

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



# **Impacto na economia portuguesa e no emprego de políticas de mobilidade sustentável**

Fábio André Mota Pinheiro

**Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente**

Dissertação orientada por:

Professor Doutor Pedro Rudolfo Martins Nunes (FCUL/IDL)

Professora Doutora Carla Alexandra Monteiro da Silva (FCUL)

2017



## Agradecimentos

A realização deste trabalho é o culminar de uma etapa importante da minha vida, pelo que venho deixar o meu sincero agradecimento a todos os que me ajudaram a concretiza-la.

Em primeiro lugar, agradeço aos meus orientadores, Professor Doutor Pedro Nunes e Professora Doutora Carla Silva, pela disponibilidade, conhecimento partilhado e, principalmente, por toda a paciência demonstrada ao longo do trabalho.

De seguida, agradeço a todas as pessoas que contribuíram indiretamente para a realização desta dissertação, sem as quais não teria sido possível atingir este fim.

Aos meus amigos e colegas que me apoiaram neste percurso, em particular ao Adriano Monteiro, Adyler Frota, Bruno Veiga, Bruno Rita, Diogo Araújo, João Cordeiro e Sérgio Duarte.

À Raquel, a minha namorada, por toda a ajuda, carinho, apoio, energia e por tudo o que representa para mim. Um muito obrigado, sem ti não seria possível.

Por último, mas não menos importante, quero agradecer a toda a minha família, em especial à minha mãe e irmãos, que sempre me apoiaram de forma incondicional durante toda esta etapa.

## Resumo

O desenvolvimento sustentável da sociedade, respeitando o funcionamento dos ecossistemas naturais e a necessidade de crescimento económico, exige que a deslocação de passageiros e mercadorias seja efetuada de uma forma ambientalmente limpa e eficiente; desta forma, é possível reduzir quer a importação nacional de combustíveis fósseis, melhorando a balança comercial, quer a poluição e emissões de gases de efeito de estufa (GEE), ajudando no cumprimento das metas na área energia-clima e, simultaneamente, potenciar o crescimento económico e gerar emprego.

O objetivo deste trabalho é estimar e quantificar os impactos em Portugal da promoção de políticas de mobilidade sustentável, nos setores económico, laboral e ambiental, e estabelecer uma relação entre a variação do produto interno bruto, a criação de emprego e a redução de emissões de GEE. Para isso, foi utilizado o modelo de simulação ASTRA-EC, desenvolvido pelos institutos Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research e TRT Trasporti e Territorio, que permite a modelação de políticas no setor dos transportes.

Foram selecionadas sete políticas, três de carácter económico e quatro ambientais, que compõem vários cenários com o horizonte temporal de 2050; as mesmas são aplicadas com diversas intensidades, de modo a permitir a análise dos efeitos. Essas políticas correspondem: à introdução de taxas adicionais na circulação rodoviária; ao aumento do imposto de circulação para automóveis com elevadas emissões de CO<sub>2</sub>; à difusão mais forte no mercado de veículos eficientes, incluindo veículos elétricos, híbridos e a hidrogénio; a uma distribuição mais eficiente de mercadorias em centros urbanos; e à melhoria do serviço de transporte coletivo de passageiros.

Os resultados obtidos permitem concluir que os cenários mais favoráveis possibilitam até 2050 aumentar o PIB nacional em cerca de 2,8 mil milhões de euros e criar cerca de 10 mil empregos líquidos. Do ponto de vista ambiental, permitem a redução do consumo de energia final e de emissões de CO<sub>2</sub> no setor dos transportes em pelo menos 25%.

**Palavras-Chave:** Transportes, Mobilidade Sustentável, Ambiente, Economia, ASTRA-EC.

## Abstract

The sustainable development of the society, preserving the functioning of natural ecosystems and the need for economic growth, requires that the movement of passengers and goods is carried out in an environmentally clean and efficient manner; in this way, it is possible to reduce both the national import of fossil fuels, improving the trade balance, pollution and emissions of greenhouse gases (GHG), helping to achieve the goals in the energy-climate area and, at the same time, boost economic growth of the Gross Domestic Product (GDP) and generate employment.

The objective of this study is to estimate and quantify the impacts in Portugal of the promotion of sustainable mobility policies in the economic, labour and environmental sectors, and to establish a relationship between gross domestic product variation, job creation and GHG emission reduction. For this, the ASTRA-EC simulation model was used, developed by the institutes Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research and TRT Trasporti and Territorio, which allows the modelling of policies in the transport sector.

A range of public policies were analysed, some more environmental whilst others more economic, composing several scenarios with 2050 as time horizon; these policies are applied with different degrees of intensity, so that the impacts can be analysed. The policies correspond to: charging more road traffic; a higher circulation tax for cars with high CO<sub>2</sub> emissions; a stronger market diffusion of efficient vehicles, including electric, hybrid and hydrogen vehicles; more efficient distribution of goods in urban centers; improvement of the public passenger transport service.

The results show that the most favourable scenarios allow by 2050 to increase national GDP by around 2,8 billion euros and to create around 10 thousand net jobs. From the environmental point of view, they allow the reduction of final energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions in the transport sector by at least 25%.

**Keywords:** Transport, Sustainable Mobility, Environment, Economy, ASTRA-EC.

## Índice

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	iv
Abstract .....	v
Índice de Figuras .....	viii
Índice de Tabelas.....	ix
Simbologia e Notações.....	x
1. Introdução.....	1
1.1. Consumo de energia e emissões de CO <sub>2</sub> .....	2
1.2. Setor dos transportes .....	4
1.3. Impactos socioeconómicos.....	5
1.4. Objetivos e estrutura da tese.....	6
2. Estado da Arte .....	7
2.1. Caso de estudo: Alemanha .....	7
2.2. Caso de estudo: Espanha .....	8
2.3. Casos de estudo: União Europeia.....	9
3. Metodologia.....	11
3.1. Modelo ASTRA-EC .....	11
3.1.1. Módulos.....	12
3.1.2. Simulação de políticas.....	16
3.1.3. Resultados .....	21
3.1.4. Calibração.....	22
3.1.5. Limitações .....	28
3.2. Cenários.....	28
3.3. Políticas económicas .....	29
3.4. Políticas ambientais .....	30
3.5. Referências para os cenários .....	31
4. Resultados .....	35
4.1. Cenário de referência.....	35
4.2. Cenários alternativos .....	38
4.2.1. Transportes .....	38
4.2.2. Ambiente .....	40
4.2.3. Economia.....	42
5. Conclusões .....	47
5.1. Trabalho futuro.....	48
Referências Bibliográficas .....	49

6.	Anexos.....	53
	Anexo I - Calibração do modelo .....	53
	Anexo II - Dados de apoio às referências.....	58
	Anexo III - Resultados .....	61

## Índice de Figuras

Figura 1.1 - Variação da temperatura média do ar por décadas em Portugal Continental (1931-2010). Fonte: [1].....	1
Figura 1.2 - Variação da precipitação por décadas em Portugal Continental (1931-2010). Fonte: [1]...	2
Figura 1.3 - Emissões de CO <sub>2</sub> por setor. Fonte: [8].....	3
Figura 1.4 - Transporte de passageiros por modos. O volume total de transporte é proporcional à dimensão dos gráficos. Fonte: [9] .....	4
Figura 3.1 - Interface do modelo ASTRA-EC. Fonte: [18].....	12
Figura 3.2 - Interligações dinâmicas entre os módulos do modelo ASTRA-EC. Fonte: [17] .....	13
Figura 3.3 - Interface da secção Simulation do modelo ASTRA-EC. Fonte: [18].....	16
Figura 3.4 - Interface da secção Output do modelo ASTRA-EC. Fonte: [18] .....	21
Figura 3.5 - Emissões totais de NOx nos transportes na UE27 (milhões de ton/ano). Fonte: [25] .....	23
Figura 3.6 - Emissões totais de PM2.5 nos transportes na UE27 (milhões de ton/ano). Fonte: [25] ....	23
Figura 3.7 - Consumo de diesel nos transportes na UE27 (milhões de tep/ano). Fonte: [25] .....	24
Figura 3.8 - Consumo de gasolina nos transportes na UE27 (milhões de tep/ano). Fonte: [25] .....	24
Figura 3.9 - PIB da UE27 (mil milhões de euros 2005). Fonte: [25] .....	25
Figura 3.10 - Emprego para UE27, UE15 e UE12 (milhões de pessoas). Fonte: [25] .....	26
Figura 3.11 - Frota automóvel para UE27 (milhões). Fonte: [25].....	26
Figura 3.12 - Frota de autocarros para UE27 (milhões). Fonte: [25] .....	27
Figura 3.13 - Frota de veículos ligeiros de mercadorias para UE27 (milhões). Fonte: [25] .....	27
Figura 3.14 - Frota de veículos pesados de mercadorias para UE27 (milhões). Fonte: [25].....	27
Figura 4.1 - Volume de viagens por modo no Cenário de Referência (2015-2050). .....	35
Figura 4.2 - Consumo de energia final no Cenário de Referência (2015-2050).....	36
Figura 4.3 - Emissões de CO <sub>2</sub> no Cenário de Referência (2015-2050). .....	36
Figura 4.4 - Externalidades das emissões de CO <sub>2</sub> nos transportes no Cenário de Referência (2015-2050).....	37
Figura 4.5 - Emissões de poluentes (CO, NOx e PM) no Cenário de Referência (2015-2050). .....	37
Figura 4.6 - Receitas fiscais do Cenário de Referência (2015-2050).....	38
Figura 4.7 - Emprego nacional no Cenário de Referência (2015-2050). .....	38
Figura 4.8 - Volume de viagens no transporte de passageiros (2020-2050). .....	39
Figura 4.9 - Variação do transporte de passageiros por modo (2020-2050). .....	39
Figura 4.10 - Evolução do consumo de energia final nos transportes (2020-2050).....	41
Figura 4.11 - Redução das emissões de CO <sub>2</sub> nos transportes (2020-2050). .....	41
Figura 4.12 - Redução das emissões de poluentes (CO, NOx e PM2.5) nos transportes (2020-2050). .....	42
Figura 4.13 - Redução das externalidades das emissões de CO <sub>2</sub> nos transportes (2020-2050).....	43
Figura 4.14 - Receita fiscal dos combustíveis em Portugal (2015-2050).....	43
Figura 4.15 - Receita fiscal da circulação rodoviária (2015-2050). .....	44
Figura 4.16 - PIB em Portugal (2020-2050).....	45
Figura 4.17 - Emprego gerado em Portugal (2020-2050). .....	45
Figura 4.18 - Relação entre a redução de emissões de CO <sub>2</sub> e a variação no PIB e no emprego nos transportes. Cenário E1A4. ....	46
Figura 6.1 - Preço gasolina em função do preço barril de petróleo.....	59
Figura 6.2 - Preço diesel em função do preço barril de petróleo.....	59
Figura 6.3 - Preço GPL em função do preço barril de petróleo.....	60

## Índice de Tabelas

Tabela 1.1 - Emprego e atividade económica no setor dos transportes em Portugal em 2013. Fonte: [9]	5
Tabela 2.1 - Resumo dos casos de estudo.	10
Tabela 3.1 - Regulamentos para as emissões de CO <sub>2</sub> na UE (2015-2030). Fonte: [18]	19
Tabela 3.2 - Constituição dos cenários finais.	29
Tabela 3.3 - Cenários económicos.	30
Tabela 3.4 - Cenários ambientais.	31
Tabela 3.5 - Taxas rodoviárias por cidade (2017). Fonte: [29] [30] [31] [32] [33] [34]	31
Tabela 3.6 - PIB em Portugal (2011-2016). Fonte: [35]	32
Tabela 3.7 - Custo de circulação na rede de autoestradas em Portugal (2017).	32
Tabela 3.8 - Preço dos combustíveis e do barril de petróleo (2004-2016).	33
Tabela 4.1 - Taxa de motorização em Portugal (2020-2050).	40
Tabela 6.1 - Volume total de transporte de passageiros em Continente por país (G p.km/ano). Fonte: [25]	53
Tabela 6.2 - Volume total de viagens de transporte de mercadorias por país (G t.km/ano). Fonte: [25]	54
Tabela 6.3 - Emissões de CO <sub>2</sub> dos transportes por país (milhões de ton/ano). Fonte: [25]	55
Tabela 6.4 - PIB por país (mil milhões de euros). Fonte: [25]	56
Tabela 6.5 - População por país (milhares). Fonte: [25]	57
Tabela 6.6 - Preços do barril de petróleo brent e de combustíveis (2017-2050).	58
Tabela 6.7 - População residente em Portugal Continental (2011-2050).	60
Tabela 6.8 - Volume total de viagens de transporte de passageiros em Portugal (2015-2050).	61
Tabela 6.9 - Volume de viagens de transporte de passageiros por automóvel ligeiro em Portugal (2015-2050).	61
Tabela 6.10 - Volume de viagens de transporte de passageiros por autocarro em Portugal (2015-2050).	61
Tabela 6.11 - Volume de viagens de transporte de passageiros por transporte ferroviário em Portugal (2015-2050).	62
Tabela 6.12 - Consumo de energia final nos transportes em Portugal (2015-2050).	62
Tabela 6.13 - Emissões de CO <sub>2</sub> nos transportes em Portugal (2015-2050).	62
Tabela 6.14 - Emissões de NO <sub>x</sub> nos transportes em Portugal (2015-2050).	63
Tabela 6.15 - Emissões de CO nos transportes em Portugal (2015-2050).	63
Tabela 6.16 - Emissões de PM <sub>2.5</sub> nos transportes em Portugal (2015-2050).	63
Tabela 6.17 - PIB em Portugal (2015-2050).	64
Tabela 6.18 - Emprego total em Portugal (2015-2050).	64
Tabela 6.19 - Externalidades das emissões de CO <sub>2</sub> em Portugal (2015-2050).	64
Tabela 6.20 - Receita fiscal dos combustíveis em Portugal (2015-2050).	65
Tabela 6.21 - Receita fiscal da circulação rodoviária em Portugal (2015-2050).	65

## Simbologia e Notações

CO	Monóxido de carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
DGEG	Direcção-Geral de Energia e Geologia
GEE	Gases de Efeito de Estufa
GNC	Gás Natural Comprimido
GPL	Gás de Petróleo Liquefeito
IUC	Imposto Único de Circulação
J	Joule
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
NO <sub>x</sub>	<i>Nitrogen Oxides</i>
NUTS II	Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos II
OECD	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i>
PIB	Produto Interno Bruto
p.km	passageiro-quilómetro
PM	<i>Particulate Matter</i>
tep	tonelada Equivalente Petróleo
t.km	tonelada-quilómetro
ton	tonelada
UE	União Europeia

## 1. Introdução

O crescimento populacional associado ao desenvolvimento da sociedade potencia a procura de energia nos diversos sectores de atividade económica, tornando fundamental o da energia. Este é altamente dependente dos combustíveis fósseis, cujos gases de efeito de estufa (GEE) resultantes da combustão contribuem fortemente para as alterações climáticas e o aquecimento global. Além das características finitas destes recursos fósseis e dos problemas ambientais que advêm da sua utilização, as economias são vulneráveis às flutuações da cadeia global de fornecimento e dos preços.

De acordo com o IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), a temperatura média na superfície do planeta aumentou entre 0,6 a 0,7 °C nos últimos 100 anos, e a previsão é a de um novo aumento entre 1,4 a 5,8 °C nos próximos 100 anos, dependendo do cenário de emissões de GEE. Em Portugal, desde 1970 verificou-se o aumento de temperatura em todas as regiões a uma taxa de 0,3 °C por década. A Figura 1.1 representa a variação da temperatura média do ar em Portugal Continental no período 1931-2010 [1].

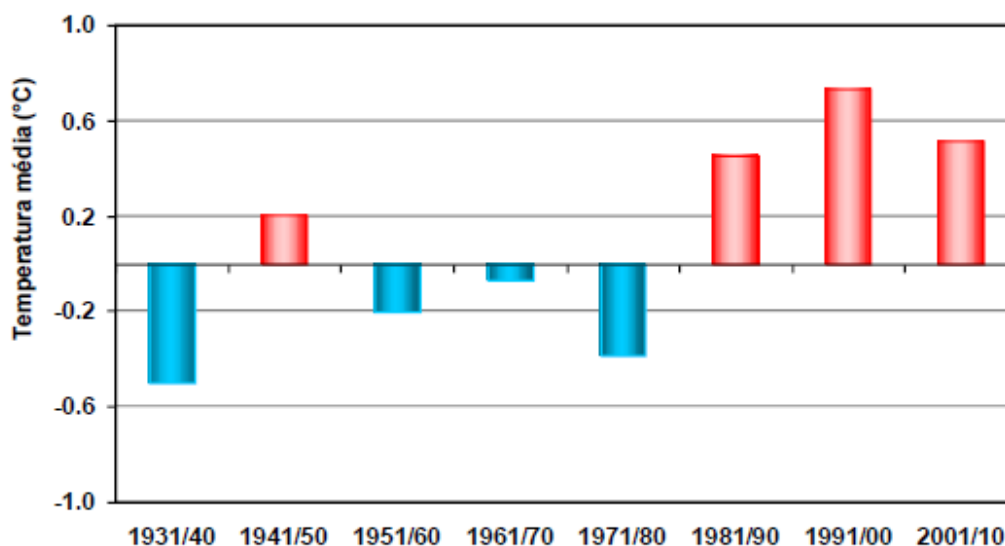


Figura 1.1 - Variação da temperatura média do ar por décadas em Portugal Continental (1931-2010). Fonte: [1]

Apesar da ligeira variação negativa entre 1951 e 1980, entre 1981 e 2010 a variação foi fortemente positiva, que se traduz em aquecimento. Este último período apresenta duas características importantes: 1997 foi o ano mais quente e sete dos dez anos mais quentes ocorreram depois de 1990 (1990, 1995, 1996, 1997, 1998, 2003 e 2006) [1].

Quanto à precipitação anual, registou uma tendência negativa nas últimas quatro décadas, conforme ilustrado na Figura 1.2. Estas mudanças são notórias na primavera, existindo ligeiro aumento nas outras estações, e no aumento da variabilidade interanual de precipitação no inverno ao longo dos últimos 30 anos, o que origina invernos secos e chuvosos. Por exemplo, o inverno de 2000/2001 foi particularmente chuvoso, enquanto o de 2001/2002 foi o quinto mais seco neste período [1].

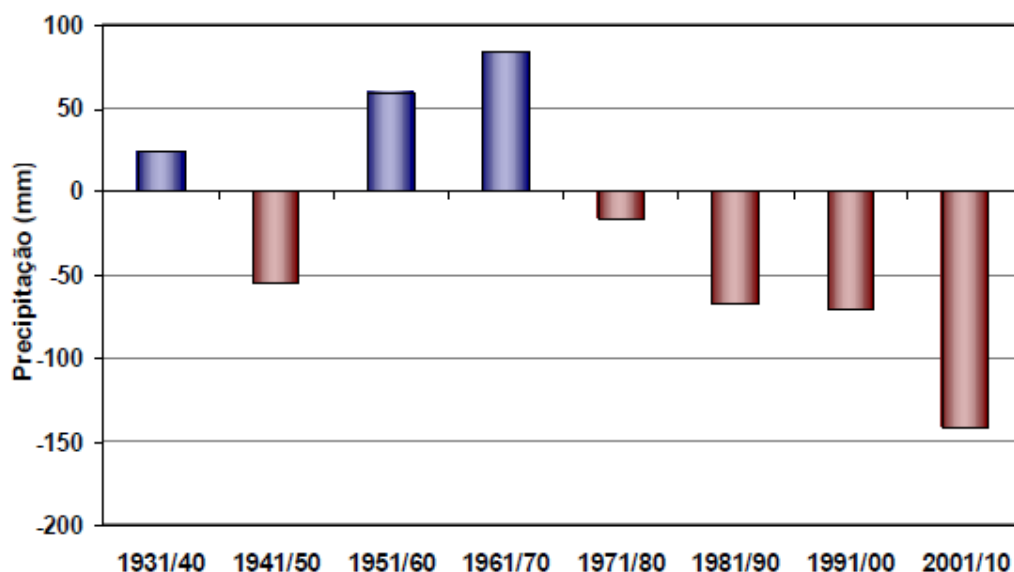


Figura 1.2 - Variação da precipitação por décadas em Portugal Continental (1931-2010). Fonte: [1]

Vários modelos de previsão estimam que a temperatura média do ar irá aumentar em todas as regiões de Portugal até ao fim do século XXI: no Continente, é estimado que a temperatura máxima no verão aumente 3 °C na zona costeira, e 7 °C no interior, acompanhada de um forte aumento da frequência e intensidade de ondas de calor. No que concerne a precipitação, prevê-se um futuro incerto, sendo que a maioria dos modelos projeta uma redução em todas as regiões, existindo períodos de precipitação intensa em curtos espaços de tempo [1].

Para fazer face às alterações climáticas, é necessário a adoção de modelos energéticos na sociedade mais eficientes e limpos que, conseqüentemente, permitam a redução de emissões de GEE e de poluentes atmosféricos. Além das metas europeias 20-20-20, a União Europeia (UE) tem a ambição de uma redução de emissões de GEE em 40% em 2030, 60% em 2040 e 80% em 2050, em relação aos níveis de 1990; acalenta também uma melhoria na eficiência energética em, pelo menos, 27% em 2030, e penetração de energia renovável no consumo de energia de, pelo menos, 27% em 2030 [2] [3].

Além das referidas metas, a UE e Portugal integram um conjunto de mais de 180 países que subscreveram o Acordo de Paris, adotado na 21ª Conferência das Partes (COP 21) em dezembro de 2015. O seu objetivo é fomentar a descarbonização das economias mundiais e estabelecer um limite máximo para o aumento até final do século da temperatura média global de 2 °C, comparando com o período pré-industrial. Este acordo deverá ser duradouro e legalmente vinculativo [4].

## 1.1. Consumo de energia e emissões de CO<sub>2</sub>

O consumo de energia em Portugal assenta em combustíveis fósseis. Em 2014, o petróleo era responsável por 31,1% do consumo de energia primária em Portugal, seguido do gás natural com 21,9% e carvão com 17,7%. Contudo, todos sofreram uma redução na sua utilização desde 2005, onde registavam 33,8%, 25,1% e 18,5%, respetivamente [5]. A forte dependência externa destes recursos

atinge a UE e grande parte dos países desenvolvidos; por exemplo, em 2015, a UE registava uma dependência de 66%, e Itália, Espanha e Portugal 75%, 81% e 78%, respetivamente [6].

No lado do consumo de energia final, este aumentou de 11,9 para 16 Mtep, ou seja, 35%, no período 1990-2015. O ano de maior consumo foi registado em 2005 com 19 Mtep, com os setores dos Transportes (38%) e Indústria (30%) à frente [7].

No passado recente registaram-se alterações nos padrões de consumo de energia final por setor: em 1990, o principal responsável era a Indústria (40%), seguido de Transportes (32%), Residencial (19%), Serviços (5%) e, por último, Agricultura e Pesca (4%); em 2015, o principal responsável passou a ser o setor dos Transportes (41%), seguido de Indústria (28%), Residencial (16%), Serviços (12%) e, em último, Agricultura e Pesca (3%) [7].

Os setores da Indústria e dos Transportes juntos, ao longo dos anos, foram responsáveis por 65% do consumo de energia final. Individualmente, apresentam realidades distintas: entre 1990 e 2015, o primeiro diminuiu o seu consumo em 6% e o segundo aumentou em 75%. A aposta na eficiência energética em processos industriais permitiu a diminuição do consumo de energia. Por outro lado, a mobilidade acrescida de passageiros e mercadorias originou um forte aumento do volume de viagens por via rodoviária, e conseqüente aumento do consumo de energia [7].

Aliado ao consumo de energia estão as emissões de CO<sub>2</sub>. A energia é, destacadamente, o setor que mais contribui para as emissões de CO<sub>2</sub> em Portugal. Aumentou 3% no período 1990-2015 e representou 46% das emissões em 2015, como se observa na Figura 1.3, e abrange atividades relacionadas com a produção, transmissão, armazenamento, distribuição e queima de combustíveis fósseis. Nesta categoria, a indústria de energia foi a fonte mais representativa, com 27% das emissões totais, a qual engloba, por exemplo, produção de energia elétrica e refinação de petróleo [8].

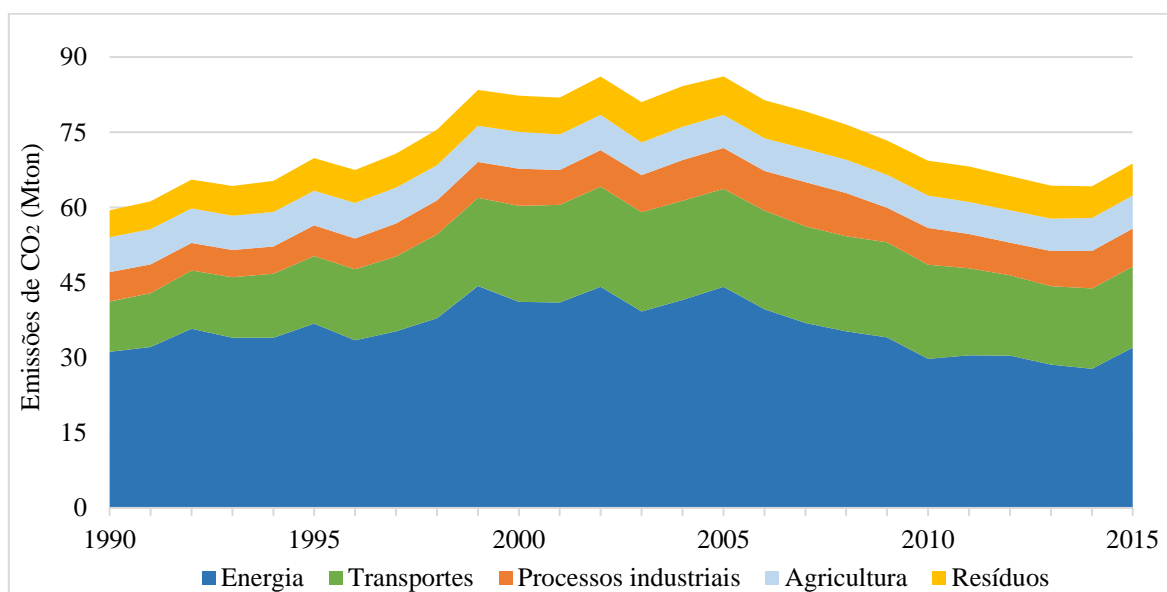


Figura 1.3 - Emissões de CO<sub>2</sub> por setor. Fonte: [8]

Os transportes representaram 24% das emissões totais de CO<sub>2</sub> em 2015, registando um aumento de 61% no período 1990-2015. São amplamente dominados pelo tráfego rodoviário, que regista um aumento de emissões de 65% devido ao crescimento contínuo da frota automóvel (em particular com

motores mais potentes) e de viagens por via rodoviária, refletindo uma maior disponibilidade financeira das famílias e o forte investimento realizado na infraestrutura rodoviária [8].

As restantes emissões são repartidas por três setores: processos industriais, resíduos e agricultura. Entre 1990 e 2015, os processos industriais representaram 11% das emissões no último ano, tendo crescido 30%; os resíduos representaram 9% das emissões em 2015, registando um aumento de 19%; e a agricultura contribuiu com 10% das emissões em 2015, registando uma redução de 5% [8].

## 1.2. Setor dos transportes

Em Portugal Continental o volume de transporte de mercadorias tem vindo a diminuir: entre 2005 e 2014, passou de 25,9 para 19,4 mil milhões de t.km (decréscimo de 25%). Por modo, o transporte rodoviário diminuiu de 92% para 86% do volume total, o transporte por oleodutos e gasodutos manteve-se em 2% e o transporte ferroviário aumentou de 6 para 12% [9]. Com os registos de melhoria significativa da situação económica do país a partir de 2016, a tendência é, contudo, de recuperação do volume de transporte.

O volume de viagens de transporte de passageiros registou um crescimento de 7% entre 2000 e 2014, passando de 87,3 para 93,8 mil milhões de p.km. Por modos, registaram-se ligeiras variações, como se pode observar na Figura 1.4 [9].

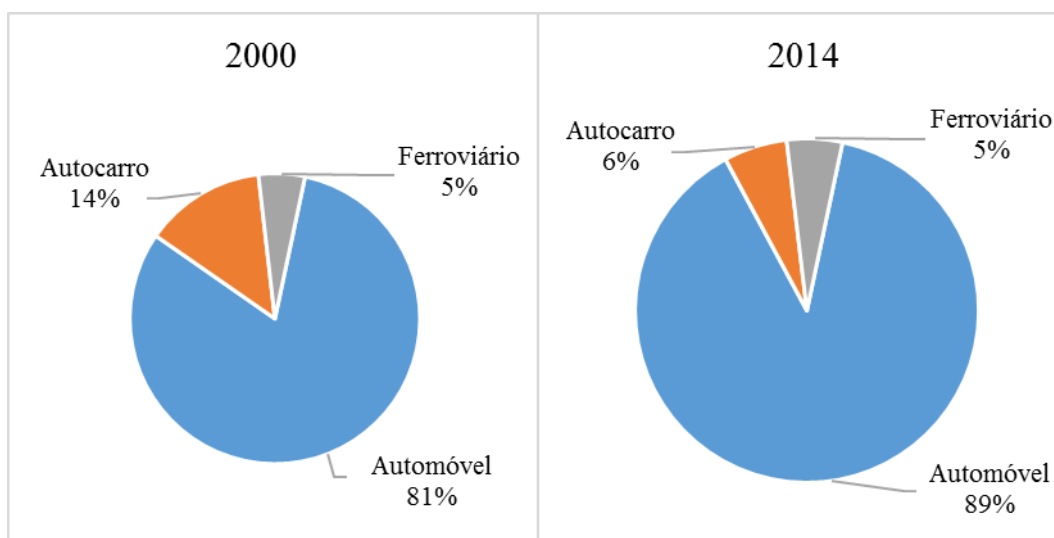


Figura 1.4 - Transporte de passageiros por modos. O volume total de transporte é proporcional à dimensão dos gráficos.  
Fonte: [9]

Em 2000, o modo preferencial era o automóvel privado (registando 81% do volume de viagens), seguido do autocarro (14%) e transporte ferroviário (5%). Em 2014, o automóvel continuava a ser largamente preferido (89%), seguido do autocarro (6%) e, por último, do transporte ferroviário (5%). Desta forma, o maior crescimento de volume de viagens foi registado no automóvel (+17%), e o maior decréscimo no autocarro (-53%) [9].

Diversos indicadores permitem ajudar a compreender estas tendências: aumento da frota de veículos particulares em circulação (caracterizado a seguir), aumento da extensão da rede rodoviária e de autoestradas, diminuição da extensão da linha em exploração pelo transporte ferroviário pesado (comboio), e tendências sociais relacionadas com o poder de compra e qualidade do transporte público.

A frota de veículos motorizados em circulação tem vindo a sofrer alterações ao longo dos anos: entre 2000 e 2014, o número de automóveis privados aumentou 31% (passou de 3,44 para 4,5 milhões); o número de autocarros diminuiu 27% (passou de 19,8 para 14,5 milhares); os pesados de mercadorias diminuíram em 6% (passaram de 1,31 para 1,24 milhões) [9].

A extensão da rede rodoviária, em particular da rede de autoestradas, registou um crescimento no período 2000-2014, de 19%, e 113% nas autoestradas. A primeira aumentou a sua extensão de 12 para 14,3 mil quilómetros, e a segunda de 1,44 para 3,07 mil quilómetros [9].

Por outro lado, a diminuição da utilização de comboio está relacionada com a diminuição da extensão da linha em exploração, que entre 2000 e 2014 registou uma diminuição de aproximadamente 10% (diminuição de 2,81 para 2,54 mil quilómetros). Houve, contudo, um reforço da eletrificação da rede, atingindo os 64% em 2014 [9].

### 1.3. Impactos socioeconómicos

De acordo com dados publicados pela UE sobre o setor dos transportes, Portugal em 2013 empregava 147,8 milhares de trabalhadores neste setor, com um volume económico de cerca 17,7 mil milhões de euros (10,3% do PIB). A Tabela 1.1 discrimina o emprego e peso económico por modo de transporte [9].

Tabela 1.1 - Emprego e atividade económica no setor dos transportes em Portugal em 2013. Fonte: [9]

<b>Modo</b>	<b>Emprego (milhares)</b>	<b>Atividade económica (milhões de euros)</b>
Transporte rodoviário de mercadorias	58,8	4 796
Transporte ferroviário de mercadorias	0,6	119
Transporte rodoviário e ferroviário de passageiros	33,2	1 147
Oleodutos e gasodutos	0,1	151
Transporte marítimo	1,3	412
Transporte aéreo	10,7	3 913
Armazenamento e atividades auxiliares	28,5	6 257
Atividades postais e de correio	14,6	878
<b>Total</b>	<b>147,8</b>	<b>17 673</b>

O transporte rodoviário de mercadorias surge como a principal atividade de emprego no setor dos transportes, com 58,8 mil trabalhadores. É seguido do transporte de passageiros, que abrange rodovia e ferrovia, englobando 33,2 mil postos de trabalho e representando 22,5% do emprego no setor. Em

terceiro lugar surge o armazenamento e atividade auxiliares, i.e., manutenção de infraestruturas de transporte (por exemplo, aeroportos, estradas, portos, túneis, pontes, etc.), atividades de agências de transporte e movimentação de mercadorias, que emprega 28,5 mil trabalhadores. As atividades postais e de correio, que incluem a recolha, transporte e entrega de cartas e encomendas, representam 9,9% do emprego total no setor, com 14,6 mil trabalhadores [9].

O retorno económico é praticamente dominado por três modos, que representam 84,7% do volume total: armazenamento e atividades auxiliares, com 35,4%, transporte rodoviário de mercadorias, com 27,1%, e transporte aéreo, com 22,1% [9].

## 1.4. Objetivos e estrutura da tese

Este trabalho surge dado o forte impacto económico e ambiental do setor dos transportes na sociedade. O seu objetivo é estimar o efeito, em Portugal, de políticas de promoção de mobilidade sustentável nos setores económico, laboral e ambiental. Em particular, pretende-se estabelecer uma relação entre a redução de emissões de GEE, a variação do PIB e o balanço no setor do emprego.

Mais concretamente, pretende-se aferir dentro dos seguintes setores o seguinte:

- Economia: variação do PIB nacional, geração de emprego líquida, externalidades associadas às emissões de CO<sub>2</sub> nos transportes e a receita fiscal do Estado;
- Ambiente: variação do consumo de energia final, emissões de CO<sub>2</sub> e poluentes (CO, NO<sub>x</sub> e PM<sub>2.5</sub>) nos transportes;
- Transportes: variação do volume de viagens e modos utilizados no transporte de passageiros e a taxa de motorização nacional.

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos:

- Introdução: contexto geral do tema que está na base do trabalho e objetivos;
- Estado da arte: resume diversos estudos efetuados no mesmo âmbito para a UE e, individualmente, para alguns Estados-Membros;
- Metodologia utilizada, sendo feita uma apresentação da ferramenta simulacional utilizada, o modelo ASTRA-EC, desenvolvido pelos institutos Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research e TRT Trasporti e Territorio;
- Apresentação e análise dos resultados obtidos;
- Sumário do presente estudo e propostas para trabalhos futuros.

## 2. Estado da Arte

Políticas de incentivo à criação de empregos em áreas sustentáveis têm na sua base ideais como a redução de impactos ambientais negativos, aumento da atividade económica e ambiental de infraestruturas e criação de empresas sustentáveis para fornecer empregos mais justos.

O investimento em setores sustentáveis resulta na criação de diversas categorias de emprego: emprego direto, i.e., gerado na operação e manutenção do setor; emprego indireto, i.e., gerado na cadeia de fornecimento de bens e serviços; emprego induzido, i.e., gerado na economia local por via da atividade comercial na região induzida pelas infraestruturas [10].

Os estudos que se debruçam sobre o potencial de redução de emissões poluentes (CO<sub>2</sub> e poluentes atmosféricos) e benefícios macroeconómicos e geração de emprego advindos da implementação de políticas públicas são importantes na definição dessas políticas. De seguida apresentam-se alguns para a UE e seus Estados-Membros.

No primeiro estudo, feito para a Alemanha, são estimados e quantificados os impactos que advém da implementação de cinco políticas distintas, referentes ao transporte de passageiros e ao transporte de mercadorias. No segundo, para Espanha, foi desenvolvido um cenário futuro alternativo, em que se considera o aumento da utilização dos transportes coletivos em detrimento do automóvel privado.

Os restantes dois estudos, desenvolvidos para a UE, apresentam abordagens diferentes: o primeiro analisa o aumento da participação de bicicleta como modo de transporte na capital de cada país; o segundo desenvolve três cenários onde a renovação da frota automóvel é efetuada a diferentes ritmos.

Estes estudos são seguidamente apresentados, para três regiões geográficas.

### 2.1. Caso de estudo: Alemanha

Intitulado *Economic aspects of non-technical measures to reduce traffic emissions*, foi realizado em 2012 pelo Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI. Teve como objetivo estudar o reforço do combate às alterações climáticas através da redução das emissões de GEE, bem como a diminuição dos poluentes atmosféricos e ruído provenientes do tráfego rodoviário motorizado. Foram analisados os impactos individuais de cinco políticas até 2030, denominadas M1, M2, M3, M4 e M5 [11].

A política M1 corresponde a um aumento de 10% da mobilidade suave (modos bicicleta e pedestre) nos centros urbanos, em substituição de automóveis. A política M2 corresponde a um aumento de 10% na utilização dos transportes coletivos de passageiros em meio urbano. As políticas M3 e M4 baseiam-se na utilização do automóvel como principal modo de deslocação: a primeira assume uma diminuição da distância média percorrida, isto é, os passageiros deslocam-se para destinos mais perto; a segunda corresponde a uma renovação da frota automóvel por veículos mais eficientes. Por último, M5, assume um aumento de 10% da participação ferroviária no transporte nacional de mercadorias [11].

Todas as políticas têm efeitos positivos na economia alemã, com a exceção de M4. O PIB regista um aumento entre 0,02% (M2) e 2,23% (M3). Estas melhorias decorrem do aumento do investimento, a

maior parte no setor na construção devido ao fomento das atividades de construção/expansão de ciclovias, transporte coletivo local, ferrovias e desenvolvimento urbano [11].

O emprego no setor dos transportes desenvolveu-se de forma positiva no período considerado, sendo induzido pelo investimento e pelo crescimento do PIB. M5 apresenta o menor aumento com 0,6% e M3 o maior aumento com 11,7%. Um facto a realçar é que a política M4 não regista um aumento, como ainda promove a redução de postos de trabalho em 0,4% [11].

## 2.2. Caso de estudo: Espanha

Realizado por várias entidades em parceria em Espanha em 2011 com o título *Job generation in the sector of collective transport within the scope of sustainable mobility*, tem o objetivo de estudar a implementação de formas de mobilidade sustentável e, desta forma, mitigar as alterações climáticas, melhorar a qualidade do ar em zonas urbanas, evitar o desperdício de energia, minimizar as importações de petróleo e reduzir a taxa de acidentes [12].

Os modos de transporte foram agrupados em duas categorias de acordo com o consumo de energia: transporte não sustentável (automóvel ligeiro de passageiros, motociclo, transporte marítimo e aéreo) e transporte sustentável (bicicleta, caminhar, transporte coletivo e car-sharing) [12].

Foram desenvolvidos dois cenários até 2020: no primeiro as condições não são alteradas e o desenvolvimento da mobilidade é idêntico ao registado nos anos anteriores; no segundo cenário são implementadas políticas de incentivo à mobilidade sustentável. Estas políticas incluem medidas fiscais, financiamento de mobilidade ecológica, informação e gestão do território com o objetivo de incentivar o abandono do transporte não sustentável [12].

Até 2020, o consumo de energia regista evoluções diferentes: o primeiro cenário estima 829 TJ (decrécimo de 0,5% em relação a 2008) e o segundo 700 TJ (decrécimo de 15%). Esta diferença corresponde ao incentivo de políticas ambientais, que visam a troca de viagens de automóvel por alternativas menos poluentes, como transporte coletivo [12].

É projetada uma diminuição das emissões individuais de CO<sub>2</sub> em ambos os cenários até 2020, comparativamente aos níveis registados em 2008 (86,3 g/p.km): o primeiro cenário estima 85,9 g/p.km (redução de 0,5%) e o segundo 77,6 g/p.km (redução de 10,1%). No que concerne as emissões de NO<sub>x</sub>, estas registaram 0,284 g/p.km em 2008, e é projetado que até 2020 aumentem para 0,293 g/p.km no primeiro cenário (crescimento de 3,2%) e 0,279 g/p.km no segundo (diminuição de 1,8%) [12].

Finalmente, o emprego em transporte sustentável regista um aumento de 8% e 49% no primeiro e segundo cenários, respetivamente, em comparação com os níveis em 2008. O segundo gera cerca de 122 mil empregos adicionais em relação ao primeiro, devido a políticas de fomento à mobilidade sustentável [12].

### 2.3. Casos de estudo: União Europeia

Intitulado *Unlocking new opportunities: Jobs in green and healthy transport*, foi realizado em 2014 pela World Health Organization, com o objetivo de estimar a variação líquida de postos de trabalho associada ao aumento da utilização de bicicleta nas capitais de cada país da UE [13].

Para cada capital é estudado o emprego adicional gerado devido ao aumento da participação da bicicleta como meio de transporte urbano, em viagens com início e fim dentro da cidade. É estimado que todas as cidades aumentem a participação deste modo, dos atuais níveis individuais para o nível da cidade de Copenhaga (Dinamarca), a qual é considerada referência – na capital dinamarquesa, este modo representa 26% das viagens, existindo 650 postos de trabalho afetos à mesma, como a produção, venda e revenda de bicicletas, serviços (reparação), turismo, infraestruturas, etc. [13].

É estimado que cerca de 35,7 mil empregos serão gerados nas capitais europeias, sendo a grande parte criada em Londres (8,2 mil, ou 23%), Madrid (3,7 mil, ou 10,4%) e Milão com (3,2 mil, ou 9%). Com a concretização destas políticas, estima-se que podem ser evitadas cerca de 2,8 mil mortes prematuras devido à poluição, sendo mais beneficiadas as cidades de Londres e Budapeste, com 19 e 11%, respetivamente [13].

Publicado em 2013 com o título *Fuelling EUROPE'S Future: how auto innovation leads to EU jobs*, foi realizado em parceria entre European Association of Automotive Suppliers, Euroelectric, European Aluminium Association, European Climate Foundation, Nissan e Transport and Environment. Nasceu da necessidade da UE encontrar formas de contribuir para revitalizar economias estagnadas, criar novos empregos e melhorar os resultados do combate às alterações climáticas. Pretende determinar como novas tecnologias no setor automóvel são capazes de diminuir as emissões de CO<sub>2</sub>, e simultaneamente estimular a inovação e melhorar a balança comercial da UE [14].

Foram desenvolvidos cinco cenários para a UE no período 2010-2050: o primeiro corresponde ao cenário referência, marcado pela ausência de novas políticas e apenas utilizado para comparação com os restantes; no segundo – CPI – apenas se consideram as políticas europeias que se visam para o futuro, isto é, assume-se a entrada em vigor dos limites de emissões de CO<sub>2</sub> em 2020 para ligeiros de passageiros (95 g/km) e ligeiros de mercadorias (147 g/km), não existindo novas reduções até final do período; os restantes três cenários são de baixo carbono – Tech 1, 2 e 3 – e correspondem a uma forte introdução de veículos elétricos na frota automóvel até 2050. Tech 1 tem o objetivo de introduzir *veículos híbridos* até 96% do mercado existente, Tech 2 introduz veículos *plug-in* híbridos, elétricos puros e veículos a hidrogénio até 90%, e, por último, Tech 3, mais ambicioso do que os anteriores, contemplando uma frota totalmente renovada com veículos a hidrogénio e elétricos puros [14].

Para determinar os impactos associados a cada cenário foi necessário recorrer às seguintes ferramentas: *Road Vehicle Cost and Efficiency Calculation Framework*, que permite estimar o custo adicional da difusão dos veículos de baixas emissões e respetivos impactos económicos; SULTAN (*Sustainable Transport Illustrative Scenarios Tool*), que estima o consumo de energia, emissões de CO<sub>2</sub>, custos de tecnologia e de segurança energética; E3ME, um modelo macroeconómico que abrange as economias dos Estados-Membros da UE no que concerne o consumo de energia e emissões de CO<sub>2</sub>.

É estimado que entre 1,95 e 2,35 milhões de empregos podem ser criados até 2050 nos três cenários de baixo carbono, em comparação com o de referência. Menos de metade dos empregos adicionais identificados estão dentro da cadeia de valor na produção de veículos e no suporte de infraestruturas.

Os restantes são criados fora desta cadeia, em setores como os dos serviços e construção, beneficiando da mudança de utilização de combustíveis fósseis para a produção de bens e serviços internos [14].

Além da criação de emprego, os cenários de baixo carbono também permitem a redução de emissões de CO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub> provenientes do setor dos transportes: até 2050, e em comparação com o cenário de referência, é possível a redução das primeiras entre 63% (Tech 1) e 93% (Tech 3), e das segundas entre 85% (Tech 1) a 95% (Tech 3) [14].

Estes casos de estudo são seguidamente apresentados de forma resumida na Tabela 2.1, para as três regiões geográficas.

Tabela 2.1 - Resumo dos casos de estudo.

<b>Caso de estudo</b>	<b>Metodologia</b>	<b>Universo</b>	<b>Impactos</b>
Alemanha	Estudo de cinco políticas distintas, referentes ao transporte de passageiros e mercadorias	2030	PIB: + 2,23% Emprego: + 11,7%
Espanha	Estudo de um cenário alternativo, em que aumenta a utilização do transporte coletivo de passageiros	2020	Emissões de CO <sub>2</sub> : - 9,7% Emprego: + 122 mil postos de trabalho
União Europeia	Análise do aumento da participação de bicicleta como modo de transporte na capital de cada país	-	Emprego: + 35,7 mil postos de trabalho
União Europeia	Estudo de três cenários onde a renovação da frota automóvel é efetuada a diferentes ritmos	2050	Emprego: +2,35 milhões de postos de trabalho Emissões de CO <sub>2</sub> : - 93%

### 3. Metodologia

Tendo em conta o âmbito do presente trabalho, procedeu-se à escolha de uma ferramenta que fosse adequada para atingir os objetivos propostos. Optou-se pelo modelo ASTRA-EC. Trata-se de um modelo de simulação do contexto europeu, que, desta forma, contém dados históricos sobre cada país abrangido; permite a simulação de políticas, individuais ou em conjuntos, para cada país; e permite uma simulação num horizonte temporal suficientemente extenso, até 2050.

Nos subcapítulos que se seguem caracteriza-se o modelo ASTRA-EC (Secção 3.1), em particular a descrição da estrutura (Secção 3.1.1), políticas a simular (Secção 3.1.2), tendências de dados a fornecer (Subsecção 3.1.2.1), resultados (Secção 3.1.3), calibração (Secção 3.1.4) e as limitações identificadas (Secção 3.1.5).

A definição dos cenários, políticas económicas e ambientais escolhidas estão discriminadas nas Secções 3.2, 3.3, 3.4 respetivamente. Na Secção 3.5 mostram-se as referências adotadas no trabalho, para uma simulação mais fidedigna.

#### 3.1. Modelo ASTRA-EC

O ASTRA-EC é um modelo computacional desenvolvido no âmbito do projeto europeu *Assessing the Social and Economic Impacts of Past and Future Sustainable Transport*, cujo objetivo é identificar e avaliar possíveis impactos sociais, económicos e ambientais associados a políticas nos transportes [15]. Foi desenvolvido pelos institutos Fraunhofer Institute Systems and Innovation Research e Transporti e Territorio SRL para a Comissão Europeia, de modo a providenciar um instrumento para analisar estrategicamente políticas no setor dos transportes [16]. De seguida faz-se a sua descrição, tendo-se optado por manter em inglês a nomenclatura relacionada com o programa, por ser assim que ela aparece.

Abrange o período entre 1995 e 2050, e geograficamente engloba um total de 29 países (UE27 mais Suíça e Noruega), permitindo uma simulação global de toda a UE ou individual para cada Estado-Membro [17]. O *software* funciona em ambiente Windows, e após ser iniciado surge a interface ilustrada na Figura 3.1, que dispõe de três secções [17]:

- **Structure:** explora a estrutura do modelo e as respetivas ligações entre os módulos (detalhada em 3.1.1);
- **Simulation:** permite simular a implementação das várias políticas, individualmente ou em conjunto, e fornecer tendências endógenas da região geográfica a simular, isto é, conjuntos de dados (detalhado em 3.1.2 e 3.1.2.1);
- **Output:** permite a análise e comparação dos resultados das várias simulações (detalhado em 3.1.3);

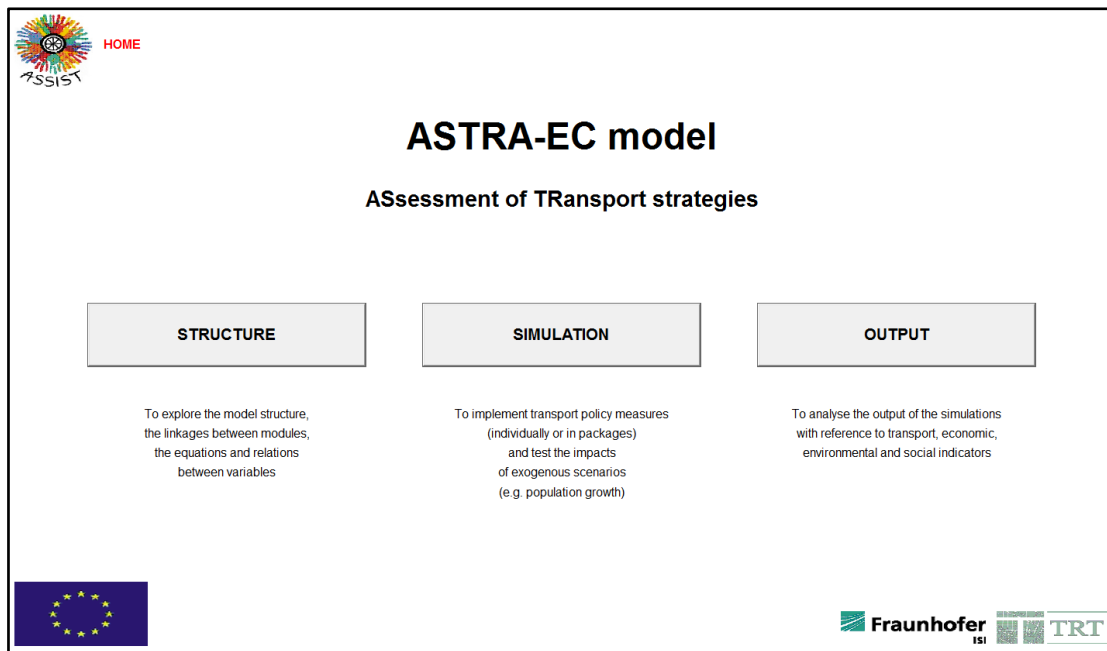


Figura 3.1 - Interface do modelo ASTRA-EC. Fonte: [18]

### 3.1.1. Módulos

A interface da primeira secção, *Structure*, permite visualizar os módulos abrangidos e as respetivas interligações, assinalados nas caixas de cor verde na Figura 3.2. Uma mudança num setor é transmitida aos restantes de forma dinâmica; por exemplo, alterações no setor económico têm impacto nos transportes (origens, destinos e volumes de fluxos); por sua vez, alterações nos transportes realimentam alterações ao setor económico, influenciando o consumo das famílias ou a troca setorial de bens e serviços intermédios [17].

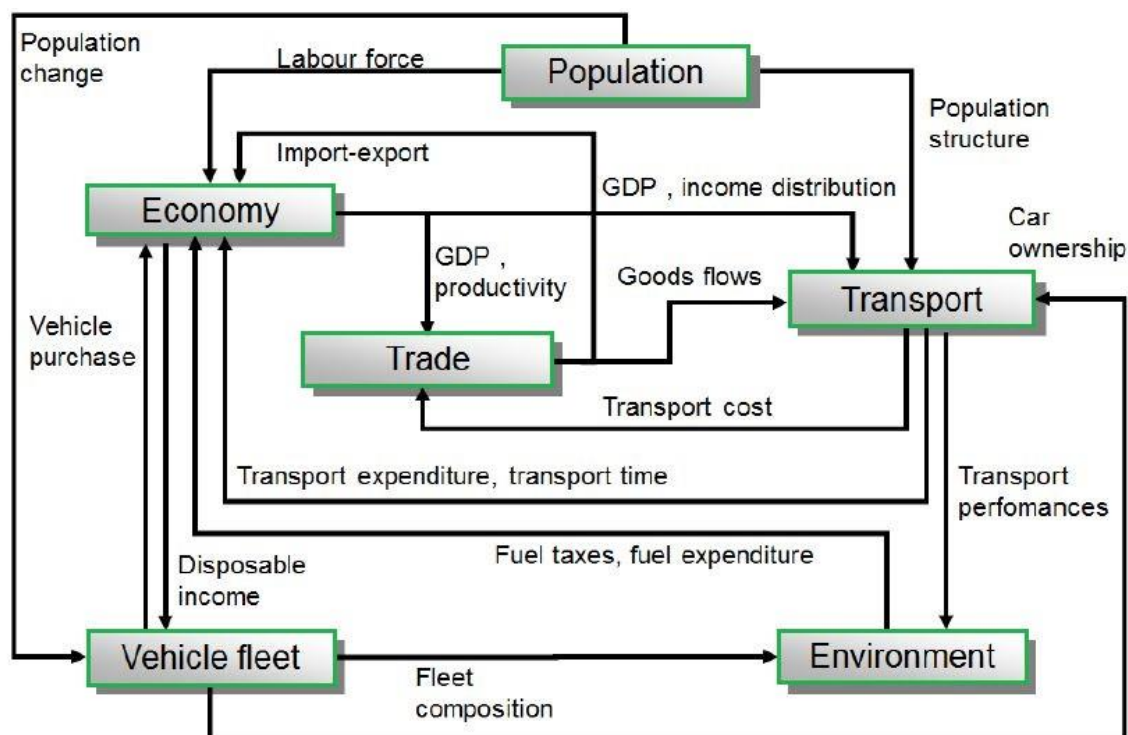


Figura 3.2 - Interligações dinâmicas entre os módulos do modelo ASTRA-EC. Fonte: [17]

### *Population*

O módulo *Population* diferencia a população em grupos relevantes para a análise económica e da mobilidade. Simula o desenvolvimento demográfico e distribuição salarial com diferentes níveis de detalhe: em primeiro, estima a evolução nacional; em segundo, diferencia esta evolução por zonas NUTS II<sup>1</sup>; em terceiro, diferencia a população nacional por grupos salariais [17].

A demografia da população é estimada em grupos com um ano de intervalo. Esta divisão é crucial, pois os padrões de mobilidade variam fortemente com a idade. Tem em consideração determinados aspetos, como por exemplo a taxa de fertilidade, mortalidade, mortalidade infantil, balanços migratórios, esperança de vida, entre outros. O modelo está devidamente calibrado (ver ponto 3.1.5) com registos e projeções até 2050 efetuadas pelo Eurostat para cada país [17].

A diferenciação da população em zonas NUTS II é baseada nos mesmos princípios anteriores, com a exceção da migração. A população nacional considera apenas movimentos migratórios de e para o estrangeiro, enquanto a migração por regiões NUTS II tem em conta os movimentos migratórios domésticos entre zonas, originando zonas com saldo migratório positivo e outras com saldo negativo. A soma de todos os balanços migratórios das zonas NUTS II resulta dos balanços globais a nível nacional [17].

A distribuição salarial por grupos de população tem um papel importante na avaliação da procura de transporte, pois os padrões de mobilidade variam com a idade, salário, emprego e posse de veículo.

<sup>1</sup> NUTS: Acrónimo de “Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos”, sistema hierárquico de divisão do território em regiões. Criada pelo Eurostat, visa a harmonização das estatísticas dos vários países em termos de recolha, compilação e divulgação de estatísticas regionais. Subdivide-se em três níveis: NUTS I, II e III. NUTS II abrange os territórios: Norte, Centro, Área Metropolitana de Lisboa, Alentejo, Algarve, Regiões Autónomas da Madeira e dos Açores [19].

Existindo uma inter-relação entre estes aspetos, o modelo utiliza o salário como principal indicador para a aquisição de veículos motorizados. São considerados cinco grupos salariais, sendo que a constituição destes varia com o nível de educação, estrutura etária da população, número de trabalhadores e desempregados, evolução da cobrança de impostos diretos e contribuições sociais. Todos os grupos salariais podem ser consultados na Ref. [17].

### ***Economic***

O objetivo do módulo *Economic* é o de simular o quadro geral nacional da economia, estimando os indicadores essenciais para os restantes módulos. Simula os impactos nos transportes dos fluxos monetários e dos mecanismos de compensação que são induzidos pelas políticas simuladas. Estes impactos podem ser originados por investimentos em infraestruturas de transporte, receita adicional proveniente da cobrança da circulação rodoviária, evolução dos preços de energia, alterações de impostos, etc. Abrange seis subsecções de acordo com a funcionalidade, nomeadamente [17]:

- Procura: reproduz o consumo privado das famílias, consumo do governo, investimentos, exportações/importações, etc.;
- Oferta: simula influências dos fatores de produção, capital social, recursos naturais e progressos técnicos sobre o potencial de produção de uma economia;
- Intercâmbio setorial: reflete os entrelaçamentos entre todos os setores económicos da economia de um país;
- Emprego: estima o desenvolvimento dos mercados de trabalho dos 29 países baseado na produtividade do trabalho e valor acrescentado bruto, como resultado da subsecção anterior.
- Governo: contabiliza as receitas fiscais (impostos, contribuições de cidadãos e receitas provenientes dos transportes) e despesas (transferências, consumos e pagamentos de juros associados à dívida pública);
- Pontes de ligação dos módulos e subsecções: por exemplo, ligação entre o módulo *Transport* ou *Vehicle Fleet* com o módulo *Economic*, ou vice-versa;

### ***Trade***

No período 1995-2008, as trocas internacionais foram uma das principais diretrizes do crescimento económico na maioria dos 29 países, verificando-se que o crescimento anual das exportações é superior ao de outros indicadores macroeconómicos. É possível relacionar este crescimento com a melhoria do sistema de transportes, nomeadamente o aumento da eficiência na componente logística e a construção/melhoria das infraestruturas de ligação entre países [17].

O módulo *Trade* divide-se em duas partes: a primeira representa as trocas externas entre os 29 países; a segunda simula as trocas externas entre estes países e o resto do mundo (para consulta das regiões abrangidas, ver Ref. [17]).

A primeira parte, que contém mais diretrizes endógenas do que a segunda, tem em conta: diferentes níveis de produtividade laboral por setor dos parceiros envolvidos; crescimento do PIB do país importador; crescimento do PIB mundial; tempo de transporte de passageiros e custo de transporte de mercadorias entre os parceiros envolvidos [17].

Quanto à segunda parte, não considera os custos e tempos de transporte como impactos, pois o módulo *Transport* (ver a seguir) cobre apenas atividades de transporte dentro dos 29 países. Assim, o modelo é principalmente conduzido pela produtividade entre os países europeus e as regiões do resto do mundo. A produtividade altera-se em conjunto com o crescimento económico da região importadora do resto do mundo, e o crescimento do PIB mundial conduz a relação exportação-importação entre países. A tendência de crescimento para a produtividade é estimada com base no crescimento mundial do PIB projetado pela OECD [17].

### ***Transport***

O módulo *Transport* consiste na adaptação de um sistema de quatro níveis para transporte de passageiros e de mercadorias: os primeiros três níveis – *generation*, *distribution*, *modal split* – são modelados com detalhe, enquanto o último - *assignment stage* - não é modelado pelo ASTRA-EC devido ao âmbito geográfico. O primeiro nível, *generation*, representa o volume de viagens, classificadas conforme o seu tipo. O segundo, *distribution*, envolve a distribuição e análise de viagens entre zonas territoriais. O terceiro, *modal split*, determina a participação de cada modo para o transporte de passageiros e de mercadorias. Por último, o quarto nível, *assignment stage*, simula a tomada de decisão na escolha das rotas rodoviárias. O modelo considera as reações endógenas em todos os níveis, isto é, não existe nenhum nível fixo, e ajusta a estimativa para cada nível com base em parâmetros diferenciados pela procura [17].

No transporte de passageiros, a geração da procura de viagens é simulada individualmente para cada zona NUTS II. Os níveis são em função da distância [17]:

- Local: distância percorrida inferior a 3 km;
- Muito curta: distância percorrida entre 3 e 50 km;
- Curta: distância percorrida superior a 50 km;

Existem dois fatores importantes nestes níveis: em primeiro, uma larga parte da mobilidade é local; em segundo, as viagens são estimadas através da aplicação de taxas fixas de viagens aos grupos de população, o que permite uma melhor estimativa da procura total [17].

O transporte de mercadorias é gerado a nível nacional com base no valor de produção e distribuído pela zona NUTS de origem; posteriormente, a procura doméstica é segmentada por destino: entre e extra zona NUTS II [17].

### ***Vehicle Fleet***

O módulo *Vehicle Fleet* estima a evolução em quantidade e composição da frota rodoviária motorizada nacional. O maior detalhe é na frota de automóveis privados (por tipo de combustível e padrão de emissão Euro), enquanto noutros modos, como autocarros, ligeiros e pesados de mercadorias, o modelo considera apenas a evolução quantitativa [17].

## Environment

O módulo *Environment* utiliza *inputs* provenientes dos módulos *Transport* (volume de viagens por modo e contexto geográfico) e *Vehicle Fleet* (composição técnica da frota de veículos). Assim, estima o consumo de combustível e emissões de GEE provenientes do setor dos transportes, o número de acidentes (fatais, graves e ligeiros) e as externalidades [17].

### 3.1.2. Simulação de políticas

A interface da secção *Simulation*, representada na Figura 3.3, permite duas funções: simular a implementação de políticas (*Modify policy options*) e definir tendências exógenas (*Change exogenous alternative assumptions* e *External trends*, detalhadas a seguir).

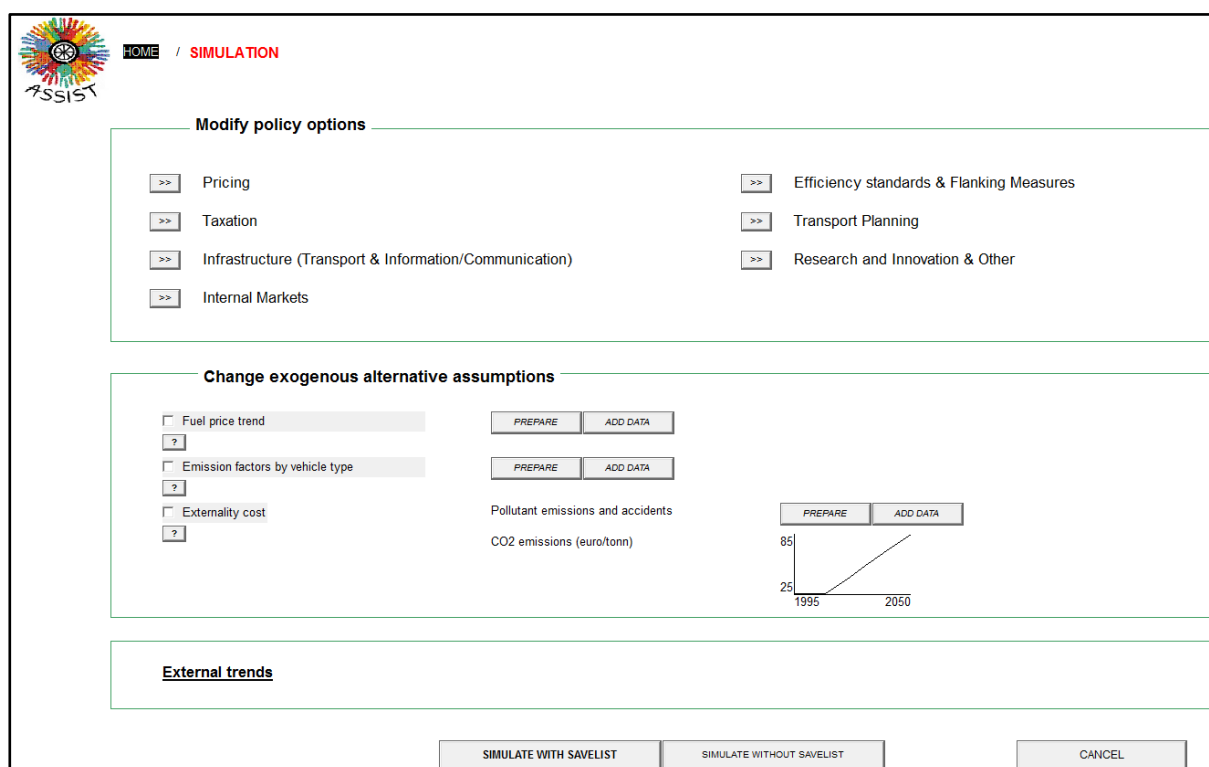


Figura 3.3 - Interface da secção *Simulation* do modelo ASTRA-EC. Fonte: [18]

As políticas consideradas estão distribuídas por sete categorias, cada uma englobando várias políticas: *Pricing* (políticas 1 a 5), *Taxation* (políticas 6 a 9), *Infrastructure* (políticas 10 e 11), *Internal Markets* (políticas 12 a 15), *Efficiency Standards and Flanking Measures* (políticas 16 e 17), *Transport Planning* (políticas 18 e 19) e *Research and Innovation* (políticas 20 a 23) [18].

As políticas enumeradas descrevem-se seguidamente [18]:

### **Pricing:**

**1. Urban road user charging:** corresponde à introdução de uma taxa (€/entrada) sobre a entrada de automóveis ligeiros de passageiros em centros urbanos; não se aplica a autocarros e veículos de mercadorias. É permitido ao utilizador definir o ano de introdução e o valor, que permanece constante até final da simulação. É aplicado a todas as viagens de automóvel em qualquer altura do dia e apenas nas maiores cidades.

**2. Car road charging schemes:** corresponde à introdução de uma taxa (€/v.km) adicional sobre a circulação na rede de autoestradas; abrange os automóveis ligeiros de passageiros e autocarros. É permitido ao utilizador definir o ano de introdução e o valor para automóveis, que permanece constante até final da simulação; para autocarros, a taxa corresponde ao dobro da dos anteriores. A taxa reverte para o Estado, e é permitido defini-la para todos os veículos ou por categoria (gasolina, diesel, gás natural comprimido (GNC), gás de petróleo liquefeito (GPL), híbridos, elétricos e a hidrogénio).

**3. Railway infrastructure charges:** corresponde à introdução de uma taxa (€/v.km) pela utilização da infraestrutura ferroviária; abrange o transporte de passageiros e/ou de mercadorias. É permitido ao utilizador definir o ano de introdução e o valor, mantendo-se constante até final da simulação. O impacto para os utilizadores é parcial, pois é assumido que apenas uma fração da taxa é transferida para o custo da tarifa.

**4. Road charging heavy-duty vehicles:** corresponde à introdução de uma taxa (euro/v.km) sobre a circulação na rede de autoestradas; abrange os veículos ligeiros e pesados de mercadorias, sendo os últimos diferenciados em duas categorias: menos ou mais de 12 ton. A taxa reverte para o Estado, e é permitido ao utilizador definir o valor (permanece constante até final da simulação), ano de introdução e as categorias a abranger.

**5. Internalisation of external costs for specific modes of transport:** corresponde à introdução de uma taxa (€/v.km) sobre o transporte de passageiros (automóvel, autocarro, transporte ferroviário) e de mercadorias (transporte ferroviário, pesado de mercadoria, *inland waterways*<sup>2</sup>). É permitido ao utilizador definir o ano de introdução para cada modo, o valor da taxa (constante até final da simulação) e o contexto a aplicar (urbano e/ou não urbano). A diferença entre esta política e as anteriores é que, em primeiro lugar, esta abrange toda a rede nacional rodoviária e, em segundo, o custo no que concerne à ferrovia é considerado totalmente suportado pelos utilizadores.

### **Taxation:**

**6. Energy taxation:** simula o quadro geral de impostos mínimos nos produtos energéticos e eletricidade. É permitida a definição do ano de introdução e a taxa para todos os tipos de combustíveis (mantendo-se constante até ao final da simulação). Abrange os combustíveis: gasolina (€/l), diesel (€/l), GNC (€/kg), GPL (€/l), eletricidade (€/kWh) e hidrogénio (€/kg). O objetivo desta política é o de poder comparar a componente fiscal entre países com características distintas.

**7. Vehicle taxation:** corresponde à implementação de um imposto anual extra sobre a circulação de automóveis ligeiros de passageiros com base nas emissões de CO<sub>2</sub>. Cabe ao utilizador definir o ano de introdução e o limite de emissões de CO<sub>2</sub>, de acordo com o *New European Driving Cycle*; todos os automóveis que excedam o limite (gCO<sub>2</sub>/km) terão de pagar este imposto, proporcional ao excedente.

---

<sup>2</sup> *Inland waterways*: transporte de mercadorias por via marítima através de rios e/ou canais de água existentes no território continental de cada país; 21 dos 28 Estados-Membros possuem este modo, dos quais 13 tem as respetivas redes interligadas [20].

**8. *CO<sub>2</sub> certificate*:** corresponde à implementação de um sistema certificado de emissões de CO<sub>2</sub>, ou seja, é definido um valor económico por tonelada de CO<sub>2</sub> emitida; é convertido num custo adicional por tipo de combustível, dependendo do respetivo fator de emissão de CO<sub>2</sub>. É permitido definir o ano de introdução e o valor económico, podendo ser constante ou variável até fim da simulação.

**9. *Feebates*:** corresponde à implementação de um sistema que, em simultâneo, oferece um incentivo aos utilizadores na aquisição de novo veículo de baixas emissões e aplica um imposto adicional sobre veículos que excedam um determinado limite. É permitido definir o ano de introdução, o limite de emissões de CO<sub>2</sub> (variável ou constante até fim da simulação) e o incentivo/taxa (ambos têm de ser introduzidos com valor económico igual).

#### ***Infrastructure:***

**10. *TEN-T projects accelerated implementation*:** corresponde à implementação acelerada do projeto TEN-T<sup>3</sup>, assumindo que a rede principal deste estará completa em 2025 e a restante em 2040. A aplicação desta política corresponde a uma redução predefinida do tempo de viagem (dependendo de país para país) através de zonas onde são construídas novas ligações e realizado um investimento nas infraestruturas de transporte.

**11. *Improving frequency and reliability of service*:** corresponde à melhoria da frequência e qualidade do transporte coletivo de passageiros (autocarro e transporte ferroviário); é permitido ao utilizador aplicar a melhoria em percentagem de redução dos tempos de viagem em cada modo. O período de introdução desta política é de três anos a partir da data escolhida para implementação.

#### ***Internal Markets:***

**12. *EU-wide common job quality and working conditions for truck drivers*:** corresponde a implementar melhores condições de trabalho no transporte rodoviário pesado de mercadorias; corresponde ao aumento da duração nas viagens de longa distância e do custo de trabalho dos motoristas. O utilizador define o impacto no tempo de viagem e no custo de trabalho. O período de introdução desta política é de dois anos a partir do ano escolhido para implementação e permanece constante até fim da simulação.

**13. *Elimination of restrictions on cabotage*:** corresponde à eliminação da restrição *cabotage*<sup>4</sup>, assumindo uma redução dos custos de trabalho no transporte pesado de mercadorias e redução das viagens efetuadas sem mercadoria. O utilizador define o impacto no custo médio de trabalho e no fator de carga. As mudanças são implementadas durante dois anos a partir do ano selecionado para a aplicação e permanece constante até fim da simulação.

**14. *Opening of the domestic rail passenger market*:** simula a abertura da competitividade para os operadores ferroviários e a execução de uma rede ferroviária integrada a nível europeu; assume uma redução do tempo de viagem e do custo de transporte. Estes fatores e o ano de implementação são definidos pelo utilizador. As mudanças são aplicadas durante um período de cinco anos a partir do ano definido, de modo a ter em conta o tempo necessário para os novos operadores entrarem no mercado.

---

<sup>3</sup> TEN-T: representa um programa europeu, abrange centenas de estudos/trabalhos, e tem o objetivo de assegurar o acesso, coesão, interconexão e interoperabilidade da rede europeia de transporte a todos os Estados-Membros; inclui todas os modos referentes ao transporte de passageiros e mercadorias [21].

<sup>4</sup> Cabotage: transporte de mercadoria entre dois pontos de um país por navio ou veículo registado em outro; permissão para efetuar este tipo de transporte nestas condições é, em regra geral, estritamente limitada em cada país [22].

**15. *Simulate the integration of inland waterways into the transport system:*** corresponde a implementar uma simplificação dos encargos administrativos deste modo, e uma maior troca de informação relativas ao transporte de mercadorias. O utilizador define a redução do tempo de viagem, sendo esta apenas referente ao transporte internacional. Esta mudança é aplicada durante um período de dois anos a partir do ano de implementação e permanece constante até ao fim da simulação.

***Efficiency standards and Flanking Measures:***

**16. *CO<sub>2</sub> emission limits for Heavy-Duty Vehicles, Light-Duty Vehicles and cars:*** simula limites restritivos de emissões de CO<sub>2</sub> para novos veículos de acordo com os padrões presentes nos regulamentos da UE; os limites de emissões de CO<sub>2</sub> podem ser consultados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Regulamentos para as emissões de CO<sub>2</sub> na UE (2015-2030). Fonte: [18]

Modo (g/km)	2015	2017	2020	2030
Ligeiro de passageiros	130	-	95	70
Ligeiro de mercadorias	-	175	147	110
Transporte pesado de mercadorias		-25%*		

\* em comparação com a média da frota em 2007

**17. *Standards for controlling air pollution (CO, NO<sub>x</sub>, PM):*** corresponde à implementação de limites mais restritivos nas emissões destes poluentes em novos veículos; entra em vigor em 2020 para automóveis ligeiros e em 2021 para veículos pesados. Assume que estes cumprem o padrão de emissão pós-Euro VI, com uma redução de emissões de 22% no CO, 28% no NO<sub>x</sub>, 40% nas PM.

***Transport Planning:***

**18. *Promotion of energy efficiency commercial vehicles:*** simula a difusão mais rápida dos veículos ligeiros de mercadorias em meio urbano; é permitido ao utilizador escolher a data de implementação e a redução do consumo de combustível esperada (em percentagem). As mudanças são incorporadas durante dois anos e permanecem constantes até fim da simulação.

**19. *City logistics:*** simula uma maior eficiência do transporte de mercadorias em meio urbano, fazendo subir o fator de carga dos veículos ligeiros e pesados de mercadorias. O utilizador tem a opção de definir o incremento e o ano de introdução. As mudanças ocorrem durante um período de cinco anos após o ano de introdução e permanecem constantes até fim da simulação.

***Research and Innovation:***

**20. *Electromobility road:*** simula a difusão mais rápida da mobilidade elétrica; é iniciada em 2015 e não é possível alterar esta data. Simula o investimento adicional em investigação e desenvolvimento em setores económicos relacionados (por exemplo, eletrónica e química) e uma aceleração da implementação de infraestruturas de carregamento.

**21. *H<sub>2</sub> fuel cell vehicles:*** simula a difusão mais rápida de veículos a hidrogénio; é iniciada em 2015 e não é possível alterar esta data. Simula o investimento adicional em investigação e desenvolvimento em setores económicos relacionados e uma aceleração da implementação de infraestruturas de abastecimento.

**22. *Compulsatory safety in road vehicles:*** simula a difusão de uma variedade de sistemas de segurança em veículos rodoviários, como assistentes de viagem e interfaces de apoio sobre a infraestrutura rodoviária; permite simular a redução da taxa de acidentes rodoviários. É aplicada faseadamente durante um período de cinco anos a partir do ano escolhido para implementação.

**23. *Increased replacement rate of inefficient and polluting vehicles:*** simula uma forte renovação da frota automóvel ineficiente e poluente, onde veículos convencionais são substituídos por veículos elétricos e a GNC. É apenas permitido ao utilizador definir o ano de introdução.

### 3.1.2.1. *Inputs modificáveis*

Apesar de não ser possível modificar a base de dados do modelo ASTRA-EC pelo utilizador, é permitido definir certos *inputs* para o período 2011-2050 na secção *Simulation*, nomeadamente: evolução do preço dos combustíveis, fatores de emissão por categoria de veículos, externalidades das emissões de CO<sub>2</sub> e de acidentes, evolução do PIB, evolução da população e ligação a outros modelos [18].

Estes *inputs* descrevem-se seguidamente [18]:

**Preços dos combustíveis:** o modelo utiliza dados exógenos sobre a tendência dos preços dos combustíveis antes de impostos, nomeadamente: diesel, gasolina, GPL, GNC, eletricidade e hidrogénio.

**Fatores de emissão:** o modelo utiliza dados exógenos no que respeita os fatores de emissão das várias tipologias de veículos, tanto no transporte de passageiros como de mercadorias. São abrangidas as seguintes tipologias: automóveis ligeiros de passageiros (por categoria e padrão de emissão<sup>5</sup>), autocarros (por padrão de emissão), ferrovia de passageiros (diesel e elétrico), ligeiros de mercadorias (por padrão de emissão), pesados de mercadorias (por padrão de emissão), ferrovia de mercadorias (diesel e elétrico).

**Externalidades:** tem o intuito de estimar o valor das externalidades no setor dos transportes, utilizando um conjunto de dados sobre os custos externos relativos às emissões de CO<sub>2</sub> (euro/ton) e de acidentes (€/indivíduo).

**Evolução do PIB e da população:** é permitido ao utilizador definir uma tendência de evolução para a população diferente da que o ASTRA-EC possui por defeito. De igual forma, é possível definir uma tendência da evolução para o PIB diferente da que o modelo estima.

**Ligação aos modelos TRANS-TOOLS e POLES:** ASTRA-EC permite a ligação a outros modelos europeus, como TRANS-TOOLS [23] e POLES [24], onde é possível obter *inputs* provenientes destes. A ligação ao primeiro permite receber indicadores como custo, tempo e procura de transporte por modo, enquanto a ligação ao segundo permite que este forneça a tendência da evolução dos preços dos combustíveis.

---

<sup>5</sup> Padrão de emissão: PreEuro, Euro 1, Euro 2, Euro 3, Euro 4, Euro 5, Euro 6 e Euro 7.

### 3.1.3. Resultados

A secção *Output* permite a visualização e comparação dos cenários simulados. Como se pode observar na Figura 3.4, os resultados são distribuídos por cinco categorias [18]:

**Key Indicators:** mostra o resumo dos principais indicadores, como a evolução do volume de viagens de transporte de passageiros e de mercadorias, PIB, emissões de CO<sub>2</sub> e emprego total no país.

**Transport:** abrange uma vasta gama de indicadores, como por exemplo: evolução do volume de viagens de transporte de passageiros e de mercadorias (total e por modo); taxa de motorização (número de veículos por cada 1000 habitantes); composição da frota de automóveis ligeiros, autocarros, ligeiros e pesados de mercadorias (total de cada uma); etc.

**Economic:** mostra uma diversa gama de indicadores, como por exemplo: externalidades das emissões de CO<sub>2</sub> (total e *per capita*); evolução do PIB nacional (total e *per capita*); receita fiscal dos combustíveis (total e *per capita*); receita fiscal da circulação na rede de autoestradas (total e por transporte de passageiros e mercadorias); etc.

**Environmental:** mostra diversos indicadores como emissões de CO<sub>2</sub> nos transportes (total e *per capita*), consumo de combustíveis (total, *per capita*, por modo de transporte e tipologia de veículo), etc.

**Social:** apresenta diversos indicadores, nomeadamente: número de acidentes rodoviários (total e por nível de ferimento - ligeiro, grave, fatal); emprego total no país; encargo familiar para mobilidade; etc.

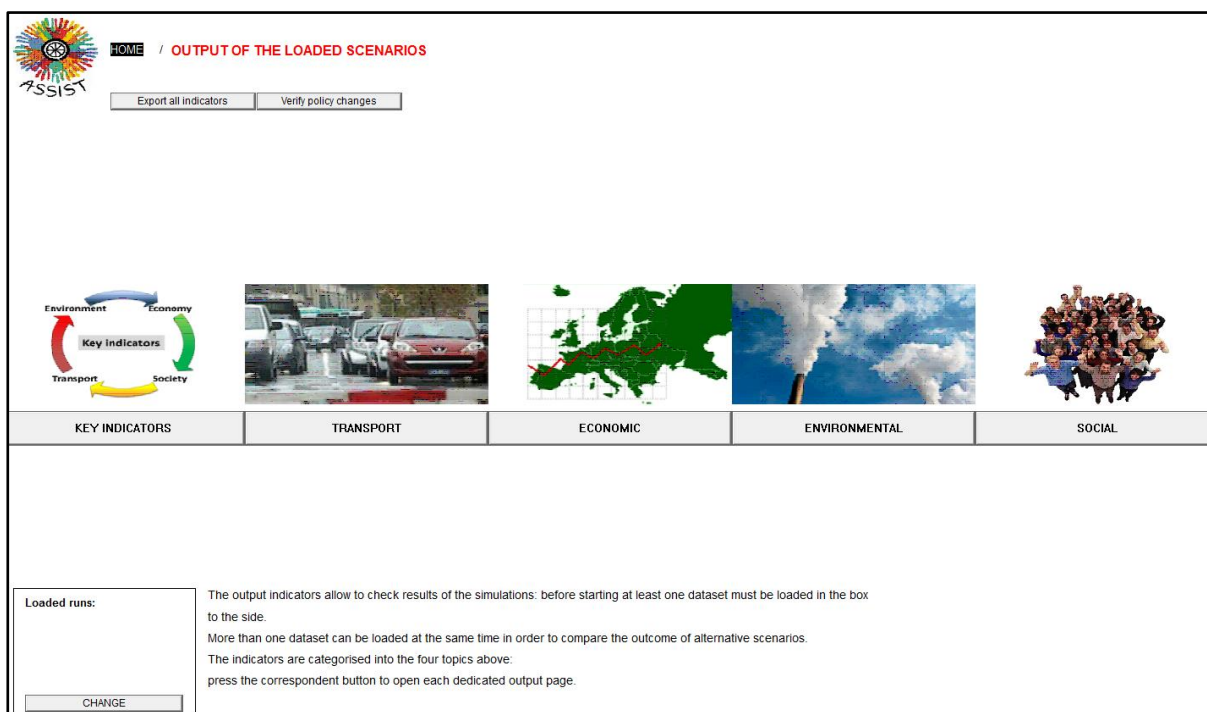


Figura 3.4 - Interface da secção *Output* do modelo ASTRA-EC. Fonte: [18]

### 3.1.4. Calibração

Um modelo simulacional requer uma calibração e validação rigorosa de forma a garantir que reproduz fielmente a realidade. Esta secção detalha diversas calibrações de indicadores do ASTRA-EC, mostrando a comparação dos valores estimados pelo modelo com os dados históricos do Eurostat, permitindo demonstrar a qualidade da calibração. O modelo é disponibilizado pré-calibrado, para a UE27 no período de 1995-2010, e individualmente para cada país no período 2000-2010. Nesta secção apresenta-se uma comparação anual dos indicadores para a UE27 com recurso a figuras e uma comparação quinquenal com recurso a tabelas, presentes no Anexo I, para cada país.

Os desvios dos indicadores entre os registos históricos e os estimados são comuns, mas devem ser inferiores a uma determinada tolerância, sendo o objetivo da calibração que a estimativa seja o mais aproximada possível. A calibração varia de indicador para indicador, de acordo com a importância que este possui na estrutura do modelo, e consiste na aplicação de fatores corretivos com o objetivo de diminuir a diferença para os dados históricos [25].

O módulo *Transport* foi calibrado através dos seguintes indicadores: transporte de passageiros e mercadorias (em milhões de p.km/ano e t.km/ano) e distribuição por modos [25].

O módulo *Environment* foi calibrado recorrendo a emissões de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e PM<sub>2.5</sub> (em milhões de ton/ano) provenientes dos transportes e consumo de combustível por tipo (em milhões de tep/ano) [25].

Os dados referentes aos volumes de viagens de transporte de passageiros e mercadorias discriminados (Tabela 6.1 e Tabela 6.2 do Anexo I) permitem observar que para Portugal existe uma boa correspondência: o primeiro modo apresenta um desvio máximo em -2,8% (2010) e a segundo de +13,5% (2010) [25].

No que concerne indicadores ambientais, a correspondência entre a estimativa do ASTRA-EC e os resultados observados do Eurostat é de igual forma precisa: para Portugal, as emissões de CO<sub>2</sub>, (Tabela 6.3 do Anexo I) registaram um desvio máximo de -7,5% em 2000. A subestimativa deste indicador, tanto para Portugal como os outros países, indica que na realidade as emissões por v.km são, regra geral, um pouco superiores aos valores modelados [25].

As emissões de NO<sub>x</sub> e PM<sub>2.5</sub> na UE27, ilustradas respetivamente na Figura 3.5 e Figura 3.6, apresentam desvios maiores em relação aos registos históricos. Uma possível explicação é que na realidade os veículos apresentam fatores de emissão superiores aos presentes no inventário de referência; além disso, o ASTRA-EC simula uma renovação da frota, com atualização dos veículos para normas de emissão mais exigentes, mais rápida do que a efetiva [25].

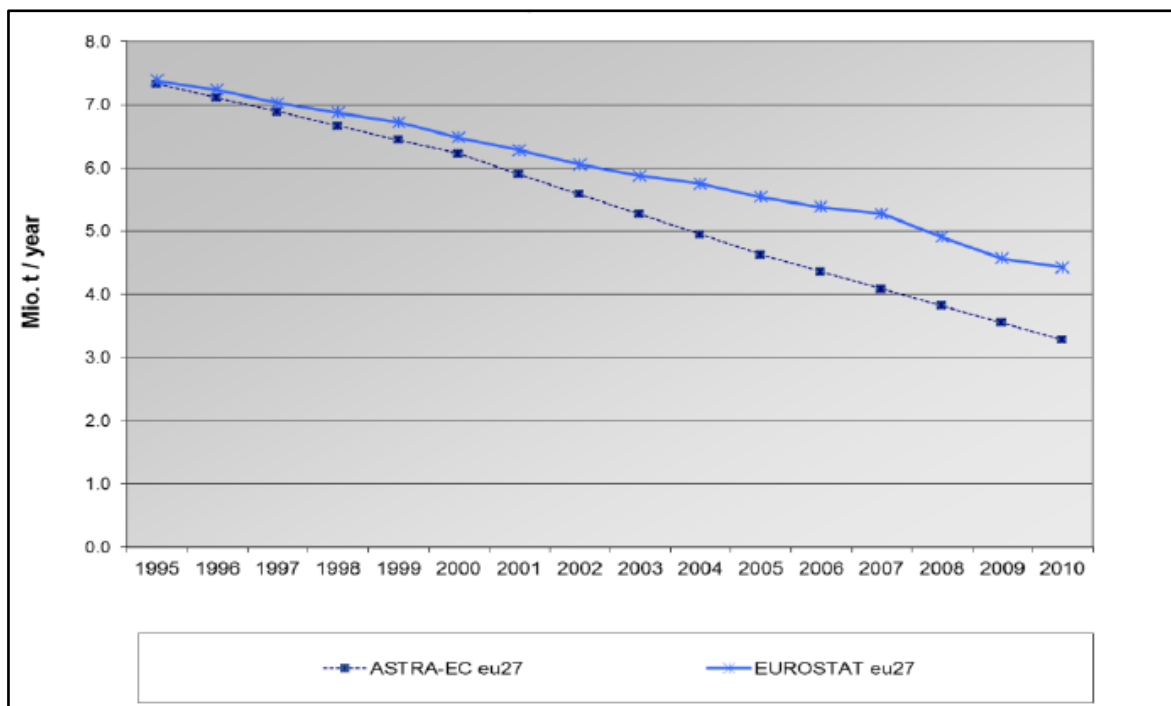


Figura 3.5 - Emissões totais de NOx nos transportes na UE27 (milhões de ton/ano). Fonte: [25]

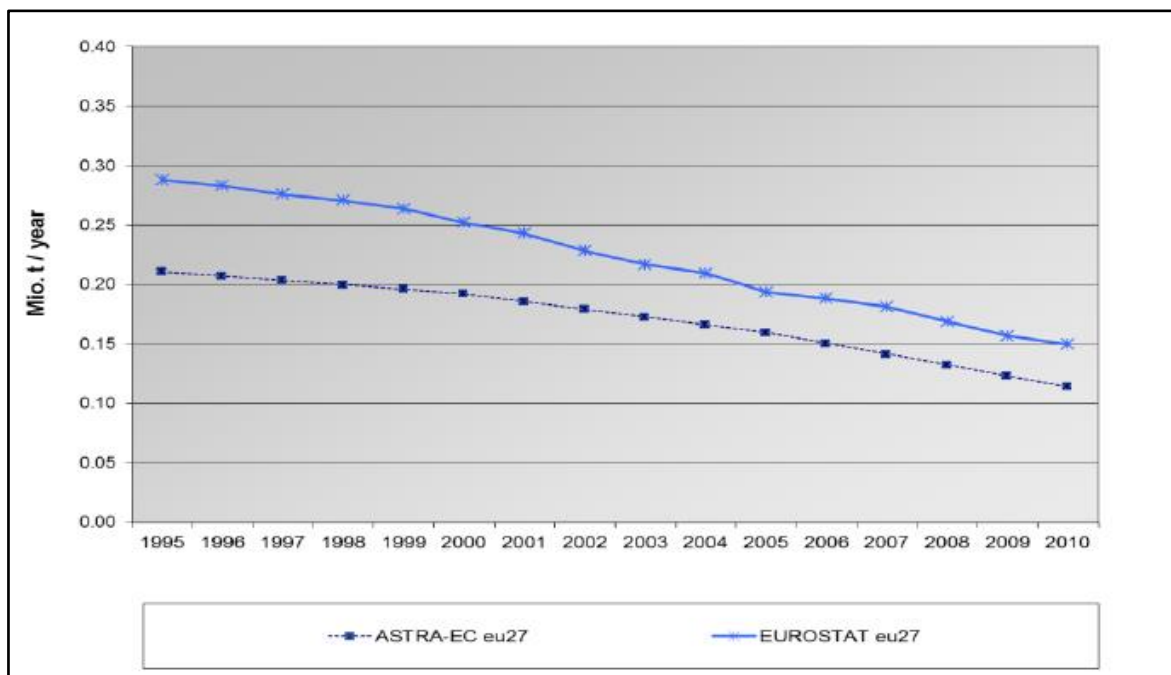


Figura 3.6 - Emissões totais de PM2.5 nos transportes na UE27 (milhões de ton/ano). Fonte: [25]

No que concerne o consumo de combustíveis nos transportes da UE27, está representado o de diesel na Figura 3.7 e o de gasolina na Figura 3.8. Verifica-se que o modelo estima um correto aumento do consumo de diesel e diminuição de gasolina, com uma ligeira discrepância em relação aos valores históricos [25].

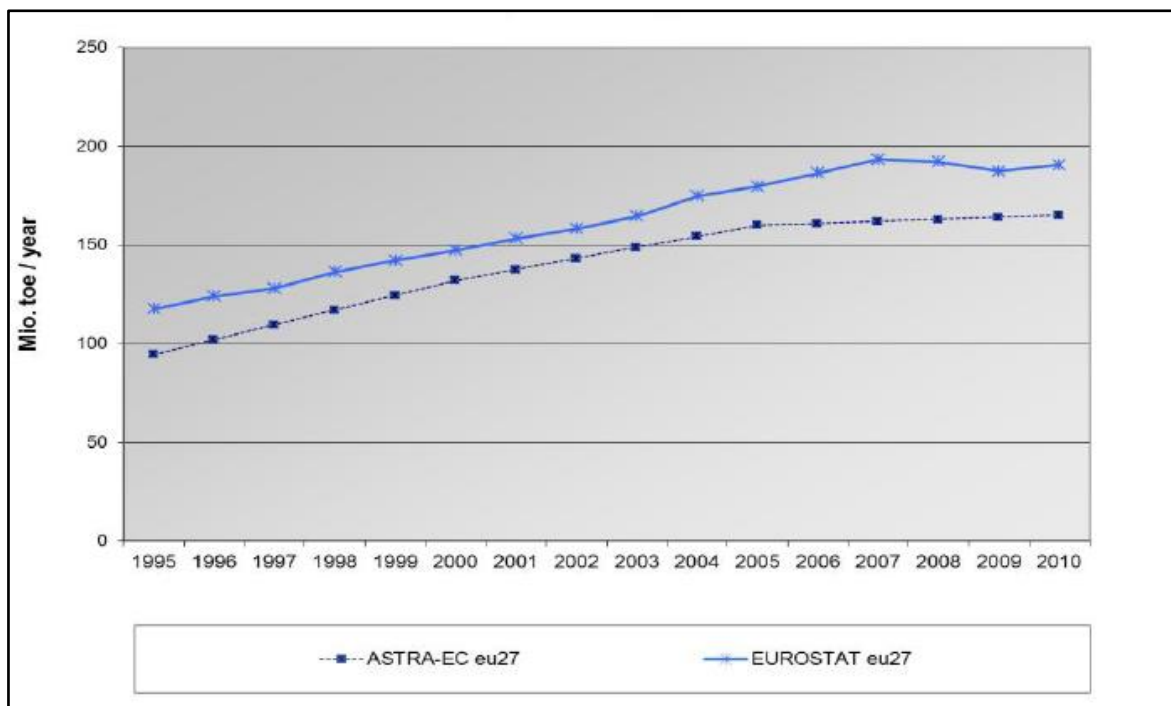


Figura 3.7 - Consumo de diesel nos transportes na UE27 (milhões de tep/ano). Fonte: [25]

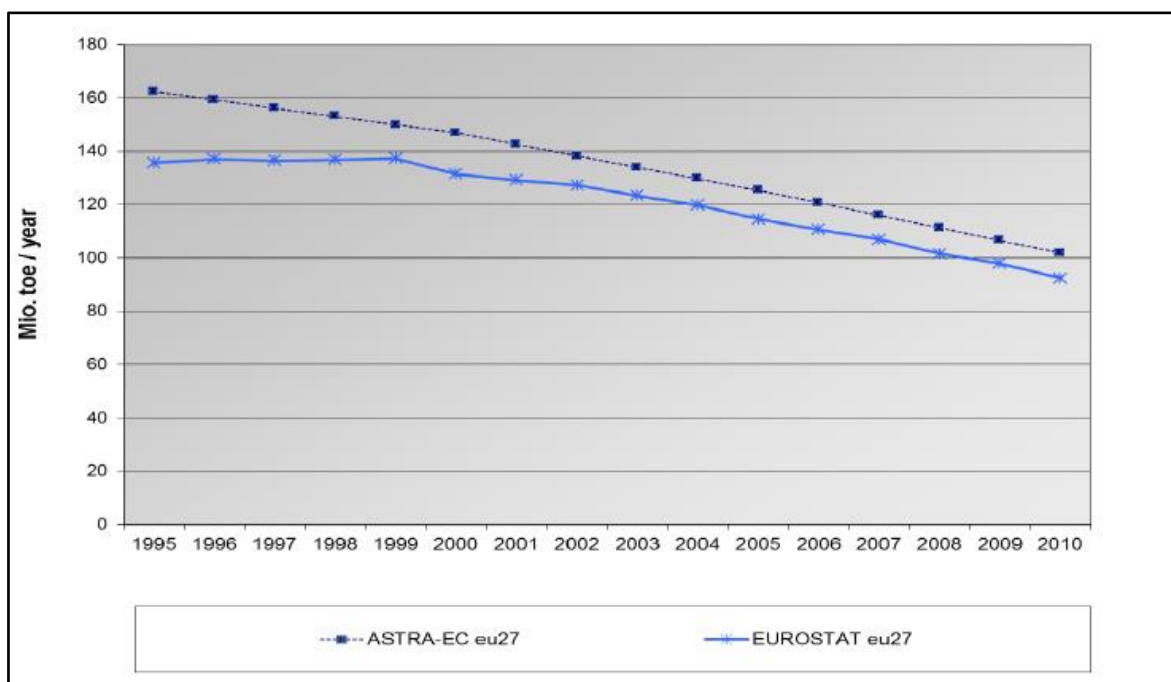


Figura 3.8 - Consumo de gasolina nos transportes na UE27 (milhões de tep/ano). Fonte: [25]

O PIB é um dos principais indicadores económicos do ASTRA-EC. Para a UE27, e conforme se observa na Figura 3.9, o desvio médio é de -1,3%, sendo que para países com baixos níveis de PIB é mais difícil atingir um desvio baixo; em particular, Portugal, conforme se pode analisar na Tabela 6.4 do Anexo I, o maior desvio dos valores históricos é efetuado em 1995 com -7,4% [25].

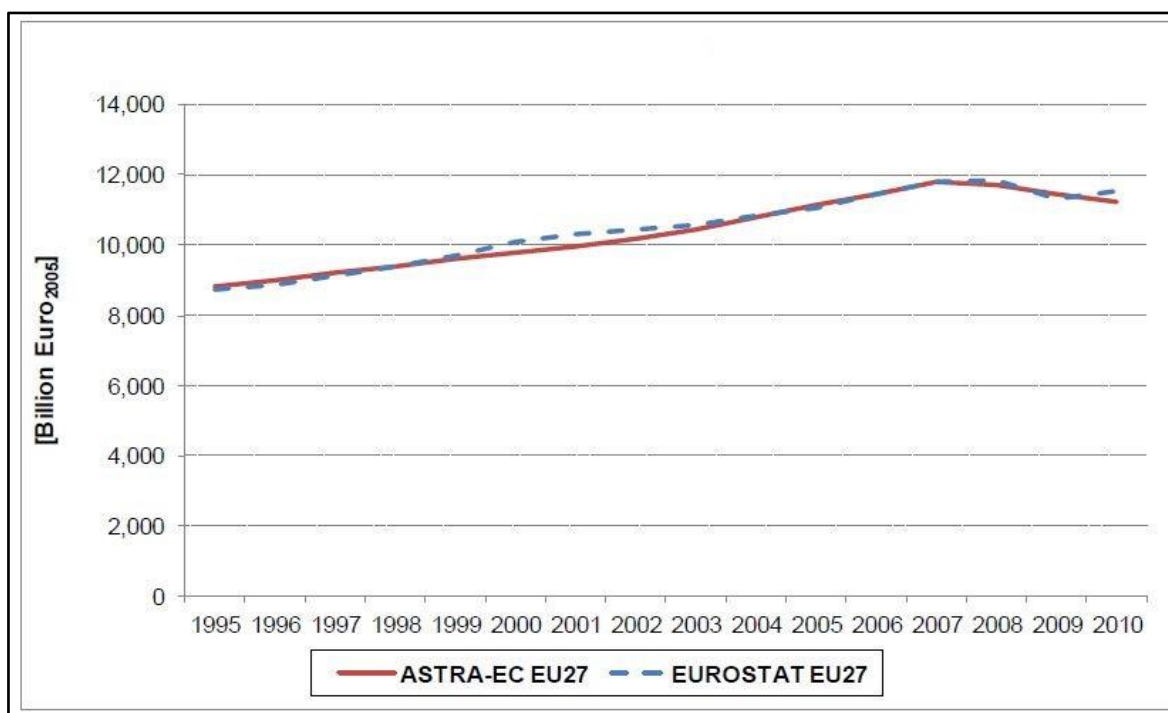


Figura 3.9 - PIB da UE27 (mil milhões de euros 2005). Fonte: [25]

O desenvolvimento demográfico é a principal diretriz no transporte de passageiros, bem como no mercado de trabalho. O desvio médio entre os dados simulados pelo modelo e os do Eurostat para o período 1995-2010 é de +0,6%; em particular, Portugal, apresenta um desvio médio de +0,8%, em que a maior diferença é registada em 2005 com +1,4% [25].

Acompanhado do desenvolvimento dos países está o desenvolvimento da força laboral, isto é, o aumento do número de trabalhadores e consequente diminuição do desemprego. Representada na Figura 3.10, a calibração deste importante indicador foi efetuada com elevado detalhe: o desvio médio do emprego total para UE12<sup>6</sup> foi de -1% e para UE15<sup>7</sup> foi de +1,8% [25].

<sup>6</sup> UE12: Alemanha, Bélgica, Dinamarca, Espanha, França, Grécia, Holanda, Irlanda, Itália, Luxemburgo, Portugal e Reino Unido [26].

<sup>7</sup> UE15: UE12 + Áustria, Finlândia e Suécia [26].

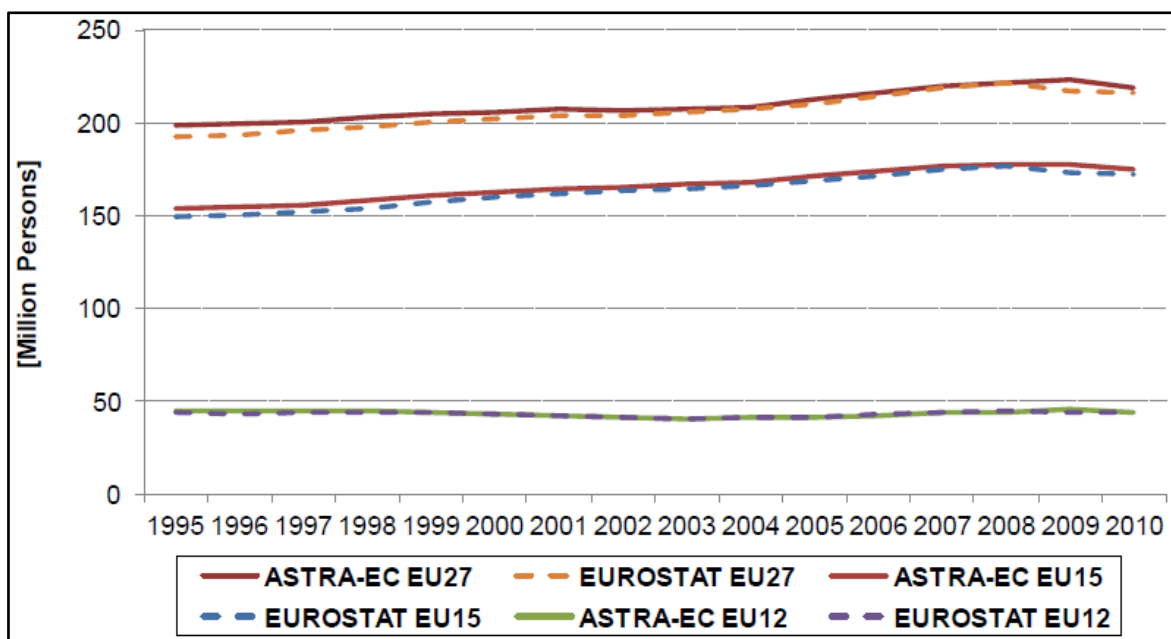


Figura 3.10 - Emprego para UE27, UE15 e UE12 (milhões de pessoas). Fonte: [25]

A calibração da frota automóvel foi efetuada para quatro modos: automóveis ligeiros privados (Figura 3.11), autocarros (Figura 3.12), ligeiros e pesados de mercadorias (Figura 3.13 e Figura 3.14, respetivamente). Nos ligeiros de passageiros a estimativa é ligeiramente inferior aos dados do Eurostat; nos autocarros, a estimativa do modelo é idêntica aos dados históricos, sendo grande parte do período em análise ligeiramente sobrestimado, enquanto na parte final houve subestimação ligeira. Por último, a frota de ligeiros e pesados de mercadorias é subestimada: no início do período, a diferença para os dados históricos é mínima, enquanto no final essa diferença acentua-se; no entanto, o desvio médio, em ambas as categorias de veículos, nunca ultrapassa os -5% em relação à referência [25].

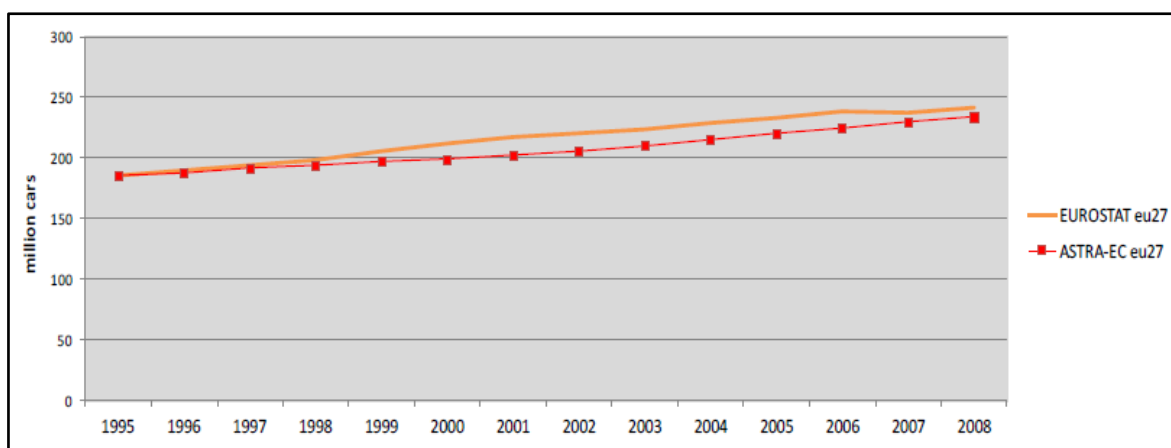


Figura 3.11 - Frota automóvel para UE27 (milhões). Fonte: [25]

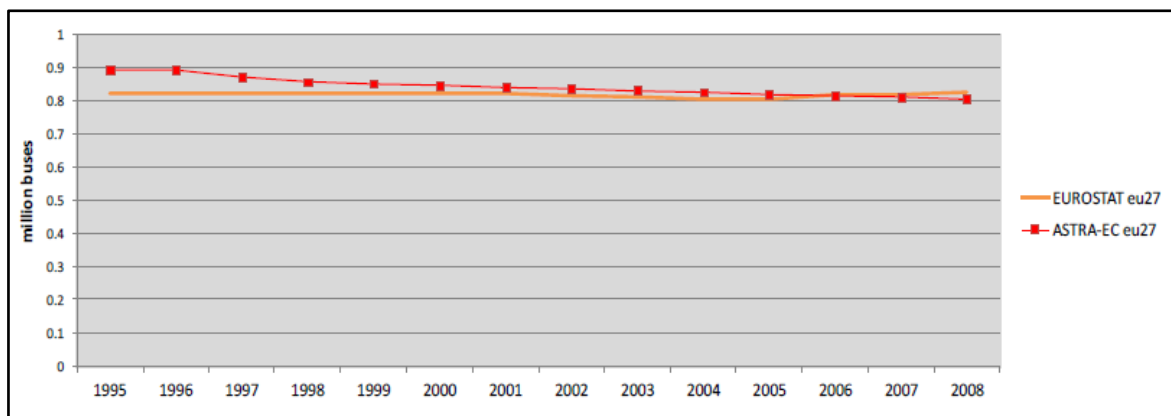


Figura 3.12 - Frota de autocarros para UE27 (milhões). Fonte: [25]

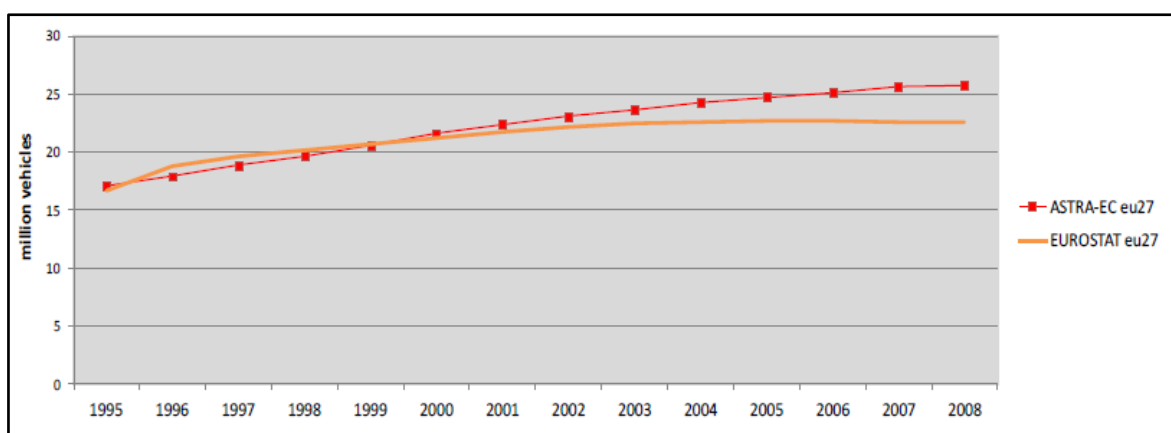


Figura 3.13 - Frota de veículos ligeiros de mercadorias para UE27 (milhões). Fonte: [25]

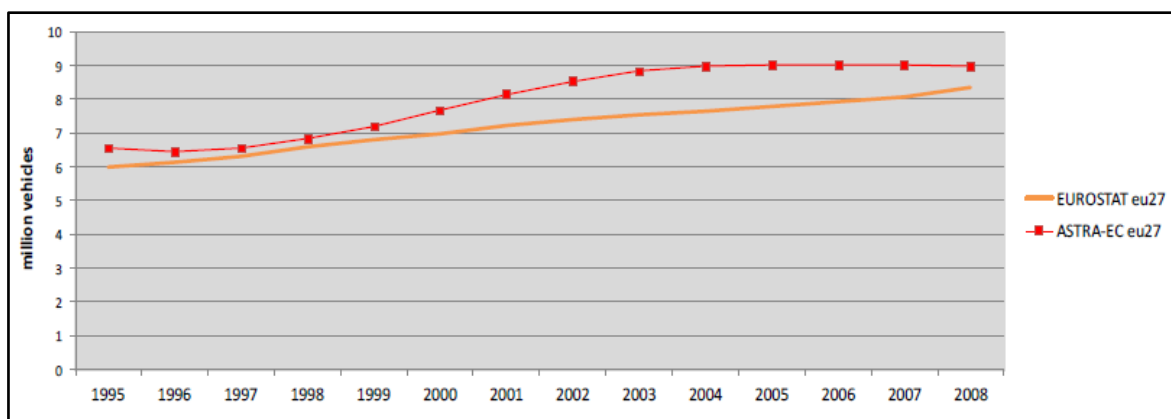


Figura 3.14 - Frota de veículos pesados de mercadorias para UE27 (milhões). Fonte: [25]

### 3.1.5. Limitações

Qualquer modelo simulador da realidade possui limitações. O ASTRA-EC foi desenvolvido em 2010, pelo que a sua base de dados não contempla os dados mais atuais. Por exemplo, a UE e particularmente Portugal passaram por uma grave depressão económica no passado recente, o que modificou as expectativas existentes. Isto sugere que, para uma melhor previsão dos indicadores a longo prazo, a atualização da base de dados seria benéfica. O utilizador não tem permissão para atualizar, sendo apenas possível fornecer alguns conjuntos de dados para uma melhor simulação, conforme detalhado no ponto 3.1.2.1.

Concretamente em relação a Portugal, evidenciam-se as seguintes lacunas:

- Transporte de passageiros: não abrange a totalidade do setor, nomeadamente é omissa no transporte marítimo de passageiros (em Lisboa para atravessar o rio Tejo, por exemplo), e no transporte aéreo de passageiros em Portugal Continental (Faro-Lisboa-Porto);
- Regiões: abrange apenas Portugal Continental e não engloba, portanto, as Regiões Autónomas da Madeira e dos Açores;
- Impostos sobre os combustíveis: não permite definir novos valores, sendo utilizados os existentes à data de publicação do modelo, o que, para o caso português, significa uma diferença de cerca de -15% face aos valores reais;
- Rede de autoestradas: não engloba uma rede detalhada, simulando a circulação considerando como apenas uma autoestrada, ao invés das mais de vinte autoestradas existentes no território, cada uma caracterizada por circulação automóvel distinta;
- Veículos elétricos: não permite a simulação de elevadas taxas de penetração deste tipo de veículos na frota automóvel; diversos países europeus mostraram já intenção de proibir a comercialização de veículos convencionais a partir de 2030/2040 [27], o que levará possivelmente a uma penetração de veículos elétricos nas frotas de automóveis europeias superior ao que é permitido modelar;

É importante ainda realçar que este modelo não simula novos conceitos de transporte de passageiros que estão a emergir, como por exemplo através das novas plataformas tecnológicas *on-demand*, como Uber ou Cabify, ou veículos autónomos ou esquemas de partilha de carro, mota, bicicleta, etc.

## 3.2. Cenários

Apesar do modelo permitir a simulação de 23 políticas diferentes (conferir Secção 3.1.2), nem todas foram consideradas neste trabalho, por não se coadunarem com os objetivos. Foram selecionadas sete para simular, em que as primeiras três (P1 a P3) são referentes à categoria Economia (ver Secção 3.3), simulando a introdução de taxas adicionais na circulação rodoviária; as restantes quatro (P4 a P7) são referentes à categoria Ambiente (ver Secção 3.4), mais focadas na componente ambiental do trabalho, como por exemplo na melhoria do transporte coletivo de passageiros ou na difusão de veículos de baixas emissões.

Foram elaborados diversos cenários finais com o horizonte 2050, em que cada um nasce da combinação de cenários de ambas as categorias, conforme ilustrado na Tabela 3.2. Os cenários económicos (E1 a E4) abrangem exclusivamente políticas da categoria Economia e os cenários

ambientais (A1 a A4) políticas da categoria Ambiente. As políticas são aplicadas em diversas intensidades em cada cenário de modo a permitir a análise dos impactos e estabelecer uma relação entre causas e efeitos.

Tabela 3.2 - Constituição dos cenários finais.

	A1	A2	A3	A4
E1	E1A1	E1A2	E1A3	E1A4
E2	E2A1	E2A2	E2A3	E2A4
E3	E3A1	E3A2	E3A3	E3A4
E4	E4A1	E4A2	E4A3	E4A4

Resultaram 16 cenários compostos, dos quais se escolheram seis para simular, assinalados com a cor cinza na tabela. A seleção teve em vista a coerência entre políticas – considerou-se que, tendencialmente, políticas ambientalmente mais fortes são aplicadas ao mesmo tempo que políticas económicas para favorecer o ambiente – e, adicionalmente, como exercício, foram testados os cenários mais heterogêneos entre políticas económicas e ambientais (E4A1 e E1A4).

Adicionalmente, foi elaborado um cenário base (Cenário de Referência) correspondendo à evolução esperada sem aplicação das políticas apresentadas (*business as usual*). Este será utilizado para referência e comparação com os restantes cenários.

### 3.3. Políticas económicas

De seguida descrevem-se as políticas económicas consideradas. Os valores adotados para cada política encontram-se detalhados na descrição individual e em quadro geral na Tabela 3.3.

**P1:** Aplicação de uma taxa (€/entrada) na entrada dos grandes centros urbanos aos veículos ligeiros de passageiros. Cada cenário considera a introdução em anos diferentes; para mais detalhes, consultar a descrição da Política 1 da Secção 3.1.2.

**P2:** Introdução de uma taxa adicional (€/v.km) pela circulação de veículos ligeiros de passageiros, ligeiros e pesados de mercadorias na rede de autoestradas. É aplicada sempre no ano 2020, encontrando-se descrita nas Políticas 2 e 4 da Secção 3.1.2.

**P3:** Aumento do IUC. Corresponde à reformulação da legislação entrada em vigor a 1 de janeiro de 2017. Delibera que veículos com emissões de CO<sub>2</sub> entre 180 e 250 g/km têm um valor adicional no IUC de €38,08 [28]. Tem o objetivo de estimular a aquisição de veículos energeticamente mais eficientes. A política P3 tem o mesmo âmbito: considera a substituição do imposto anteriormente descrito por um em que é atribuído um custo extra no IUC por cada grama de CO<sub>2</sub> (€/gCO<sub>2</sub>) acima de um determinado valor, que varia de acordo com os objetivos da UE para comercialização de novos veículos. Os objetivos são de um máximo de 95 g/km em 2020 e 70 g/km em 2030 [18]. Esta política encontra-se detalhada na Secção 3.1.2 (Política 7).

Foram concebidos quatro cenários – E1, E2, E3 e E4 –, correspondendo cada um a uma determinada intensidade nas políticas P1 a P3. Os cenários E1 a E4 correspondem sucessivamente a políticas aplicadas de forma mais forte. A Tabela 3.3 resume e discrimina os cenários.

Tabela 3.3 - Cenários económicos.

		E1	E2	E3	E4	
<b>Política 1</b>	Ano de introdução	2020	2025	2030	2040	
	Valor (€/entrada)	1	3	5	7	
<b>Política 2</b>	Ano de introdução	2020	2020	2020	2020	
	Ligeiros de passageiros	0,01	0,02	0,03	0,04	
	Ligeiros de mercadorias	Taxa (€/v.km)	0,01	0,03	0,06	0,07
	Pesados de mercadorias		0,01	0,03	0,06	0,09
<b>Política 3</b>	Ano de introdução	2017	2020	2020	2020	
	Taxa (€/gCO <sub>2</sub> )	0,544	1	2	4	

### 3.4. Políticas ambientais

De seguida descrevem-se as políticas ambientais consideradas. Os valores que foram adotados para cada política encontram-se resumidos na Tabela 3.4.

**P4:** Difusão de veículos mais eficientes, no que concerne ao nível de emissões de CO<sub>2</sub>, CO, NOx e PM. Esta política pressupõe que os novos veículos comercializados pela indústria automóvel dentro da UE serão de acordo com a evolução prevista na legislação. É aplicada em dois níveis.

O Nível 1 engloba melhoria na eficiência da combustão do combustível, o que implica a redução de emissões de CO<sub>2</sub> em novos veículos comercializados. Assume limites máximos de emissões de acordo com a legislação da UE, conforme se pode consultar na descrição da Política 16 da Secção 3.1.2.

O Nível 2 corresponde à subida do nível anterior e a uma melhoria nos fatores de emissão de poluentes (CO, NOx e PM). Assume que os novos veículos ligeiros e pesados cumprem o padrão de emissão pós-Euro VI. Para referência, consultar a descrição da Política 17 da Secção 3.1.2.

**P5:** Distribuição mais eficiente de mercadorias em centros urbanos, fazendo aumentar o fator de capacidade do transporte de mercadorias. Esta política equivale à Política 19 da Secção 3.1.2, onde pode ser consultada em maior pormenor.

**P6:** Implantação no mercado mais forte de veículos de baixas emissões. Inclui veículos elétricos, híbridos e a hidrogénio. Os cenários consideram essencialmente veículos elétricos, pois constituem a tecnologia mais promissora. É aplicada em dois níveis: o Nível 1 abrange a difusão de veículos elétricos e híbridos (10% da frota automóvel em 2050), enquanto o Nível 2 incorpora o nível anterior e a difusão de veículos a hidrogénio (2% da frota automóvel em 2050). Estas políticas podem ser consultadas com mais detalhe na Secção 3.1.2, na descrição das Políticas 20 e 21.

**P7:** Melhoria do transporte coletivo de passageiros, abrangendo os modos de transporte por autocarro e ferroviária. Considera-se uma melhoria na qualidade do serviço e redução dos tempos de viagem, sendo

que cada cenário corresponde à aplicação em anos diferentes. A descrição com maior pormenor encontra-se na Secção 3.1.2, Política 11.

De igual forma ao ponto anterior, foram elaborados quatro cenários - A1, A2, A3 e A4 - em que A1 corresponde a políticas de menor intensidade e A4 de maior intensidade, como está representado na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 - Cenários ambientais.

		A1	A2	A3	A4
<b>Política 4</b>	Nível (ver descrição de P4)	-	1	2	2
	Ano de introdução	2020	2020	2020	2020
<b>Política 5</b>	Ligeiro de mercadorias	5%	10%	15%	25%
	Pesado de mercadorias	-	-	2%	4%
<b>Política 6</b>	Nível (ver descrição de P6)	-	1	2	2
<b>Política 7</b>	Ano de introdução	2020	2025	2030	2040
Autocarros e ferrovia	Redução dos tempos de viagem	5%	10%	15%	30%

### 3.5. Referências para os cenários

Para uma simulação mais fidedigna, foram adotados determinados critérios e fornecidas tendências ao modelo ASTRA-EC. Foram analisados exemplos de políticas idênticas às que se simularam em outras cidades (por exemplo, taxa na entrada em grandes centros urbanos) e foram fornecidos diversos conjuntos de dados relativos a Portugal, como: PIB, população, custo de circulação na rede de autoestradas, evolução dos preços de combustível e custo das externalidades das emissões de CO<sub>2</sub> no setor dos transportes. Os mesmos detalham-se seguidamente.

#### Taxa rodoviária na entrada de grandes centros urbanos

Para estabelecer um intervalo de valores adequado, foram analisadas seis políticas idênticas em outras cidades, discriminadas na Tabela 3.5. Considerando os exemplos, a média obtida foi de 4,82 €/entrada e, desta forma, o intervalo de valores considerado para a política P1 foi em redor deste valor.

Tabela 3.5 - Taxas rodoviárias por cidade (2017). Fonte: [29] [30] [31] [32] [33] [34]

Cidade	País	Taxa (€/entrada)
Bergen	Noruega	3,52
Oslo	Noruega	3,40
Estocolmo	Suécia	2,28
Londres	Inglaterra	12,36
Milão	Itália	5,00
Durham	Inglaterra	2,36
Média	-	4,82

**PIB**

O modelo simula a evolução deste indicador até 2050. Assim, foram fornecidos dados sobre este entre 2011 e 2016, representados na Tabela 3.6, e a partir do ano 2017, inclusive, o modelo estima a evolução.

Tabela 3.6 - PIB em Portugal (2011-2016). Fonte: [35]

<b>Ano</b>	<b>PIB (milhões de euros)</b>
2011	176 166
2012	168 398
2013	170 269
2014	173 079
2015	179 504
2016	184 931

**Custo de circulação na rede de autoestradas**

Com recurso ao simulador do custo de circulação na rede de autoestradas em Portugal [36], estimou-se este custo para as quatro classes de veículos rodoviários. Foram escolhidas quinze autoestradas de forma aleatória e retirado o custo de circulação em cada uma para cada classe. Por fim, foi efetuada a média e obtido o valor para cada uma das classes de veículos, como detalha a Tabela 3.7.

Tabela 3.7 - Custo de circulação na rede de autoestradas em Portugal (2017).

<b>Autoestrada</b>	<b>Classe 1</b>	<b>Classe 2</b>	<b>Classe 3</b>	<b>Classe 4</b>
	<b>Euro/km</b>			
A 1	0,073	0,128	0,165	0,183
A 11	0,064	0,113	0,147	0,164
A 13	0,076	0,133	0,170	0,190
A 14	0,102	0,178	0,227	0,253
A 17	0,086	0,150	0,195	0,216
A 2	0,094	0,164	0,211	0,234
A 22	0,093	0,164	0,211	0,235
A 25	0,072	0,127	0,162	0,180
A 28	0,081	0,141	0,182	0,202
A 3	0,043	0,075	0,096	0,107
A 4	0,027	0,048	0,061	0,068
A 5	0,076	0,150	0,150	0,150
A 6	0,120	0,211	0,272	0,302
A 7	0,105	0,181	0,233	0,260
A 8	0,075	0,130	0,168	0,186
Média	0,079	0,140	0,177	0,195

O modelo necessita da atualização do custo de circulação na rede de autoestradas, e desta forma foram introduzidos os valores médios referidos acima. Como a política P2 considera a introdução de uma

taxa extra sobre esta circulação, foi considerado que os valores desta seriam, na sua máxima intensidade (cenário E4), iguais a metade do custo de circulação de cada classe de veículo.

### Preços dos combustíveis (antes de impostos)

Foi fornecida tendência de evolução no período 2011-2050, que se divide em dois períodos: 2011-2016, com preços de combustíveis retirados da DGEG [37], que podem ser consultados na Tabela 3.8; 2017-2050, estimados com base na previsão de evolução do preço do barril de petróleo Brent [38], que é referência para Portugal.

A estimativa dos preços dos combustíveis entre 2017-2050 foi efetuada com recurso a regressão linear com base no período 2004-2016, isto é, foram representados graficamente os preços dos combustíveis em função do preço do barril de petróleo [39] no referido período e obtidas as equações das retas (ver gráficos e equações disponíveis na Figura 6.1, Figura 6.2 e Figura 6.3 do Anexo II). Os valores finais podem ser consultados na Tabela 6.6 do Anexo II.

Tabela 3.8 - Preço dos combustíveis e do barril de petróleo (2004-2016).

Ano	Diesel (€/litro)	Gasolina (€/litro)	GPL (€/litro)	Barril petróleo (€)
2004	0,355	0,400	0,320	35,9
2005	0,462	0,474	0,353	52,3
2006	0,523	0,561	0,385	62,6
2007	0,529	0,582	0,387	69,9
2008	0,686	0,652	0,448	91,5
2009	0,471	0,514	0,368	60,1
2010	0,588	0,605	0,450	75,6
2011	0,751	0,729	0,500	105,3
2012	0,812	0,815	0,514	104,6
2013	0,761	0,764	0,481	101,7
2014	0,690	0,722	0,360	91,4
2015	0,577	0,643	0,226	51,0
2016	0,503	0,571	0,173	43,1

### Tendência de evolução da população residente

Introduziram-se no modelo os números totais de população residente em Portugal Continental para o período 2011-2050, sendo que se divide em dois períodos distintos: entre 2011-2016, i.e., dados históricos, obtidos da Pordata [40]; entre 2017-2050, recorrendo às projeções efetuadas pelo Instituto Nacional de Estatística [41], foi escolhido o cenário de projeção central, que podem ser consultadas na Tabela 6.7 do Anexo II.

### Externalidades das emissões de CO<sub>2</sub>

Estimativa dos custos relacionados com os impactos negativos das emissões de CO<sub>2</sub>, relacionado com os vários efeitos que as alterações climáticas têm nas mudanças do nível médio da água do mar, na paisagem, disponibilidade de água potável, vegetação, etc. Foi considerado o valor médio de 49 euros/ton [42], assumindo-se que permanece constante até 2050 a preços atuais.



## 4. Resultados

A apresentação dos resultados é distribuída por três categorias de indicadores: Transportes, Ambiente e Economia. São mostrados os resultados em valor absoluto ou as variações de cada cenário simulado em relação ao Cenário de Referência. A Secção 4.1 mostra os resultados para o Cenário de Referência e as restantes mostram os resultados dos cenários alternativos. Como o modelo não inclui as regiões autónomas, conforme descrito na Secção 3.1.5, os resultados seguintes são alusivos apenas a Portugal Continental. O Anexo III discrimina detalhadamente os resultados.

### 4.1. Cenário de referência

O Cenário de Referência projeta um aumento do volume de viagens de transporte de passageiros, de 106,9 para 127,1 mil milhões de p.km entre 2015 e 2050 (crescimento de 18,9%), apesar da diminuição da população residente em Portugal. Durante este período, não existe alteração significativa nos modos, como se pode confirmar na Figura 4.1, mantendo-se o automóvel como principal meio de transporte motorizado, com 85% do total, seguido de autocarro com 9,7% e o transporte ferroviário com 5,3%.

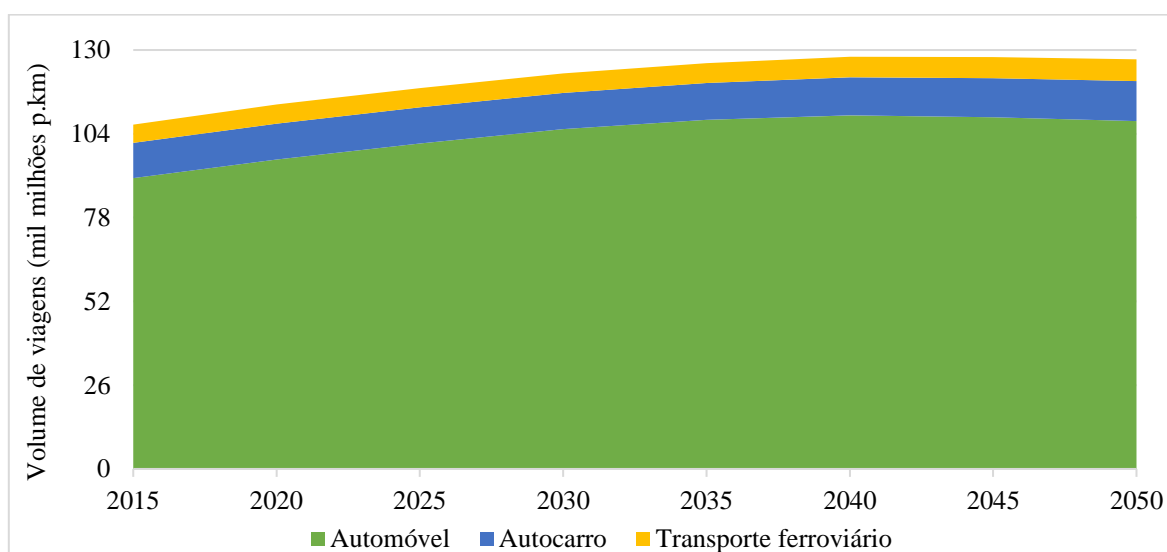


Figura 4.1 - Volume de viagens por modo no Cenário de Referência (2015-2050).

O número de veículos ligeiros de passageiros por mil habitantes, i.e. a taxa de motorização, é estimado que aumente de 452,8 em 2015 para 530,1 em 2050 (crescimento de 17,1%). No mesmo período, é projetado que o consumo de energia final nos transportes diminua 0,7%, (de 6,08 para 6,04 Mtep) e as emissões de CO<sub>2</sub> diminuam 2,6% (de 18,2 para 17,7 Mton), conforme se pode observar na Figura 4.2 e Figura 4.3. Pode-se dizer que esta diminuição de consumo e de emissões está relacionada com o aumento da eficiência nos motores de combustão e renovação da frota automóvel.

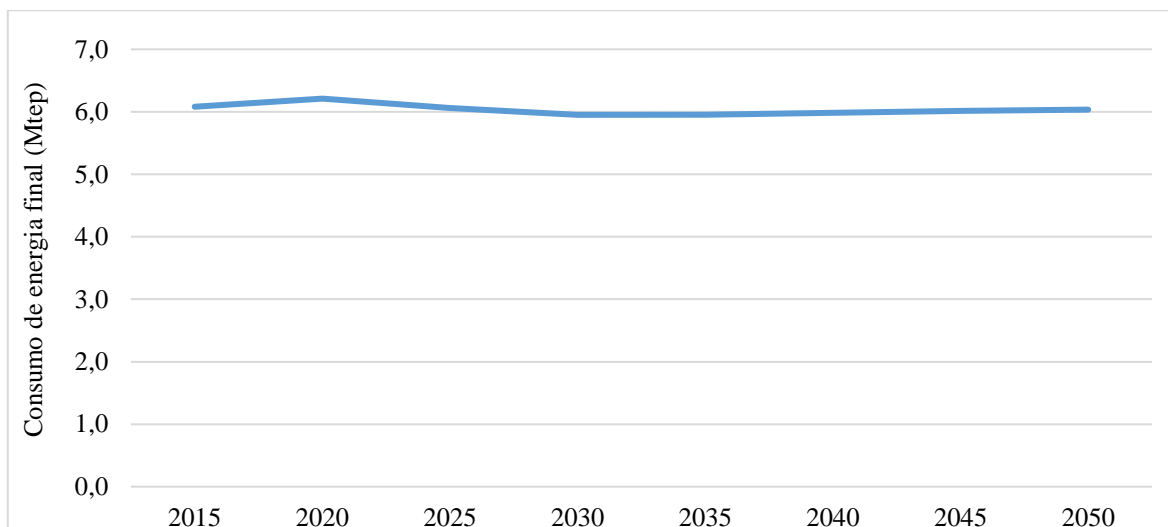


Figura 4.2 - Consumo de energia final no Cenário de Referência (2015-2050).

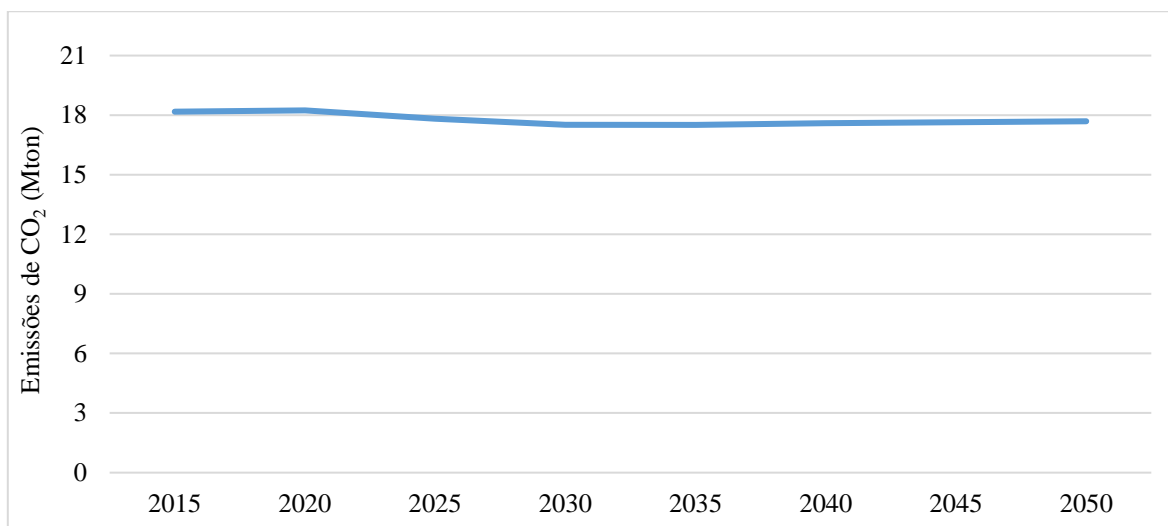


Figura 4.3 - Emissões de CO<sub>2</sub> no Cenário de Referência (2015-2050).

Com a diminuição de emissões de CO<sub>2</sub> no setor dos transportes, as externalidades associadas também diminuem, conforme se pode observar na Figura 4.4. Estas passam de 890,6 para 867 milhões de euros, o que representa uma redução de 3%.

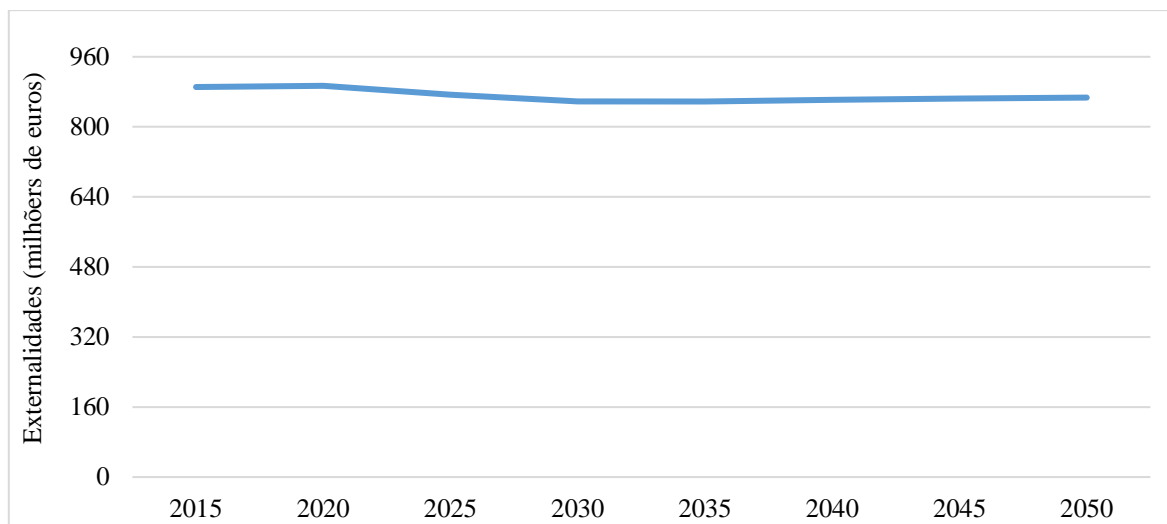


Figura 4.4 - Externalidades das emissões de CO<sub>2</sub> nos transportes no Cenário de Referência (2015-2050).

No que concerne às emissões de poluentes (CO, NOx e PM<sub>2.5</sub>), é estimado que estas diminuam no Cenário de Referência, conforme se pode observar na Figura 4.5. Entre 2015 e 2050, é projetada uma redução de 42%, passando de 89,3 para 51,8 milhares de toneladas. Esta tendência de redução deve-se à renovação da frota automóvel por veículos mais eficientes, isto é, comercialização de veículos com padrões de emissões mais restritos. Os valores individuais de emissão de cada poluente estão detalhados no Anexo III.

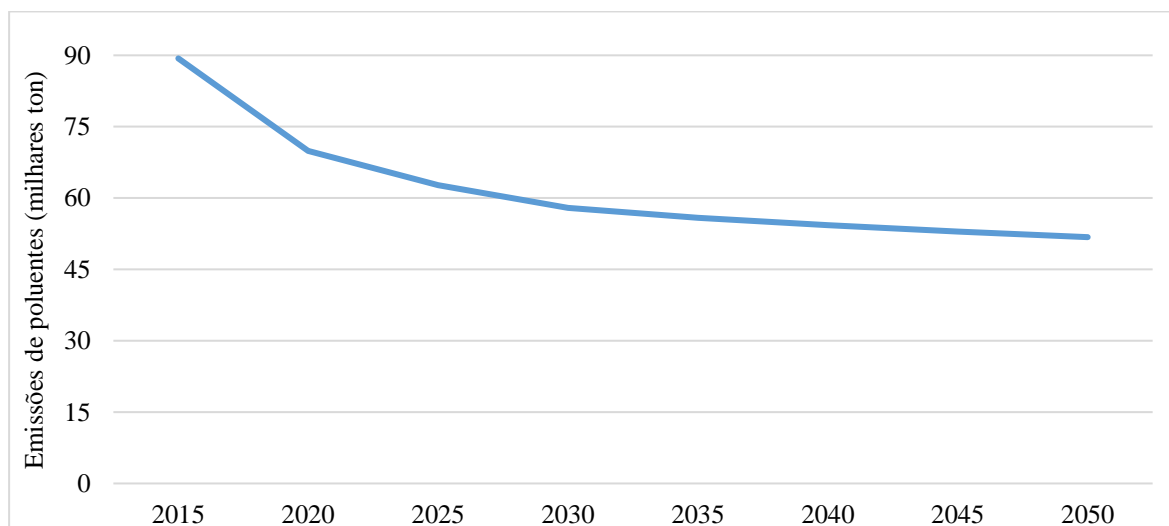


Figura 4.5 - Emissões de poluentes (CO, NOx e PM) no Cenário de Referência (2015-2050).

É projetado que as receitas fiscais aumentem até 2050 neste Cenário de Referência, conforme se pode observar na Figura 4.6: a receita dos combustíveis aumenta de 3,5 para 4,6 mil milhões de euros entre 2015 e 2050 (+31%); a receita proveniente da circulação rodoviária aumenta de 714 para 1 086 milhões de euros (+52%). Estes aumentos são consequência da contínua utilização do automóvel como principal meio de transporte.

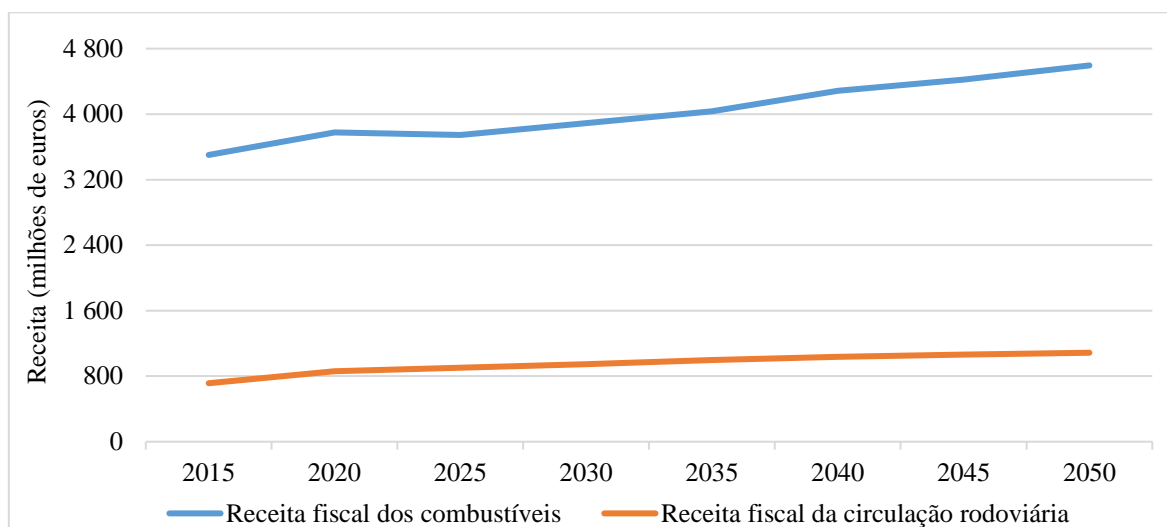


Figura 4.6 - Receitas fiscais do Cenário de Referência (2015-2050).

É estimado que o PIB nacional aumente de 179,5 para 287,6 mil milhões de euros no nesse período, representando um crescimento anual de 1,72%. No mesmo período, o emprego nacional é estimado que aumente de 4,87 para 5,09 milhões de trabalhadores conforme se observa na Figura 4.7, o que traduz uma evolução da população empregada de cerca de 49% para 59% da população total.

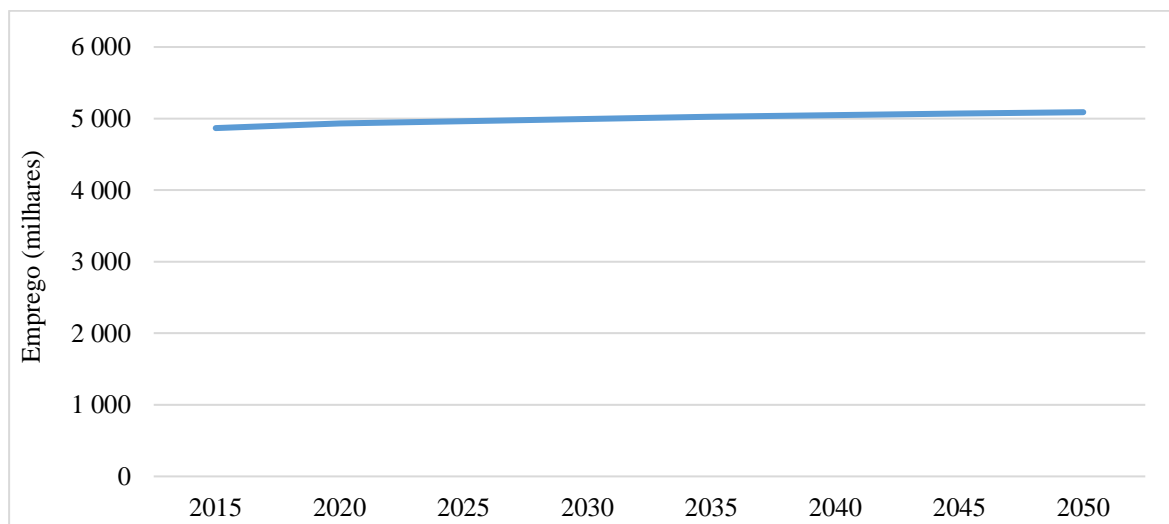


Figura 4.7 - Emprego nacional no Cenário de Referência (2015-2050).

## 4.2. Cenários alternativos

### 4.2.1. Transportes

O volume de viagens decresce ligeiramente em todos os cenários simulados, sendo mais expressivo em E1A1 (-0,8% do volume total) e menos expressivo em E1A4 (-0,2%). A Figura 4.8 representa a evolução deste indicador até 2050, com base no ano 2015, o qual foi estimado em 106,9 mil milhões de p.km.

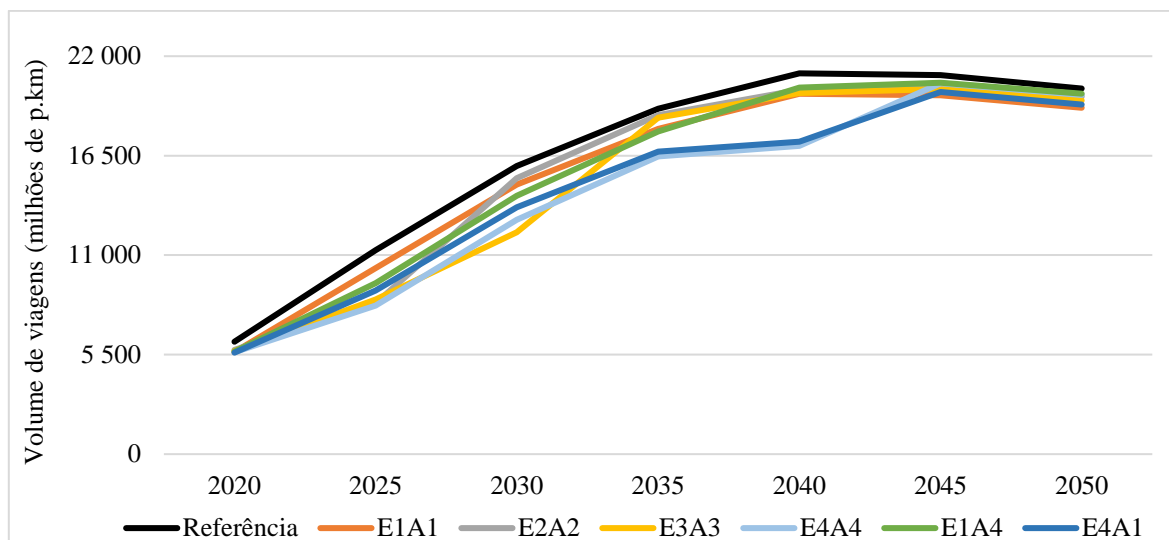


Figura 4.8 - Volume de viagens no transporte de passageiros (2020-2050).

Observa-se uma tendência de evolução até 2050 muito similar ao Cenário de Referência, existindo variações significativas nos modos: nos cenários alternativos em comparação com a referência a utilização do automóvel reduz-se, e a de autocarro e transporte ferroviário aumenta, conforme se pode confirmar na Figura 4.9.

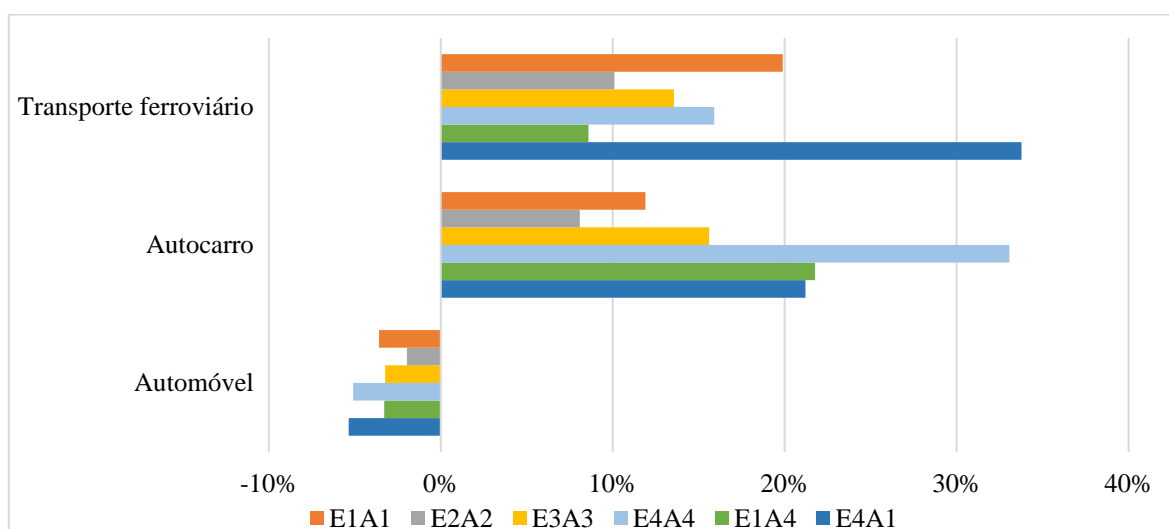


Figura 4.9 - Variação do transporte de passageiros por modo (2020-2050).

A utilização do automóvel privado reduz-se entre 2% (E2A2) e 5,4% (E4A1) até 2050. Porém, verifica-se que os cenários que incorporam políticas económicas mais ambiciosas, i.e. E4, permitem reduções mais significativas deste modo, como se verifica em E4A4 (-5,1%) e E4A1 (-5,4%), resultado da aplicação de taxas sobre o automóvel.

A utilização de autocarro aumenta entre 8,1% (E2A2) e 33,1% (E4A4) até 2050, podendo-se afirmar que este aumento é maior quando se implementam políticas de cariz ambiental com mais vigor. Os cenários onde se regista maior crescimento é em E4A4 (+33,1%) e E1A4 (+21,8%), com políticas económicas de elevada intensidade no primeiro e de baixa no segundo. Isto sugere que, no primeiro caso, a população altera os seus hábitos de mobilidade devido ao custo rodoviário da circulação em automóvel privado. Por outro lado, mesmo sendo a intensidade baixa, registam-se elevados aumentos da utilização do autocarro por via das fortes políticas ambientais; por exemplo, nos cenários E1A1 e E2A2 o aumento deste modo não é tão expressivo, pois a intensidade das políticas ambientais não é elevada.

Por último, a utilização do transporte ferroviário aumenta entre 8,6% (E1A4) e 33,8% (E4A1) até 2050, sendo de 19,9% o segundo maior crescimento (E1A1), o que indica que este modo aumenta independentemente da natureza e intensidade das políticas. O primeiro caso é caracterizado por uma elevada intensidade de políticas ambientais, favorecendo este modo pela rapidez e custo de transporte; o segundo representa uma elevada intensidade de políticas económicas, o que encarece a circulação rodoviária do automóvel; o terceiro tem políticas de ambas as categorias de intensidade baixa, o que favorece o transporte ferroviário e aumenta o custo de circulação rodoviária por automóvel.

A evolução da taxa de motorização, detalhada na Tabela 4.1, é muito idêntica entre os cenários simulados e a referência. Até 2050, a maior diferença é registada em E2A2 (-0,65%) e o mais idêntico é E4A1 (-0,1%). A evolução deste indicador permite afirmar que a sociedade prossegue a renovação e aumento da frota automóvel independentemente da natureza e intensidade das políticas, não sendo a variação no PIB decorrente das políticas (ver Secção 4.2.3) suficiente para alterar significativamente este panorama.

Tabela 4.1 - Taxa de motorização em Portugal (2020-2050).

	2020	2030	2040	2050
<b>Referência</b>	468,2	490,3	510,1	530,1
<b>E1A1</b>	468,2	489,4	509,3	529,4
<b>E2A2</b>	468,3	487,7	506,8	526,7
<b>E3A3</b>	468,3	488,7	507,1	527,0
<b>E4A4</b>	468,3	488,8	508,2	527,2
<b>E1A4</b>	468,3	488,6	507,8	527,7
<b>E4A1</b>	468,2	489,9	510,2	529,6

#### 4.2.2. Ambiente

Todos os cenários simulados permitem uma redução do consumo de energia final entre 2,1% (E1A1) e 26% (E4A4) até 2050, sendo o primeiro caracterizado por uma redução média anual de 0,08% e o segundo por 0,76%. Na Figura 4.10 está representada a redução deste indicador em relação aos valores do Cenário de Referência.

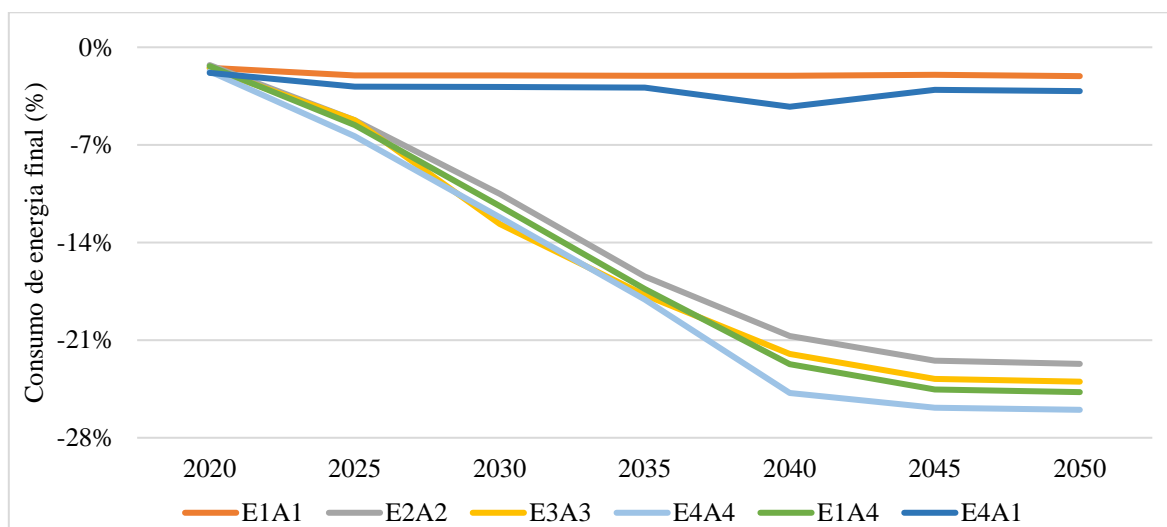


Figura 4.10 - Evolução do consumo de energia final nos transportes (2020-2050).

A Figura 4.10 permite ainda verificar que nos cenários em que a política P6 (difusão de veículos de baixa emissões) não é ativada (E1A1 e E4A1), a redução é pouco significativa e sempre abaixo de 4% em relação. Isto permite afirmar que a difusão de veículos de baixas emissões está fortemente ligada à redução deste indicador. Por outro lado, quando esta política é implementada, isto é, nos restantes cenários, a redução do consumo de energia é sempre superior a 20% até 2050.

A evolução do consumo final de energia está intimamente correlacionada com a evolução das emissões de CO<sub>2</sub> nos transportes, isto é, uma alteração num origina uma alteração de sentido igual no outro. Pode confirmar-se esta tendência na Figura 4.11, onde está representada a redução das emissões de CO<sub>2</sub> em relação ao valor do Cenário de Referência até 2050.

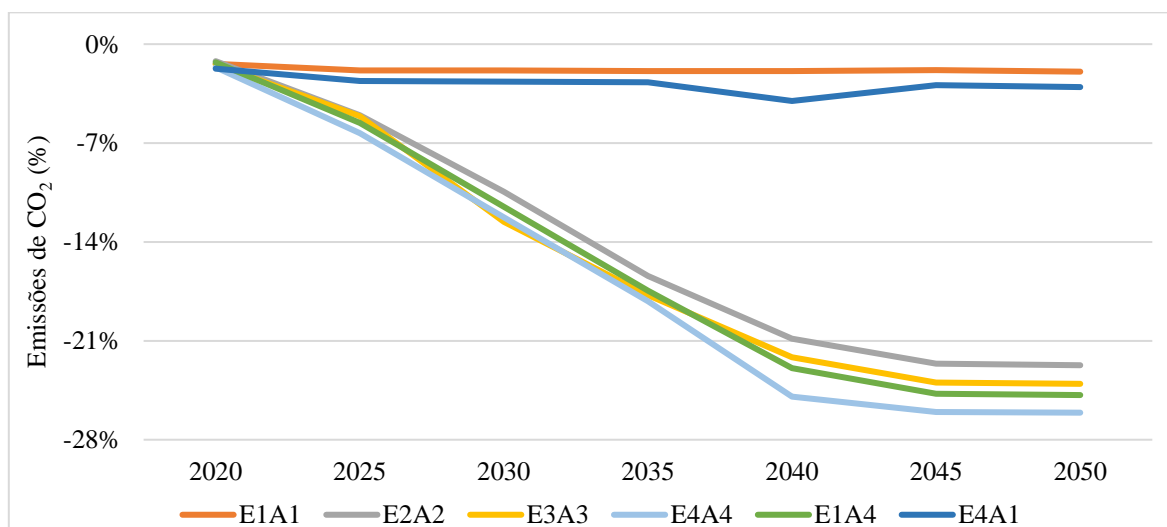


Figura 4.11 - Redução das emissões de CO<sub>2</sub> nos transportes (2020-2050).

A figura anterior mostra que a menor redução até 2050 é registada no cenário E1A1 (-1,9%) e a maior em E4A4 (-26,1%). De igual forma ao indicador anterior, os cenários E1A1 e E4A1, onde não se aplica a política P6, apresentam a menor diminuição de emissões de CO<sub>2</sub>. Os restantes, com a política aplicada, permitem uma redução superior a 20% até 2050.

Quer no consumo de energia final quer nas emissões de CO<sub>2</sub>, existe uma redução significativa até 2040, motivada pela política P6 e consequente renovação da frota automóvel; a partir deste ano, observa-se uma desaceleração nesta redução, fruto de uma desaceleração da difusão no mercado de veículos mais eficientes.

De igual modo ao indicador anterior, as emissões de poluentes (CO, NOx e PM2.5) diminuem em relação ao valor do Cenário de referência, conforme se pode verificar na Figura 4.12. Existe clara tendência neste indicador: os cenários em que a política P4 (difusão de veículos eficientes de baixas emissões de poluentes) não se encontra ativa (E1A1, E2A2 e E4A1), a redução é pouco significativa e sempre inferior a 7%. Por outro lado, quando esta política é implementada, isto é, nos restantes cenários, a redução é sempre superior a 20%, o que demonstra a forte ligação desta política à redução deste indicador.

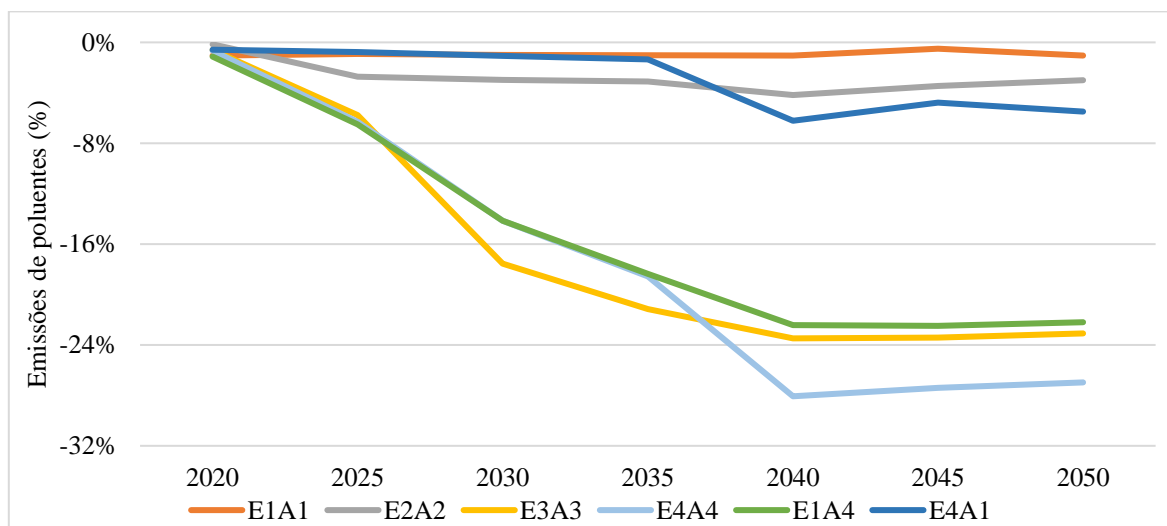


Figura 4.12 - Redução das emissões de poluentes (CO, NOx e PM2.5) nos transportes (2020-2050).

### 4.2.3. Economia

Como se pode observar na Figura 4.13, as externalidades associadas às emissões de CO<sub>2</sub> variam conforme a variação das emissões provenientes dos transportes, sendo a menor redução registada em E1A1 (-2%) e a maior em E4A4 (-26%).

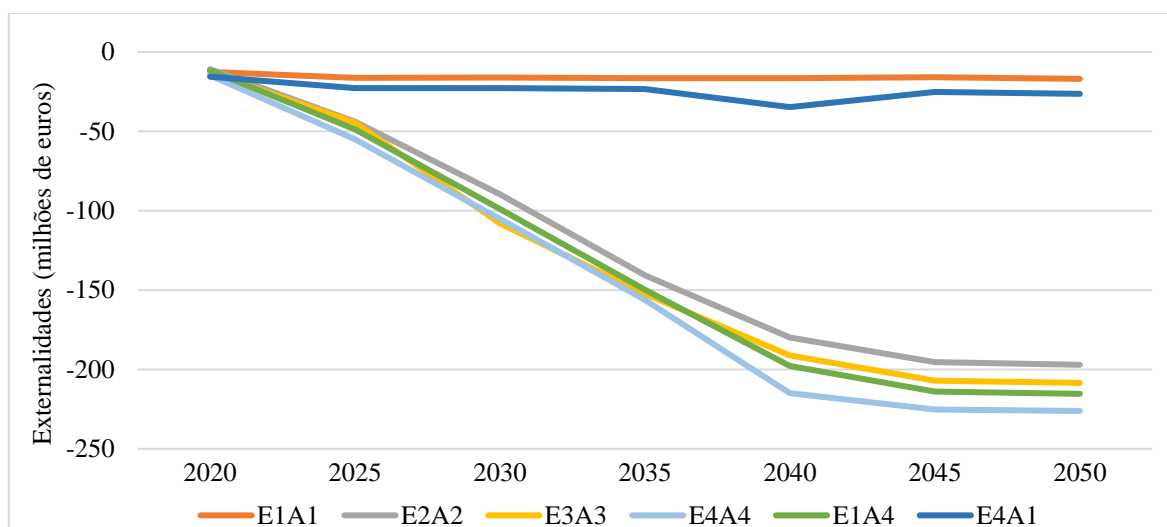


Figura 4.13 - Redução das externalidades das emissões de CO<sub>2</sub> nos transportes (2020-2050).

De notar que, conforme observado nos indicadores ambientais, existem dois cenários em que as externalidades sofrem ligeiras descidas (E1A1 e E4A1), coincidentes com a ausência da política P6. Todos os restantes cenários permitem uma redução mais substancial, sempre acima de 23%.

A aplicação das políticas económicas no setor dos transportes tem como consequência a diminuição da circulação rodoviária e, de forma natural, uma redução da receita fiscal proveniente do consumo de combustíveis. Na Figura 4.14 está representada a evolução deste indicador até 2050, tendo como base o ano de 2015, em que a receita fiscal foi estimada em 3,5 mil milhões de euros.

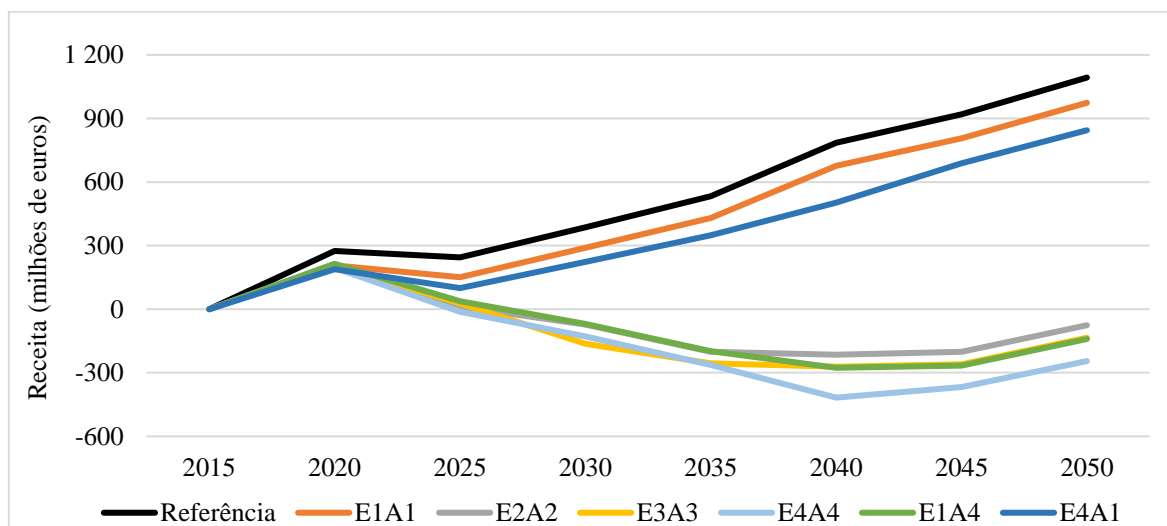


Figura 4.14 - Receita fiscal dos combustíveis em Portugal (2015-2050).

A figura permite verificar que a receita fiscal aumenta favoravelmente em E1A1 e E4A1, aproximando-se dos valores do Cenário de Referência, o que indica que políticas ambientais pouco ambiciosas (ambos cenários têm A1) penaliza pouco a circulação rodoviária. Por outro lado, os

restantes cenários apresentam uma redução significativa até 2050, sendo E4A4 o mais penalizado, com -29% em relação à referência.

Em contrapartida com o indicador anterior, a receita fiscal proveniente da circulação rodoviária aumenta substancialmente devido à introdução das políticas económicas simuladas. Na Figura 4.15 está representada a evolução da receita fiscal até 2050, com base no ano de 2015, que registou 714 milhões de euros.

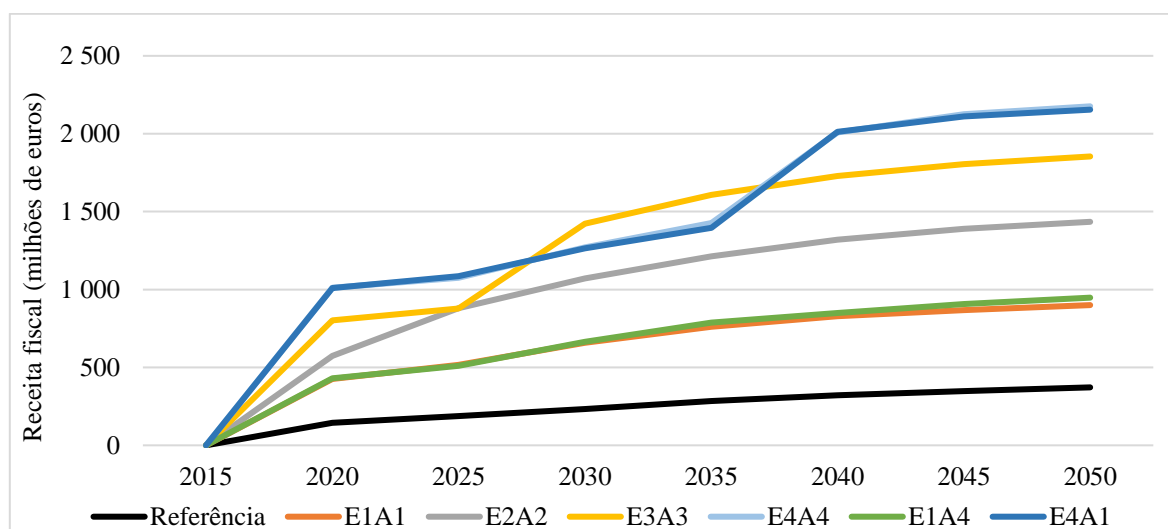


Figura 4.15 - Receita fiscal da circulação rodoviária (2015-2050).

A figura evidencia que em todos os cenários existe uma maior receita fiscal gerada pela circulação rodoviária. Até 2050, o maior aumento de receita é registado em E4A4 (+166% em relação ao valor do Cenário de Referência) e o menor é em E1A4 (+49%). É de assinalar que os cenários apresentam maiores receitas fiscais conforme o aumento da intensidade das políticas económicas, independentemente da força das políticas ambientais.

O PIB em Portugal regista alterações, como se pode observar na Figura 4.16, que traduz a variação positiva ou negativa até 2050 em relação ao Cenário de Referência. É possível identificar dois padrões nesta evolução: entre 2020 e 2030, o PIB varia negativamente ou cresce ligeiramente, pois este período coincide com a introdução das políticas e, desta forma, com o consequente aumento da despesa para mobilidade por parte das famílias e estado; entre 2030 e 2050, após o período de adaptação da sociedade, observa-se crescimento económico.

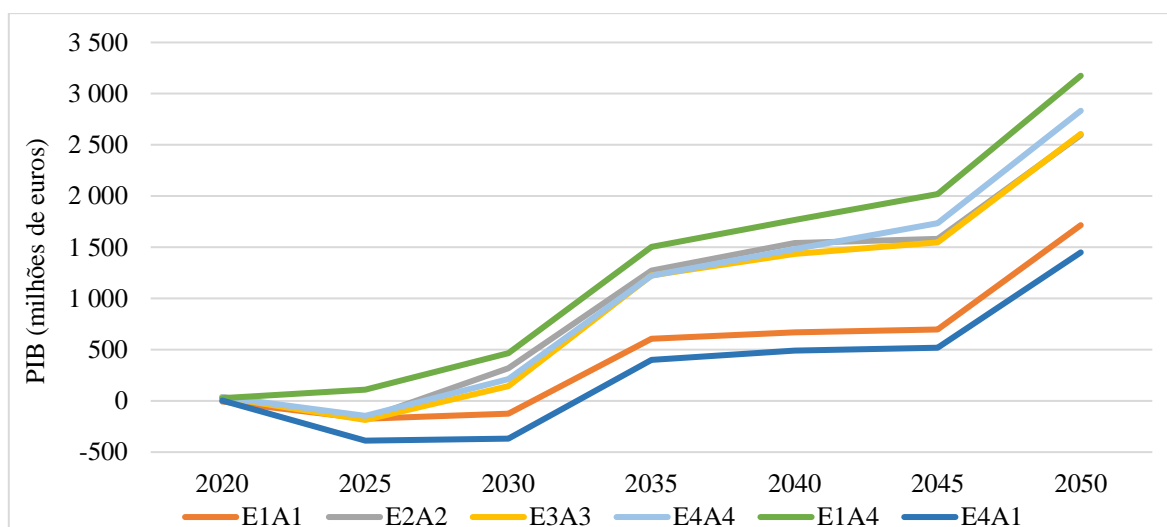


Figura 4.16 - PIB em Portugal (2020-2050).

As políticas introduzidas permitem, portanto, a médio prazo potenciar o crescimento económico em Portugal. Até 2050, é expectável um incremento de 1,5 e 3,2 mil milhões de euros nos cenários E4A1 (+0,5%) e E1A4 (+1,1%), respetivamente; isto é, as políticas económico-ambientais mais suaves combinadas com as políticas ambientalmente mais fortes são as que conduzem a melhores prestações na economia.

De igual forma ao ponto anterior, a Figura 4.17 ilustra a geração de emprego em relação à referência, traduzindo a variação positiva ou negativa até 2050. A pequena descida do PIB no início da aplicação das políticas em todos os cenários, exceto no E1A4, repercute-se no emprego, que se reduz também. No entanto, a partir da adaptação da sociedade às políticas, o número de empregos criados cresce. A partir de 2030, coincidente com o bom desempenho da economia, existe mesmo forte geração de emprego; este é originado em toda a economia e não apenas nos transportes, pois, fora o emprego direto, existe criação de emprego indireto e induzido.

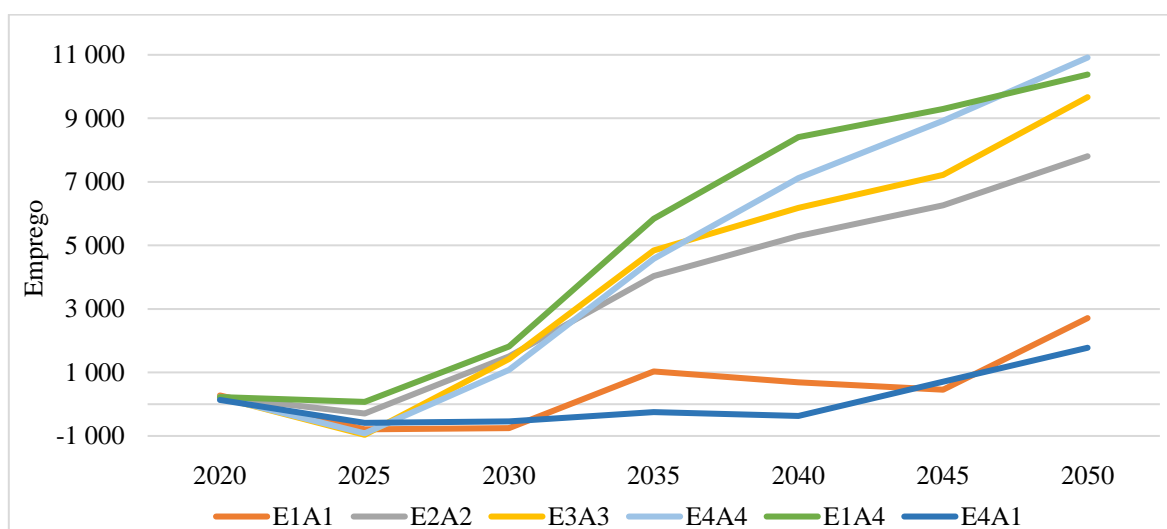


Figura 4.17 - Emprego gerado em Portugal (2020-2050).

A combinação de indicadores ambientais e económicos permite perceber a relação entre a redução de emissões de CO<sub>2</sub>, a variação no PIB e a geração de emprego. O cenário E1A4 foi escolhido para ilustrar estas relações, pois apresenta um balanço equilibrado entre estes indicadores. A Figura 4.18 traduz duas relações: a primeira entre emissões de CO<sub>2</sub> e o PIB, e a segunda entre emissões de CO<sub>2</sub> e o emprego, em ambos os casos para o período 2015-2050. Refira-se que o modelo prevê uma elevada correlação entre o PIB e o emprego (0,98), ou seja, uma forte proporcionalidade direta entre ambos.

A figura permite verificar que existe uma codependência muito alta ( $r^2 > 0,95$ ) entre os indicadores, tal que a uma redução de 10% de emissões de CO<sub>2</sub> corresponde um aumento do PIB de 0,2% e do emprego no setor dos transportes de 1,1%.

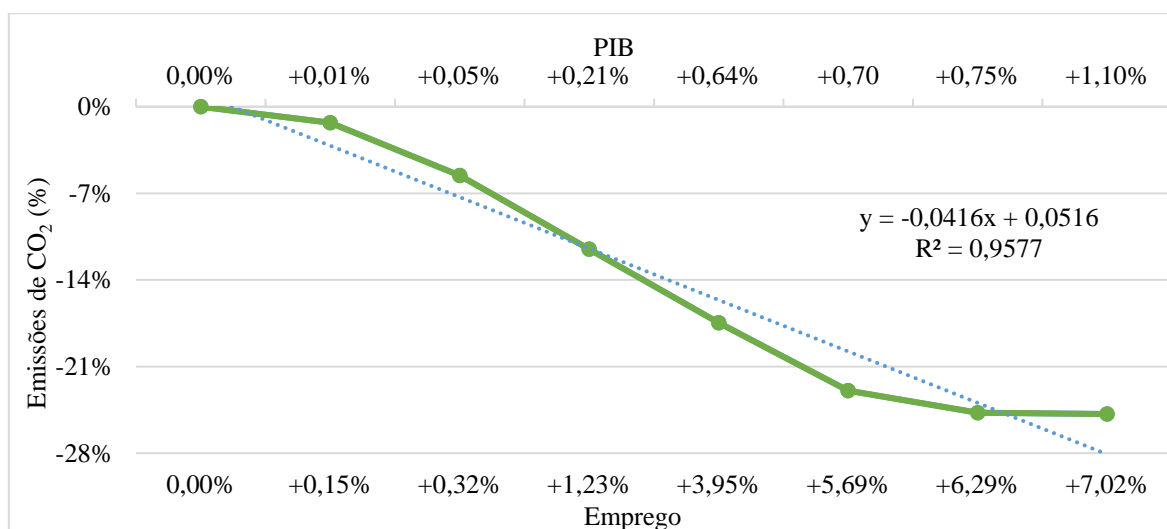


Figura 4.18 - Relação entre a redução de emissões de CO<sub>2</sub> e a variação no PIB e no emprego nos transportes. Cenário E1A4.

## 5. Conclusões

Este trabalho estudou os efeitos ambientais, económicos e laborais de políticas na área da mobilidade. O caso de estudo foi Portugal, de 2015 até 2050. Recorrendo ao modelo ASTRA - ASsessment of TRAnsport Strategies, estabeleceu-se uma relação entre a aplicação de políticas de fomento a uma mobilidade sustentável e os impactos nos sectores referidos. Foram escolhidas políticas de cariz económico e ambiental, e atendendo aos resultados obtidos, as diversas combinações originaram resultados distintos.

Apesar da aplicação de políticas económicas restritivas da mobilidade em automóvel, o modelo prevê que o volume de mobilidade se mantém de grosso modo, mas diverge para formas mais sustentáveis como o transporte coletivo de passageiros rodoviário e ferroviário, com uma redução da circulação em automóvel privado de 2% a 5% até 2050. Em contrapartida, a utilização de autocarro e ferrovia para deslocação regista aumentos em todos os cenários. Enquanto a primeira aumenta entre 8% e 22%, a segunda aumenta entre 9% a 34%.

As metas ambientais de redução de emissões de GEE propostas para Portugal são ambiciosas e, nesse sentido, os cenários desenvolvidos neste trabalho permitem perceber a contribuição possível do setor dos transportes para esse objetivo. Todos os cenários simulados permitem uma redução de emissões de CO<sub>2</sub> neste setor até 2050, entre 2% e 26%. Esta diferença de reduções é explicada pela intensidade da aplicação das políticas ambientais: quando a intensidade é baixa, a redução de emissões é baixa, e vice-versa. As externalidades associadas, oriundas da poluição, etc., também diminuem, resultando numa poupança de cerca 226 milhões de euros em 2050.

A tendência de emissões de GEE de um setor está intimamente ligada ao respetivo consumo de energia. No setor dos transportes, os cenários simulados permitem uma redução mínima do consumo de energia final entre 2% e 26% até 2050. A difusão de veículos mais eficientes e de baixas emissões associada à melhoria da qualidade dos transportes coletivos permite explicar a diferença de reduções de consumo entre os cenários simulados.

Os cenários mais favoráveis a nível económico fazem aumentar até 2050 o PIB nacional em cerca de 2,8 mil milhões de euros e gerar cerca de 10 000 empregos (aumento de 0,2%). De notar que se trata de cenários com políticas económico-ambientais fortes e suaves. Estas políticas quando aplicadas com mais força conduzem a curto/médio-prazo a uma penalização no emprego, mas a longo-prazo a uma forte beneficiação, por isso obtêm resultados similares a longo-prazo.

Apesar destas e/ou de outras políticas que sejam implementadas em Portugal, a alteração de hábitos não se afigura fácil. É necessário não só políticas que incentivem à sustentabilidade do setor dos transportes, como também uma mudança de mentalidade da sociedade. Mas em conjunto, é possível melhorar as perspetivas económicas do país, gerar emprego em áreas sustentáveis e reduzir as emissões de GEE, permitindo ficar mais próximo das metas propostas para Portugal na área da energia-clima.

De forma isolada, é possível perceber quais políticas é que proporcionam melhores desempenhos ambientais e económicos. Do ponto de vista ambiental, a política de difusão de veículos de baixas emissões surge como a mais eficaz no que concerne a redução de emissões de CO<sub>2</sub>. Do ponto de vista económico, a política de difusão de veículos de baixas emissões proporciona o maior aumento do PIB nacional, sendo que a política de melhoria do transporte coletivo de passageiros é a que permite maior

criação de emprego. A política que permite um melhor balanço entre os indicadores anteriores é a política de difusão de veículos de baixas emissões.

Este trabalho permitiu a análise do resultado da adoção de políticas no setor da mobilidade em Portugal, podendo por isso servir de apoio à decisão das mesmas.

## 5.1. Trabalho futuro

As conclusões retiradas estão intrinsecamente associadas ao conjunto de cenários e condições simuladas. Reconhece-se que conclusões mais assertivas e abrangentes sobre a adequação das condições de operação do setor dos transportes obrigariam à incorporação de outros componentes e à realização de novos testes de simulação, o que não coloca em causa a utilidade do modelo utilizado e a validade dos resultados produzidos.

Sugere-se como trabalho futuro:

- A simulação da difusão em maior escala de veículos de baixas emissões: novas tecnologias livres de emissões locais de CO<sub>2</sub> como veículos elétricos e a hidrogénio estão a ganhar força, e o espectável é que estejam presentes nas frotas automóveis numa proporção superior à que este trabalho considerou;
- Individualizar os empregos nos transportes: discriminar o emprego em emprego direto, indireto e induzido. Desta forma, seria possível uma análise mais fina no setor do emprego;
- Simulação de uma maior variedade de políticas relacionadas com: modos de mobilidade suave (pedestre e bicicleta) em centros urbanos, incremento do fator de capacidade dos transportes coletivos, melhoria da atratividade das estações e maior facilidade de estacionamento de automóvel privado para utilizadores regulares do transporte coletivo; aumento da utilização de comboio no transporte nacional de passageiros e mercadorias;

O modelo utilizado neste trabalho não permite atualmente estas simulações, pelo que ficam como sugestões futuras.

## Referências Bibliográficas

- [1] Portuguese Environmental Agency, “PORTUGUESE NATIONAL INVENTORY REPORT ON GREENHOUSE GASES, 1990 - 2004 Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change,” 2016.
- [2] “2030 climate & energy framework | Climate Action.” [Online]. Available: [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en). [Accessed: 16-Jul-2017].
- [3] “2050 low-carbon economy | Climate Action.” [Online]. Available: [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en). [Accessed: 16-Jul-2017].
- [4] “APA - Políticas; Alterações Climáticas; COP21 - Paris 2015.” [Online]. Available: <https://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=81&sub2ref=1251>. [Accessed: 16-Aug-2017].
- [5] European Environment Agency, “Primary energy consumption by fuel,” 2016.
- [6] European Commission, “EU Reference Scenario 2016: ENERGY, TRANSPORT AND GHG EMISSIONS TRENDS TO 2050,” 2016.
- [7] “PORDATA - Consumo de energia final: total e por tipo de sector consumidor.” [Online]. Available: <http://www.pordata.pt/DB/Europa/Ambiente+de+Consulta/Tabela>. [Accessed: 11-May-2017].
- [8] “EEA greenhouse gas - data viewer — European Environment Agency.” [Online]. Available: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer>. [Accessed: 02-Jun-2017].
- [9] European Commission, “EU TRANSPORT in figures,” 2016.
- [10] International Association of Public Transport, “Public transport: creating green jobs and stimulating inclusive growth,” 2013.
- [11] Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, “Economic aspects of non-technical measures to reduce traffic emissions,” 2012.
- [12] C. A. Palacios, L. B. García, L. C. Barron, B. E. López, N. F. Tejedor, E. H. Vilàs, B. M. García, E. M. Bértolo, P. N. Serrano, and A. V. Ortiz, “Study on job generation in the sector of collective transport within the scope of sustainable mobility,” 2011.
- [13] World Health Organization, “Unlocking new opportunities: Jobs in green and healthy transport,” 2014.
- [14] N. Hill, S. Kollamthodi, A. Varma, S. Cesbron, P. Wells, S. Slater, and C. Cluzel, “Fuelling EUROPE’S Future: how auto innovation leads to EU jobs,” 2013.
- [15] “Assist - Project.” [Online]. Available: <http://assist-project.eu/assist-project-en/index.php>. [Accessed: 17-Jun-2017].
- [16] “The ASTRA-EC model.” [Online]. Available: <http://www.astra-model.eu/astra-ec.htm>. [Accessed: 17-Jun-2017].

- [17] F. Fermi, D. Fiorello, M. Krail, and W. Schade, “Description of the ASTRA-EC model and of the user interface,” 2014.
- [18] F. Fermi, D. Fiorello, M. Krail, and W. Schade, “The ASTRA-EC model user guide,” 2014.
- [19] “PORDATA - O que são NUTS?” [Online]. Available: <https://www.pordata.pt/Site/NUTS.aspx>? [Accessed: 18-Aug-2017].
- [20] “Inland waterways - European Commission.” [Online]. Available: [https://ec.europa.eu/transport/modes/inland\\_en](https://ec.europa.eu/transport/modes/inland_en). [Accessed: 23-Aug-2017].
- [21] “TEN-T Projects - European Commission.” [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/inea/en/ten-t/ten-t-projects>. [Accessed: 09-Jul-2017].
- [22] “Cabotage - European Commission.” [Online]. Available: [https://ec.europa.eu/transport/modes/road/haulage/cabotage\\_en](https://ec.europa.eu/transport/modes/road/haulage/cabotage_en). [Accessed: 12-Jun-2017].
- [23] “JRC IPTS - TRANS-TOOLS.” [Online]. Available: <http://energy.jrc.ec.europa.eu/transtools/>. [Accessed: 15-Jul-2017].
- [24] “POLES - European Commission.” [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/jrc/en/poles>. [Accessed: 15-Jul-2017].
- [25] F. Fermi, D. Fiorello, M. Krail, and W. Schade, “Approach and Results of the Validation of the ASTRA-EC Model,” 2014.
- [26] “Glossary:EU enlargements - Statistics Explained.” [Online]. Available: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:EU\\_enlargements](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:EU_enlargements). [Accessed: 18-Aug-2017].
- [27] “Mais de 12 países pretendem proibir veículos a gasóleo e a gasolina - UVE.” [Online]. Available: <https://www.uve.pt/page/12-paises-pretendem-proibir-veiculos-gasoleo-gasolina/>. [Accessed: 10-Sep-2017].
- [28] European Automobile Manufacturers Association, “ACEA Tax Guide,” 2017
- [29] “Bergen - Charging Scheme.” [Online]. Available: <http://urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/norway-mainmenu-197/bergen-charging-scheme>. [Accessed: 04-Jun-2017].
- [30] “Oslo - Charging Scheme.” [Online]. Available: <http://urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/norway-mainmenu-197/oslo-charging-scheme>. [Accessed: 04-Jun-2017].
- [31] “Stockholm - Charging Scheme.” [Online]. Available: <http://urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/sweden-mainmenu-248/stockholm-charging-scheme>. [Accessed: 04-Jun-2017].
- [32] “London - Charging Scheme.” [Online]. Available: <http://urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/united-kingdom-mainmenu-205/london-charging-scheme>. [Accessed: 04-Jun-2017].
- [33] “Milano - Charging Scheme.” [Online]. Available: <http://urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/italy-mainmenu-81/lombardia/milan-ecopass>. [Accessed: 04-Jun-2017].
- [34] “Durham - Charging Scheme.” [Online]. Available: <http://urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/united-kingdom-mainmenu->

- 205/durham-charging-scheme. [Accessed: 04-Jun-2017].
- [35] “PORDATA - PIB (base=2011) - Portugal.” [Online]. Available: [http://www.pordata.pt/Portugal/PIB+\(base+2011\)-130](http://www.pordata.pt/Portugal/PIB+(base+2011)-130). [Accessed: 14-May-2017].
- [36] “Portal de Estradas.” [Online]. Available: <http://www.estradas.pt/index?AspxAutoDetectCookieSupport=1>. [Accessed: 29-Apr-2017].
- [37] “Preços de Combustíveis em Portugal Continental.” [Online]. Available: <http://www.dgeg.pt/>. [Accessed: 01-Apr-2017].
- [38] “U.S. Energy Information Administration - EIA - Independent Statistics and Analysis.” [Online]. Available: <https://www.eia.gov/outlooks/aeo/data/browser/>. [Accessed: 01-Apr-2017].
- [39] “Petróleo Brent Futuros Histórico de Preços - Investing.com.” [Online]. Available: <https://br.investing.com/commodities/brent-oil-historical-data>. [Accessed: 01-Apr-2017].
- [40] “PORDATA - População residente: total e por territórios - Portugal.” [Online]. Available: <http://www.pordata.pt/Portugal/População+residente+total+e+por+grandes+grupos+etários-513>. [Accessed: 05-Jun-2017].
- [41] Instituto Nacional de Estatística, “Projeções de População Residente,” 2014.
- [42] A. Korzhenevych, N. Dehnen, J. Bröcker, M. Holtkamp, H. Meier, G. Gibson, A. Varna, and V. Cox, “Update of the Handbook on External Costs of Transport,” 2014.



## 6. Anexos

### Anexo I - Calibração do modelo

Tabela 6.1 - Volume total de transporte de passageiros em Continente por país (G p.km/ano). Fonte: [25]

País	2000		2005		2010	
	Eurostat	ASTRA-EC	Eurostat	ASTRA-EC	Eurostat	ASTRA-EC
Áustria	94,3	94,6	101,1	101,4	105,7	104,9
Bélgica	136,5	130,7	145,2	142,3	147,6	145,0
Bulgária	48,0	47,9	55,2	52,1	65,0	53,7
Chipre	11,9	10,6	13,8	13,3	14,5	15,9
Dinamarca	69,9	66,0	72,3	69,4	73,8	69,7
Estónia	9,9	9,4	13,8	11,3	13,3	12,2
Espanha	466,1	431,8	515,5	504,1	521,2	535,9
Finlândia	75,7	79,0	82,3	84,2	85,5	84,4
França	873,1	859,1	911,5	945,2	933,8	952,4
Reino Unido	811,7	819,0	874,5	865,4	860,3	873,6
Grécia	113,0	119,1	138,6	131,6	152,2	131,8
Hungria	80,2	81,8	83,7	87,7	82,8	89,8
Irlanda	52,1	53,1	61,1	65,0	65,1	73,4
Itália	897,8	868,8	876,7	937,4	903,3	932,8
Letónia	15,2	13,5	17,1	16,1	20,9	17,9
Lituânia	29,7	25,8	39,8	29,9	34,2	32,5
Luxemburgo	7,2	6,4	8,1	7,2	8,4	7,6
Malta	4,7	4,1	4,9	4,5	4,9	4,7
Holanda	182,3	179,0	192,9	193,1	186,7	193,6
Polónia	216,1	241,4	256,6	283,4	351,3	365,0
<b>Portugal</b>	<b><u>102,9</u></b>	<b><u>102,1</u></b>	<b><u>116,2</u></b>	<b><u>113,9</u></b>	<b><u>115,4</u></b>	<b><u>112,2</u></b>
República Checa	100,4	92,0	107,9	105,1	105,9	109,7
Alemanha	1047,5	1047,1	1079,6	1080,9	1110,2	1094,2
Roménia	82,8	91,4	90,3	100,3	105,3	112,8
Eslováquia	36,7	34,5	38,3	37,0	36,3	39,5
Eslovénia	25,0	25,3	26,7	27,9	30,2	30,9
Suécia	125,6	126,0	130,8	134,3	134,6	138,4

Tabela 6.2 - Volume total de viagens de transporte de mercadorias por país (G t.km/ano). Fonte: [25]

	2000		2005		2010	
	Eurostat	ASTRA-EC	Eurostat	ASTRA-EC	Eurostat	ASTRA-EC
Áustria	51,1	54,8	53,1	54,1	57,6	57,9
Bélgica	78,6	74,5	76,2	72,1	64,4	71,7
Bulgária	11,2	13,9	17,4	14,5	20,3	17,9
Chipre	1,3	1,5	1,4	1,0	1,1	1,0
Dinamarca	26,7	29,2	26,2	27,5	20,9	22,3
Estónia	6,7	7,1	8,9	6,6	5,6	6,3
Espanha	158,4	156,9	240,5	199,0	203,3	215,8
Finlândia	38,8	41,9	38,2	40,5	35,8	41,6
França	298,0	318,8	294,2	324,7	304,5	309,6
Reino Unido	190,0	184,0	191,3	208,9	173,2	178,0
Grécia	28,4	33,1	31,5	30,2	30,5	26,5
Hungria	24,0	24,3	29,0	26,8	32,1	32,0
Irlanda	12,3	11,6	17,2	18,1	10,7	13,6
Itália	224,1	222,3	261,8	246,5	207,7	231,5
Letónia	4,4	4,0	6,7	6,0	5,9	5,9
Lituânia	7,6	9,2	11,0	9,2	10,7	10,5
Luxemburgo	6,7	7,0	6,4	6,7	5,3	6,2
Malta	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,4
Holanda	122,6	125,1	128,0	124,5	103,7	128,4
Polónia	114,6	110,7	129,1	118,0	183,4	173,0
<b>Portugal</b>	<b><u>33,7</u></b>	<b><u>34,0</u></b>	<b><u>33,3</u></b>	<b><u>35,7</u></b>	<b><u>26,7</u></b>	<b><u>30,3</u></b>
República Checa	46,3	45,1	44,2	45,8	51,9	51,2
Alemanha	449,6	460,4	500,9	524,2	536,5	552,8
Roménia	29,8	32,3	62,8	50,4	45,8	51,4
Eslováquia	19,7	21,4	21,1	22,0	22,9	24,5
Eslovénia	6,5	8,3	9,5	9,6	11,3	12,4
Suécia	58,5	67,7	65,7	73,6	65,0	77,5

Tabela 6.3 - Emissões de CO<sub>2</sub> dos transportes por país (milhões de ton/ano). Fonte: [25]

País	2000		2005		2010	
	Eurostat	ASTRA-EC	Eurostat	ASTRA-EC	Eurostat	ASTRA-EC
Áustria	20,4	17,7	26,5	18,0	24,2	18,0
Bélgica	27,4	23,3	29,2	22,6	30,7	21,2
Bulgária	5,8	6,8	7,7	7,2	8,1	7,8
Chipre	2,5	3,8	2,9	4,5	3,2	5,2
Dinamarca	14,0	11,9	15,3	11,2	15,1	10,2
Estónia	1,8	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4
Espanha	94,2	81,7	110,4	92,5	101,2	91,4
Finlândia	12,7	16,2	13,8	15,8	13,9	15,4
França	150,4	162,1	155,0	169,6	146,6	162,0
Reino Unido	152,2	131,0	158,8	132,4	145,8	121,9
Grécia	20,0	21,2	22,7	21,8	22,7	20,1
Hungria	9,7	9,8	12,5	10,0	12,5	10,3
Irlanda	13,1	10,7	15,6	14,0	13,6	13,1
Itália	123,5	134,9	130,6	140,3	122,1	132,1
Letónia	2,4	2,4	3,2	2,8	3,6	2,9
Lituânia	3,3	4,1	4,3	4,6	4,5	5,4
Luxemburgo	6,0	1,9	8,2	1,9	7,7	1,8
Malta	0,7	1,4	0,8	1,5	0,9	1,4
Holanda	41,7	31,0	45,0	31,5	44,6	31,7
Polónia	28,5	39,2	35,7	44,9	49,2	57,6
<b>Portugal</b>	<b><u>21,2</u></b>	<b><u>19,6</u></b>	<b><u>21,9</u></b>	<b><u>21,2</u></b>	<b><u>21,3</u></b>	<b><u>19,8</u></b>
República Checa	13,2	14,4	18,9	15,4	18,3	15,7
Alemanha	198,0	177,0	180,1	180,1	174,6	174,5
Roménia	8,7	11,3	12,6	13,0	14,6	13,7
Eslováquia	4,3	5,8	6,4	6,0	6,8	6,5
Eslovénia	3,9	5,0	4,5	5,2	5,3	5,4
Suécia	20,6	22,3	22,5	22,9	21,8	22,1

Tabela 6.4 - PIB por país (mil milhões de euros). Fonte: [25]

País	1995		2000		2005	
	Eurostat	ASTRA-EC	Eurostat	ASTRA-EC	Eurostat	ASTRA-EC
Áustria	226	211	245	240	263	256
Bélgica	280	270	303	305	322	312
Dinamarca	195	191	207	210	206	202
Espanha	774	747	909	904	950	944
Finlândia	138	126	157	151	166	164
França	1 587	1 512	1 718	1 681	1 776	1 735
Reino Unido	1 592	1 556	1 834	1 867	1 880	1 819
Alemanha	2 159	2 124	2 224	2 285	2 369	2 274
Grécia	158	154	193	191	196	189
Irlanda	128	114	163	162	163	160
Itália	1 368	1 354	1 436	1 468	1 422	1 420
Holanda	481	442	513	518	551	518
<b>Portugal</b>	<b>148</b>	<b>137</b>	<b>154</b>	<b>162</b>	<b>158</b>	<b>156</b>
Secia	261	262	298	292	320	307
Bulgária	18	18	23	22	27	25
Chipre	12	11	14	15	15	16
Republica Checa	86	91	105	111	120	121
Estónia	8	8	11	11	11	11
Hungria	72	74	89	90	88	82
Letónia	9	10	13	12	12	12
Lituânia	14	14	21	18	22	24
Malta	5	4	5	5	5	6
Polonia	210	200	244	249	308	291
Roménia	60	62	80	75	90	89
Eslovénia	24	24	29	30	31	31
Eslováquia	30	31	38	40	48	46
Luxemburgo	25	24	30	29	33	34

Tabela 6.5 - População por país (milhares). Fonte: [25]

País	1995		2000		2005	
	Eurostat	ASTRA-EC	Eurostat	ASTRA-EC	Eurostat	ASTRA-EC
Áustria	8 002	8 006	8 201	8 215	8 375	8 397
Bélgica	10 239	10 236	10 446	10 475	10 840	10 806
Dinamarca	5 330	5 296	5 411	5 412	5 535	5 553
Espanha	40 050	41 119	43 038	44 012	45 989	47 265
Finlândia	5 171	5 164	5 237	5 247	5 351	5 355
França	60 545	58 956	62 773	61 176	64 694	63 129
Reino Unido	58 785	58 467	60 039	60 045	62 027	62 128
Alemanha	82 163	81 973	82 501	82 681	81 802	82 048
Grécia	10 904	10 835	11 083	11 042	11 305	11 218
Irlanda	3 778	3 845	4 112	4 238	4 468	4 704
Itália	56 924	57 187	58 462	58 381	60 340	60 019
Holanda	15 864	15 861	16 306	16 434	16 575	16 857
<b>Portugal</b>	<b>10 195</b>	<b>10 175</b>	<b>10 529</b>	<b>10 649</b>	<b>10 638</b>	<b>10 783</b>
Suécia	8 861	8 873	9 011	9 011	9 341	9 330
Bulgária	8 191	8 210	7 761	8 020	7 564	7 833
Chipre	690	666	749	744	819	811
República Checa	10 278	10 305	10 221	10 315	10 507	10 580
Estónia	1 372	1 414	1 348	1 397	1 340	1 385
Hungria	10 222	10 128	10 098	10 141	10 014	10 153
Letónia	2 382	2 452	2 306	2 416	2 248	2 379
Lituânia	3 512	3 573	3 425	3 515	3 329	3 453
Malta	380	385	403	395	414	401
Polónia	38 654	38 868	38 174	39 215	38 167	39 294
Roménia	22 455	22 115	21 659	22 187	21 462	22 194
Eslovénia	1 988	2 008	1 998	2 028	2 047	2 106
Eslováquia	5 399	5 396	5 385	5 428	5 425	5 510
Luxemburgo	434	430	461	455	502	493

**Anexo II - Dados de apoio às referências**

Tabela 6.6 - Preços do barril de petróleo brent e de combustíveis (2017-2050).

<b>Ano</b>	<b>Preço barril brent (€ 2016)</b>	<b>Diesel (€/litro)</b>	<b>Gasolina (€/litro)</b>	<b>GPL (€/litro)</b>
2017	46,8	0,453	0,503	0,244
2018	59,1	0,518	0,556	0,275
2019	66,0	0,555	0,586	0,292
2020	70,2	0,577	0,604	0,303
2021	73,3	0,593	0,617	0,311
2022	75,7	0,606	0,627	0,317
2023	77,2	0,614	0,634	0,320
2024	78,5	0,621	0,639	0,324
2025	80,9	0,633	0,650	0,329
2026	83,0	0,645	0,659	0,335
2027	84,4	0,652	0,665	0,338
2028	85,0	0,655	0,668	0,340
2029	86,3	0,662	0,673	0,343
2030	88,6	0,675	0,683	0,349
2031	90,8	0,686	0,692	0,354
2032	93,3	0,699	0,703	0,361
2033	93,4	0,700	0,704	0,361
2034	95,1	0,709	0,711	0,365
2035	95,8	0,712	0,714	0,367
2036	98,4	0,727	0,725	0,373
2037	98,9	0,729	0,727	0,375
2038	100,0	0,735	0,732	0,377
2039	101,6	0,743	0,739	0,381
2040	102,6	0,748	0,743	0,384
2041	103,2	0,752	0,746	0,385
2042	103,4	0,753	0,746	0,386
2043	103,9	0,756	0,749	0,387
2044	104,4	0,758	0,751	0,388
2045	105,0	0,761	0,754	0,390
2046	105,9	0,766	0,757	0,392
2047	107,0	0,772	0,762	0,395
2048	107,2	0,773	0,763	0,395
2049	108,6	0,780	0,769	0,399
2050	109,5	0,785	0,773	0,401

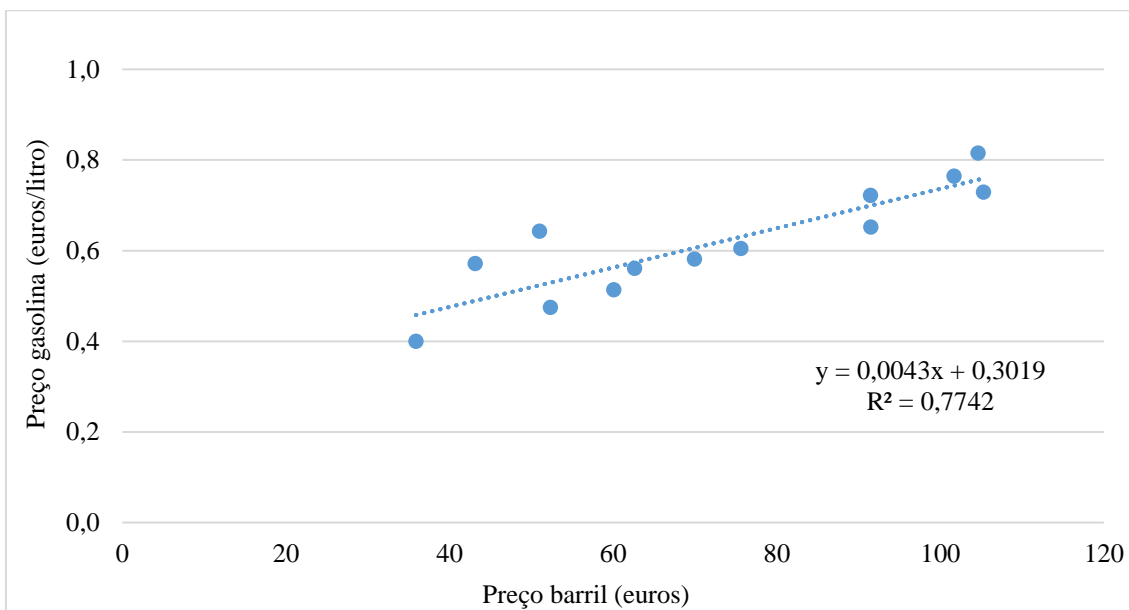


Figura 6.1 - Preço gasolina em função do preço barril de petróleo

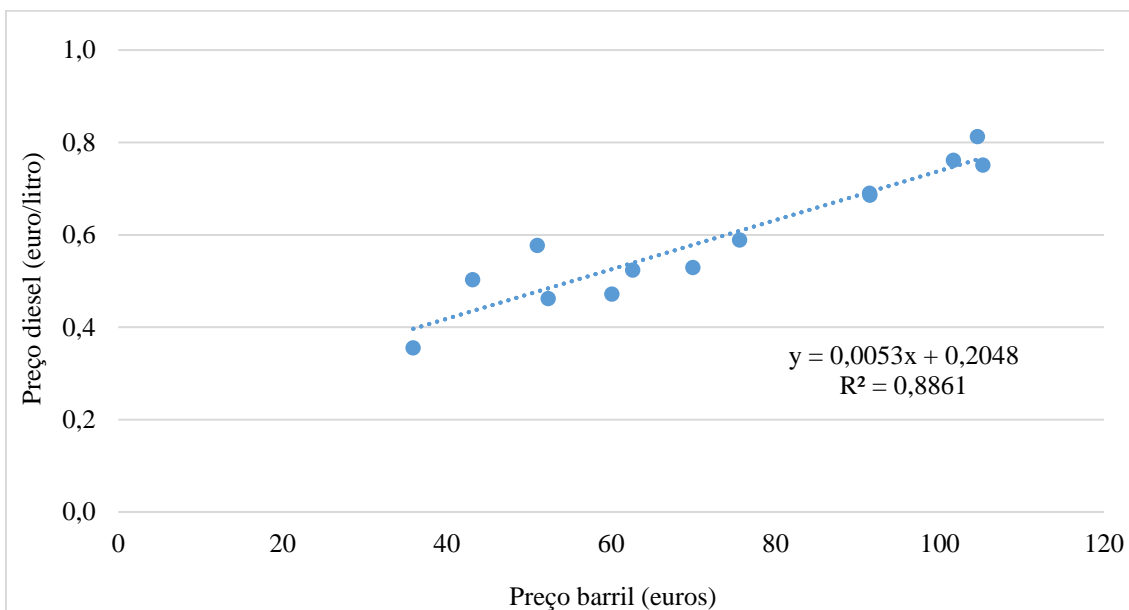


Figura 6.2 - Preço diesel em função do preço barril de petróleo

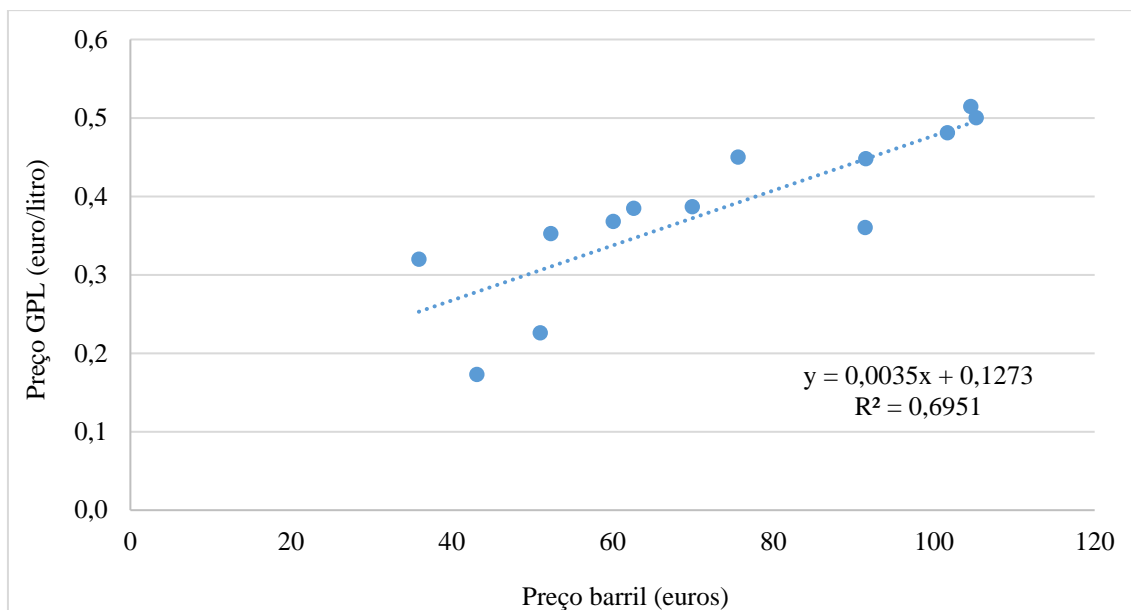


Figura 6.3 - Preço GPL em função do preço barril de petróleo

Tabela 6.7 - População residente em Portugal Continental (2011-2050).

Ano	População (milhares)	Ano	População (milhares)
2011	10 044	2031	9 543
2012	10 004	2032	9 524
2013	9 948	2033	9 505
2014	9 894	2034	9 486
2015	9 854	2035	9 448
2016	9 824	2036	9 430
2017	9 814	2037	9 411
2018	9 795	2038	9 392
2019	9 775	2039	9 392
2020	9 756	2040	9 373
2021	9 736	2041	9 354
2022	9 717	2042	9 336
2023	9 697	2043	9 317
2024	9 678	2044	9 298
2025	9 659	2045	9 280
2026	9 639	2046	9 261
2027	9 620	2047	9 243
2028	9 601	2048	9 224
2029	9 582	2049	9 206
2030	9 562	2050	9 188

**Anexo III - Resultados**

Tabela 6.8 - Volume total de viagens de transporte de passageiros em Portugal (2015-2050).

	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>
	Milhões de p.km							
Referência	106 851	113 066	118 124	122 786	125 946	127 903	127 806	127 068
E1A1	106 851	112 497	117 134	121 757	124 832	126 773	126 694	126 002
E2A2	106 851	112 615	115 179	122 099	125 587	126 984	127 241	126 622
E3A3	106 851	112 550	115 399	119 116	125 455	126 810	127 039	126 413
E4A4	106 851	112 486	115 061	119 810	123 309	123 888	127 350	126 714
E1A4	106 851	112 520	116 305	121 133	124 686	127 112	127 383	126 780
E4A1	106 851	112 462	115 900	120 493	123 574	124 130	126 872	126 185

Tabela 6.9 - Volume de viagens de transporte de passageiros por automóvel ligeiro em Portugal (2015-2050).

	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>
	Milhões de p.km							
Referência	90 249	95 974	100 960	105 450	108 343	109 699	109 091	107 982
E1A1	90 249	93 483	97 265	101 597	104 384	105 714	105 143	104 106
E2A2	90 249	93 848	95 442	101 216	104 904	106 352	106 670	105 857
E3A3	90 249	93 530	96 672	98 451	103 623	105 020	105 304	104 487
E4A4	90 249	93 213	96 127	101 028	104 819	101 212	103 291	102 474
E1A4	90 249	93 871	97 788	102 721	106 504	106 199	105 313	104 431
E4A1	90 249	92 826	95 609	99 905	102 706	101 479	103 216	102 203

Tabela 6.10 - Volume de viagens de transporte de passageiros por autocarro em Portugal (2015-2050).

	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>
	Milhões de p.km							
Referência	10 943	11 215	11 209	11 266	11 438	11 812	12 134	12 339
E1A1	10 943	12 121	12 502	12 702	12 902	13 288	13 608	13 807
E2A2	10 943	11 728	12 686	13 283	13 183	13 191	13 212	13 337
E3A3	10 943	11 807	11 624	13 382	14 079	14 107	14 141	14 265
E4A4	10 943	11 886	11 676	11 559	11 410	15 394	16 300	16 420
E1A4	10 943	11 740	11 670	11 566	11 432	14 366	14 900	15 024
E4A1	10 943	12 266	12 505	12 694	12 882	14 070	14 768	14 957

Tabela 6.11 - Volume de viagens de transporte de passageiros por transporte ferroviário em Portugal (2015-2050).

	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
	Milhões de p.km							
Referência	5 659	5 878	5 955	6 070	6 165	6 393	6 581	6 747
E1A1	5 659	6 893	7 366	7 458	7 545	7 771	7 943	8 089
E2A2	5 659	7 040	7 050	7 601	7 501	7 441	7 359	7 428
E3A3	5 659	7 213	7 103	7 283	7 754	7 682	7 594	7 662
E4A4	5 659	7 387	7 258	7 223	7 081	7 282	7 759	7 820
E1A4	5 659	6 909	6 847	6 846	6 749	6 547	7 170	7 326
E4A1	5 659	7 370	7 785	7 895	7 986	8 581	8 888	9 025

Tabela 6.12 - Consumo de energia final nos transportes em Portugal (2015-2050).

	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
	Mtep							
Referência	6,08	6,21	6,06	5,95	5,95	5,98	6,01	6,04
E1A1	6,08	6,12	5,94	5,83	5,83	5,86	5,89	5,91
E2A2	6,08	6,13	5,74	5,33	4,97	4,75	4,66	4,67
E3A3	6,08	6,12	5,74	5,20	4,89	4,67	4,58	4,59
E4A4	6,08	6,10	5,67	5,23	4,87	4,50	4,46	4,47
E1A4	6,08	6,13	5,72	5,27	4,92	4,62	4,54	4,54
E4A1	6,08	6,10	5,89	5,78	5,78	5,73	5,83	5,85

Tabela 6.13 - Emissões de CO<sub>2</sub> nos transportes em Portugal (2015-2050).

	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
	Mton							
Referência	18,2	18,2	17,8	17,5	17,5	17,6	17,6	17,7
E1A1	18,2	18,0	17,5	17,2	17,2	17,3	17,3	17,3
E2A2	18,2	18,0	16,9	15,7	14,6	13,9	13,7	13,7
E3A3	18,2	18,0	16,9	15,3	14,4	13,7	13,4	13,4
E4A4	18,2	17,9	16,7	15,4	14,3	13,2	13,0	13,1
E1A4	18,2	18,0	16,8	15,5	14,5	13,6	13,3	13,3
E4A1	18,2	17,9	17,4	17,1	17,0	16,9	17,1	17,2

Tabela 6.14 - Emissões de NOx nos transportes em Portugal (2015-2050).

	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>
	Milhares de ton							
Referência	35,58	26,89	22,06	17,77	15,36	13,62	12,36	11,40
E1A1	35,58	26,77	22,02	17,73	15,32	13,59	12,52	11,38
E2A2	35,58	26,85	21,86	17,57	15,14	13,34	12,21	11,17
E3A3	35,58	26,76	20,67	14,76	11,85	10,08	9,02	8,17
E4A4	35,58	26,75	20,58	14,92	11,93	9,85	8,77	7,99
E1A4	35,58	26,71	20,53	14,87	11,88	10,01	8,87	8,01
E4A1	35,58	26,80	22,08	17,81	15,43	13,62	12,52	11,38

Tabela 6.15 - Emissões de CO nos transportes em Portugal (2015-2050).

	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>
	Milhares de ton							
Referência	52,45	42,03	39,86	39,47	39,90	40,13	40,10	39,88
E1A1	52,45	41,42	39,32	38,94	39,37	39,60	39,67	39,36
E2A2	52,45	41,96	38,37	37,97	38,40	38,17	38,44	38,59
E3A3	52,45	41,74	37,67	32,38	31,69	31,03	31,14	31,27
E4A4	52,45	41,71	37,43	34,19	33,05	28,77	29,28	29,45
E1A4	52,45	41,42	37,36	34,26	33,22	31,68	31,79	31,90
E4A1	52,45	41,71	39,35	38,79	39,06	36,75	37,38	37,04

Tabela 6.16 - Emissões de PM2.5 nos transportes em Portugal (2015-2050).

	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>
	Milhares de ton							
Referência	1,32	0,98	0,78	0,67	0,61	0,55	0,51	0,49
E1A1	1,32	0,97	0,78	0,68	0,61	0,55	0,53	0,49
E2A2	1,32	0,98	0,77	0,66	0,59	0,53	0,50	0,47
E3A3	1,32	0,97	0,75	0,60	0,51	0,45	0,41	0,39
E4A4	1,32	0,97	0,75	0,61	0,52	0,44	0,40	0,38
E1A4	1,32	0,97	0,74	0,60	0,51	0,45	0,40	0,37
E4A1	1,32	0,97	0,79	0,69	0,63	0,57	0,55	0,51

Tabela 6.17 - PIB em Portugal (2015-2050).

	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>
	Milhões de euros							
Referência	179 504	190 527	206 400	219 576	235 928	253 513	270 972	287 565
E1A1	179 504	190 520	206 226	219 450	236 536	254 181	271 670	289 281
E2A2	179 504	190 563	206 227	219 894	237 202	255 053	272 554	290 161
E3A3	179 504	190 565	206 214	219 719	237 155	254 949	272 520	290 172
E4A4	179 504	190 565	206 254	219 788	237 151	254 995	272 707	290 398
E1A4	179 504	190 554	206 509	220 043	237 431	255 280	272 992	290 740
E4A1	179 504	190 529	206 012	219 209	236 329	254 004	271 490	289 015

Tabela 6.18 - Emprego total em Portugal (2015-2050).

	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>
	Milhares							
Referência	4 867,0	4 932,6	4 962,5	4 996,6	5 024,2	5 049,4	5 071,6	5 089,2
E1A1	4 867,0	4 932,7	4 961,8	4 996,8	5 025,3	5 050,1	5 073,1	5 090,9
E2A2	4 867,0	4 932,8	4 962,2	4 998,1	5 028,3	5 054,7	5 077,9	5 097,0
E3A3	4 867,0	4 932,8	4 961,6	4 998,0	5 029,1	5 055,6	5 078,8	5 098,8
E4A4	4 867,0	4 932,8	4 961,6	4 997,7	5 028,8	5 056,5	5 080,5	5 100,1
E1A4	4 867,0	4 932,8	4 963,0	4 998,4	5 030,1	5 057,8	5 080,9	5 099,6
E4A1	4 867,0	4 932,7	4 961,9	4 996,0	5 024,0	5 049,0	5 072,3	5 090,9

Tabela 6.19 - Externalidades das emissões de CO<sub>2</sub> em Portugal (2015-2050).

	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>
	Milhões de euros							
Referência	890,6	893,7	873,3	858,3	857,9	861,8	864,4	867,0
E1A1	890,6	881,2	857,0	842,3	841,5	845,3	848,5	850,1
E2A2	890,5	883,0	829,4	768,6	717,1	682,1	669,0	669,9
E3A3	890,5	881,0	828,8	750,3	705,6	670,7	657,3	658,5
E4A4	890,5	879,1	818,3	753,0	701,7	646,8	639,3	640,8
E1A4	890,5	882,2	824,7	759,4	708,2	664,1	650,5	651,6
E4A1	890,6	878,2	850,5	835,6	834,6	827,1	839,3	840,7

Tabela 6.20 - Receita fiscal dos combustíveis em Portugal (2015-2050).

	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>
	Milhões de euros							
Referência	3 502	3 776	3 746	3 889	4 035	4 287	4 421	4 595
E1A1	3 502	3 708	3 652	3 791	3 933	4 178	4 309	4 476
E2A2	3 502	3 716	3 513	3 430	3 300	3 287	3 300	3 426
E3A3	3 502	3 706	3 529	3 338	3 246	3 230	3 241	3 366
E4A4	3 502	3 697	3 490	3 373	3 239	3 084	3 134	3 256
E1A4	3 502	3 715	3 539	3 431	3 303	3 225	3 235	3 360
E4A1	3 502	3 690	3 601	3 725	3 851	4 004	4 190	4 346

Tabela 6.21 - Receita fiscal da circulação rodoviária em Portugal (2015-2050).

	<b>2015</b>	<b>2020</b>	<b>2025</b>	<b>2030</b>	<b>2035</b>	<b>2040</b>	<b>2045</b>	<b>2050</b>
	Milhões de euros							
Referência	714	859	902	947	998	1 036	1 062	1 086
E1A1	714	1 140	1 232	1 373	1 475	1 542	1 582	1 614
E2A2	714	1 288	1 595	1 786	1 928	2 035	2 104	2 149
E3A3	714	1 516	1 593	2 137	2 322	2 443	2 520	2 568
E4A4	714	1 727	1 790	1 984	2 141	2 723	2 840	2 890
E1A4	714	1 144	1 225	1 379	1 501	1 564	1 622	1 662
E4A1	714	1 723	1 800	1 979	2 109	2 726	2 826	2 869