadas neste setor, cerca de 80% e 20% respetivamente.

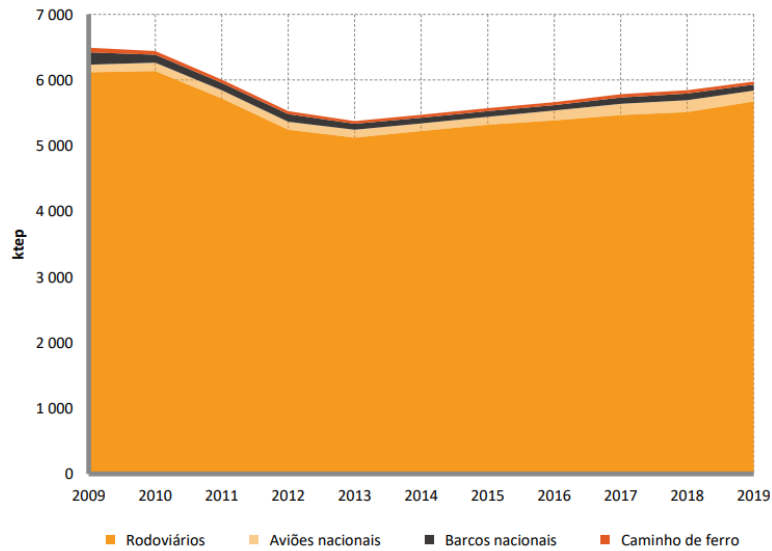


Figura 2.3. Diagrama de evolução do consumo de energia nos transportes nacionais. (fonte: DGEG [22])

A predominante utilização de combustíveis fósseis nos transportes, faz com que o sector seja também responsável por uma grande parte da emissão de GEE, que para além dos seus efeitos negativos na qualidade do ar, provocam o fenómeno reconhecido como aquecimento global, um problema ambiental prejudicial à estabilidade dos ecossistemas na Terra.

Em 2020, o setor energético foi responsável por cerca de 67% das emissões de GEE, das quais os transportes representam mais de 25%, segundo o Inventário Nacional de Emissões, elaborado pela APA [23].

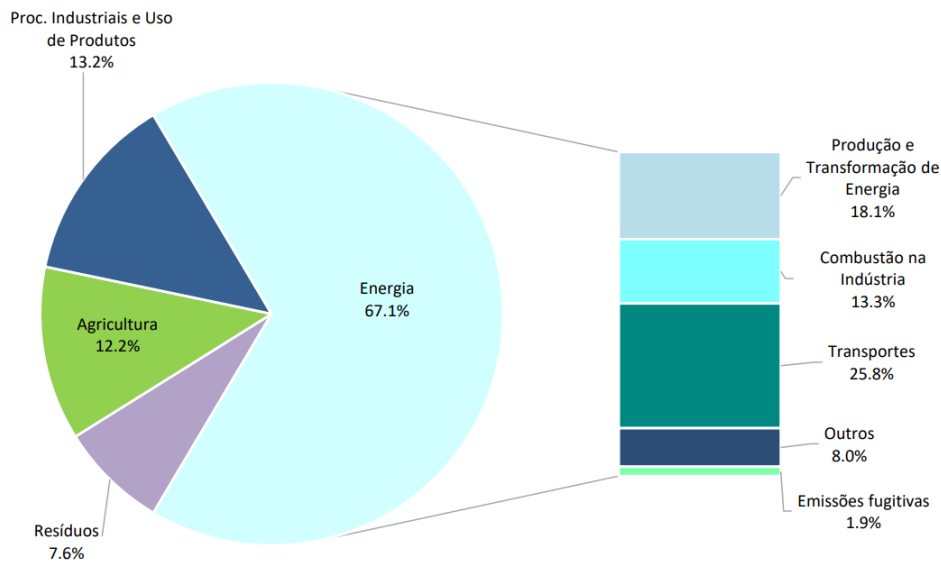


Figura 2.4. Diagrama das emissões GEE por setor. (fonte: APA [23])

No período de 1990 a 2020, o setor dos transportes foi um dos que sofreu maior aumento nas emissões de GEE, na ordem dos 37%. Após um acentuado crescimento das emissões até ao início dos anos 2000, seguido de um período de estabilização, assistiu-se a um decréscimo após o ano de 2005. Mais recentemente, no período entre 2013 e 2019, verificou-se, contudo, uma inversão daquela tendência, com novo aumento das emissões dos transportes, na ordem dos 11%. Já em 2020, registou-

se uma forte redução das emissões dos transportes (-16% face a 2019), sendo este o setor em que mais se sentiu o impacto das medidas de resposta ao COVID-19 (Figura 2.5).

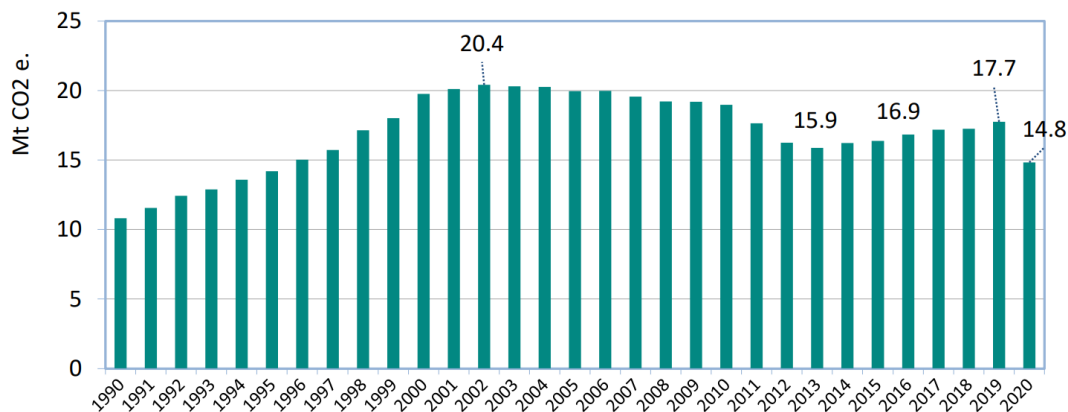


Figura 2.5. Evolução das emissões de GEE no setor dos transportes entre 1990 e 2020, em Portugal. (fonte: APA [23])

2.4 Metas ambientais

Nos últimos anos, temos vindo a assistir a um aumento da consciencialização para os impactes ambientais provenientes do sector dos transportes. A realidade de que uma política, por si só, não é suficiente nem adequada para combater os impactes ambientais provenientes deste setor, vai também gerando mais consenso.

Em 2008, a Comissão Europeia lança um pacote de medidas de implementação dos objetivos Energia-Clima 2020 [24], uma diretiva conjunta do Conselho e do Parlamento Europeus para promoção do combate às alterações climáticas e incentivo à utilização de energias renováveis. O Pacote Clima e Energia 2020 apresentava, desde logo, três metas ambientais para 2020. A redução das emissões de GEE em 20% face a 1990, o incremento de 20% no uso de energias renováveis e o aumento em 20% da eficiência energética.

Já em 2013, surge a publicação do Plano de Ação de Mobilidade Urbana Sustentável (PAMUS) [25], um guião que contém um conjunto de regras para a definição de políticas de mobilidade urbana na União Europeia, com o intuito de promover a sustentabilidade energética e o combate à crise climática. Em linhas gerais, pretendia-se um maior envolvimento dos cidadãos e dos restantes *stakeholders* que compõem uma sociedade e uma maior e melhor coordenação de políticas entre setores e níveis de governo, algo que foi posteriormente reforçado com a criação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em 2015.

O Acordo de Paris [26], alcançado em 2015, veio estabelecer objetivos a longo prazo de contenção do aumento da temperatura média global para valores que não ultrapassem 1,5°C acima dos níveis pré-industriais, valor máximo definido pela ciência para se garantir a continuação da vida no planeta sem alterações demasiado disruptivas. No seguimento deste Acordo, a Comissão Europeia apresentou uma série de pacotes estratégicos para dar resposta nas diferentes áreas a este desafio global, destacando-se o Pacote Energia Clima 2030, o Pacote Europa em Movimento e o Pacote Energia Limpa para todos os Europeus. O objetivo é promover a transição energética na década 2021-2030, tendo em vista o cumprimento do Acordo de Paris e, simultaneamente, salvaguardando o crescimento económico e a criação de emprego. No âmbito do Regulamento (UE) 2018/1999, de 11 de dezembro, relativo à Governação da União da Energia e da Ação Climática, a União Europeia aprovou um conjunto metas ambiciosas que visam alcançar, em 2030:

- 32% de quota de energia proveniente de fontes renováveis no consumo final bruto;
- 32,5% de redução do consumo de energia;

- 40% de redução das emissões de gases com efeito de estufa relativamente aos níveis de 1990;
- 15% de interligações elétricas.

Em dezembro de 2019, a Comissão Europeia apresentou o Pacto Ecológico Europeu, ou *European Green Deal* [27], um pacote de medidas com o intuito de permitir às empresas e aos cidadãos europeus beneficiar de uma transição sustentável, com o objetivo de atingir a neutralidade climática até 2050, tornando assim Europa no primeiro continente climaticamente neutro, retardando o aquecimento global e atenuado os seus efeitos.

Esta abordagem e visão foram também assumidas pelo poder político em Portugal. Em 2019, foram aprovados em Conselho de Ministros dois documentos fundamentais e em concordância com o *Green Deal*: em junho de 2019 foi aprovado o Roteiro para a Neutralidade Carbónica em 2050 (RNC2050) e em dezembro foi aprovado o Plano Nacional de Energia e Clima (PNEC 2030) com metas concretas para 2030 alinhadas com a neutralidade carbónica para 2050.

O PNEC apresenta como visão estratégica “promover a descarbonização da economia e a transição energética visando a neutralidade carbónica em 2050, enquanto oportunidade para o país, assente num modelo democrático e justo de coesão territorial que potencie a geração de riqueza e uso eficiente de recursos” [4]. As metas apresentadas pelo PNEC para o horizonte de 2030 podem ser observadas na figura seguinte.






	2017	META 2020	META 2030
 EMISSÕES GEE ¹	-18%	-18% a -23%	-45% a -55%
 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ²	21%	25%	35%
 RENOVÁVEIS	28,1%	31%	47%
 RENOVÁVEIS NOS TRANSPORTES	7,9%	10%	20%
 INTERLIGAÇÕES ELÉTRICAS	8%	10%	15%

Figura 2.6. Metas do PNEC para o horizonte de 2030. (fonte: DGEG [28])

Já o Roteiro de Neutralidade Carbónica, apresenta medidas ambiciosas para 2050, por forma a atingir um modelo económico assente nas energias renováveis e na circularidade dos recursos, tais como:

- Reduzir mais de 85% das emissões de GEE face a 2005;
- Capacidade de sequestro anual florestal de CO₂ de 13 megatoneladas;
- 100% da energia elétrica produzida de fontes renováveis;
- Dependência energética do exterior na ordem dos 20%;
- 100% dos veículos ligeiros com zero emissões;
- Política fiscal que incentive a descarbonização e circularidade;

Em termos de metas a atingir nos diversos setores, as mesmas são apresentadas na Figura 2.7.

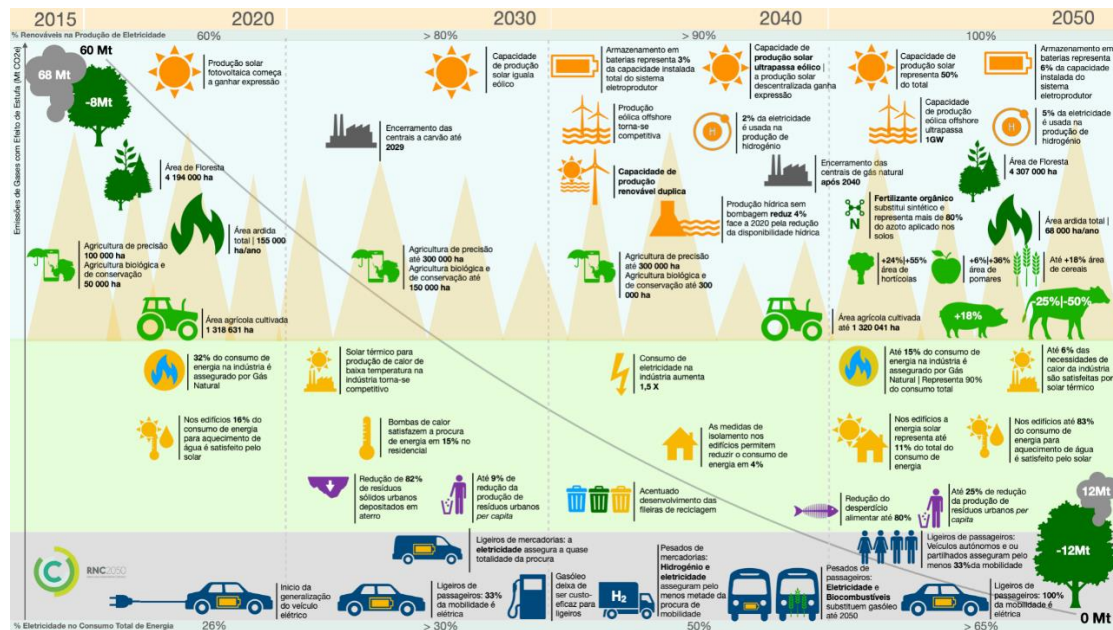


Figura 2.7. Metas do RNC 2050 para os vários setores. (fonte: RNC 2050 [29])

Em relação aos objetivos a atingir em particular no setor dos transportes, é importante ressaltar:

- A incorporação de renováveis no setor dos transportes superior a 35% em 2030, a 60% em 2040 e a 90% até 2050;
- Aumento da mobilidade através dos modos suaves até 2050;
- A eletricidade atingirá um peso na ordem dos 70% do consumo energético total dos transportes em 2050, através da transição para veículos elétricos;
- A eletricidade assegurará mais de 30% da satisfação da procura de mobilidade em 2030, com um potencial de atingir 100% em 2050;
- As formas de mobilidade partilhada e/ou autónoma irão permitir enormes ganhos de eficiência, com maiores taxas de utilização de cada veículo (mais passageiros por viagem e mais viagens por dia). Este tipo de modelos passará a assegurar metade da procura de mobilidade até 2050, o que permitirá acelerar a descarbonização do setor;
- Redução de 98% das emissões de GEE no setor até 2050.

2.5 Emissões Well-to-Wheels

Well-to-Wheel (WtW) é o nome da metodologia que foi desenvolvida especificamente para analisar os impactos ambientais do sector dos transportes ao nível do ciclo de vida do combustível desde o poço (*Well*) até às rodas (*Wheels*).

A análise WtW avalia os impactos, em termos de consumo de energia e emissões atmosféricas, desde a extração/produção da energia até à sua utilização num meio de transporte. Esta, pode ser ainda dividida em *Well-to-Tank* (WtT), ou *Well-to-Battery* (WtB), ou *Well-to-Pump* (WtP), ou *Well-to-Charger* (WtC), que corresponde ao ciclo do combustível até ao momento em que o automóvel é abastecido ou carregado, e em *Tank-to-Wheels* (TtW), ou *Battery-to-wheels* (BtW), ou *Charger-to-Wheels* (CtW) ou *Pump-to-Wheels* (PtW), que corresponde ao ciclo de utilização, em que a energia armazenada é utilizada na propulsão do automóvel [30].

O TtW serve para estimar a energia e as emissões resultantes da queima de um determinado combustível na utilização de um veículo, desde o seu armazenamento no tanque até à sua transformação de energia que faz mover as rodas do mesmo. Nesta fase são incluídas as emissões lançadas pelo tubo de escape do automóvel não incluindo o ciclo de vida do combustível [31].

Já o método WtT utiliza-se para calcular as emissões envolvidas na produção do combustível, tanto petróleo como energia elétrica.

A figura seguinte ilustra a abordagem combinada, que forma a WtW.

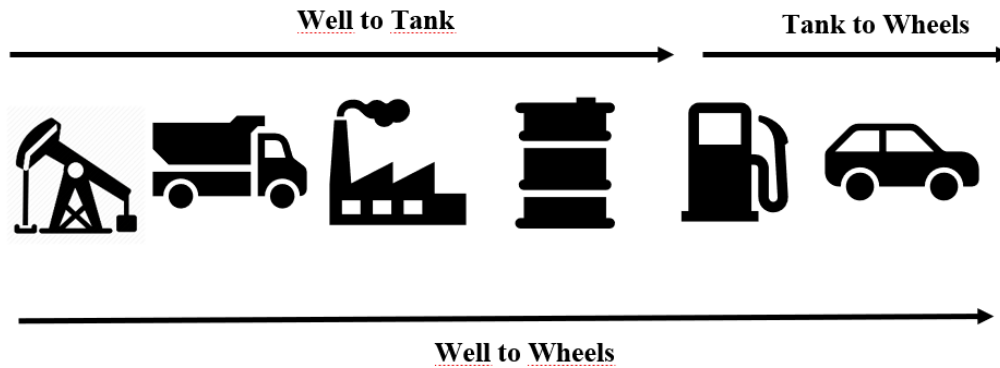


Figura 2.8. Diagrama do ciclo de vida do combustível.

2.6 Parque Automóvel em Portugal

Segundo o relatório Estatísticas dos Transportes e Comunicações – 2019, do INE [32], o parque de veículos rodoviários motorizados em circulação atingiu os 7,0 milhões de veículos em 2019, o que representou um crescimento de 4,8% face a 2018.

O parque de veículos ligeiros cresceu 4,6% enquanto o parque de pesados aumentou 14,3%.

Em relação ao parque de veículos ligeiros de passageiros, podemos verificar pela Figura 2.9, que o mesmo tem sofrido uma pequena variação ao longo dos últimos anos, sentindo uma quebra em 2012, que se poderá justificar por efeitos tardios da crise de 2009.

Em 2020, segundo dados do INE, o parque circulante português contabilizava 8 349 381 de veículos, dos quais 5 565 963 correspondem a veículos ligeiros de passageiros. Podemos verificar que durante a década de 2010-20, o parque de ligeiros de passageiros sofreu um aumento de quase 19%.

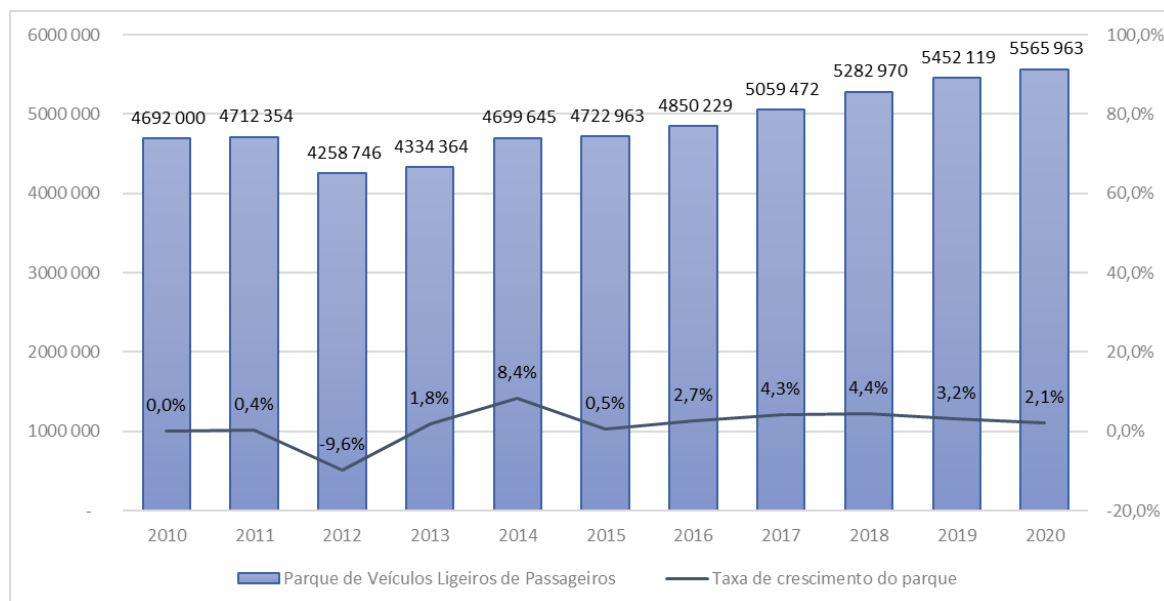


Figura 2.9. Evolução do parque de veículos ligeiros de passageiros. (fonte: INE)

Como consequência da evolução do parque automóvel de veículos ligeiros de passageiros, a taxa de motorização em Portugal, referente ao número de veículos ligeiros de passageiros por 1000 habitantes, também tem vindo a aumentar, aproximando-se assim da média europeia (Figura 2.10).

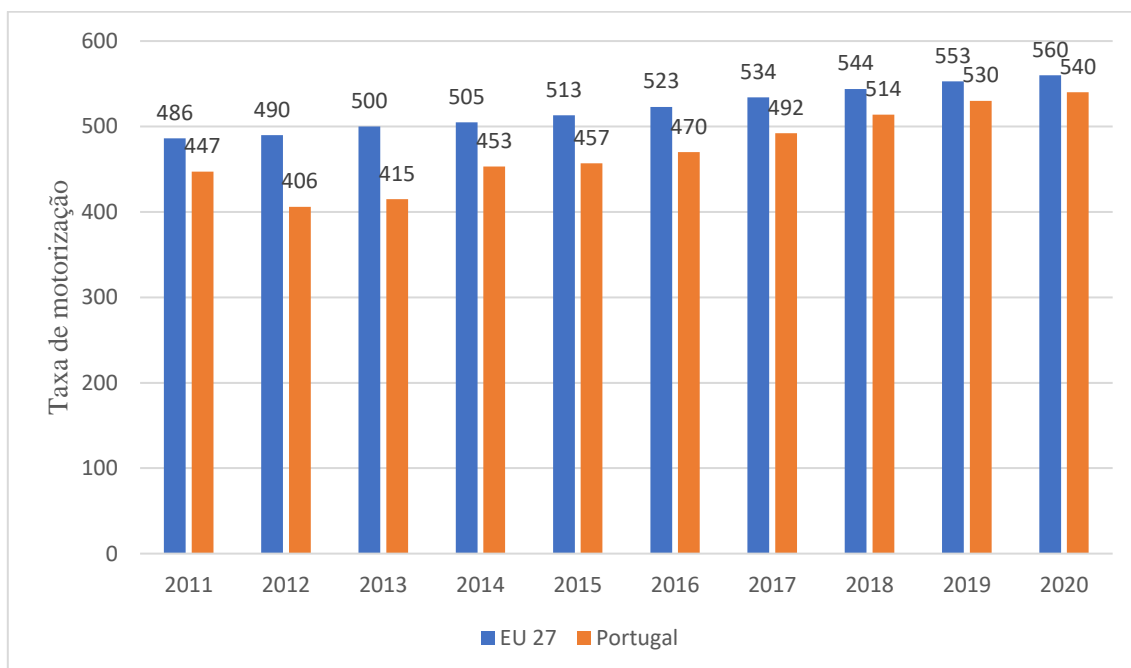


Figura 2.10. Evolução da taxa de motorização em Portugal e na UE 27, mo período de 2011 a 2020. (fonte: Eurostat, 2021 [33])

Em termos de distribuição do parque de automóveis ligeiros de passageiros por tipo de combustível, em 2020, o mesmo era repartido de acordo com a Figura 2.11. O gasóleo como combustível, representa mais de metade de toda a frota de veículos ligeiros de passageiros, seguido da gasolina, perfazendo juntos cerca de 97% do total do parque. Já os veículos elétricos puros têm um valor residual na frota de cerca de 0,48%, tal como os veículos híbridos plug-in que representam apenas 0,56%.

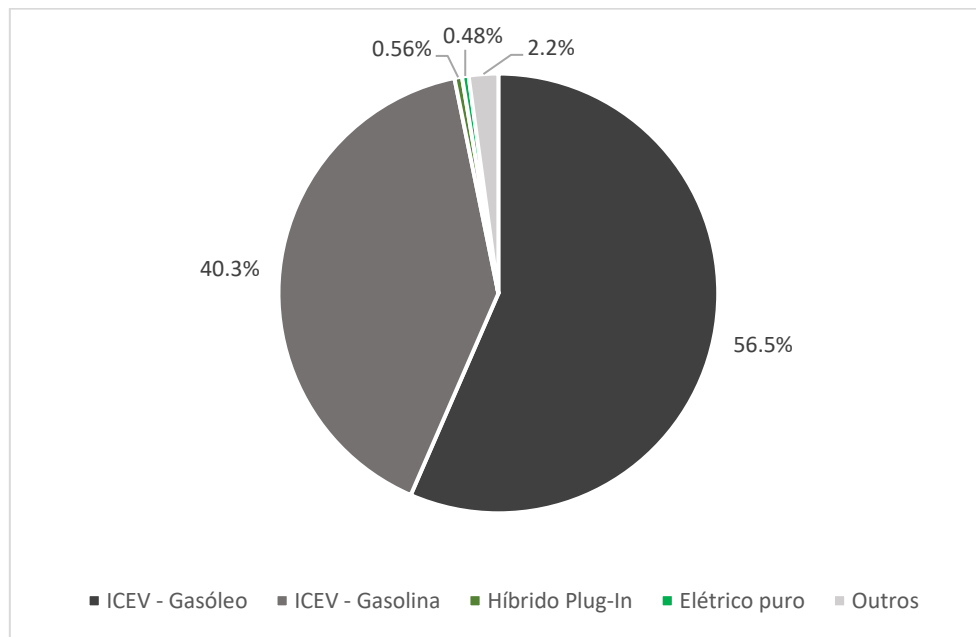


Figura 2.11. Distribuição da frota de veículos ligeiros de passageiros por tipo de tecnologia, em 2020. (fonte: INE)

Em relação à evolução das vendas de veículos ligeiros de passageiros constata-se que as mesmas sofreram quedas em períodos de crise, a primeira após a crise económica de 2009 e uma segunda com a crise devido à pandemia de COVID-19.

Em 2018 foi atingido o pico de vendas da última década, tendo sido vendidos mais 228 mil veículos ligeiros de passageiros (Figura 2.12).

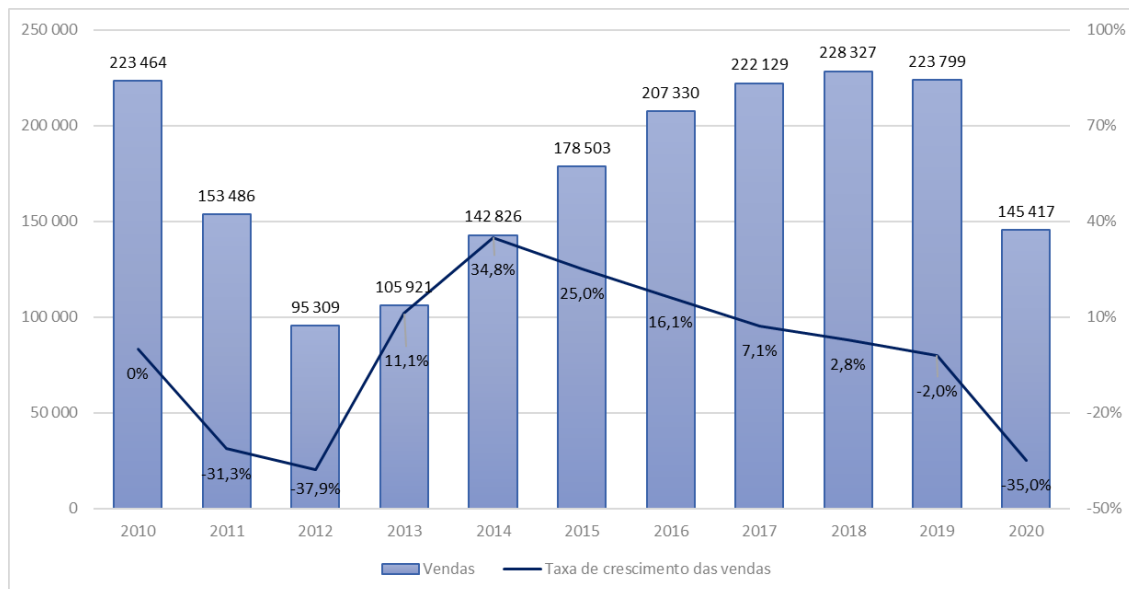


Figura 2.12. Evolução das vendas de veículos ligeiros de passageiros entre 2010 e 2020. (dados: ACAP)

Quanto a vendas de veículos movidos a energias alternativas, neste caso, veículos elétricos puros e veículos híbridos plug-in, podemos observar uma clara evolução na última década, ganhando cada vez mais expressão no mercado de vendas de veículos ligeiros de passageiros em Portugal (Figura 2.13).

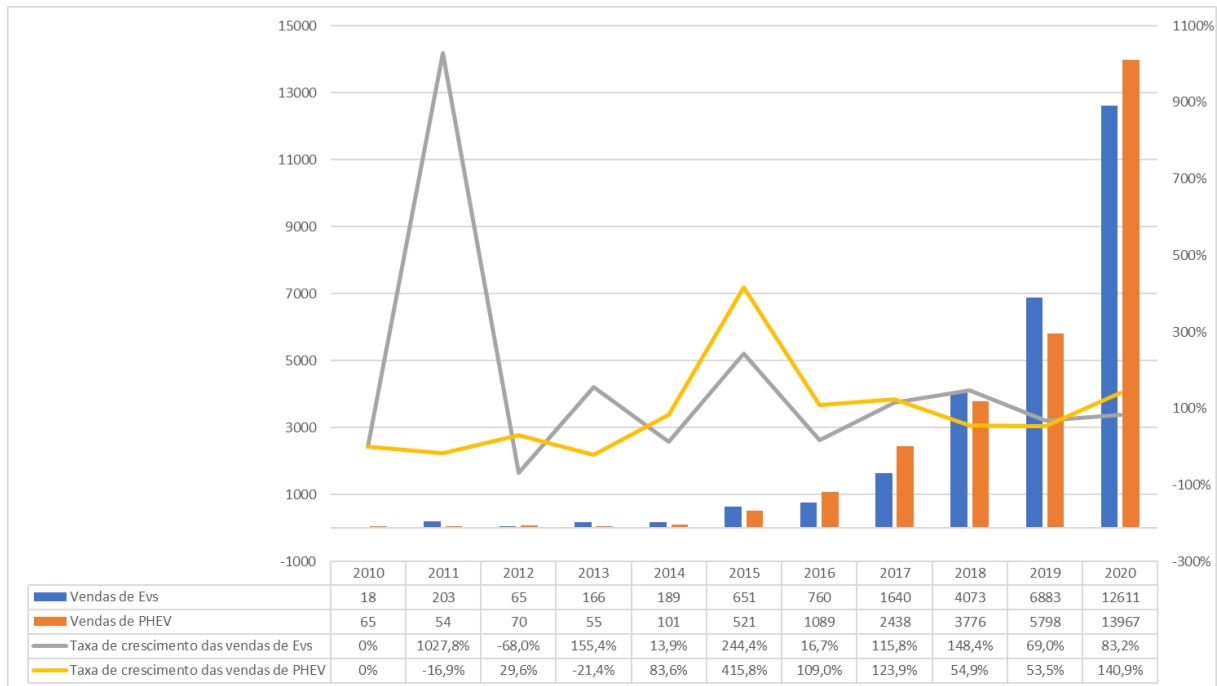


Figura 2.13. Evolução das vendas de EVs e PHEVs entre 2010 e 2020. (fonte: ACAP)

Pela primeira vez, em dezembro de 2020, as vendas do conjunto dos automóveis ligeiros de passageiros elétricos e eletrificados (100% elétricos, híbridos plug-in e híbridos elétricos), ultrapassaram as vendas dos ligeiros de passageiros a gasolina e as vendas dos ligeiros de passageiros a gasóleo, estes em queda acentuada (Figura 2.14).

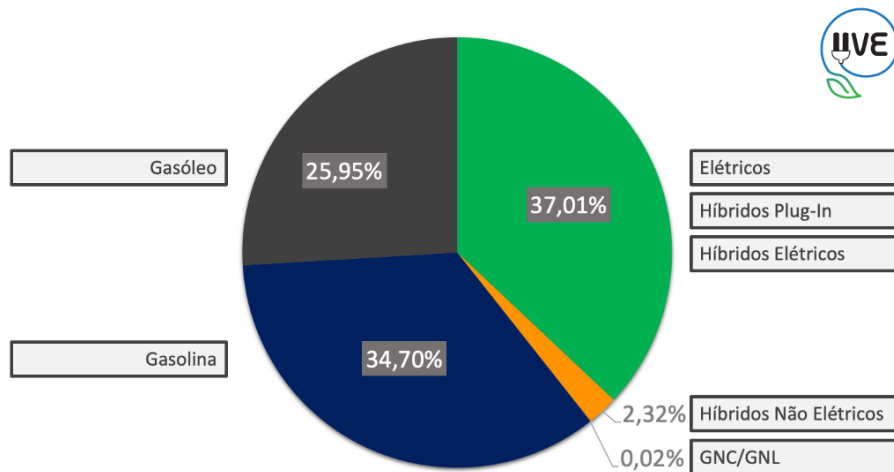


Figura 2.14. Vendas de veículos ligeiros de passageiros por tipo de energia em dezembro de 2020. (fonte: UVE [34])

Estes resultados vieram acentuar ainda mais a tendência que se tem verificado nos últimos anos, com a subida dos modelos elétricos e eletrificados e a queda dos modelos com motores de combustão interna. Os veículos com motores a gasóleo são aqueles que têm sofrido a maior queda nas vendas, o que deverá acentuar-se ainda mais durante os próximos anos tendo em conta as metas de descarbonização.

3 Caso de Estudo

Em 2017, o INE elaborou o Inquérito à Mobilidade (IMOB 2017) [6], documento que permitiu a recolha de informação nas áreas metropolitanas de Lisboa e Porto com o intuito de averiguar os padrões de mobilidade diária da população. Este inquérito integrou um conjunto de operações semelhantes desenvolvidas noutros países da União Europeia. A realização do mesmo teve como principal finalidade caracterizar as deslocações realizadas pela população residente, dando resposta designadamente às seguintes questões:

- Como nos deslocamos?
- Quanto tempo demoramos?
- Que distâncias percorremos?
- Que custos temos?

A recolha da informação baseou-se no autopreenchimento, através da *Internet*, por parte dos respondentes, sendo alvo do estudo a faixa etária entre os 6 e os 84 anos, a população considerada móvel. Foi definido, através de um estudo preliminar, que esta colheita devia incidir em zonas homogéneas do ponto de vista do acesso a redes de transporte dentro das áreas metropolitanas, possibilitando, sem prejuízo da qualidade estatística dos resultados, reduzir o conjunto de pessoas a inquirir. Foi possível obter respostas válidas em cerca de 46 mil alojamentos.

3.1 Caracterização da AML

A AML é uma área metropolitana que engloba 18 municípios da Grande Lisboa e da Península de Setúbal, sendo estes Alcochete, Almada, Amadora, Barreiro, Cascais, Lisboa, Loures, Mafra, Moita, Montijo, Odivelas, Oeiras, Palmela, Seixal, Sesimbra, Setúbal, Sintra e Vila Franca de Xira (Figura 3.1). Esta ocupa uma área de cerca de 3015 km², onde residiam, em 2016, aproximadamente 2,8 milhões de pessoas, o que correspondia a cerca de 27% da população residente em Portugal.



Figura 3.1. AML. (fonte: INE - IMOB 2017)

Perante esta realidade, os movimentos das populações dentro deste território representam uma importante parte de toda a mobilidade no território nacional, em especial no que concerne aos movimentos pendulares (entre casa e trabalho/escola/universidade, incluindo o regresso a casa).

3.2 Mobilidade na AML

A análise das deslocações da população residente considera todas as deslocações que a população móvel, com idade compreendida entre os 6 e os 84 anos e residente nos municípios pertencentes à AML, indicou ter realizado, dados que são posteriormente extrapolados para corresponder a cerca de 2,1 milhões de pessoas. Tendo em conta que, entre essa população, o número de deslocações por dia é de 2,60 por residente, temos um total de 5,4 milhões deslocações por dia na AML, distribuídas pelos diferentes municípios, como representado na Figura 3.2.

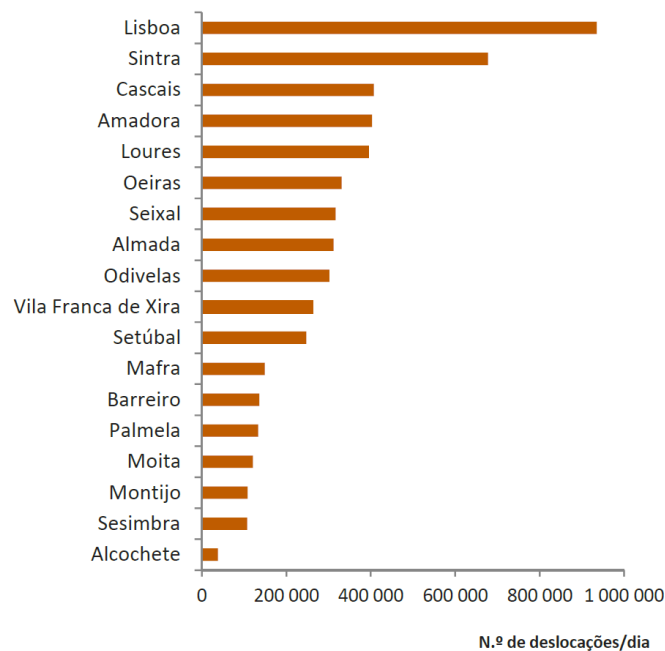


Figura 3.2. Total de deslocações/dia por município de residência na AML. (fonte: INE - IMOB)

De referir que foram consideradas todas as deslocações efetuadas independentemente da sua natureza, abrangendo-se movimentos pendulares, mas também deslocações de outra natureza mesmo que de média/longa distância, desde que iniciadas no dia de referência.

Em alguns pontos foram excluídos alguns modos de transporte, como o avião, por exemplo, para um melhor foco sobre a realidade da AML.

Como podemos verificar na Figura 3.3 o automóvel tem vindo a ser a opção privilegiada dos habitantes desta área metropolitana. A maioria das deslocações era realizada tendo por base o automóvel, principalmente como condutor (46,0%), e, expressivamente menos, como passageiro (13,0%), representando 58,9% do total.

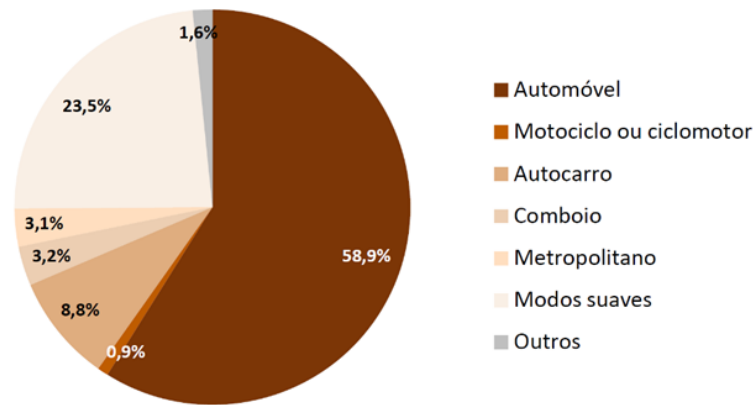


Figura 3.3. Distribuição das deslocações por meio de transporte principal na AML. (fonte: INE, IMOB)

O conjunto designado como “modos suaves” (a pé e de bicicleta) surge como a segunda forma de locomoção mais expressiva no total das deslocações, registando um peso conjunto de 23,5%, mas com o contributo da bicicleta limitado a apenas 0,5% do total geral.

A utilização do autocarro (transporte público e transporte de empresa/escolar) representou 8,8% do total das deslocações na AML, enquanto o transporte ferroviário (pesado e ligeiro) correspondeu a 6,3%.

Entre os principais motivos para a escolha do automóvel, estão a alegada rapidez e o maior conforto deste meio de transporte. Outro motivo apontado é a reduzida oferta de transporte público, que acabam por levar as populações a optar pela solução do automóvel individual (Figura 3.4).



Figura 3.4. Razões para utilização do automóvel na AML. (fonte: INE - IMOB)

Estas escolhas podem ser vistas como o resultado de uma variedade de fatores psicológicos e atitudes subjetivas, como hábitos e emoções, que devem ser analisados e tomados em consideração para melhorar a eficiência das redes de transporte. Em particular, a preferência pelo transporte individual parece ser relativamente resistente ao efeito de incentivos económicos.

As principais razões para a mobilidade dos residentes da AML devem-se a trabalho, seguido pelo motivo compras. A necessidade de deslocação para estabelecimentos de ensino foi apenas de 10,5%, como se pode observar na 3.5.

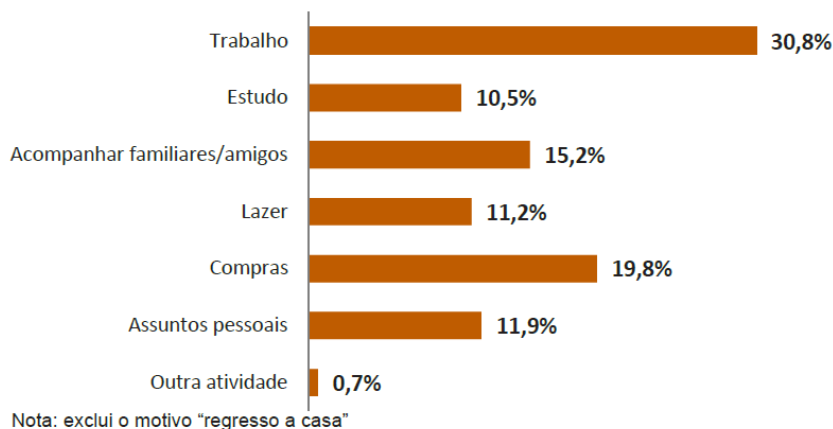


Figura 3.5. Distribuição do número de deslocações/dia segundo o motivo principal das deslocações. (fonte: INE - IMOB)

Em termos de extensão das deslocações, é possível verificar que os residentes nos municípios de Alcochete (15,2km) e Mafra (13,4km) necessitaram de percorrer maiores distâncias, em oposição à população que reside em Lisboa (9,0km) e Odivelas (8,7km), onde se evidenciaram trajetos mais curtos. A distância média percorrida pelos residentes na AML foi de 11km (Figura 3.6).

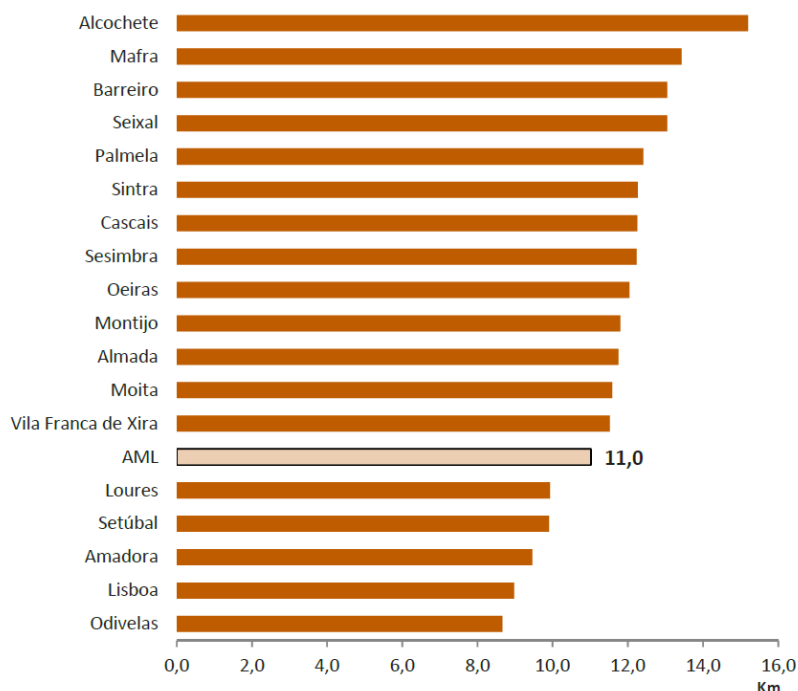
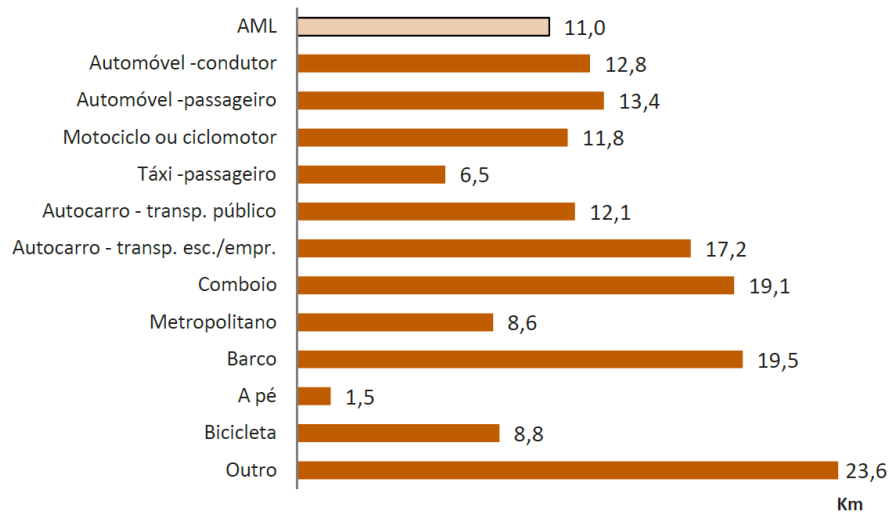


Figura 3.6. Distância média das deslocações por município de residência. (fonte: INE - IMOB)

No que toca a distâncias realizadas em cada meio de transporte, as deslocações através dos transportes públicos como o autocarro, o comboio e o barco, são as mais longas. A escolha do automóvel como modo de transporte principal, é preferencialmente feita para distâncias menores, sendo ainda de ressaltar que as distâncias mais curtas são realizadas através dos “modos suaves”.



Nota: neste gráfico não se representa o meio de transporte avião

Figura 3.7. Distância média das deslocações segundo o meio de transporte principal. (fonte: INE - IMOB)

Em termos das diferentes alternativas colocadas à disposição dos residentes na AML, a intermodalidade é mais visível em realidades como a da utilização do barco ou do comboio. Apenas nestes casos é visível um número de transbordos de 2 ou mais superior a 50% dos utentes. Os casos do automóvel, do motociclo ou do táxi apenas revelam valores bastante residuais, uma vez que é natural que os utentes recorram a estas soluções desde a saída de casa até á porta do emprego, escola ou universidade.

Já no que diz respeito à caracterização social das populações relevantes para análise da mobilidade urbana dentro da AML, a esmagadora maioria dos habitantes desloca-se de automóvel, enquanto transporte principal, sendo que o número vai crescendo ao longo dos escalões etários, ultrapassando os 85% nas idades entre os 65 e os 84 anos. No mesmo sentido, a população entre os 6 e os 24 anos é aquela que utiliza mais os serviços de transporte público disponibilizados diretamente pelos municípios ou por operadores privados, em regime de concessão.

3.3 Parque Circulante

Apesar do INE não disponibilizar dados específicos do parque circulante a nível da AML, existem dados do parque circulante ao nível de Portugal. Assumiu-se que as proporções em termos de tecnologias automóveis se manteriam de Portugal para a AML. Assim, as projeções realizadas têm por base dados do parque de veículos ligeiros de passageiros e de veículos pesados de passageiros em relação a Portugal. O mesmo acontece com as vendas destas duas categorias de transporte. Esta foi forma escolhida para adaptar o conjunto de dados à AML mantendo coerência com o cenário global de Portugal.

4 Métodos

Este trabalho tem como finalidade avaliar a evolução de dois indicadores de mobilidade sustentável, nomeadamente a intensidade energética e a emissão de gases com efeito de estufa, no setor dos transportes da AML, traçando cenários futuros de penetração de EVs nos parques de ligeiros de passageiros e pesados de passageiros.

Para isso, é necessário compreender os padrões de mobilidade da população da AML e também fazer uma análise ao parque de transportes circulante que permitem essa mobilidade.

Neste estudo, são considerados alguns dos modos de transporte disponíveis na AML, desde logo os automóveis ligeiros de passageiros, os táxis, os motociclos ou ciclomotores, os autocarros, os comboios, o metropolitano e o barco.

Na construção dos vários cenários, serão projetadas diferentes evoluções para o parque automóvel de veículos elétricos e para o parque de autocarros elétricos, com a finalidade de perceber a influência destes num futuro mais sustentável em termos de mobilidade.

De referir que existem muitos fatores com influência no crescimento do parque de veículos elétricos, como a quantidade de veículos já existentes, o preço, a oferta, o crescimento populacional, o poder económico, os incentivos à aquisição destes veículos e a evolução da tecnologia, e, sabendo das dificuldades em realizar uma previsão devido aos mesmos, foi considerado que essas condições não iam sofrer alterações, mantendo-se constantes ao longo dos anos.

4.1 Evolução do Parque Automóvel e Vendas de Ligeiros de Passageiros

Como foi apresentado anteriormente, o parque automóvel de veículos ligeiros de passageiros em Portugal, em 2020, era de 5 565 963 (Nº de veículos).

Como já foi referido, as projeções serão feitas tendo em conta que outros fatores que as condicionam não se alteram, desde logo a evolução da população e, conseqüentemente, a taxa de motorização. Sabendo que, segundo os números apresentados pelos Censos 2021, a população residente em Portugal era de 10 344 802 (População), podemos calcular a taxa de motorização com base na seguinte fórmula:

$$\text{taxa de motorização} = \frac{N^{\circ}\text{veículos}}{\text{População}} \times 1000 \text{ habitantes} \quad (1)$$

Temos então uma taxa de motorização de 538 veículos ligeiros de passageiros por 1000 habitantes.

Considerando que a taxa de motorização vai manter-se constante ao longo dos anos, também o parque de automóveis ligeiros de passageiros irá manter o mesmo valor. Por consequência, o valor das vendas de veículos ligeiros de passageiros vai também estagnar.

4.2 Cálculo dos Indicadores

Como já foi referido, o presente estudo tem como objetivo analisar a evolução de indicadores de mobilidade sustentável, ao longo do tempo, tendo em conta diferentes cenários de eletrificação da frota da AML.

Após uma revisão da literatura, foram escolhidos dois indicadores, o de Intensidade Energética e o de Emissões de GEE, por se considerar que estes são de extrema importância na medição do progresso

Métodos

no que respeita à sustentabilidade e à obtenção de um sistema de mobilidade urbana com melhor desempenho.

Para proceder ao cálculo e análise dos dois indicadores escolhidos, esta dissertação foi baseada no relatório SMP2.0, sendo que foram utilizadas as fórmulas de cálculo presentes no mesmo, tendo ainda assim, sido feitos alguns ajustes às mesmas por não se considerarem todos os tipos de transporte.

O cálculo da Intensidade Energética é dado por [5]:

$$E = \frac{(\sum_{ij} A_{ij} (\sum_k S_{jk} \times I_{jk} \times EC_k))}{TV_{pass} + (TV_{fre} \times 8)} \quad (2)$$

Em que E representa o indicador de Intensidade Energética (MJ/km), A_i é volume de atividade, ou seja, a distância percorrida por modo de transporte i e por tipo de veículo j (milhões de km/ano), S_{jk} representa a parcela de combustível k por tipo de veículo j (fração), I_{jk} o consumo específico por distância percorrida para o tipo de veículo j e tipo de combustível k (L/km, MJ/km ou kWh/km), EC_k é o teor energético do combustível k (L/km, MJ/km ou kWh/km), TV_{pass} representa o volume de transporte de passageiros (passageiros km) [milhões de passageiros km] e TV_{fre} o volume de transporte de mercadorias (milhões de toneladas km).

Já as emissões de GEE obtêm-se a partir da fórmula [5]:

$$G = \frac{\sum_{ij} A_{ij} (\sum_k S_{jk} \times I_{jk} \times (C_k (1 + F_{ijk}) + W_k))}{Cap} \quad (3)$$

Onde G representa a emissão de gases com efeito de estufa (toneladas de CO₂ eq/cap. por ano), A_i é volume de atividade, ou seja, a distância percorrida por modo de transporte i (milhões de km/ano), S_{jk} representa a parcela de combustível j por tipo de veículo k , I_{jk} o consumo específico por distância percorrida para o tipo de veículo k e tipo de combustível j (L/km, MJ/km ou kWh/km), C_k são as emissões de CO₂ Tank-to-Wheels por tipo de energia k (kg/L ou kg/kWh), F_{ij} é o fator de correção dos GEE que não o CO₂, W_k as emissões Well-to-Tank de CO₂ eq por tipo de energia k e Cap representa o número de habitantes da região a analisar.

4.3 Cenário de Referência

Neste cenário pretende-se estimar os indicadores de intensidade energética e de emissões de GEE para o ano de 2017. Para a construção do mesmo, foram utilizados os dados de mobilidade, retirados do documento IMOB 2017 [6], prontamente resumidos na tabela 4.1.

Para os cálculos de ambos os indicadores interessa saber o número de quilómetros que cada modo de transporte percorre por passageiro transportado.

Tabela 4.1. Resumo dos dados de mobilidade dos diferentes modos de transporte. (fonte: INE)

Modo de Transporte	Nº de viagens por dia (passageiro)	Distância média por dia (km)	Distância percorrida por dia (p km/dia)	Distância percorrida por ano (p km/ano)
Automóvel (condutor)	2 475 192	12,8	31 690 228	11 566 933 474
Automóvel (passageiro)	697 821	13,4	9 353 622	3 414 072 257
Táxi	19 220	6,5	124 582	45 472 461
Motociclo e Ciclomotor	47 330	11,8	559 801	204 327 700
Autocarro (transp. público)	420 838	12,1	5 109 387	1 864 926 382
Autocarro (transp. escolar)	51 388	17,2	883 429	322 451 740
Comboio	173 669	19,1	3 315 134	1 210 024 131
Metropolitano	166 827	8,6	1 428 637	521 452 567
Barco	16 564	19,5	322 326	117 649 185

4.3.1 Veículos Ligeiros de Passageiros

Devido à indisponibilidade de dados referentes à distribuição do parque automóvel na AML, considerou-se que, em termos de percentagem, seria idêntica à que podemos encontrar no país, tendo-se, por isso, utilizado dados referentes ao parque automóvel de ligeiros de passageiros em Portugal.

A constituição do parque de automóveis ligeiros de passageiros foi considerada para o ano de 2017, mantendo a coerência em relação ao ano dos dados de mobilidade. Os dados do parque automóvel para esse ano foram retirados do INE. O parque total de veículos ligeiros de passageiros em 2017 era de 5 059 472. Na Figura 4.1 é apresentada a distribuição da frota por tipo de combustível.

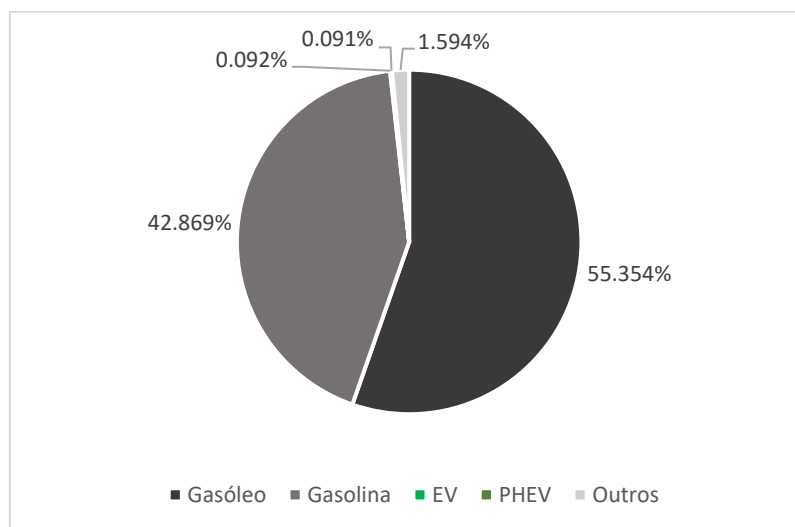


Figura 4.1. Distribuição da frota de veículos ligeiros de passageiros em 2017. (fonte: INE)

Métodos

Os consumos específicos dos automóveis ligeiros de passageiros, por tipo de combustível, foram retirados do documento de referência europeu *JEC Tank-To-Wheels report v5: Passenger cars* [35] e podem ser encontrados resumidos na tabela 4.2.

Tabela 4.2. Percentagem do parque de automóveis ligeiros de passageiros em 2017, por tipo de tecnologia, e respetivo consumo específico em MJ/p km.

Tipo de Tecnologia	Percentagem no Parque (%)	Consumo específico (MJ/p km)
ICEV - Gasóleo	55,35%	1,45
ICEV - Gasolina	42,87%	1,73
EV - Eletricidade	0,092%	0,46
PHEV - Eletricidade e gasolina	0,091%	0,81

Com os dados da tabela acima, é possível calcular o consumo específico do parque automóvel.

$$\begin{aligned} \text{Consumo}_{\text{Parque}} = \%_{\text{gasóleo}} \times \text{Consumo}_{\text{Gasóleo}} + \%_{\text{Gasolina}} \times \text{Consumo}_{\text{Gasolina}} \\ + \%_{\text{EV}} \times \text{Consumo}_{\text{EV}} + \%_{\text{PHEV}} \times \text{Consumo}_{\text{PHEV}} \end{aligned} \quad (4)$$

Teremos então um consumo específico do parque de 1,55 MJ/p km.

4.3.2 Táxis

Devido à inexistência de dados em relação à frota de táxis em Portugal, considerou-se que a sua distribuição por tipo de combustível seria idêntica à dos veículos ligeiros de passageiros. Posto isto, admite-se que o consumo específico da frota de táxis é de 1,55 MJ/p km.

4.3.3 Motociclos e Ciclomotores

Neste meio de transporte, tendo em conta que mais de 99% da sua frota utiliza gasolina como combustível, assumiu-se apenas esse combustível para os cálculos.

Não tendo sido encontrado um documento de referência com dados de consumos específicos para cada tipo de combustível para os motociclos e ciclomotores, assumiram-se os valores de consumo do modelo mais vendido deste tipo de veículo.

O modelo mais vendido de motociclos em 2017 foi a Honda PCX, cujo consumo de gasolina é de 2,1 L/100km.

O valor do consumo específico em MJ/km, é dado por:

$$\text{Consumo} \left(\frac{\text{MJ}}{\text{km}} \right) = \text{Consumo} \left(\frac{\text{L}}{\text{km}} \right) \times \frac{\text{LHV} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)}{1000} \times \text{Densidade} \left(\frac{\text{MJ}}{\text{kg}} \right) \quad (5)$$

Tabela 4.3. Propriedades da Gasolina (E5) [36]

Gasolina (E5)	
Densidade (kg/m ³)	LHV (MJ/kg)
746	42,3

Métodos

Temos então um consumo de 0,66 MJ/pkm.

4.3.4 Autocarros

A frota de autocarros da AML é representada neste estudo pela empresa Carris, tendo em conta que, por meio de observação, se constatou que é aquela que mais rotas abrange nesta Área Metropolitana. Sendo assim, os dados referentes aos consumos específicos da frota de autocarros foram retirados do Relatório de Sustentabilidade da empresa [37], neste caso, para 2017, valor esse que se encontra no Anexo C.1.

Tabela 4.4. Dados de Intensidade Energética retirados do Relatório de Sustentabilidade da Carris [37]

Intensidade Energética	
Gep/pkm	MJ/pkm
36,08	1,51

1 tep = 41 868 MJ [38]

O valor de consumo específico da frota de autocarros da Carris é assim de 1,51 MJ/p km.

4.3.5 Comboio

No que a este meio de transporte diz respeito, os dados referentes ao seu consumo específico por passageiro transportado, foram retirados do Relatório de Sustentabilidade de 2017 da Empresa Comboios de Portugal – CP [39], por se tratar daquela que mais percursos faz na AML. Para o comboio temos, portanto, um consumo associado de 0,3 MJ/pkm.

4.3.6 Metropolitano

O Metropolitano de Lisboa é gerido por uma Empresa com o mesmo nome, pelo que o valor do seu consumo de MJ/pkm foi retirado do Relatório de Sustentabilidade da mesma [40]. Não sendo possível encontrar um relatório para o ano de 2017, utilizou-se o mais próximo, neste caso para 2016, encontrando-se os valores referentes ao Anexo C.2.

Tabela 4.5. Dados de Intensidade Energética retirados do Relatório de Sustentabilidade da Metropolitano Lisboa [40]

Intensidade Energética	
pkm/kWh	MJ/pkm
8,03	0,45

1 J = 0.0002778 Wh [41]

Foi então retirado o valor de 0,45 MJ/pkm.

4.3.7 Barco

A entidade que fornece serviços de transporte de passageiros por este meio é o Grupo Transtejo e Soflusa, tendo sido por isso retirado do seu Relatório de Sustentabilidade o valor para o consumo do barco na AML [42]. Foi considerado o último relatório disponível, sendo este do ano de 2014, e retirado o valor de consumo da frota por passageiro quilómetro, valor correspondente a 0,071 L/pkm, presente no Anexo C.3.

Com os dados referentes às propriedades do gásóleo marítimo, é possível calcular a intensidade energética da frota através da equação 5.

Métodos

Tabela 4.6. Propriedades do Gasóleo Marítimo [43]

Gasóleo Marítimo	
Densidade (g/cm³)	LHV (MJ/kg)
0,8528	42,3

Temos então uma intensidade energética da frota de barcos de 2,59 MJ/pkm.

4.3.8 Resumo dos Dados para o Cálculo dos Indicadores

Em resumo, podemos encontrar nas tabelas 4.7 e 4.8, os dados necessários para a realização do cálculo dos indicadores de eficiência energética e de emissões de GEE.

Tabela 4.7. Dados dados para o cálculo dos indicadores

Modo de Transporte	Consumo (MJ/p km)	Distância percorrida por ano (p km / ano)
Automóvel	1,55	14 981 005 732
Táxi	1,55	45 472 461
Motociclo	0,66	204 327 700
Autocarro	1,51	2 187 378 122
Comboio	0,3	1 210 024 131
Metropolitano	0,45	521 452 567
Barco	2,59	117 649 185

Tabela 4.8. Emissões WTT e emissões TTW por tipo de energia [36]

Tipo de energia	Emissões WTT (g CO₂ / MJ fuel)	Emissões TTW (g CO₂ / MJ fuel)
Gasóleo (B7)	18,9	73,4
Gasolina (E5)	17	73,3
Gás Natural	17,4	56,2
Eletricidade	110,1	0
Gasóleo Marítimo	12	87,1

4.4 Cenário 1

Este cenário considera uma projeção otimista em que apenas haverá vendas de EVs nos próximos anos, eliminando as vendas de veículos com combustão interna, PHEV inclusive. A frota de táxis irá acompanhar a mesma evolução dos veículos ligeiros de passageiros.

Também será projetada uma evolução da frota de autocarros elétricos, tendo em conta as metas da Carris, que espera contar com uma frota completamente eletrificada em 2040.

Os restantes modos de transporte não irão sofrer alterações.

Os indicadores de Eficiência Energética e de Emissões de GEE serão projetados até 2050 tendo em conta a evolução das frotas dos diferentes modos de transporte.

4.4.1 Veículos ligeiros de passageiros

Como foi possível observar anteriormente, a frota de veículos ligeiros de passageiros sofreu, na última década, uma evolução no parque e nas vendas, a qual se encontra resumida na Tabela 4.9.

Métodos

Assumindo que a taxa de motorização irá manter-se estagnada, considera-se que não existirá aumento do parque total de veículos ligeiros de passageiros a partir de 2020.

Uma hipótese será a venda de veículos ligeiros de passageiros estagnar, mas haver uma alteração na tecnologia de carro mais vendido, o que significa que apenas a venda e, consequentemente a frota de EVs irá evoluir, sendo que todas as outras tecnologias baseadas em combustíveis fósseis não terão mais vendas e acabarão substituídas por EVs.

Tabela 4.9. Histórico da evolução do parque e das vendas de veículos ligeiros de passageiros para o período de 2010 a 2020 retirados dos Anexos A.1 e B.1

Ano	Parque de Ligeiros de Passageiros	Vendas
2010	4 692 000	223 464
2011	4 712 354	153 486
2012	4 258 746	95 309
2013	4 334 364	105 921
2014	4 699 645	142 826
2015	4 722 963	178 503
2016	4 850 229	207 330
2017	5 059 472	222 129
2018	5 282 970	228 327
2019	5 452 119	223 799
2020	5 565 963	145 417

Na tabela 4.10 encontra-se a evolução, para o período de 2010 a 2020, do parque de EVs, da percentagem de EVs na frota total de ligeiros de passageiros, calculada a partir da equação 6, da venda desta tecnologia e da taxa de variação das vendas, dada pela equação 7.

$$taxa_{variação} = \left(\frac{Vendas_n - Vendas_{n-1}}{Vendas_{n-1}} \right) \quad (6)$$

$$\%_{EVs \text{ na frota}} = \frac{\text{Parque EVs}}{\text{Parque v. ligeiros de passageiros}} \quad (7)$$

Métodos

Tabela 4.10. Evolução do parque de EVs, da percentagem de EVs no parque total de ligeiros de passageiros, das vendas de EVs e da taxa de variação de vendas, para o período de 2010 a 2020. (fonte INE e ACAP)

Ano	Parque de EVs	Percentagem de EVs no total da frota	Vendas de EVs	Taxa de variação de vendas
2010	36	0,001%	18	
2011	224	0,005%	203	1027,8%
2012	285	0,007%	65	-68,0%
2013	456	0,011%	166	155,4%
2014	672	0,014%	189	13,9%
2015	1 398	0,030%	651	244,4%
2016	2 383	0,049%	760	16,7%
2017	4 667	0,092%	1 640	115,8%
2018	9 980	0,189%	4 073	148,4%
2019	18 139	0,333%	6 883	69,0%
2020	26 949	0,484%	12 611	83,2%

Admite-se que a projeção de vendas de EVs até 2050 irá evoluir com base na taxa de variação igual à média dos últimos dois anos, pois considera-se que foi quando a tecnologia atingiu um certo grau de maturação, tal como o volume de vendas.

$$taxa\ média_{variação} = \frac{taxa_{variação2019} + taxa_{variação2020}}{2} \quad (8)$$

O valor da taxa média de variação das vendas entre os anos de 2019 e 2020 foi de cerca de 76,1%.

Quando o número de vendas de EVs atingir o número total de vendas de veículos ligeiros de passageiros, significa que, a partir desse momento, apenas veículos desta tecnologia serão vendidos, sendo que esse valor irá estagnar, mantendo-se depois constante até 2050.

Já o parque de EVs será calculado tendo por base a evolução das vendas da tecnologia e a percentagem de abate anual deste tipo de veículos, para a qual foi considerado o valor de 2020. Os dados de abate por tecnologia, referentes ao ano de 2020, foram fornecidos pela Valorcar e estão apresentados na tabela seguinte.

Tabela 4.11. Valores de abate de veículos por tecnologia, em 2020. (dados: Valorcar)

Tecnologia	Gasóleo	Gasolina	EV	PHEV	GPL	N/D	Total
Nº de veículos abatidos	19 841	58 775	48	18	91	6 949	85 722

O valor de percentagem de abate anual de EVs, para o ano de 2020, é dado por:

$$\%_{abate} = \frac{N^{\circ}\ de\ EVs\ abatidos\ 2020}{Parque\ de\ EVs\ 2020} \quad (9)$$

Métodos

O valor da percentagem de EVs abatidos em 2020, foi de cerca de 0,18% em relação ao total do parque de veículos desta tecnologia.

Sendo assim, a evolução do parque de EVs será feita a partir da seguinte fórmula:

$$Parque_n = Parque_{n-1} + Vendas_n - (Parque_{n-1} \times \%abate) \quad (10)$$

4.4.2 Autocarros

A evolução da frota de autocarros na última década, bem como das vendas para o mesmo período, encontra-se resumida na Tabela 4.12 e pode ser encontrada nos Anexos A.2 e B.2.

Já a composição do seu parque por tipo de tecnologia pode ser observada na Figura 4.2.

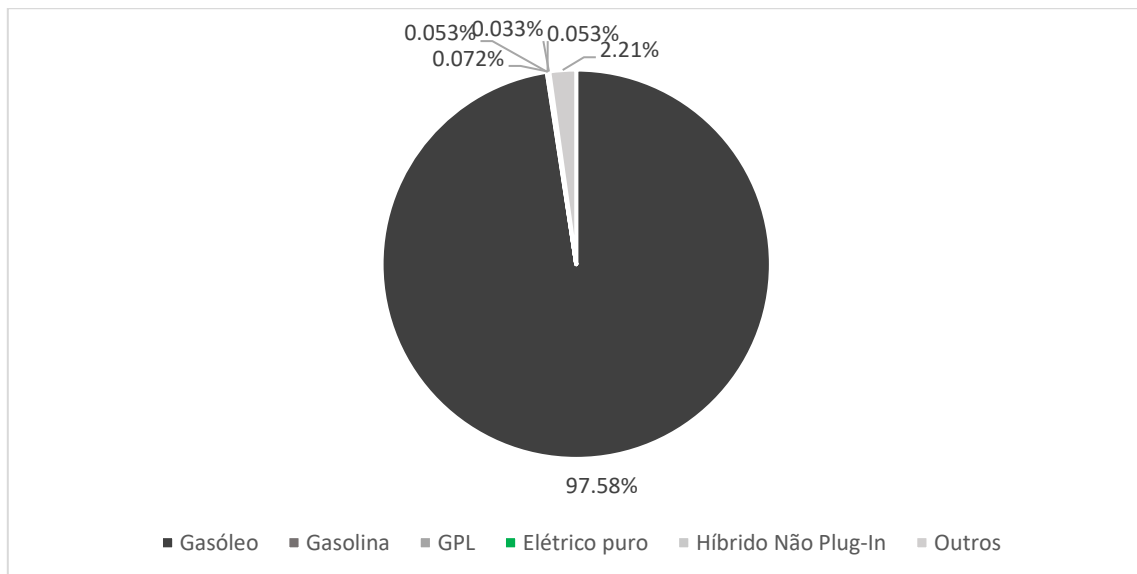


Figura 4.2. Distribuição da frota de veículos pesados de passageiros em 2017 (fonte: INE)

Não existindo valores específicos em relação ao número de autocarros a gás natural, mas sabendo-se que é a segunda tecnologia mais representativa no setor, como é exemplo a Carris, assumiu-se que “Outros” correspondia ao valor de autocarros movidos a gás natural.

Para a projeção dos indicadores, apenas foram consideradas as tecnologias de ICEV – gasóleo, ICEV – gás natural e EV, pois são as que compõem a frota da Carris. Já para as suas intensidades energéticas foi considerado que, como os autocarros movidos a gasóleo representam a maior parte da frota, a sua intensidade energética é igual à da frota e, por isso, 1,51 MJ/pkm. Para calcular as intensidades energéticas da frota elétrica e a gás natural, foram utilizadas as eficiências de cada tecnologia em relação ao gasóleo [44]. Sendo assim, temos as seguintes intensidades energéticas.

Tabela 4.12. Valores de intensidade energética da frota de autocarros por tecnologia.

Intensidade Energética (MJ/pkm)		
ICEV – gasóleo	ICEV – gás natural	EV
1,51	2,11	0,53

Métodos

Em relação aos autocarros, assume-se, também, que a sua frota total estagnou em 2020, não havendo evolução da mesma. Considera-se, ainda, que as vendas se manterão constantes a partir de 2020.

Tabela 4.13. Evolução do parque e das vendas de autocarros no período de 2010 a 2020. (fontes: INE e ACAP)

Ano	Parque de autocarros	Vendas
2010	15 425	491
2011	15 181	330
2012	12 358	223
2013	12 119	174
2014	14 941	239
2015	14 717	254
2016	14 850	354
2017	15 235	361
2018	15 493	510
2019	17 819	601
2020	15 197	412

Para realizar a projeção do parque de autocarros elétricos, assume-se que o mesmo vai evoluir com base na média da taxa de variação da frota na última década, dado pelas equações 11 e 12. Não foram utilizados os dados de venda de autocarros elétricos pois são inexpressivos, nem dados de abates dos mesmos devido à sua inexistência.

$$taxa_{variação\ parque} = \frac{Parque_n - Parque_{n-1}}{Parque_{n-1}} \quad (11)$$

$$taxa\ média_{variação} = \frac{\sum_{2011}^{2020} taxa_{variação\ do\ parque}}{10} \quad (12)$$

Considera-se que, à medida que o parque de autocarros elétricos vai aumentando, as outras tecnologias vão sendo eliminadas, até que estes atinjam o valor do parque total de autocarros. Na tabela 4.14, encontram-se os dados da evolução do parque de autocarros elétricos e a percentagem dos mesmos no parque total de autocarros, bem como a variação que o mesmo sofreu na última década.

Tabela 4.14. Evolução do parque de autocarros elétricos, taxa de variação da frota e percentagem no total do parque de autocarros para o período 2010 a 20120. (fonte: ACAP)

Ano	Parque de autocarros elétricos	Taxa de variação do parque	Percentagem no total do parque de autocarros
2010	13		0,08%
2011	12	-7,7%	0,08%
2012	10	-16,7%	0,08%
2013	8	-20,0%	0,07%
2014	12	50,0%	0,08%
2015	11	-8,3%	0,07%
2016	12	9,1%	0,08%
2017	11	-8,3%	0,07%
2018	38	245,5%	0,25%
2019	76	100,0%	0,43%
2020	96	26,3%	0,63%

A projeção do parque de autocarros elétricos vai ser dada então pela fórmula:

$$Parque_n = Parque_{n-1} \times (1 + taxa_{variação\ média}) \quad (13)$$

4.4.3 Restantes modos de transporte

Na realização deste cenário, assume-se que todos os restantes modos de transporte não irão sofrer qualquer evolução até 2050, mantendo-se assim os valores constantes e iguais ao Cenário Base.

4.5 Cenário 2

Para a concretização deste cenário, considera-se uma projeção tanto de EVs como de PHEVs, na medida em que haverá uma evolução na venda de ambas as tecnologias, em oposição às restantes.

Também o parque de autocarros elétricos irá evoluir na mesma medida do cenário 1.

Os restantes modos de transporte manter-se-ão iguais aos do Cenário Base e constantes até 2050. O cálculo dos indicadores será feito de acordo com a evolução dos diferentes modos de transporte.

4.5.1 Veículos ligeiros de passageiros

Como referido anteriormente, a taxa de motorização não se irá alterar, pelo que o parque e as vendas de veículos ligeiro de passageiros irá estagnar e manter-se constante a partir daí. Os dados referentes aos mesmos estão representados na tabela 4.9.

Em comparação com o Cenário 1, neste cenário teremos o crescimento de uma frota elétrica constituída por EVs e PHEVs, sendo que as outras tecnologias irão sendo substituídas.

A evolução dos EVs será projetada tal como no Cenário 1.

Quanto à projeção dos PHEVs, será calculada tendo em conta a evolução das vendas dessa tecnologia e a percentagem de abate anual da mesma, para a qual foi considerada o valor do ano de 2020. Os dados de abate por tecnologia foram fornecidos pela Valorcar e encontram-se representados na tabela 4.11. A percentagem de abate anual é de 0,06% obtida através da equação 9 aplicada aos PHEVs.

Métodos

Na tabela 4.15 são apresentados os valores do parque e da venda de PHEVs na última década, bem como a percentagem dos mesmos no parque total de veículos ligeiros de passageiros e a taxa de variação das vendas durante esse período.

A taxa de variação de vendas foi calculada utilizando a equação 6, sendo que para o cálculo da percentagem de PHEVs no parque foi usada a expressão 7 aplicada aos PHEVs.

Tabela 4.15. Evolução do parque de PHEVs, da percentagem de PHEVs no parque total de ligeiros de passageiros, das vendas de PHEVs e da taxa de variação de vendas, para o período de 2010 a 2020. (fonte INE e ACAP)

Ano	Parque de PHEVs	Percentagem de PHEVs no total do parque	Vendas de PHEVs	Taxa de variação de vendas
2010	2 551	0,054%	65	
2011	2 533	0,054%	54	-16,9%
2012	53	0,001%	70	29,6%
2013	97	0,002%	55	-21,4%
2014	204	0,004%	101	83,6%
2015	672	0,014%	521	415,8%
2016	1 787	0,037%	1 089	109,0%
2017	4 594	0,091%	2 438	123,9%
2018	9 699	0,184%	3 776	54,9%
2019	17 526	0,321%	5 798	53,5%
2020	30 990	0,557%	13 967	140,9%

A projeção do parque de PHEVs, será dada então pela equação 10.

A projeção da frota elétrica, composta por EVs e PHEVs, será dada pela soma das projeções do parque de ambas as tecnologias. Quando esta soma atingir o total do parque circulante em 2020, esse valor vai manter-se constante até 2050.

4.5.2 Autocarros

Neste cenário, os autocarros terão uma projeção idêntica à do Cenário 1.

4.5.3 Restantes modos de Transporte

Todos os modos de transporte, à exceção dos veículos ligeiros de passageiros, táxis e autocarros, irão manter constantes os valores do Cenário Base.

4.6 Cenário 3

A projeção deste cenário, considera uma evolução dos veículos ligeiros de passageiros idêntica à do Cenário 1.

Os restantes modos de transporte, incluindo o autocarro, não irão sofrer evolução, mantendo-se constantes os valores do Cenário Base até 2050.

4.7 Cenário 4

Neste cenário assume-se a mesma projeção do Cenário 2 para o parque de veículos ligeiros de passageiros, sendo que os restantes meios de transporte se manterão idênticos ao Cenário Base.

4.8 Síntese dos cenários

Em síntese, a tabela 4.16 apresenta as ideias chave do desenvolvimento de cada cenário.

Tabela 4.16. Resumo dos Cenários apresentados no Capítulo 4.

Cenário Base	<ul style="list-style-type: none"> • Baseado nos dados de mobilidade do documento IMOB 2017 para a AML; • Parque de veículos ligeiros de passageiros em Portugal, em 2017; • Parque de Táxis idêntico em proporção ao de automóveis ligeiros de passageiros; • Dados de motociclos baseados no modelo mais vendido. • Valores para os restantes modos de transporte retirados dos Relatórios de Sustentabilidade das principais empresas de transporte da AML.
Cenário 1	<ul style="list-style-type: none"> • Dados de mobilidade do documento IMOB 2017 para a AML; • Taxa de motorização igual a 2020, não havendo assim aumento do parque total ou das vendas de ligeiros de passageiro e pesados de passageiros; • Projeção da frota automóvel até 2050 tendo por base a evolução do parque e das vendas de EVs entre 2010 e 2020, bem como da percentagem de abates da tecnologia; • Projeção da frota de autocarros até 2050, tendo em consideração a evolução do parque de autocarros elétricos entre 2010 e 2020; • Manter os valores dos restantes modos de transporte constantes até 2050.
Cenário 2	<ul style="list-style-type: none"> • Cenário idêntico ao Cenário 1 à exceção da evolução da frota automóvel; • Projeção da frota automóvel até 2050 tendo por base a evolução do parque e das vendas de EVs e PHEVs entre 2010 e 2020, bem como da percentagem de abates de ambas as tecnologias;
Cenário 3	<ul style="list-style-type: none"> • Projeção da frota automóvel idêntica ao Cenário 1; • Manter os valores dos restantes modos de transporte constantes até 2050, incluindo autocarros.
Cenário 4	<ul style="list-style-type: none"> • Cenário idêntico ao Cenário 3 à exceção da projeção da frota automóvel; • Projeção da frota automóvel igual à do Cenário 2.

5 Resultados e Discussão

Neste capítulo são apresentados os resultados do Cenário Base, de referência, e dos quatro cenários construídos no capítulo 4.

5.1 Cenário Base

Tendo por base os dados de mobilidade e da frota da AML para 2017, e recorrendo às equações 2 e 3, chegamos aos seguintes resultados no cálculo dos indicadores.

Tabela 5.1. Resultado do cálculo dos indicadores para o Cenário Base.

Eficiência Energética (MJ / km)	Emissões GEE (t CO₂eq / cap)
1,43	0,88

Recorrendo ao documento SMP2.0, no qual foi se baseou este estudo para a realização do cálculo dos indicadores, é possível observar que o mesmo contém os resultados dos cálculos dos indicadores para Bruxelas, com os valores de 1,79 para a eficiência energética e 0,77 para as emissões de GEE.

Uma comparação que não será exata devido ao facto do presente estudo não ter considerado todos os modos de transporte presentes no parque circulante da AML.

5.2 Cenário 1

Na elaboração deste cenário assumiu-se uma eletrificação das frotas de veículos ligeiros de passageiros e de autocarros, mantendo os restantes modos de transporte inalterados em relação ao cenário base. A projeção dos dois indicadores é baseada nessa evolução.

5.2.1 Projeção do parque de veículos ligeiros de passageiros

Este cenário parte do pressuposto que, até 2050, haverá uma adoção em massa de EVs, tendo em conta desenvolvimentos tecnológicos favoráveis desta tecnologia. As vendas de EVs irão evoluir até suplantarem por completo as vendas de outras tecnologias e representarem a totalidade das vendas de veículos ligeiros de passageiros até 2050.

A evolução da frota de veículos ligeiros de passageiros por tipo de combustível está ilustrada na Figura 5.1, onde é possível observar o rápido crescimento do parque de EVs, representando em 2050 cerca de 85% do parque total de ligeiros de passageiros.

O parque de EVs começa a assumir um papel de destaque a partir da década de 30, representado metade da frota automóvel em 2039. Os veículos convencionais vão perdendo preponderância com o passar dos anos, embora gasóleo e gasolina representem ainda, em 2050, percentagens superiores 8% e a 6%, respetivamente, no total do parque. As restantes tecnologias representam apenas valores residuais na frota.

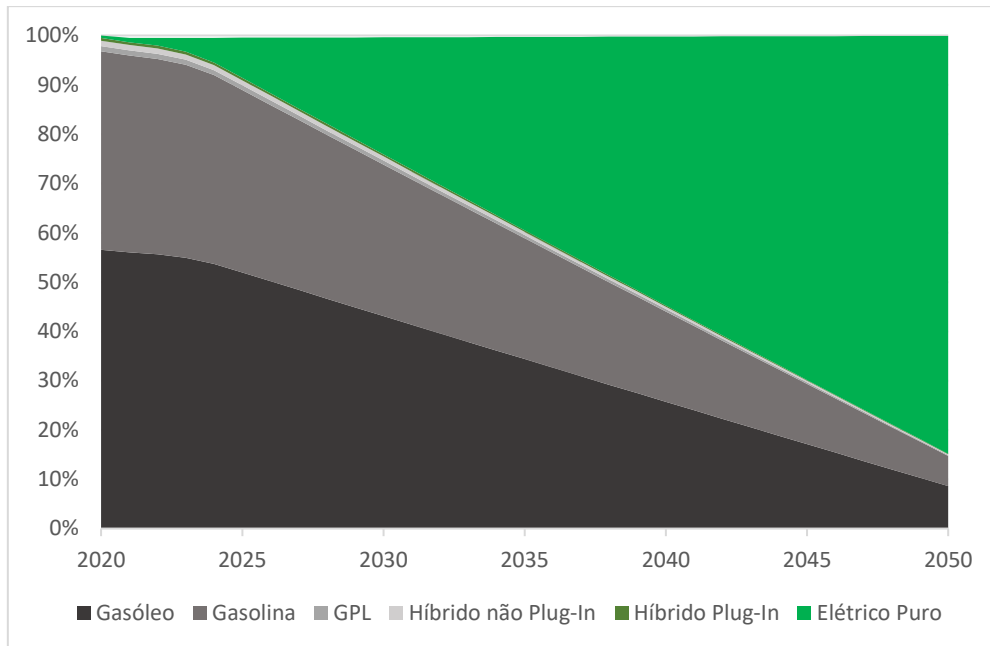


Figura 5.1. Cenário 1: Projeção do parque de veículos ligeiros de passageiros até 2050.

5.2.2 Projeção do parque de autocarros

Tal como para projeção do parque de veículos ligeiros, a evolução da frota de autocarros tem em conta uma adoção em massa de autocarros elétricos.

Através da observação da Figura 5.2, é possível verificar que a frota de autocarros será completamente elétrica a partir de 2037.

O resultado desta projeção vai ao encontro das metas apresentadas pela Carris, que espera ter a sua frota 100% elétrica em 2040.

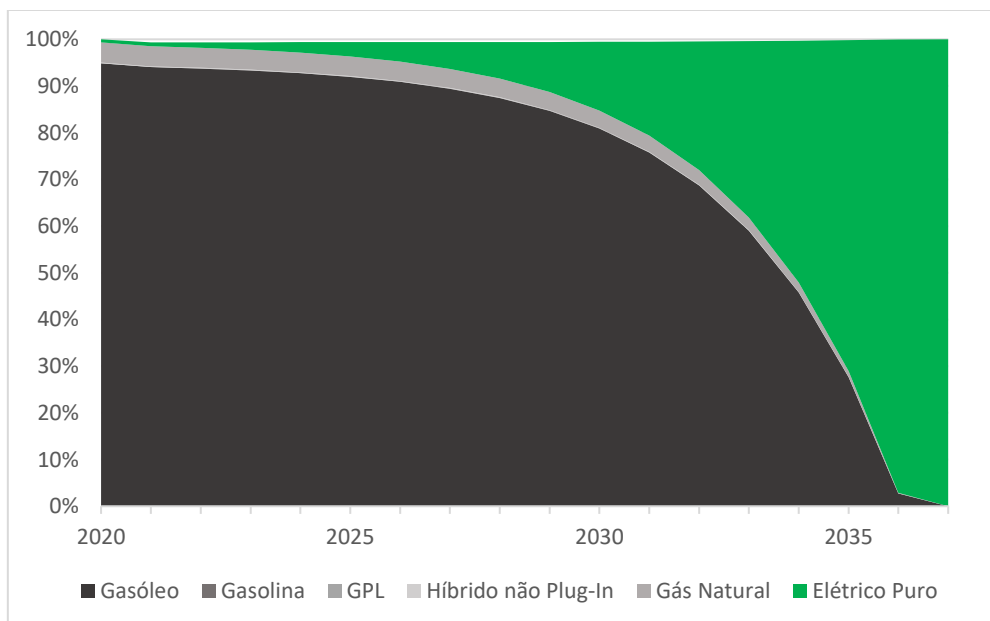


Figura 5.2. Cenário 1: Projeção do parque de autocarros até 2050.

5.2.3 Projeção dos indicadores

Pretende-se que a projeção dos dois indicadores de mobilidade sustentável acompanhe a tendência das projeções realizadas para as frotas de veículos a circular na AML.

A Figura 5.3 reflete a evolução do indicador de eficiência energética no setor dos transportes da AML, até 2050, tendo por base as projeções da frota efetuadas neste cenário.

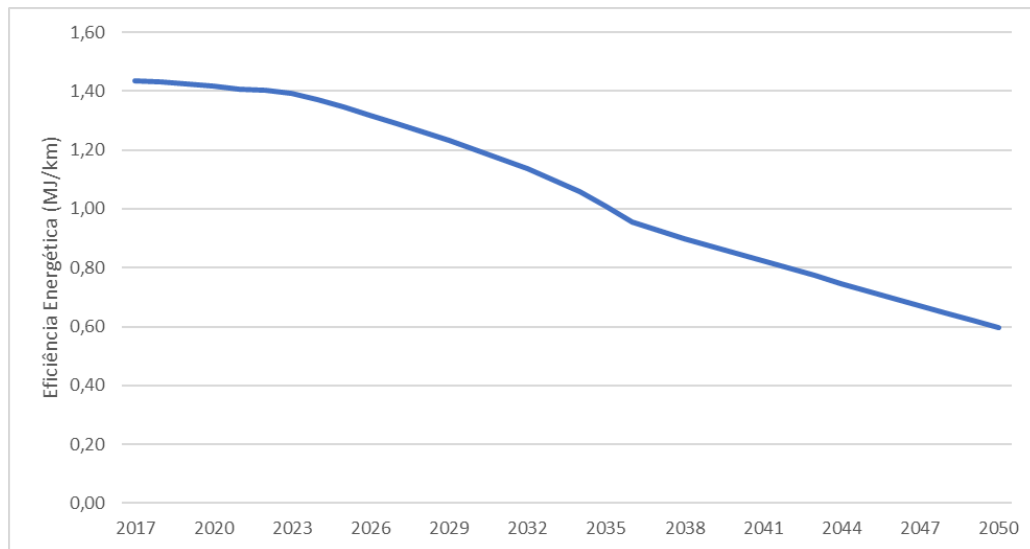


Figura 5.3. Cenário 1: Projeção do indicador de Eficiência Energética dos transportes na AML até 2050.

É possível verificar um decréscimo de 58% no indicador, o que indica que uma frota eletrificada terá influência no sucesso da eficiência energética deste setor.

Já para o indicador de emissões de GEE, podemos observar, na Figura 5.4, que também sofreu uma redução superior a 50%, reforçando a importância da eletrificação do parque circulante para obtenção de uma maior sustentabilidade.

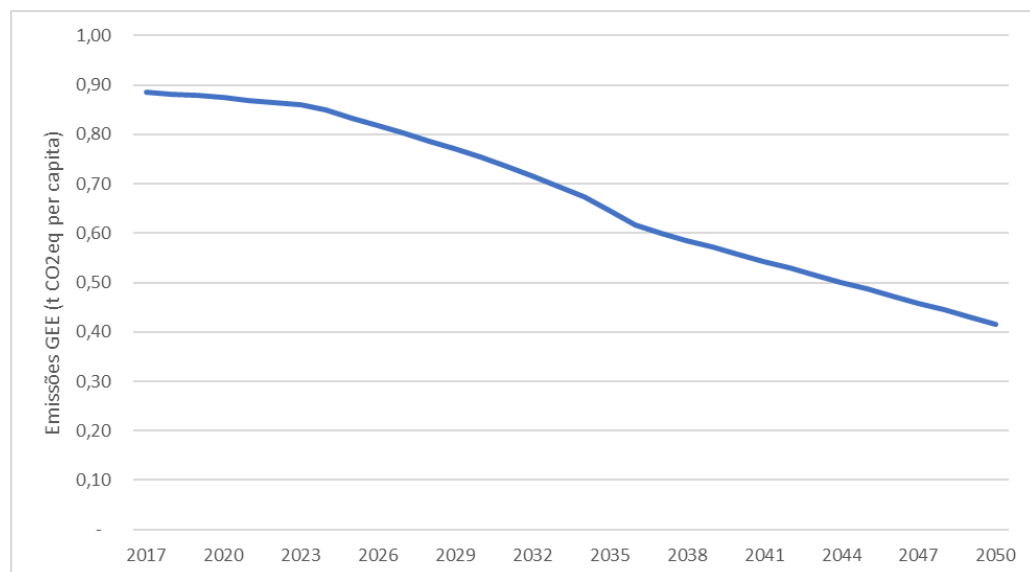


Figura 5.4. Cenário 1: Projeção do indicador de Emissão de GEE por parte dos transportes na AML até 2050.

5.3 Cenário 2

O Cenário 2 avalia a evolução dos dois indicadores, sustentados na evolução da frota automóvel e da frota de autocarros, sendo que não foi considerada a evolução dos restantes modos de transporte da AML.

De referir que projeção do parque de autocarros é idêntica à do Cenário 1, havendo apenas diferenças na evolução do parque automóvel.

5.3.1 Projeção do parque de veículos ligeiros de passageiros

A projeção do parque automóvel, neste cenário, considera que haverá uma evolução na venda das tecnologias de EVs e PHEVs, sendo que as restantes serão substituídas ao longo do tempo.

A evolução da frota de veículos ligeiros de passageiros pode ser observada na Figura 5.4, onde se verifica que em 2050 teremos uma frota quase inteiramente “verde”, já que os EVs e os PHEVs representarão cerca de 92% do total mesma.

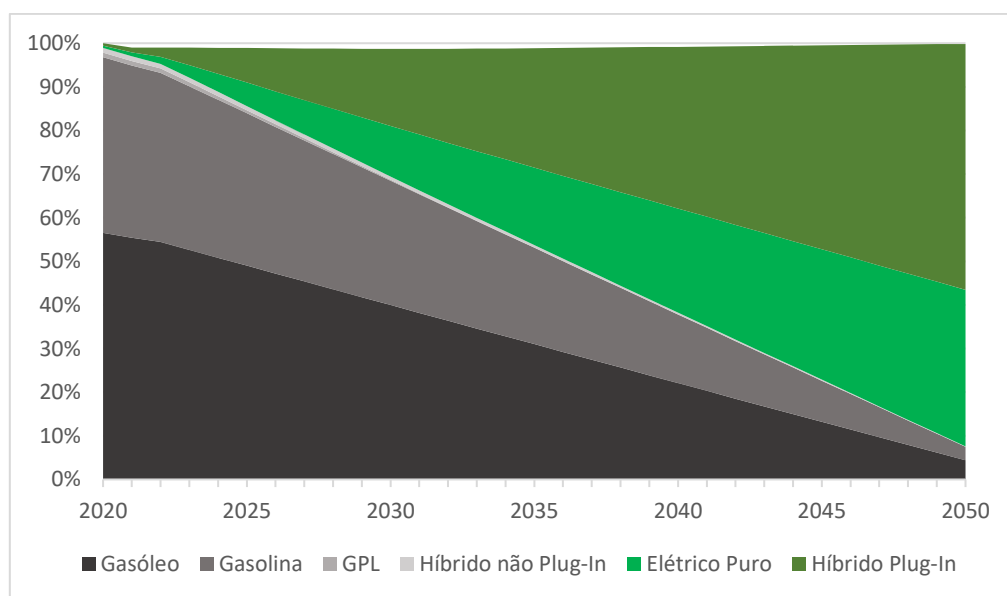


Figura 5.5. Cenário 2: Projeção do parque de veículos ligeiros de passageiros até 2050.

5.3.2 Projeção dos indicadores

A evolução do indicador de eficiência energética, observada na Figura 5.6, mostra um claro decréscimo, embora não tão acentuado como no Cenário 1, devendo-se sobretudo à percentagem de combustíveis fósseis associados aos PHEV, que representam uma grande fatia do parque automóvel em 2050. O mesmo se pode concluir da evolução do indicador de emissões de GEE presente na Figura 5.7.

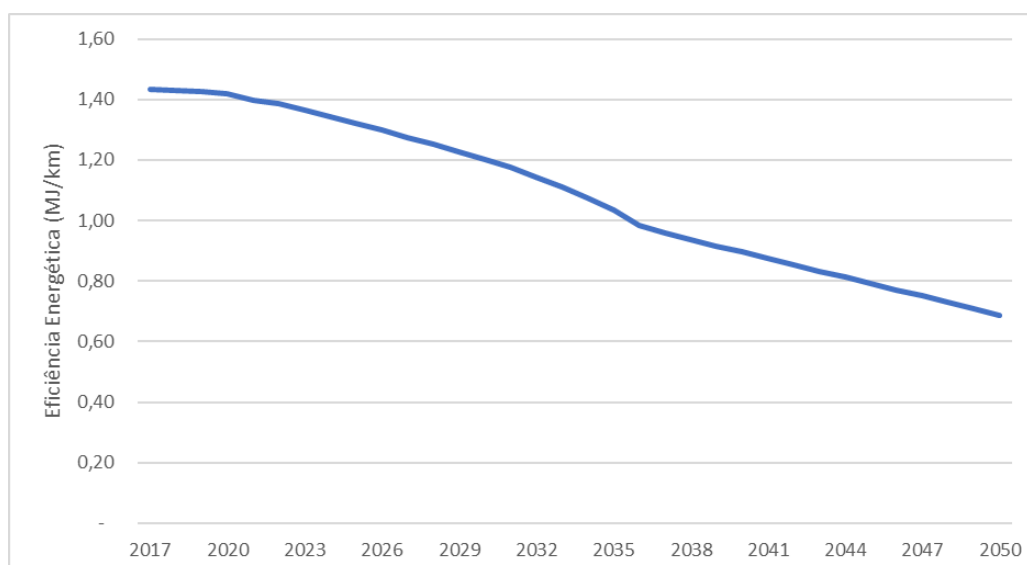


Figura 5.6. Cenário 2: Projeção do indicador de Eficiência Energética do setor dos transportes da AML, até 2050.

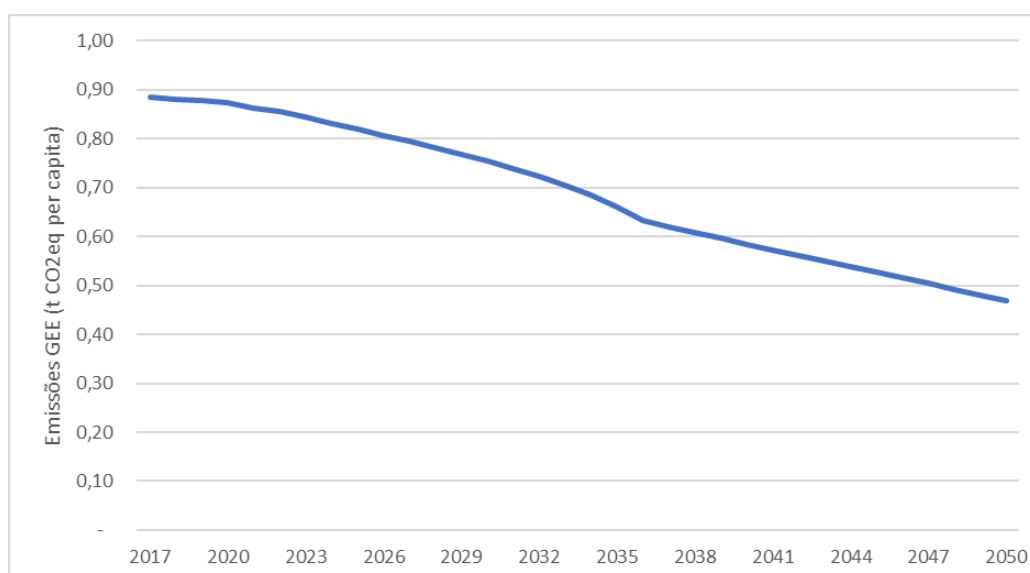


Figura 5.7. Cenário 2: Projeção do indicador de Emissão de GEE por parte dos transportes na AML até 2050.

5.4 Cenário 3

Este cenário representa um progresso menos ambicioso do parque circulante da AML, pois apenas considera que existiu evolução no parque automóvel.

A frota automóvel terá uma evolução idêntica à do Cenário 1, em que os EVs terão uma grande expressão nas novas vendas de automóveis, suplantando as restantes tecnologias.

Os indicadores foram calculados sobretudo com base nessa evolução.

5.4.1 Projeção dos indicadores

Analisando os gráficos referentes à evolução dos indicadores, representados nas Figuras 5.8 e 5.9, podemos concluir que, embora não tenha sido considerada a evolução do parque circulante na AML à exceção dos automóveis, existe um claro declínio no valor dos indicadores, particularmente em consequência da projeção do parque de EVs.

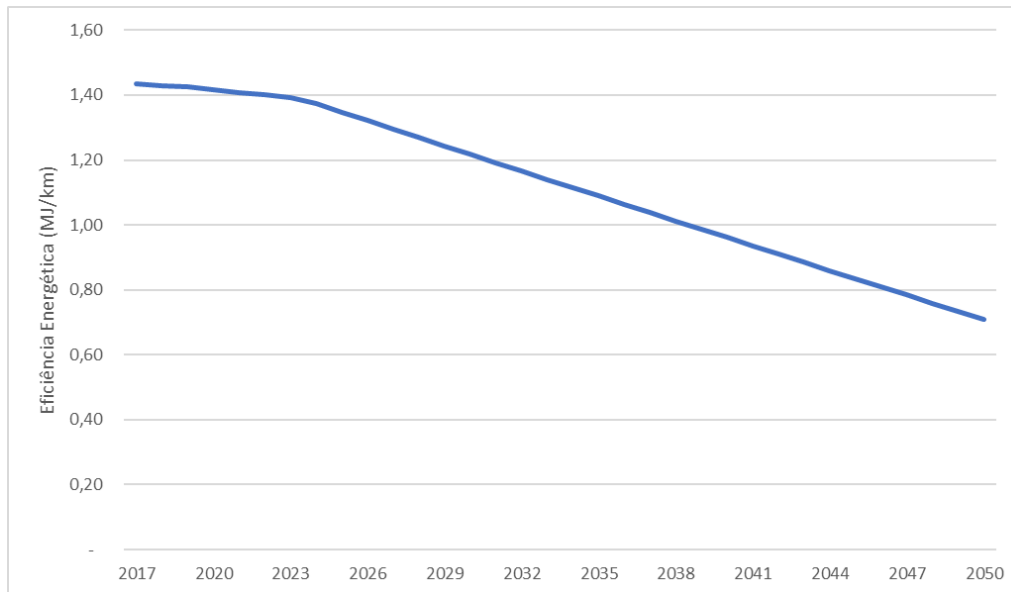


Figura 5.8. Cenário 3: Projeção do indicador de Eficiência Energética do setor dos transportes da AML, até 2050.

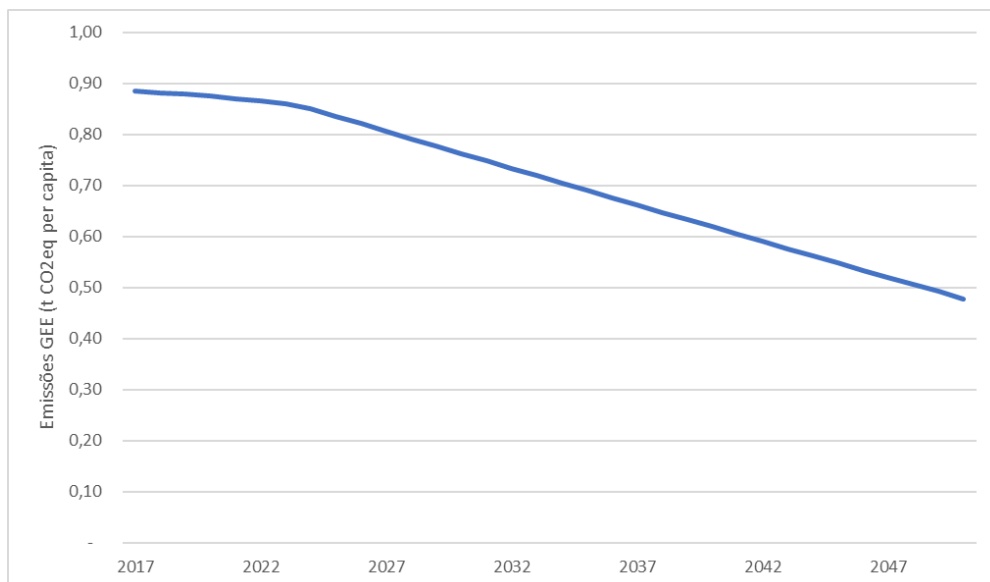


Figura 5.9. Cenário 3: Projeção do indicador de Emissão de GEE por parte dos transportes na AML até 2050.

5.5 Cenário 4

Como no Cenário 3, também neste cenário apenas foi considerada a evolução do parque automóvel. O mesmo terá a sua constituição baseada na evolução das vendas de EVs e PHEVs, até 2050, sendo que a projeção do mesmo é idêntica à do Cenário 2.

Os restantes modos de transporte não sofreram qualquer evolução.

5.5.1 Projeção dos indicadores

As Figuras 5.10 e 5.11 ilustram a evolução de ambos os indicadores tendo em conta as projeções do Cenário 4. É possível concluir que este é o cenário onde existe uma evolução menos pronunciada, devendo-se sobretudo ao facto de ser aquela onde os combustíveis fósseis continuarão a ter o maior

peso. Ainda assim reflete uma diminuição na ordem de 44% e 39% respetivamente para os indicadores de eficiência energética e de emissão de GEE.

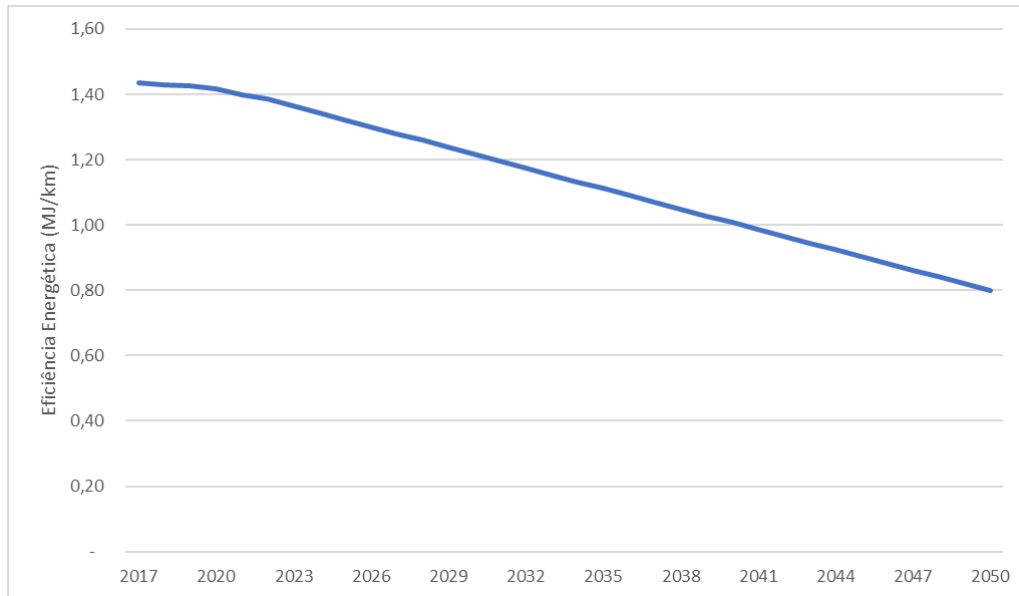


Figura 5.10. Cenário 4: Projeção do indicador de Eficiência Energética do setor dos transportes da AML, até 2050.

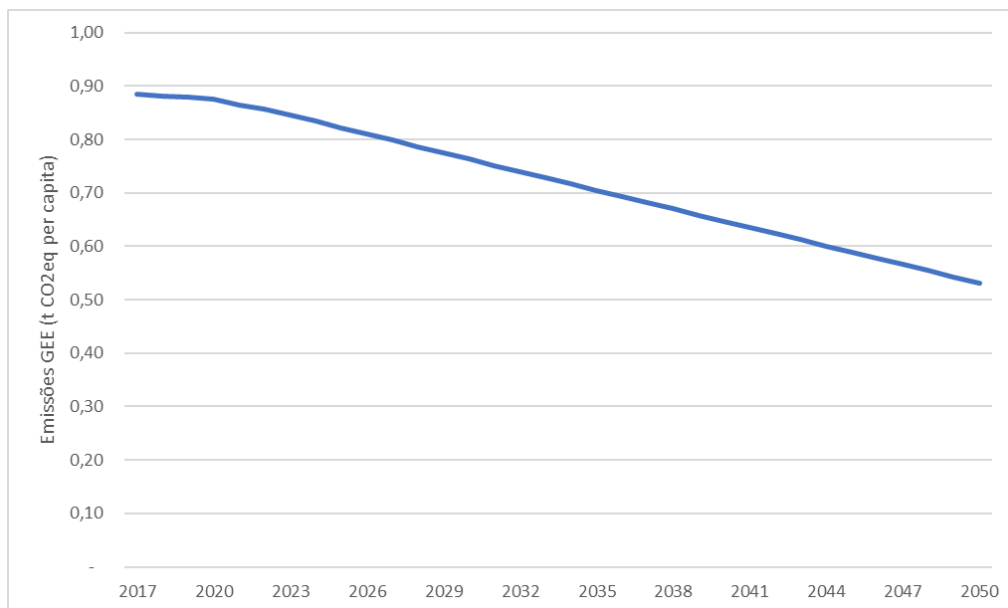


Figura 5.11. Cenário 4: Projeção do indicador de Emissão de GEE por parte dos transportes na AML até 2050.

5.6 Análise global

Tendo em conta as incertezas relativas a análises de longo prazo, pretendeu-se representar diversas realidades com a elaboração dos diferentes cenários, apesar de os mesmos apenas conjugarem as evoluções das frotas de dois modos de transporte. Isto deve-se sobretudo ao facto de ser difícil fazer uma previsão da evolução de certos modos de transporte, desde logo o comboio ou o metropolitano.

Em suma, as figuras 5.12 e 5.13 mostram a evolução dos indicadores de eficiência energética e de emissões de GEE dos quatro cenários entre 2020 e 2050.

Fazendo uma análise à comparação dos resultados dos diferentes cenários, constata-se que:

- Os indicadores de eficiência energética e de emissão de GEE não diferem muito nos diferentes cenários. Isto deve-se, sobretudo, ao facto de apenas ser considerada a evolução nas frotas de veículos ligeiros de passageiros e de autocarros, mantendo os valores dos restantes modos de transporte inalterados. Outra razão estará no facto das projeções na frota de veículos ligeiros de passageiros, que é aquela com maior peso no indicador, não se diferenciarem muito nos diferentes cenários.
- É possível constatar que no Cenário 1, considerado o cenário mais “verde”, por conjugar uma evolução completamente elétrica da frota de ligeiros de passageiros e de autocarros, é aquele que apresenta os resultados mais promissores no que toca aos indicadores.
- Por oposição, o Cenário 4 que apenas apresenta uma evolução no parque automóvel, sendo esta de EVs e PHEVs, é aquele que apresenta o menor decréscimo nos indicadores, sobretudo devido ao peso que os combustíveis fósseis apresentam no parque circulante da AML.

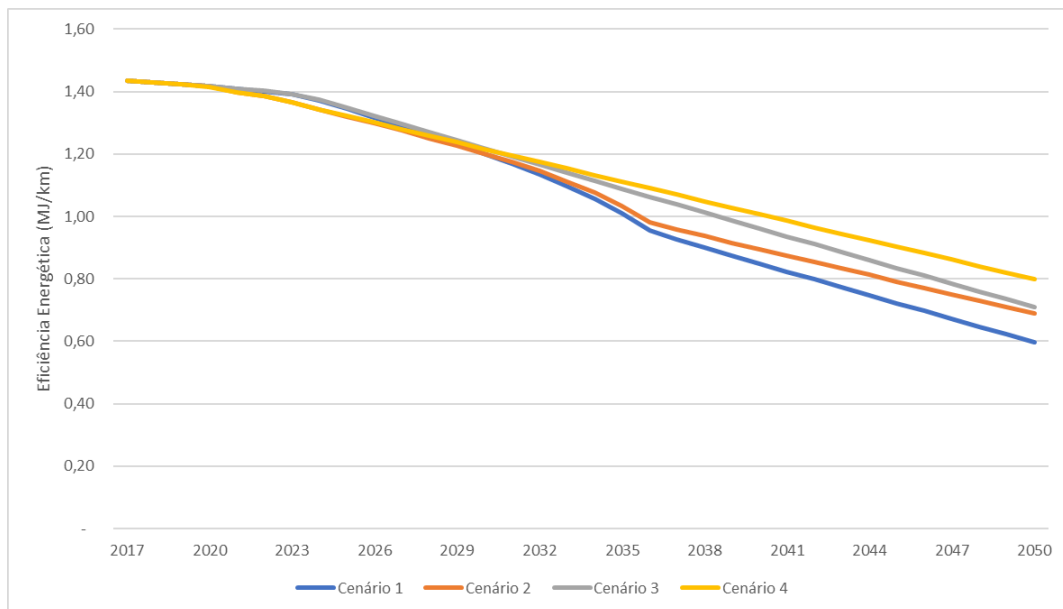


Figura 5.12. Comparação do indicador de Eficiência Energética dos diferentes cenários, até 2050.

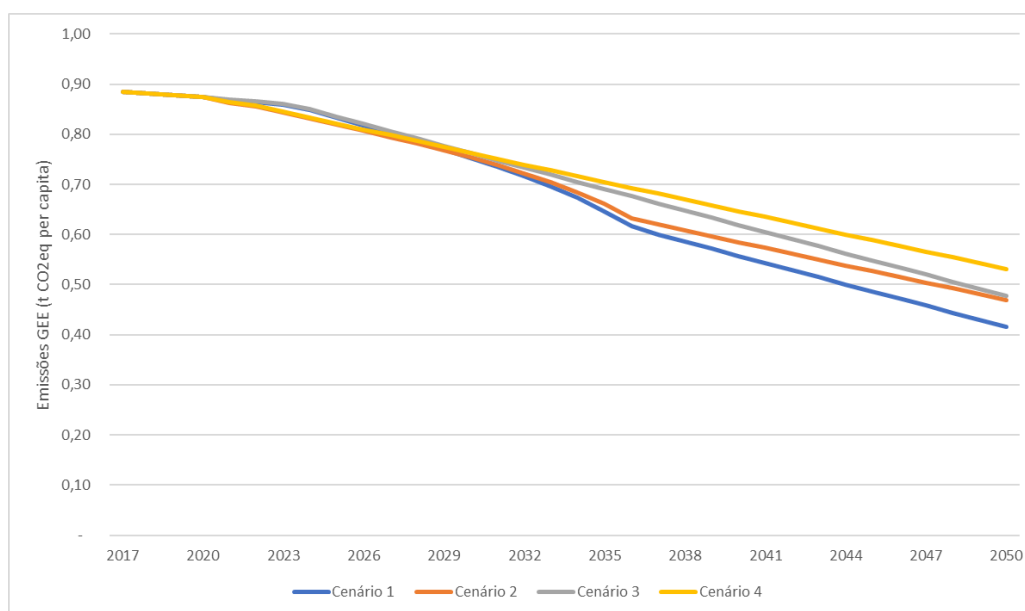


Figura 5.13. Comparação do indicador de Emissão de GEE dos diferentes cenários, até 2050.

Numa análise mais aprofundada em relação ao indicador de emissão de GEE, podemos dividir as emissões de ciclo de vida do combustível em emissões WtT e emissões TtW, como se observa na Figura 5.14, onde se utilizou o cenário com a melhor evolução para realizar a comparação entre 2017 e 2050.

Verifica-se, desde logo, um grande decréscimo nas emissões TtW, por consequência da clara diminuição das tecnologias ICEV nos automóveis, sendo aquelas que representam o maior peso nas “emissões de tubo de escape”.

Por outro lado, conclui-se que apesar da diminuição das emissões totais de GEE, uma maior eletrificação da frota leva a uma subida das emissões WtT. Os EVs, apesar de apresentarem valores de emissões *Battery-to-Wheels* tendencialmente nulos, ainda possuem um grande peso nas emissões WtT devido ao forte peso dos combustíveis fósseis na geração de eletricidade.

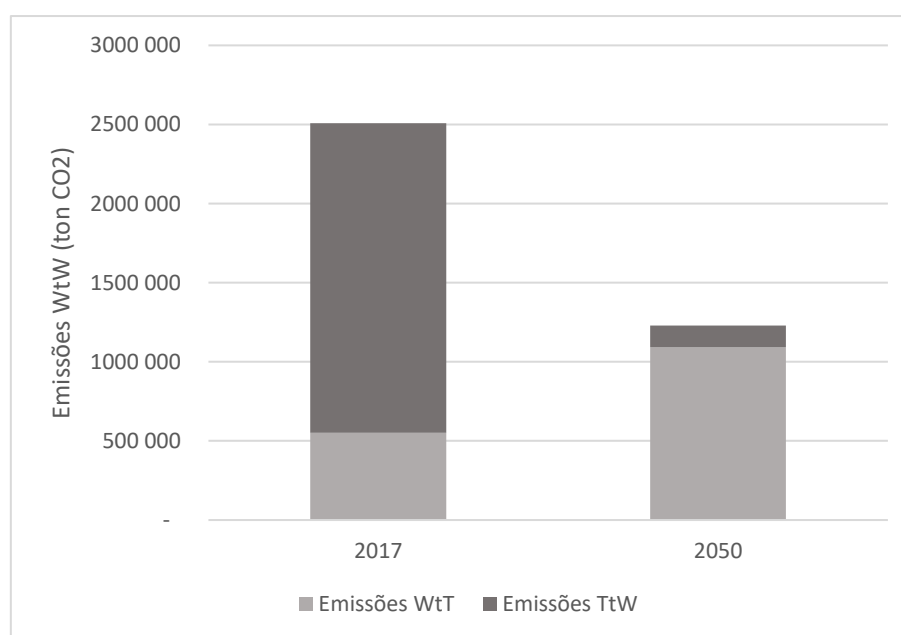


Figura 5.14. Emissões de GEE do Cenário 1, divididas em WtT e TtW, para 2017 e 2050.

6 Conclusões e Sugestões Futuras

Na presente dissertação foram desenvolvidos e testados diferentes cenários de evolução de dois indicadores de mobilidade sustentável na AML, o de eficiência energética e o de emissão de GEE, até 2050. Os mesmos assentam em diferentes projeções da frota de transportes em circulação na AML, particularmente dos automóveis ligeiros de passageiros e dos autocarros. Pretendeu-se uma análise comparativa a um cenário base e entre cenários.

No cenário de referência, para 2017, os valores obtidos para os indicadores de eficiência energética e de emissão de GEE foram de 1,43 e 0,88, respetivamente. Se comparados com os valores apresentados no documento SMP2.0, para os mesmos indicadores, e calculados para a cidade de Bruxelas, vemos que não diferem muito, sendo neste caso de 1,79 e 0,77 para a eficiência energética e para as emissões de GEE, respetivamente. Todavia, neste estudo não foram considerados todos os meios de transporte presentes no parque circulante da AML, desde logo veículos ligeiros de mercadorias, veículos pesados de mercadorias e aviões.

A frota de veículos ligeiros de passageiros sofreu uma evolução em todos os cenários pois entende-se que é aquela com maior peso na mobilidade da AML e conseqüentemente na evolução dos indicadores. Essa projeção teve em conta o atual panorama energético e climático que aponta para uma adoção cada vez mais expressiva de veículos movidos a energias alternativas. Também a projeção do parque de veículos pesados de passageiros teve em consideração a meta apontada pela Carris, que prevê uma frota totalmente eletrificada em 2040.

Uma análise comparativa entre cenários permitiu observar que o Cenário 1, que considera uma projeção eletrificada das frotas de veículos ligeiros de passageiros e de autocarros, apresenta a evolução mais promissora dos indicadores, com uma diminuição na ordem dos 58%, na eficiência energética do parque circulante em relação ao cenário de referência, e de cerca de 52%, no indicador de emissões de GEE em relação a 2017. Em oposição, no Cenário 4, onde é desenvolvida uma projeção da frota automóvel considerando a evolução das tecnologias de EVs e PHEVs até 2050 e mantendo os valores para os restantes modos de transporte constantes, assiste-se a um menor decréscimo na evolução do valor dos indicadores, ainda assim na ordem dos 44% na eficiência energética e 39% nas emissões de GEE. Isto deve-se sobretudo ao facto deste cenário não contemplar uma projeção do parque de autocarros elétricos e também pela influência da percentagem de combustíveis fósseis presentes nos PHEVs. Salienta-se que não existe uma clara diferença nas evoluções dos indicadores pois, excluindo o parque de automóveis ligeiros de passageiros e de autocarros, não foram consideradas alterações na frota ou mobilidade nos restantes modos de transporte.

Os resultados apresentados neste estudo são consequência de projeções a longo prazo, contando com fatores imprevisíveis. No entanto, as vendas globais de EVs têm superado as previsões, pelo que se acredita que os cenários de difusão em larga escala de tecnologias alternativas como EVs e PHEVs são realizáveis.

O setor dos transportes encontra-se em transição, estando a mobilidade elétrica a ganhar relevo. Este é um setor estratégico do desenvolvimento económico e social europeu, embora apresente ainda uma elevada fatura energética, tanto em termos de consumos de energia provenientes de fontes não renováveis como em termos de gases poluentes para a atmosfera. É, por isso, um setor considerado impulsionador do combate às alterações climáticas.

Esta dissertação demonstra que a transição para uma mobilidade mais verde através da adoção de tecnologias alternativas aos veículos de combustão interna, é essencial para um caminho para a sustentabilidade. Contudo, é também necessária uma mudança de comportamento da população no que à mobilidade urbana diz respeito, devendo existir uma maior promoção do transporte público coletivo, de sistemas de mobilidade partilhada e dos modos suaves.

Existem diversas metodologias de cálculo de indicadores o que dificulta por vezes a comparação entre estudos e países, sendo que também muitos dos resultados dos estudos não se encontram disponíveis. Seria importante harmonizar este tipo de indicadores para se conseguir chegar a uma ferramenta global que permitisse comparar a evolução dos índices de mobilidade sustentável de várias regiões do mundo.

No que toca a sugestões futuras, seria interessante estender o estudo a mais indicadores, como por exemplo o indicador de poluição atmosférica, o indicador de despesa gasta em transporte, o indicador de acessibilidade a transportes públicos e, acima de tudo, destacar a cidade de Lisboa, para comparação com outras cidades europeias, americanas e asiáticas.

Outra sugestão seria o acrescento de cenários em que a população decresce e onde exista uma alteração na mobilidade urbana através da preferência pelos modos ativos partilhados e pelo transporte público em detrimento do transporte individual (passagem de pkm de carro para autocarro e bicicleta).

7 Referências

1. BCSD Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) - BCSD Portugal Available online: <https://www.ods.pt/> (accessed on 17 April 2022).
2. Instituto Nacional de Estatística *Estatísticas Dos Transportes e Comunicações : 2017*; Lisboa, 2018;
3. Comissão Europeia LIVRO VERDE: Por Uma Nova Cultura de Mobilidade Urbana. **2007**.
4. DGEG Plano Nacional Energia e Clima 2021-2030 (PNEC 2030). *Relatório Técnico* **2019**, 200.
5. World Business Council for Sustainable Development Methodology and Indicator Calculation Method for World Business Council for Sustainable Development. **2015**.
6. Instituto Nacional de Estatística Mobilidade e Funcionalidade Do Território Nas Áreas Metropolitanas Do Porto e de Lisboa : 2017. **2018**, 205.
7. IMTT Glossário Do Pacote Da Mobilidade. *Pacote da Mobilidade - Territ. Acessibilidade e Gestão Mobilidade* **2011**, 20.
8. Magagnin, R.C.; Silva, A.N.R. da A Percepção Do Especialista Sobre o Tema Mobilidade Urbana. *Transportes* **2008**, *16*, doi:10.14295/transportes.v16i1.13.
9. Marques da Costa, N. Mobilidade e Transporte Em Areas Urbanas, O Caso Da Area Metropolitana de Lisboa. *Dep. Geogr. Fac. Let. Lisboa* **2007**, *PhD*, 585.
10. Commission on Environment, W. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future Towards Sustainable Development 2. Part II. Common Challenges Population and Human Resources 4.
11. Steg, L.; Gifford, R. Sustainable Transportation and Quality of Life. *J. Transp. Geogr.* **2005**, *13*, 59–69, doi:10.1016/j.jtrangeo.2004.11.003.
12. Banister, D.; Pucher, J.; Lee-gosselin, M. Making Sustainable Transport Politically and Publicly Acceptable : Lessons From the EU, USA and Canada. *Regulation* **2007**, 1–28.
13. Automóvel Club de Portugal (ACP) Primeira Fase Do Estudo Mobilidade Inteligente: Uma Nova Abordagem No Planeamento e Gestão Da Mobilidade Urbana – o Caso Das Ciclovias Available online: <https://estudos.acp.pt/2021/ciclovias/> (accessed on 29 March 2022).
14. Benevolo, C.; Dameri, R.P.; D’Auria, B. Smart Mobility in Smart City Action Taxonomy, ICT Intensity and Public Benefits. *Lect. Notes Inf. Syst. Organ.* **2016**, *11*, 13–28, doi:10.1007/978-3-319-23784-8_2.
15. Gustavson, K.R.; Lonergan, S.C.; Ruitenbeek, H.J. Selection and Modeling of Sustainable Development Indicators: A Case Study of the Fraser River Basin, British Columbia. *Ecol. Econ.* **1999**, *28*, 117–132, doi:10.1016/S0921-8009(98)00032-9.
16. Parris, T.M.; Kates, R.W. Characterizing and Measuring Sustainable Development. *Annu. Rev. Environ. Resour.* **2003**, *28*, 559–586, doi:10.1146/annurev.energy.28.050302.105551.
17. WBCSD Mobility 2030: Meeting the Challenges to Sustainability The Sustainable Mobility Project. **2004**.
18. Litman, T. Developing Indicators for Comprehensive and Sustainable Transport Planning. *Transp. Res. Rec.* **2007**, 10–15, doi:10.3141/2017-02.
19. François-Joseph Van Audenhove; Guillaume Rominger; Alexei Korn; Aurelia Bettati; Nicolas Steylemans; Michael Zintel; Andrew Smith; Sylvain Haon The Future of Mobility 3.0: Reinventing Mobility in the Era of Disruption and Creativity. **2018**.
20. Dobranskyte-Niskota, A.; Perujo, A.; Jesinghaus, J.; Jensen, P. Indicators to Assess Sustainability of Transport Activities Part 2: Measurement and Evaluation of Transport Sustainability Performance in the EU27 Economic Dimension Social Dimension Environmental Dimension Institutional Dimension Technical/ Operational D. **2009**, doi:10.2788/46618.
21. European Commission Sustainable Urban Mobility Indicators (SUMI) Available online: https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/clean-transport-urban-transport/sumi_en (accessed on 6 September 2022).
22. Observatório Da Energia; DGEG; ADENE Energia Em Números-Edição 2021. **2021**, 59.
23. APA Inventário Nacional de Emissões 2022. **2022**.
24. European Commission 2020 Climate & Energy Package Available online: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2020-climate-energy-package_en (accessed on 6 September 2022).

Referências

25. Rupprecht, S.; Brand, L.; Böhler-Baedeker, S.; Brunner, L.M. GUIDELINES FOR DEVELOPING AND IMPLEMENTING A SUSTAINABLE URBAN MOBILITY PLAN SECOND EDITION.
26. European Union Paris Agreement Available online: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/international-action-climate-change/climate-negotiations/paris-agreement_en (accessed on 7 September 2022).
27. European Commission A European Green Deal | European Commission Available online: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en (accessed on 7 September 2022).
28. João Bernardo, D.G. de E. e G. Apresentação Plano Nacional Integrado Energia-Clima: Linhas de Atuação Para o Horizonte 2021-2030 Available online: <https://www.portugal.gov.pt/download-ficheiros/ficheiro.aspx?v=%3D%3DBAAAAB%2BLCAAAAAAABAAzN7A0AgCuJoCuBAAAA%3D%3D> (accessed on 23 May 2022).
29. RNC 2050 *Roteiro Para a Neutralidade Carbónica. Estratégia de Longo Prazo Para a Neutralidade Carbónica Em 2050. Agência Portuguesa Do Ambiente*; 2019; Vol. 2050;.
30. Curran, S.J.; Wagner, R.M.; Graves, R.L.; Keller, M.; Green, J.B. Well-to-Wheel Analysis of Direct and Indirect Use of Natural Gas in Passenger Vehicles. *Energy* **2014**, *75*, 194–203, doi:10.1016/J.ENERGY.2014.07.035.
31. Nijland, H.; Van Meerkerk, J.; Hoen, A. IMPACT OF CAR SHARING ON MOBILITY AND CO 2 EMISSIONS PBL Note. **2015**.
32. Instituto Nacional de Estatística Estatísticas Dos Transportes e Comunicações : 2019. **2020**.
33. Eurostat Statistics - Passenger Cars per 1 000 Inhabitants Available online: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/road_eqs_carhab/default/table?lang=en (accessed on 19 September 2022).
34. Nascimento, M. Vendas de Veículos Ligeiros de Passageiros Em 2020, Por Tipo de Energia Available online: <https://www.uve.pt/page/vendas-de-veiculos-ligeiros-de-passageiros-em-2020-por-tipo-de-energia/> (accessed on 8 May 2022).
35. Huss, A.; Weingerl, P.; Mass, H.; Herudek, C.; Wind, J.; Hollweck, B.; De Prada, L.; Deix, S.; Lahaussais, D.; Faucon, R.; et al. JEC Tank-to-Wheel Report v5: Passenger Cars. **2020**, doi:10.2760/557004.
36. Prussi, M.; Yugo, M.; De Prada, L.; Padella, M.; Edwards JEC Well-To-Wheels Report V5. **2020**, doi:10.2760/100379.
37. Carris Relatório de Sustentabilidade Available online: <https://www.carris.pt/media/yfrnxlh0/relatorio-sustentabilidade-2017.pdf> (accessed on 12 March 2022).
38. Ministério da Economia e da Inovação - Direcção-Geral de Energia e Geologia Sistema de Gestão Dos Consumos Intensivos de Energia. Factores de Conversão Available online: <https://dre.pt/dre/detalhe/despacho/17313-2008-3397117> (accessed on 15 September 2022).
39. CP -Comboios de Portugal Relatório de Sustentabilidade Available online: https://www.cp.pt/StaticFiles/Institucional/2_gestao_sustentavel/1_RelatoriosSustentabilidade/relatorio-de-sustentabilidade-2017.pdf (accessed on 9 September 2022).
40. Metropolitano de Lisboa Relatório de Sustentabilidade Available online: https://www.metrolisboa.pt/institucional/wp-content/uploads/sites/2/2018/03/MetropolitanodeLisboa_RelatoriodeSustentabilidade2016.pdf (accessed on 9 September 2022).
41. IEA Unit Converter – Data Tools Available online: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/unit-converter> (accessed on 15 September 2022).
42. Grupo Transtejo Relatório de Sustentabilidade Available online: https://ttsl.pt/wp-content/uploads/2018/01/rs_2014_min.pdf (accessed on 9 September 2022).
43. I Made Ariana Specification of Marine Diesel Oil Available online: https://www.researchgate.net/figure/Specification-of-Fuel_tbl2_266250888 (accessed on 15 September 2022).
44. Albatayneh, A.; Assaf, M.N.; Alterman, D.; Jaradat, M. Comparison of the Overall Energy Efficiency for Internal Combustion Engine Vehicles and Electric Vehicles. *24*, 669–680,

Referências

- doi:10.2478/rtuct-2020-0041.
45. INE Estatísticas Do Parque de Veículos Rodoviários Available online: https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0007244&contexto=bd&selTab=tab2 (accessed on 14 September 2022).

Anexos

A. Dados históricos do parque de veículos ligeiros e pesados de passageiros

Período de referência dos dados	Ligeiros de Passageiros								
	Tipo de combustível								
	Total	Gasóleo	Gasolina	GPL	Biodiesel	Elétrico puro	Elétrico híbrido plug-in	Elétrico híbrido não plug-in	Outros
	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º
2020	5565963	3146222	2241224	58717	x	26949	30990	61308	553
2019	5452119	3044926	2264850	57432	x	18139	17526	48787	459
2018	5282970	2952260	2217506	56213	x	9980	9699	36960	352
2017	5059472	2800640	2168924	52315	x	4667	4594	28175	157
2016	4850229	2619720	2156073	49301	x	2383	1787	20830	135
2015	4722963 *	2471985 *	2184146 *	48062 *	x	1398 *	672 *	16527 *	173 *
2014	4699645	2366121	2272319	46955	x	672	204	13233	141
2013	4334364 *	2125856 *	2156435 *	40630 *	x	456 *	97 *	10772 *	118 *
2012	4258746	2050615	2160440	37190	x	285 *	53	10043	120 *
2011	4712354	2168710	2496585	37381	x	224	2533	6797	124
2010	4692000	2076511	2568873	38117	x	36	2551	5788	124

Sinais convencionais:

x: Dado não disponível

*: Dado rectificado

Anexo A.1. Dados históricos do parque de veículos ligeiros de passageiros, entre 2010 e 2020, retirados do INE [45]

Período de referência dos dados	Pesados de Passageiros								
	Tipo de combustível								
	Total	Gasóleo	Gasolina	GPL	Biodiesel	Elétrico puro	Elétrico híbrido	Elétrico híbrido não plug-in	Outros
	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º	N.º
2020	15197	14415	6	4	x	96	-	18	658
2019	17819	17115	9	5	x	76	-	18	596
2018	15493	14968	8	5	x	38	-	8	466
2017	15235	14866 *	8	5	x	11	-	8	337
2016	14850	14490	9	5	x	12	-	5	329
2015	14717 *	14341 *	8 *	4 *	x	11 *	-	3 *	350 *
2014	14941	14566	7	4	x	12	-	3	349
2013	12119 *	11767 *	7 *	2 *	x	8 *	-	-	335 *
2012	12358	12030	5	2	x	10	-	-	311
2011	15181	14822	6	3	x	12	-	-	338
2010	15425	15064	6	3	x	13	-	-	339

Sinais convencionais:

x: Dado não disponível

-: Dado nulo ou não aplicável

**: Dado retificado*

Anexo A.2. Dados históricos do parque de veículos pesados de passageiros, entre 2010 e 2020, retirados do INE [45]

B. Dados históricos de novas matrículas de veículos ligeiros e pesados de passageiros

Quadro nº 28
Matrículas de Veículos Automóveis em Portugal
(Por tipo de energia)

Categoria e tipo de veículo	2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		
	Unid.	%	Unid.	%	Unid.	%	Unid.	%	Unid.	% Total	Unid.	% Total	Unid.	% Total	Unid.	% Total	Unid.	% Total	Unid.	% Total	Unid.	% Total	Unid.	% Total	
Ligeiros Passageiros (**)	Gasolina	72 018	32,2	44 544	29,0	26 235	27,5	27 188	25,7	37 793	26,5	53 202	29,8	67 454	32,5	76 364	34,4	89 811	39,3	110 125	49,2	64 232	44,2	63 012	43,0
	Gasóleo	148 947	66,7	106 832	69,6	67 237	70,5	76 573	72,3	101 944	71,4	120 521	67,5	133 800	64,5	135 235	60,9	121 591	53,3	89 417	40,0	47 741	32,8	32 068	21,9
	Eléctrico	18	0,0	203	0,1	65	0,1	166	0,2	189	0,1	645	0,4	756	0,4	1 640	0,7	4 073	1,8	6 883	3,1	7 830	5,4	13 260	9,0
	Híbridos Eléctricos Convencionais	1 419	0,6	932	0,6	926	1,0	1 052	1,0	1 929	1,4	2 975	1,7	3 204	1,5	4 692	2,1	7 230	3,2	9 424	4,2	11 902	8,2	19 082	13,0
	HEV/Gasolina	1 419	0,6	932	0,6	926	0,6	1 052	0,6	1 143	0,8	1 647	0,9	2 540	1,2	4 296	1,9	6 602	2,9	8 545	3,8	9 509	6,5	14 996	10,2
	HEV/Gasóleo	0	0,0	0	0,0	419	0,4	520	0,5	786	0,6	1 328	0,7	664	0,3	396	0,2	628	0,3	879	0,4	2 393	1,6	4 086	2,8
	Híbridos Eléctricos Plug-In	65	0,0	54	0,0	70	0,1	55	0,1	101	0,1	521	0,3	1 089	0,5	2 442	1,1	3 776	1,7	5 798	2,6	11 867	8,2	15 660	10,7
	PHEV/Gasolina	65	0,0	54	0,0	70	0,1	55	0,1	101	0,1	521	0,3	1 089	0,5	2 442	1,1	3 776	1,7	4 653	2,1	9 960	6,8	13 551	9,2
	PHEV/Gasóleo	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1 145	0,5	1 907	1,3	2 109	1,4
	Híbridos Não Eléctricos	932	0,4	839	0,5	776	0,8	887	0,8	870	0,6	639	0,4	1 027	0,5	1 756	0,8	1 846	0,8	2 111	0,9	1 815	1,2	3 524	2,4
	GNC/Gasolina	0	0,0	0	0,0	0	0,0	20	0,0	2	0,0	6	0,0	7	0,0	7	0,0	23	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0
	GPL/Gasolina	932	0,4	839	0,5	776	0,8	867	0,8	868	0,6	633	0,4	1 020	0,5	1 749	0,8	1 823	0,8	2 111	0,9	1 815	1,2	3 524	2,4
	GNC	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	41	0,0	30	0,0	31	0,0
	223 399		153 404		95 309		105 921		142 826		178 503		207 330		222 129		228 327		223 799		145 417		146 637		

(**) Inclui Ambulâncias
(**) Inclui Tractores de Mercadorias.
Fonte: ACAP

Anexo B.1. Dados históricos de novas matrículas de veículos ligeiros de passageiros, entre 2010 e 2021 (ACAP)

Quadro nº 28 (Continuação)
Matrículas de Veículos Automóveis em Portugal
(Por tipo de energia)

Categoria e tipo de veículo	2010		2011		2012		2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		
	Unid.	%	Unid.	%	Unid.	%	Unid.	%	Unid.	% Total	Unid.	% Total	Unid.	% Total	Unid.	% Total	Unid.	% Total	Unid.	% Total	Unid.	% Total	Unid.	% Total	
Pesados Passageiros	Gasóleo	491	100,0	330	100,0	223	100,0	174	100,0	239	100,0	254	100,0	354	100,0	361	100,0	371	72,7	368	61,2	300	72,8	429	73,2
	Eléctrico	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	10	2,0	17	2,8	10	2,4	3	0,5
	Híbridos Eléctricos Convencionais	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	10	1,7	0	0,0	0	0,0
	HEV/Gasóleo	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	10	1,7	0	0,0	0	0,0
	GNC	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	129	25,3	206	34,3	102	24,8	154	26,3
		491		330		223		174		239		254		354		361		510		601		412		586	

(**) Inclui Ambulâncias
(**) Inclui Tractores de Mercadorias.
Fonte: ACAP

Anexo B.2. Dados históricos de novas matrículas de veículos ligeiros de passageiros, entre 2010 e 2021 (ACAP)

C. Relatórios de Sustentabilidade das Empresas de Transporte da AML

	2016	2017
Consumo de energia dentro da organização		
Instalações		
Energia elétrica	4.019.971 kWh / 1.166 tep	4.137.395 kWh / 1.200 tep
Gás natural	39.003 Nm ³ 32 tep	50.143 Nm ³ 41 tep
Total ⁽¹⁾	1.198 tep	1.241 tep
Atividade de Transporte		
Gasóleo - Autocarros ⁽²⁾	15.038.061 L / 13.122 tep	15.499.194 L / 13.524 tep
Gás natural - Autocarros ⁽²⁾	1.551.090 Nm ³ / 1.272 tep	1.519.691 Nm ³ / 1.246 tep
Energia elétrica - Tração/modo elétrico ⁽³⁾	3.671.501 kWh / 1.065 tep	3.813.839 kWh / 1.106 tep
Total ⁽²⁺³⁾	15.458 tep	15.876 tep
Global CARRIS ⁽¹⁺²⁺³⁾	16.656 tep	17.117 tep
Intensidade energética		
Instalações		
	2,72 gep/PK	2,82 gep/PK
Atividade de Transporte		
Autocarros	35,02 gep/PK	36,08 gep/PK
Modo elétrico	36,23 gep/PK	35,91 gep/PK
Total	35,10 gep/PK	36,07 gep/PK
Global CARRIS	37,82 gep/PK	38,89 gep/PK
Redução do consumo de energia		
Instalações		
Energia elétrica	-163.558 kWh [-3,9%]	+117.424 kWh [+2,9%]
Gás natural	-9.202 Nm ³ [-19,1%]	+11.140 Nm ³ [+28,6%]
Atividade de Transporte		
Gasóleo - Autocarros	+52.085 L [+0,3%]	+461.133 L [+3,1%]
Gás natural - Autocarros	-622.767 Nm ³ [+28,6%]	-31.399 Nm ³ [-2,0%]
Energia elétrica - Tração/modo elétrico	-220.851 kWh [-5,7%]	+142.338 kWh [+3,9%]

Anexo C.1. Valor da intensidade energética da frota de autocarros da Carris para 2017 [37]

Anexos

3. Indicadores de desempenho ambiental

Código GRI	Descrição	Resultados / Observações	2014	2015	2016
Indicadores de desempenho ambiental					
G4-EN1	Materials utilizados, por peso ou por volume	Lâmpadas (n.º)	16 143	9 941	8 973
		Papel (kg)	25 992	7 185	12 476
		Toners (n.º)	486	91	152
		Betão (m³)	56	3 179	69
		Aço (t)	0,6	54 148	5,6
		Cabo (m)	1 942	2 661	3 313
		Abraçadeiras (n.º)	29 714	31 210	27 628
G4-EN3	Consumo direto e indireto de energia, discriminado por fonte de energia primária	Gasolina (L)	27 497	17 742	17 873
		Gasóleo (L)	78 062	25 474	46 964
		Gás natural (m³)	225 643	71 213	183 189
		Eletricidade (MWh)	86 325	85 095	91 589
		Total (MWh)	90 003	87 913	94 214
G4-EN5	Intensidade energética	Eficiência energética (Pass.km/kWh)	7,54	8,06	8,03
G4-EN6	Total de poupança de energia devido a melhorias na conservação e na eficiência	Energia poupada (MWh)	0	0	0
G4-EN8	Consumo total de água, por fonte	Consumo de água (m³)	97 382	87 820	83 232
G4-EN15	Emissões diretas de gases com efeito de estufa	Emissões diretas GEE (t CO ₂ e)	778	601	576
G4-EN16	Emissões indiretas de gases com efeito de estufa provenientes da aquisição de energia	Emissões indiretas GEE (t CO ₂ e)	30 386	37 357	28 375
G4-EN17	Outras emissões indiretas relevantes de gases com efeito de estufa	Outras emissões indiretas GEE (t CO ₂ e)	9,5	2,1	5,2
G4-EN18	Intensidade de emissões de gases com efeito de estufa	Intensidade de GEE (g CO ₂ e/Pass.km)	46,7	54,5	38,6
G4-EN19	Redução de emissões de gases com efeito de estufa	Total de emissões evitadas (t CO ₂ e)	0	0	0
G4-EN21	Emissões de NOx, SOx e outras emissões atmosféricas	Emissões SO ₂ (t)	0	NC	NC
		Emissões NO _x (t)	0	NC	NC
G4-EN22	Descarga total de água, por qualidade e destino	Total de água residual, com potencial caráter industrial, descarregada pelo ML (m³)	75 673	68 499	64 598

Anexo C.2. Valor da eficiência energética da frota do Metropolitano de Lisboa para 2016 [40]

Indicadores de eficiência energética da frota de navios – 2014 vs 2013

Consumo Específico da Frota de Navios	Transtejo			Soflusa			Grupo		
	2014	2013	Δ 2014/13	2014	2013	Δ 2014/13	2014	2013	Δ 2014/13
Consumo médio por passageiro (l/p)	0,377	0,350	7,71	0,620	0,635	-2,36	0,481	0,470	2,34
Consumo por lugar quilómetro (l/lkm)	0,024	0,022	9,09	0,024	0,024	0,00	0,024	0,023	4,35
Consumo passageiro quilómetro (l/pkm)	0,088	0,081	8,64	0,062	0,063	-1,59	0,071	0,070	1,43
Consumo de combustível por viagem (l/vg)	53,846	51,026	5,53	142,401	146,353	-2,70	82,177	81,283	1,10

Anexo C.3. Valor do consumo médio por passageiro quilómetro da frota de barcos do Grupo Transtejo e Soflusa para 2014 [42]

Energia	Unidade	2014	2015	2016	2017	Δ 2017-2016
Total de Energia Consumida	Gj	1 041 014,11	1 094 634,97	1 112 461,53	1 113 750,14	1 288,61
Consumo de Energia / Pk	Gj	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,00

Anexo C.4. Valor do consumo de energia da frota de comboios da CP para 2017 [39]