



Universidade de Aveiro Departamento de Economia, Gestão, Engenharia
Industrial e Turismo

2020

**Ana Sofia Ferraz Neves Decomposição da intensidade das emissões de CO₂
para o setor dos transportes na União Europeia**



Universidade de Aveiro Departamento de Economia, Gestão, Engenharia
Industrial e Turismo

2020

Ana Sofia Ferraz Neves Decomposição da intensidade das emissões de CO₂ para o setor dos transportes na União Europeia

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Economia, realizada sob a orientação científica da Doutora Margarita Matias Robaina, Professora auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro.

o júri

presidente

Prof. Doutor Hugo Casal Figueiredo
Professor Auxiliar, Universidade de Aveiro

Prof. Doutora Myriam Nunes Lopes
Professora Auxiliar, Departamento de Ambiente e Ordenamento, Universidade
de Aveiro

Prof. Doutora Margarita Matias Robaina
Professora Auxiliar, Universidade de Aveiro

agradecimentos

Á Professora Doutora Margarita Matias Robaina por todo o apoio e disponibilidade.

Agradeço também aos meus pais José Neves e Paula Neves, irmã Margarida Neves e namorado Paulo Costa por todo o apoio disponibilizado, fundamental à realização deste trabalho.

palavras-chave

CO₂, setor dos transportes, intensidade das emissões, análise de decomposição, União Europeia .

resumo

A presente dissertação tem como objetivo a identificação dos efeitos que mais contribuem para a intensidade das emissões de Dióxido de Carbono (CO₂), analisar os efeitos separadamente, observar a sua evolução e perceber qual dos efeitos tem maior importância na determinação da intensidade das emissões no setor dos transportes dos países europeus selecionados para análise: Alemanha, Dinamarca, Eslovénia, Espanha, França, Itália, Lituânia e Portugal. O conhecimento dos determinantes é importante para que se possam aplicar políticas de redução de emissões de CO₂ adequadas e específicas para o setor dos transportes. Este estudo mostra-se inovador pois não são conhecidos estudos que façam este tipo de análise para os países da Europa.

Para tal, foi aplicada a técnica de Decomposição Completa aos dados disponíveis para o setor dos transportes durante o período de 2008 a 2018.

As variações na intensidade das emissões de CO₂ foram decompostas em seis efeitos: (i) variações nas emissões de CO₂ comparativamente ao consumo de combustíveis fósseis (Efeito CF); (ii) variações no consumo de combustíveis fósseis comparativamente ao consumo de eletricidade (Efeito FE); (iii) variações no consumo de eletricidade comparativamente ao consumo total de energia (Efeito EEn); (iv) variações no consumo total de energia comparativamente ao capital utilizado no setor dos transportes (Efeito EnK); (v) variações no capital per capita (Efeito KP); (vi) inverso da produtividade média do trabalho no setor dos transportes (Efeito LVA).

O estudo revela que a intensidade das emissões no setor dos transportes diminuiu comparativamente ao primeiro ano da amostra, e que os efeitos que mais contribuíram para esta variação foram o efeito EnK e o efeito KP na maioria dos países em análise.

A Dinamarca e a Lituânia apresentam um padrão distinto dos restantes países analisados, em que os efeitos que mais contribuíram para a variação foram o Efeito CF, Efeito LVA e o Efeito EEn.

keywords

CO₂, transport sector, emissions intensity, decomposition analysis, European Union

abstract

This dissertation has the objective to identify which effects contribute more to the carbon dioxide emissions (CO₂) intensity in the transport sector, analysing these effects separately and observing their evolution in UE 27 and in the following European countries: Germany, Denmark, Slovenia, Spain, Italy, Lithuania and Portugal. In order to do this, the technique of Complete Decomposition was applied to obtain the effects facts in the transport sector for the period of 2008 to 2018.

It is important to have the knowledge base of these effects to enable the implementation of policies that will reduce CO₂ emissions. Their policies must be adequate and specific to the transport sector. This is an innovative study, as there have been no other study that analysed these specific countries in Europe, nor the studied period.

The variations in the CO₂ emissions were divided in six evariables: (i) variations of CO₂ emissions, compared to the consumption of fossil fuels (Effect CF); (ii) variations in the consumption of fossil fuels compared to the consumption of electricity (Effect FE); (iii) variations in the consumption of electricity compared to the total consumption of energy (Effect EEn); (iv) variations in the total consumption of energy compared to the capital used in the transport sector. (Effect EnK); (v) variations in capital per capita (Effect KP); (vi) inverse work average of productivity in the transport sector (Effect LVA).

The study revealed that the intensity of emissions in the transport sector has diminished in the studied period and that the effects that contributed more to the variations were Effect EnK and Effect KP in the majority of the countries analysed.

Denmark and Lithuania show a distinctive pattern in relation to the other countries analysed, in that the effects that contributed more to the variations were Effect CF, Effect LVA and Effect EEn.

Índice

Índice de Figuras.....	iii
Índice de Tabelas.....	v
Lista de Acrónimos.....	vi
1. Introdução.....	1
2. Contextualização e Metas Ambientais.....	5
2.1 União Europeia.....	5
2.2 Portugal.....	10
3. Revisão de Literatura	13
3.1 Análise de Decomposição.....	19
4. Metodologia e Dados.....	25
4.1 Dados.....	25
4.1.1 Período e Fonte	25
4.1.2 Evolução das variáveis para os países seleccionados	28
4.2 Metodologia	33
5. Resultados e Discussão.....	35
6. Conclusão.....	45
Referencias Bibliográficas	50
Anexo 1	54
Anexo 2 – Evolução das variáveis para o setor dos transportes	61
Anexo 3 – Evolução de cada Efeito.....	64

Índice de Figuras

Figura 1: Percentagem de energia renovável no consumo final de energia nos transportes (Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Eurostat, 2020)	2
Figura 2: Emissões de CO ₂ - Setor dos transportes na UE27 (Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Eurostat, 2020)	3
Figura 3: Métodos recomendados para análise de decomposição do uso de energia (Fonte: Ang, 2004)	19
Figura 4: Evolução da Intensidade de Emissões de CO ₂ (CO ₂ /VAB) nos países da União Europeia, para o setor dos transportes (Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Eurostat, 2020)	27
Figura 5: Evolução da Intensidade de Emissões de CO ₂ (CO ₂ /VAB) nos países da União Europeia, para o setor dos transportes - Taxa Normalizada para 2008 (Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Eurostat, 2020)	28
Figura 6: Evolução da Intensidade das Emissões (CO ₂ /VAB) do setor dos transportes (Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Eurostat, 2020)	29
Figura 7: Rácio consumo de combustíveis de origem fóssil/energia total no setor dos transportes (Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Eurostat, 2020)	29
Figura 8: Consumo de combustíveis fósseis em 2008 e 2018 no setor dos transportes, por tipo de combustível (Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Eurostat, 2020)	30
Figura 9: Rácio consumo de eletricidade/energia total do setor dos transportes (Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Eurostat, 2020)	31
Figura 10: Rácio FBCF do setor dos transportes/População (Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Eurostat, 2020)	32
Figura 11: Decomposição Completa da intensidade das emissões de CO ₂ do setor dos transportes na UE27 entre 2009 e 2018	36
Figura 12: Decomposição Completa da intensidade das emissões de CO ₂ do setor dos transportes na Alemanha entre 2009-2018	37
Figura 13: Decomposição Completa da intensidade das emissões de CO ₂ do setor dos transportes na Espanha entre 2009-2018	38
Figura 14: Decomposição Completa da intensidade das emissões de CO ₂ do setor dos transportes na França entre 2009-2018	39
Figura 15: Decomposição Completa da intensidade das emissões de CO ₂ do setor dos transportes na Itália entre 2009-2018	40
Figura 16: Decomposição Completa da intensidade das emissões de CO ₂ do setor dos transportes em Portugal entre 2009-2018	41

Figura 17: Decomposição Completa da intensidade das emissões de CO ₂ do setor dos transportes na Dinamarca entre 2009-2018.....	42
Figura 18: Decomposição Completa da intensidade das emissões de CO ₂ do setor dos transportes na Eslovénia entre 2009-2018.....	43
Figura 19: Decomposição Completa da intensidade das emissões de CO ₂ do setor dos transportes na Lituânia entre 2009-2018.....	44

Índice de Tabelas

Tabela 1: Incentivos à aquisição de veículos elétricos (Fonte: Jornal Observador, 2020)	9
Tabela 2: Resumo dos fatores determinantes que afetam as emissões de GEE no setor dos transportes	18
Tabela 3: Aplicação de métodos de decomposição a vários países e regiões	21
Tabela 4: Estudos por setor de atividade que utilizam o método de decomposição	22
Tabela 5: Variação da Intensidade de Emissões de CO ₂ (toneladas) no setor dos transportes.....	35

Lista de Acrónimos

AEA – Agência Europeia do Ambiente

AMDI - Divisia de Média Aritmética

CQNUAC - Convenção Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas

ETS – Regime de Comércio de Licenças de Emissão da União Europeia

GEE - Gases com Efeito de Estufa

IDA - Análise de Decomposição Índice

PIB - Produto Interno Bruto

IDMDI – Índice Logarítmico de Divisia Média

LMDI - Índice Logarítmico de Divisia

SDA - Análise de Decomposição Estrutural

TGR - Revisão da Taxa de Gestão de Resíduos

TGRH - Revisão da Taxa de Gestão de Recursos Hídricos

TOE – Thousand Tonnes of Oil Equivalent

UE - União Europeia

1.Introdução

Assistimos diariamente à implementação de estratégias com o intuito de serem alcançados maiores níveis de desenvolvimento humano. Contudo, depara-mo-nos com objetivos conflituosos entre o crescimento económico, a qualidade ambiental, o pleno usufruto dos recursos naturais e a preservação dos mesmos para as gerações vindouras.

Esta problemática coloca, entre outros, o problema da conciliação entre a esfera económica e ambiental.

De modo a prevenir alterações climáticas, a União Europeia (UE), sob o acordo de Paris, comprometeu-se a diminuir a emissão de gases de efeito de estufa em 40% abaixo dos níveis de 1990, até 2030 (Parlamento Europeu, 2019).

O regime de Comércio de Licenças de Emissão da União Europeia (ETS) visa reduzir as emissões de carbono da indústria ao exigir às empresas que possuam licenças de emissão por cada tonelada de CO₂ que emitam. As empresas recebem estas licenças gratuitamente ou têm de as adquirir através de leilões, existindo alguns incentivos para estimular a inovação no setor.

Entre os setores não abrangidos pelo ETS e que representam quase 60% das emissões globais da UE, encontram-se o setor dos transportes (à exceção da aviação), a agricultura, a gestão de resíduos e os edifícios, que serão abrangidos por metas nacionais de emissões calculadas em função do produto interno bruto (PIB) per capita (Parlamento Europeu, 2019).

A Europa pretende tornar-se assim o primeiro continente com um impacto neutro no clima até 2050. De modo a alcançar este objetivo a Comissão Europeia apresentou o Pacto Ecológico Europeu que visa permitir às empresas e aos cidadãos um benefício de uma transição ecológica sustentável (Comissão Europeia, 2020).

Considerando que as emissões de carbono nos transportes de passageiros variam significativamente de acordo com o meio de transporte. É de ressaltar que os carros são os mais poluentes, perfazendo 60,7% do total das emissões de CO₂ em transportes rodoviários na Europa (Parlamento Europeu, 2019).

Como consequência do tipo de energia utilizada, o setor dos transportes é assim um dos mais dependentes dos combustíveis fósseis e é também responsável por uma grande parte da emissão de gases com efeito de estufa (GEE), exercendo fortes pressões sobre o ambiente e bem-estar humano (Parlamento Europeu, 2019).

Esforços para diminuir esta dependência terão a longo prazo um efeito benéfico (Portal do Estado do Ambiente, 2019).

A nível da UE, a incorporação de combustíveis provenientes de fontes de energia renovável no setor dos transportes, tem apresentado um aumento constante desde 2012 (Relatório Estado do Ambiente, 2019).

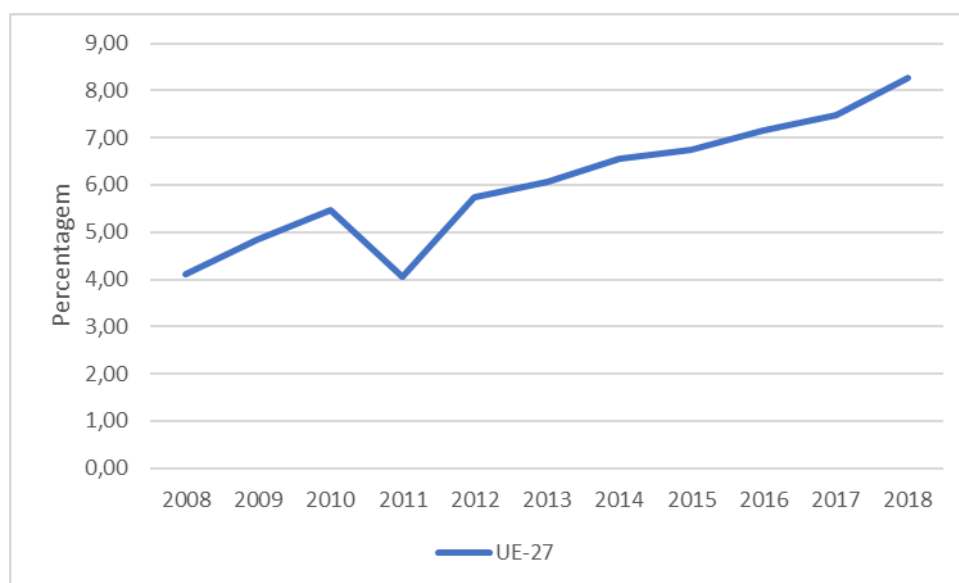


Figura 1: Percentagem de energia renovável no consumo final de energia nos transportes (Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Eurostat, 2020)

Outros setores têm reduzido as emissões desde 1990, mas à medida que a mobilidade aumenta, as emissões de dióxido de carbono provenientes de transportes crescem.

Os transportes são responsáveis por quase 30% das emissões de dióxido de carbono na União Europeia, 72% dos quais vêm dos transportes rodoviários. Como parte dos esforços para reduzir as emissões de dióxido de carbono, a UE estabeleceu o objetivo de reduzir as emissões relacionadas com os transportes em 60% até 2050, querendo ficar equiparada aos níveis de 1990. No entanto os esforços para aumentar a eficiência energética dos novos carros estão a abrandar. Depois de um declínio, em 2017, os novos automóveis emitem, em média, 0,4 gramas de CO₂ por quilómetro a mais do que em 2016 (Parlamento Europeu, 2019).

A redução das emissões implica custos económicos para os setores económicos, tendo em conta que são necessárias melhorias tecnológicas e alternativas para as fontes de energia utilizadas. Estas mudanças têm um impacto na economia, particularmente nos preços, na produção, na balança comercial e na implementação de políticas económico-ambientais.

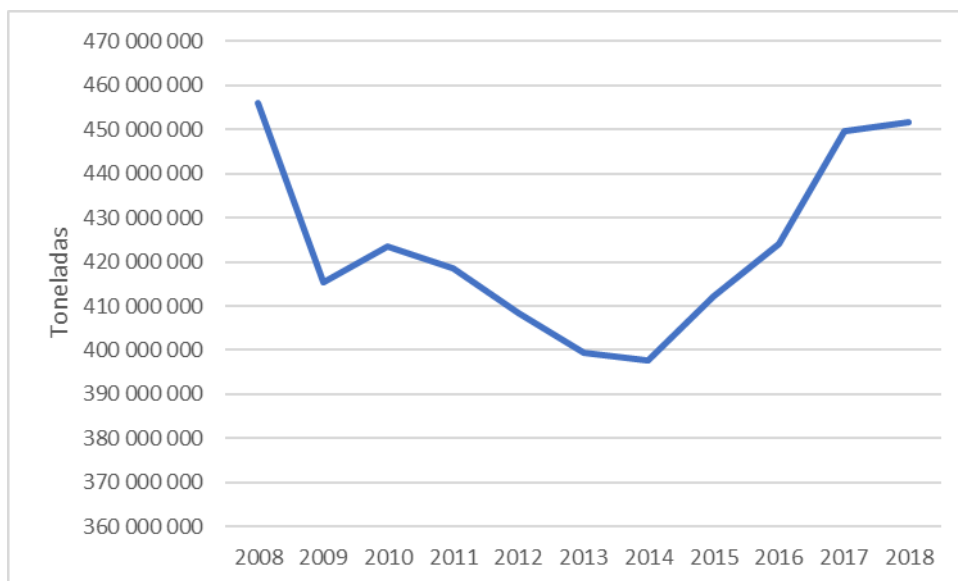


Figura 2: Emissões de CO₂ - Setor dos transportes na UE27 (Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Eurostat, 2020)

Para melhor perceber o que afeta a intensidade das emissões de CO₂ no setor dos transportes torna-se importante analisar a sua evolução, assim como os fatores que podem estar a afetar a sua variação.

Com a figura 2 é visível que existem duas grandes diminuições nas emissões de CO₂, sendo a primeira de 2008 a início de 2009 e a segunda de finais de 2010 a 2014. Estas diminuições ocorrem durante o período de crise económico-financeira que se instalou após 2008.

Contudo, a partir de 2014 a intensidade das emissões de CO₂ aumenta visivelmente. Deste modo, o objetivo de estudo da presente dissertação prende-se em identificar os efeitos que mais contribuem para a intensidade das emissões de CO₂ no setor dos transportes na União Europeia de 2008 a 2018.

Para isto é utilizada a técnica de “Decomposição Completa” desenvolvida por (Sun, 2000).

A técnica consiste em decompor a variação da intensidade das emissões em efeitos, com base nas variáveis: emissões de dióxido de carbono de origem fóssil, consumo total de combustíveis fósseis, consumo de eletricidade, consumo total de energia, formação bruta de capital fixo (onde está presente a tecnologia), população e o valor acrescentado bruto do setor dos transportes.

O setor dos transportes consome essencialmente combustíveis fósseis e energia elétrica, sendo que tanto o uso de combustíveis fósseis como a utilização de eletricidade conduzem a emissões de GEE, entre os quais CO₂. Observou-se em 2017 que, as emissões de GEE no setor dos transportes, incluindo a aviação internacional, têm aumentado em 242 milhões de toneladas, ou 28 %, em comparação a 1990 (Eurostat

Statistics Explained, 2019). Mas para além da energia, outras variáveis podem ser exploradas como explicativas das emissões do setor. Por exemplo, a formação bruta de capital fixo é também uma variável com relevância para o estudo, uma vez que o aumento de infraestruturas e desenvolvimento de tecnologias mais eficientes podem ter impacto no consumo de energia e conseqüentemente na intensidade das emissões de CO₂. Ainda a produtividade do trabalho pode também ser considerada um fator importante no estudo da intensidade das emissões, pois a sua variação pode levar a um aumento ou diminuição do consumo de combustíveis fósseis e eletricidade.

Neste contexto e aliado à falta de estudos sobre esta temática para o setor dos transportes em países europeus, espera-se que esta dissertação contribua para a literatura quer na sua componente mais teórica, quer na sua componente empírica, seguindo a seguinte estrutura:

No capítulo 1 apresenta-se a introdução onde é feito um pequeno enquadramento da dissertação assim como a apresentação do objetivo e estrutura da mesma.

O capítulo 2 subdivide-se em duas partes, sendo que a primeira enquadra a estratégia da União Europeia para se adaptar às mitigações climáticas e se tornar mais resistente à ocorrência de fenómenos ambientais, já a segunda parte apresenta a estratégia de Portugal.

O capítulo 3 é dedicado à revisão bibliográfica cujo objetivo principal é identificar estudos que abordam os determinantes das emissões de Gases de Efeito Estufa. Para além disso, pretende-se com este capítulo identificar lacunas na investigação e a seleção da metodologia a utilizar.

O capítulo 4 apresenta a metodologia e dados, começando pela análise descritiva dos dados, com o objetivo de mostrar a evolução das diferentes variáveis e seguidamente apresentando a metodologia aplicada.

No capítulo 5 é apresentada a análise e discussão dos resultados obtidos.

Por último, o capítulo 6 apresenta as conclusões retiradas mediante a análise dos resultados obtidos no capítulo anterior, assim como algumas considerações finais.

2. Contextualização e Metas Ambientais

2.1 União Europeia

A estratégia da UE para a mitigação às alterações climáticas tem por objetivo tornar a Europa mais resistente à ocorrência de fenómenos ambientais (inundações, erosões, poluição, mudanças climáticas, chuva ácida, agravamento do efeito de estufa e destruição de habitats). Consequentemente todos estes fenómenos levam ao aumento do número de doenças e diminuição da qualidade de vida da população.

Com uma postura de liderança, reconhecendo a importância do tema e promovendo a implementação de estratégias de abrandamento das emissões de GEE, foram inúmeras as iniciativas levadas a cabo pela UE.

No campo de ação da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas (CQNUAC) e do Protocolo de Quioto, a Comissão Europeia e mais concretamente a Agência Europeia do Ambiente, têm vindo a realizar relatórios para analisar os progressos realizados e previstos dos Estados Membros e da Comunidade. Este mecanismo de vigilância visa avaliar o cumprimento dos compromissos em matéria de emissões comunitárias de CO₂ e de outros gases responsáveis pelo efeito de estufa. Em novembro de 2018, a Comissão Europeia apresentou a estratégia da Europa para liderar a neutralidade climática através do investimento em soluções tecnológicas, assim como o alinhamento de ações como a política industrial, o financiamento e a investigação. Pela primeira vez todos os Estados-Membros elaboraram planos nacionais integrados em matéria de energia e de clima (PNEC).

Após análise da Comissão Europeia verificou-se que com as políticas e medidas nacionais já implementadas, prevê-se que em 2030 existirá uma redução das emissões em 30% (Comissão Europeia, 2019).

A gravidade das alterações climáticas dependerá assim do alcance e da rapidez na redução das emissões de gases com efeito de estufa (GEE) libertadas para a atmosfera (AEA, 2015).

A Europa tem o grande objetivo de em 2050 ter impactos neutros no clima e para tal criou o Pacto Ecológico Europeu. Este pacto é apoiado por investimentos nas tecnologias verdes e pode constituir uma nova estratégia de crescimento da União Europeia. O Pacto Ecológico Europeu contempla diversas ações que incentivam a utilização eficiente dos recursos e descreve os investimentos necessários para assegurar uma transição justa e inclusiva (Parlamento Europeu, 2020).

Para atingir este objetivo de acordo com o Parlamento Europeu (2020) é assim necessário:

- Investir em tecnologias não prejudiciais ao meio ambiente;
- Apoiar a investigação e desenvolvimento das indústrias;
- Descarbonizar o setor da energia;
- Assegurar o aumento da eficiência energética dos edifícios;
- Cooperar com parceiros internacionais;
- Implementar formas de transporte público e privado mais limpas.

A União Europeia prestará igualmente apoio financeiro e assistência para ajudar as empresas, regiões e pessoas mais afetadas pela transição para uma economia verde (Parlamento Europeu, 2020).

Sendo que mais de um terço das emissões provêm dos transportes, as normas de emissões de CO₂ relativas aos novos automóveis e veículos comerciais ligeiros são fatores determinantes para a redução das emissões dos transportes rodoviários (Comissão Europeia, 2019).

Embora as emissões médias de CO₂ por quilómetro de novos automóveis e veículos comerciais ligeiros continuem a ser inferiores aos objetivos aplicados, os dados provisórios relativos a 2018 revelaram um aumento das emissões em relação a 2017. Por conseguinte, os fabricantes de veículos foram obrigados a reduzir significativamente as emissões da sua frota, em média em cerca de 25 g de CO₂/km para os automóveis e 11 g de CO₂/km para os veículos comerciais ligeiros, a fim de cumprir os objetivos para 2020 e 2021 (Comissão Europeia, 2019).

A Diretiva Qualidade dos Combustíveis contribui para reduzir as emissões de gases com efeito de estufa provenientes dos transportes. Obriga os Estados-Membros a exigirem que os fornecedores de combustíveis reduzam a intensidade das emissões de GEE ao longo do ciclo de vida dos combustíveis em 6% até 2020, em comparação com 2010. A intensidade média de GEE dos combustíveis fornecidos em 2017 foi 3,4% inferior à de 2010 (Comissão Europeia, 2019).

A UE continua a desenvolver o seu quadro político para a redução das emissões de GEE e a adaptação às alterações climáticas. Em 2018, registaram-se progressos significativos no sentido de reduzir as emissões provenientes do transporte rodoviário e de promover o financiamento sustentável (Comissão Europeia, 2019).

O regulamento (UE) 2019/631 adotado em 17 de abril de 2019 estabelece novas normas de emissões aplicáveis aos automóveis de passageiros e aos veículos comerciais ligeiros a partir de 2020. Até 2025 e 2030, respetivamente, as emissões médias dos automóveis novos terão de ser 15% e 37,5% inferiores às de 2021, e as emissões médias dos veículos comerciais ligeiros terão de ser 15% e 31% inferiores às de 2021.

Relativamente aos veículos pesados, o regulamento (UE) 2019/1242 adotado em 20 de junho de 2019 estabelece pela primeira vez normas de emissão de CO₂ para os veículos pesados na UE. Em 2025, as emissões dos caminhões recentemente colocados no mercado da UE terão de ser, em média, 15% inferiores às de 2019 e 30% inferiores até 2030.

Ambos os regulamentos incluem um mecanismo para incentivar a aceitação de veículos com emissões baixas ou nulas com base nos valores de referência a partir de 2025. Introduzem também novas disposições para assegurar a representatividade real das emissões monitorizadas. Além disso, a revisão da Diretiva (UE) 2019/1161 foi adotada em 20 de junho de 2019, a fim de promover soluções de mobilidade limpa nos concursos públicos.

Damert e Rudolph, (2009) afirmam a existência de várias medidas fiscais possíveis de implementar no que diz respeito à descarbonização dos transportes:

Políticas baseadas no mercado

Impostos sobre Combustíveis

Têm como objetivo promover a produção de veículos mais eficientes, através da mudança na procura (quanto maior for o imposto maior será o preço do combustível o que leva a uma redução da procura de veículos).

Taxas e impostos sobre veículos

Contrariamente aos impostos sobre combustíveis, impostos, taxas e descontos sobre veículos têm o objetivo de orientar a procura por carros com baixo consumo de combustível, influenciando o custo de aquisição e propriedade em vez de uso. Neste sentido, o objetivo é o desincentivo à compra de veículos com altas emissões com a imposição de impostos ou taxas progressivas.

Incentivos à compra de veículos

Os impostos, taxas e descontos sobre veículos têm o objetivo de orientar a procura por veículos de baixo consumo de combustível fóssil, influenciando assim o custo de aquisição. Este objetivo pode ser atingido mediante impostos sobre as vendas e registro de carros novos, com o objetivo de desincentivar a compra de veículos com altas emissões de carbono.

Políticas baseadas no controlo

Padrões de emissão de combustível

Os padrões de emissão estabelecem limites quantitativos sobre o valor permitido por automóvel de passageiros, por norma baseado numa média do peso de uma frota em específico.

Privilégios para veículos de emissão baixa ou zero

Os municípios podem introduzir restrições de entrada em certas áreas mediante as emissões específicas de cada veículo, criar pontos de cobrança gratuita em estacionamentos para veículos de baixas emissões, criar isenções de taxas e mais postos de estacionamento com carregamento para veículos elétricos.

Políticas baseadas em informação

Estas medidas são implementadas de forma a promover uma maior consciência ambiental dos consumidores no ato de compra. Embora as medidas políticas sejam uma das maneiras mais eficazes para conseguir a transformação pretendida no mercado automóvel, os decisores políticos não devem menosprezar o papel do sentimento na responsabilidade social.

Subsídios de Investigação e Desenvolvimento

Relativamente à tecnologia implementada nos veículos, especialmente a investigação sobre mobilidade é apoiada financeiramente pela UE e todos os seus Estados-Membros. O objetivo centra-se na aceleração da aceitação do mercado de todos os tipos de veículos elétricos. As políticas de investigação e desenvolvimento podem também complementar os incentivos financeiros existentes na compra de veículos elétricos.

A economia verde é uma economia baixa em carbono, eficiente no uso de recursos e promotora de emprego. A prossecução para uma economia verde é um dos pilares da estratégia da União Europeia, que consiste em atingir uma economia sustentável e inclusiva até 2020 (BCSD Portugal – Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável).

Portugal, tem vindo a aumentar a sua quota de mercado de veículos elétricos devido ao “incentivo verde” que dá vantagens financeiras às empresas que o coloquem em prática.

Os Países Baixos registam também uma elevada procura de veículos elétricos derivada de reduções nos impostos que impulsionam a venda de veículos menos poluentes. A Suécia é o país com uma maior quota de veículos elétricos, com 8,4% do total das vendas de veículos, seguida dos Países Baixos com 6,8% (Jornal Observador, 2020).

Tabela 1: Incentivos à aquisição de veículos elétricos (Fonte: Jornal Observador, 2020)

País	Tipo de Incentivo
Portugal	Incentivo no valor de 2250 euros na compra de um veículo novo 100% elétrico; Estacionamento Gratuito ou com grandes descontos dependendo das cidades.
Espanha	Incentivos até 5500 euros para automóveis elétricos; Incentivos até 6000 euros para veículos comerciais; Incentivos até 15000 euros para veículos pesados; Apoios para a instalação de postos de carregamento em casa e nas empresas.
Países Baixos	Vantagens fiscais de forma a estimular a procura por veículos elétricos; Isenção de impostos e taxas de veículos elétricos até 2025; Consumidores podem receber até 5.000 euros, mas se o investimento for realizado em autocarros e camiões elétricos, o valor pode ir até 40.000 euros por veículo.
Reino Unido	O governo britânico reduziu os subsídios para veículos elétricos no final de 2018, mas ainda é possível obter descontos até 3.500 libras (4.125 euros) em 31 modelos de veículos.
Alemanha	Para automóveis elétricos com preço até 40.000 euros existe um subsídio compensatório até 6.000 euros. O governo também pretende promover a infraestrutura de rede de carregamento que, até 2025, deverá contar com um milhão de postos.
França	Comprador recebe até 6.000 euros, mais um bónus de conversão se trocar um automóvel com motor de combustão por um automóvel elétrico; Na área metropolitana de Paris, estes apoios são reforçados pela combinação de subsídios dos governos central e regional, podendo assim chegar aos 14.500 euros.
Itália	Com os veículos elétricos a custarem cerca de 30.000 euros, é mais fácil optar por modelos equivalentes com motor de combustão, vendidos por valores entre 10.000 e 15.000 euros; Quota mais baixa de venda deste tipo de veículos: 0,199%, segundo os dados de 2017 da ACEA, associação europeia que representa as marcas automóveis.
Suécia	Adquirente de veículo elétrico na Suécia pode receber um bónus até 60.000 coroas suecas (5.619 euros).

Noruega	Compradores de veículos elétricos beneficiam da isenção de IVA, numa taxa de 25%, além de outros impostos sobre a venda de automóveis como as taxas de importação e de circulação; Estacionamento gratuito, isenções em portagens e permissão para circular nas faixas BUS das cidades.
---------	---

2.2 Portugal

A transição para uma economia verde e de baixo carbono, assumida no Acordo de Paris por vários países, incluindo Portugal, depende da interação e cooperação entre os vários agentes económicos, nomeadamente o setor financeiro, visto que o financiamento público e privado da economia verde é bastante relevante para que as empresas consigam fazer uma transição para modelos de negócio ambientalmente mais eficientes.

Com o objetivo de contribuir para aecoinovação e para a eficiência na utilização de recursos a Reforma da Fiscalidade Verde foi consagrada na Lei nº 82-D/2014, de 31 de dezembro e procede à alteração de normas fiscais ambientais nos setores da energia, transportes, água, resíduos, ordenamento do território, florestas e biodiversidade (Agência Portuguesa do Ambiente, 2020).

De modo a criar uma mudança de paradigma, a Fiscalidade Verde tem como objetivo:

- Reduzir a dependência energética do exterior;
- Introduzir padrões de produção e de consumo sustentáveis;
- Gerar emprego;
- Promover a eficiência na utilização de recursos, nomeadamente a água;
- Diversificar as fontes de receita, num contexto de neutralidade do sistema fiscal e de competitividade económica.

Assim a Fiscalidade Verde introduziu uma panóplia de medidas nas quais a Agência Portuguesa do Ambiente tem responsabilidades na implementação:

- Incentivo ao abate de veículos em fim de vida e aquisição de veículo elétrico;
- Taxa sobre sacos de plástico;
- Revisão da Taxa de Gestão de Resíduos (TGR);
- Revisão da Taxa de Gestão de Recursos Hídricos (TGRH);
- Promover economia de baixo carbono, de combate às mitigações climáticas e redução da dependência energética do exterior, através de uma taxa de carbono, que passa a incidir sobre os setores não incluídos do Comércio Europeu de Licenças de Emissão;

- Incentivo aos veículos elétricos e dedução do IVA em veículos de turismo elétricos, híbridos plug-in, GPL e GNV;
- Agravamento das taxas de ISV nos veículos a gasolina e gasóleo em função das emissões de carbono.

Em Portugal as importações de petróleo bruto e refinado em 2018 foram de 8000 milhões de euros (40,6% saldo importador da Balança de Mercadorias) e em 2009 de 4800 milhões de euros (29,8% saldo importador da Balança de Mercadorias), a baixa deste valor deve-se ao desenvolvimento e teste de novas soluções de mobilidade sustentável que tem explorado a energia elétrica e fontes renováveis através de redes inteligentes (Dias J. – Programa de Apoio à Mobilidade Elétrica).

A finalidade do Programa de Apoio à Mobilidade Elétrica na administração pública (PAMEAP) é a de promover a descarbonização e a melhoria do desempenho ambiental nos veículos do Estado enquadrando-se no Programa para a Mobilidade Sustentável na Administração Pública 2015-2020. As candidaturas decorreram até 31 de março de 2020 e financiavam 50% da despesa (incluindo IVA) com as rendas dos veículos elétricos adquiridos, em regime de locação operacional e financeira, nos termos do regulamento, durante um período de 48 meses. O número de veículos a financiar foi limitado a 2 veículos por Município, Comunidades Intermunicipais ou Áreas Metropolitanas, Freguesias e Empresas Municipais.

Seria também financiado 50% do valor da aquisição e instalação de postos de carregamento, até um número máximo de postos igual ao número de veículos atribuídos a cada entidade e até ao limite de 2.000€ por posto, no caso de postos convencionais, ou de 4.000€ por posto, no caso de postos semirrápidos (República Portuguesa – Ambiente e Ação Climática, 2018).

Em Portugal em 2017, o setor dos transportes foi responsável por 37,2% do consumo final de energia primária, seguindo-se o setor da indústria com 28,8%, o setor doméstico com 16,4%, o setor dos serviços com 12,2%, o setor da agricultura e pescas com 2,9% e o setor da construção e obras públicas com 2,5% (Relatório do Estado do Ambiente – Pegada Energética e Carbónica dos Transportes, 2019).

De modo a melhorar o setor dos transportes, o governo introduziu diversas medidas de eficiência energética, que fazem parte do Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEE).

A Resolução do Conselho de Ministros (RCM) n.º 20/2013, de 10 de abril, aprovou um segundo PNEE para o período 2013 a 2016, à luz da Diretiva n.º 2012/27/EU, Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro, relativa à Eficiência Energética (EED, Diretiva Eficiência Energética), o objetivo foi definido para um limite máximo ao

consumo de energia primária em 2020, equivalente a uma redução de 20% face a valores de 2017 (República portuguesa, 2017).

Desde o dia 30 de abril de 2014, a cada três anos cada PNEE deve abranger medidas significativas de melhoria da eficiência energética e das economias de energia realizadas, mais concretamente, ao nível do transporte e da distribuição de energia, a fim de atingir os objetivos nacionais de eficiência energética. Neste contexto, foi construído o terceiro PNEE que descreve sumariamente as medidas a adotar até 2020, destinadas a promover a eficiência energética em todo o território português, na ótica de que a melhor forma de prever o futuro é planeá-lo (República portuguesa, 2017).

O objetivo nacional referente ao consumo de energia em 2020 não deve assim exceder os 24 Mtep de energia primária, tendo em conta o facto de que o consumo de energia na União Europeia em 2020 não deve exceder 1,474 Mtep de energia primária. Mediante a eficiente descida do consumo de energia primária em Portugal, foi estabelecido, para o horizonte de 2020, correspondente a uma redução total de consumo da energia primária em 25% (República Portuguesa, 2017). Atualmente ainda não é possível verificar se estes objetivos foram atingidos visto que os dados disponíveis no Eurostat se limitam ao ano de 2018.

3. Revisão de Literatura

Com o rápido aumento das emissões de dióxido de carbono CO₂ nas últimas décadas, estas são consideradas como a principal causa do aquecimento global. Deste modo torna-se necessário conhecer e compreender os fatores que estão por detrás deste aumento nas emissões. Sendo o maior desafio deste século, fornecer energia limpa à medida que a população aumenta e o desenvolvimento económico causa um aumento das emissões de gases de efeito de estufa torna-se necessário recorrer a alternativas que ajudem os objetivos a ser atingidos com maior brevidade. Existem diversos relatórios e estudos que se debruçam sobre os determinantes das emissões no setor dos transportes e de que forma estas emissões se poderão reduzir.

A literatura tem apresentado diversos estudos, para regiões, setores ou países específicos, sendo que alguns se debruçam sobre os Gases de Efeito Estufa em geral e outros sobre as emissões de CO₂ em particular. Estudos anteriores apresentam várias limitações, a identificação reduzida de fatores assim como a limitação a uma determinada região ou setor.

Para avaliar quais os fatores que influenciam as emissões atmosféricas para conjuntos de países, podemos evidenciar os estudos recentes de Zheng et al (2019) e de Dong et al. (2020). Zheng et al (2019), realizaram uma análise dos perfis de Gases de Efeito Estufa dos países G7 e BRICS, com base no desenvolvimento de energia sustentável e indicadores de desenvolvimento vinculados à estrutura das alterações climáticas. A metodologia aplicada deste estudo consistiu na definição de perfis de emissão de GEE através da aplicação de indicadores ligados às alterações climáticas, as tendências dos perfis de emissão de GEE e os principais fatores foram comparados o que levou os autores a concluírem que os países com melhor desempenho foram o Reino Unido, UE, Itália e China. Os países com pior desempenho são o Brasil, África do Sul e Canadá. Itália, França, Rússia, Japão e EUA apresentam uma classificação média. Os autores verificaram também que a intensidade energética e o crescimento económico são os principais fatores nas emissões de GEE, tendo sido a intensidade energética considerada o principal fator para a redução de GEE durante o período de 1990 a 2017 para ambos os grupos de países. Enquanto Dong et al (2020) investigaram os fatores que impulsionam o crescimento das emissões globais de CO₂ no período compreendido entre 1997 e 2015, utilizando o método do índice logarítmico de Divisia (LMDI). A análise revelou que os fatores que impulsionam o crescimento das emissões de CO₂ variam entre países com diferentes tipos de rendimento per capita. Através da análise os autores referem que existe a necessidade de reduzir o CO₂ mais rapidamente em países altamente industrializados e de continuar a apoiar a redução de CO₂ nos países em

desenvolvimento, chegaram também à conclusão que o principal fator que contribuiu para o aumento das emissões é o aumento populacional.

Para além dos estudos que focam os determinantes das emissões nos países, há estudos que se debruçam sobre os determinantes das emissões em setores económicos específicos, por exemplo no setor dos transportes.

Para grupos de países, por exemplo da Ásia ou da Europa, podemos apontar os estudos de Timilsina e Shrestha (2009) e o de Andreoni e Galmarini (2012), respetivamente, Timilsina e Shrestha (2009), analisaram os potenciais fatores que influenciam o crescimento do dióxido de carbono no setor dos transportes em alguns países Asiáticos durante o período de 1980 a 2005. Decompondo o crescimento das emissões anuais em componentes que representam mudanças no mix de combustíveis, consumo interno bruto per capita produto (PIB) e população, bem como alterações nos coeficientes de emissão e intensidade energética nos transportes, os autores concluíram que as mudanças no PIB per capita, crescimento populacional e intensidade energética são os principais fatores que impulsionam o crescimento das emissões nos países considerados. Este estudo seguiu o método LMDI, que, diferentemente do método AMDI, fornece uma decomposição livre de resíduos. Os autores constataram que o crescimento populacional, crescimento económico per capita e alterações na intensidade energética dos transportes são considerados os principais fatores do CO₂ do setor, enquanto que a troca de combustíveis não apresenta uma influência considerável no crescimento das emissões de CO₂.

Andreoni e Galmarini (2012), através de uma análise de decomposição na investigação dos principais fatores que influenciam as emissões de CO₂ nas atividades de transporte na Europa durante o período 2001 a 2008, avaliaram o papel da intensidade energética, das alterações estruturais e dos efeitos do crescimento económico no transporte aéreo e marítimo. Estimaram esta decomposição para os 14 Estados-Membros, Noruega e UE27, e indicaram que o crescimento económico é o principal fator no aumento das emissões de CO₂ tanto no transporte aéreo como no transporte marítimo. Os restantes fatores de decomposição revelaram uma tendência diferente para os meios de transporte aéreo e marítimo. A crescente participação das empresas de transporte marítimo na produção total do PIB da UE27 e na intensidade energética do combustível contribuíram largamente para aumentar o total de emissões geradas pela navegação. No setor da aviação, foi observada uma tendência completamente diferente, pois uma redução da eficiência energética, provavelmente gerada por variações na mistura de componentes da gasolina de aviação e querosene a jato, têm sido o principal motor do aumento de emissões. Segundo os autores, a variabilidade nos fatores de emissão de CO₂ entre países e setores de atividade destaca a importância de uma análise fatorial

de contribuições específicas por setores e por países, sendo o primeiro passo para a definição de estratégias e políticas que visem a redução nas emissões.

Para países individualmente temos o estudo de Achour e Belloumi (2016), que fazem um estudo aplicado à Tunísia durante o período 1985 a 2014, e identificaram os fatores determinantes e contribuições correspondentes ao consumo de energia no setor dos transportes.

Neste estudo foi utilizado o método do índice logarítmico da média da Divisia.

O efeito geral da produção económica, intensidade de transporte, escala populacional e estrutura de transporte sobre o consumo de energia foi positivo, enquanto que o efeito geral da intensidade energética foi negativo. Todavia o impacto do efeito da produção económica foi o principal fator de consumo de energia relacionado ao setor dos transportes (contribuição proporcional 35,68%), seguido pela escala populacional (33,76%), transporte efeito estrutura (31,24%) e efeito intensidade de transporte (13,63%). A intensidade energética foi assim considerada como o principal inibidor.

A China foi o país para o qual encontramos mais estudos, relativamente à análise da decomposição no setor dos transportes. Com base nos resultados, os autores apresentaram várias estratégias para reduzir as emissões de CO₂ no setor dos transportes: (i) incentivo a meios de transporte mais ecológicos como é o caso das hidrovias e ferrovias; (ii) incentivo à utilização de combustíveis e veículos limpos; (iii) controlo técnico e otimização na construção interna do sistema de rodovias.

Fan e Lei (2015), com base na identidade expandida da Kaya, construíram um sistema multivariado do modelo de decomposição generalizado do índice de Fisher (GFI) para medir a influência da estrutura energética, intensidade energética, valor da produção por unidade de tráfego, intensidade de transporte, crescimento económico e tamanho da população nas emissões de carbono de 1995 a 2012 no setor de transportes de Pequim. Segundo os autores este foi o método escolhido pois os métodos dos índices de Laspeyres e Divisia não conseguem lidar com os resíduos no processo de decomposição. Os principais fatores positivos incluíram o crescimento económico, intensidade energética e tamanho da população. Já os fatores negativos incluíram a intensidade de transporte e a estrutura energética, sendo que a intensidade do transporte foi o principal contribuinte para o declínio nas emissões de carbono no setor. Já Zhang et al (2011), procuraram explicar o consumo de energia, em vez das emissões, também através do modelo LMDI, concluindo que: (i) com a crescente procura por mobilidade, o consumo de energia no setor dos transportes aumentou 7,63 vezes em relação ao ano de 1980; (ii) em 2006, o petróleo consumido no setor dos transportes representou 49,6% do total em todo o país; (iii) a eficácia da utilização energética do setor dos transportes tem diminuído gradualmente devido ao aumento da intensidade

no consumo de energia; (iv) a intensidade média do consumo de energia no transporte ferroviário foi considerada como a mais eficaz, sendo seguida dos gasodutos e as hidrovias que se posicionaram em segundo e terceiro lugar respetivamente; (v) As rodovias foram consideradas a grande fonte do problema dos recursos ambientais devido ao seu crescente consumo de petróleo.

Para além dos estudos que utilizam o método da decomposição, outros estudos e relatórios se têm debruçado sobre os fatores que podem fazer diminuir as emissões no setor dos transportes.

Com o setor dos transportes da União Europeia, a contribuir com mais de 30% no consumo total de energia, os biocombustíveis são apontados como uma opção para reduzir as emissões de carbono no setor dos transportes (Tsita et al 2019).

Com a produção de biocombustíveis a enfrentar grandes desafios como: a falta de culturas e as infraestruturas de gestão de biomassa, falta de unidades de produção de biocombustíveis, elevados custos de produção e fraca aceitação social (Tsita et al 2019), torna-se necessário serem implementadas medidas diversificadas, que exigem o conhecimento dos determinantes mais importantes nas emissões.

Todavia de acordo com Reid et al (2019) qualquer uso de bioenergia como substituto de combustíveis fósseis resultará numa redução significativa de emissões a curto prazo. Os biocombustíveis são assim promovidos como uma opção para reduzir as emissões de carbono desde que a EU estabeleceu uma meta vinculativa a todos os estados membros para substituir 10% do combustível do transporte rodoviário com biocombustível até 2020 (Tsita et al, 2020).

O incentivo ao uso de transportes públicos é também uma medida com enfoque na transição para uma economia verde pois leva a uma redução no gasto de combustíveis fósseis e a uma menor emissão de gases de efeito estufa, todavia além das técnicas e/ou características mecânicas implementadas nos veículos dos dias de hoje, o comportamento do motorista é também um dos fatores que afeta o consumo de combustíveis e que por sua vez leva ao aumento das emissões de carbono no setor dos transportes.

Vários estudos revelam que os efeitos da educação para uma condução ecológica perdem o seu impacto a longo prazo, sendo necessário algum tipo de acompanhamento, nomeadamente em frotas de autocarros, frotas de camiões e veículos de serviço.

Com base no estudo ao sistema de condução ecológica desenvolvido por Huang et al (2018) onde foram incluídos testes de laboratório, experiências na estrada e modelagens, as experiências em laboratório revelaram que a condução ecológica é uma medida que produz efeitos imediatos na redução do consumo de combustível e na emissão de CO₂. Os principais fatores defendidos pelos autores que influenciam o

consumo de combustível são a aceleração e desaceleração, velocidade da condução, escolha da rota e marcha lenta, assim os autores defendem que devem ser desenvolvidas sugestões quantitativas de condução ecológica e implementá-las no hardware do veículo de modo a serem geradas melhorias constantes e uniformes.

No entanto em 2019 o estudo de Huang et al (2018) foi revisto por Evin et al (2019) onde foi aplicado o sistema de condução ecológica no sistema público de metro/autocarro na Turquia com cerca de 250000 passageiros diariamente. Foi possível observar que em fatores independentes ao motorista, como o tipo de veículo, direção da rota e densidade do tráfego há um efeito significativo na diminuição consumo do combustível dos autocarros com uma condução ecológica. De acordo com os resultados da pesquisa, 31 de 40 motoristas (77,5%) consideraram o sistema de direção ecológica útil quando consideradas as respostas " Ótimo " e " Bom " como o respostas positivas, a grande maioria dos motoristas (92,5%) não teve dificuldades com a compreensão e uso da interface de feedback do painel do driver. Além disso, 75% dos motoristas confirmaram que o novo painel forneceu feedbacks diretos sobre a condução ecológica e ajudou durante as viagens.

A mobilidade sustentável é aquela em cujo meio de transporte se consome menos energia e em simultâneo é produzida menos poluição por quilómetro percorrido.

A União Europeia está empenhada em descarbonizar o seu sistema de transportes e em dar apoio a alternativas a motores de combustão e combustíveis convencionais.

Gambhir et al 2015, através de um modelo on-line realizaram análises ao custo e impacto nas emissões de CO₂ com a implementação de alternativas nos tipos de transmissão dos veículos durante o período de 2010 a 2050. Através de uma decomposição detalhada dos custos adicionais e redução de emissões de cada modelo de veículo com baixo teor de carbono, os resultados indicaram que os automóveis de passageiros e camiões pesados constituem a maioria das emissões futuras de CO₂. O cenário de baixo carbono previu ainda que a procura de derivados do petróleo (gasolina e diesel) fiquem mais de 40% abaixo do cenário normal de negócios em 2050.

Os autores concluíram com o modelo de projeções no transporte rodoviário chinês, que é possível reduzir as emissões projetadas de 2,08 para 1,24 GtCO₂ por ano até 2050, o que por sua vez levaria a reduzir as emissões globais de CO₂.

Os autores Krystian Pietrzak e Oliwia Pietrzak, (2020) realizaram um estudo com base na influência da implementação de pressupostos de eletromobilidade na redução da poluição do ar nas cidades em termos de sustentabilidade urbana dos sistemas de transporte, através do método documental e de estudo de caso, concluíram que os transportes públicos, além de diminuírem o número de veículos em circulação

contribuem para a redução nas emissões para a atmosfera, o que pode ser um fator importante para a implementação da eletromobilidade.

Analisados os fatores que afetam a tendência de emissões de GEE no setor dos transportes, foi verificado que grande parte dos estudos utiliza a análise de decomposição, uma técnica estatística em que a economia é dividida em fatores de interesse predeterminados para analisar o impacto de cada um deles sobre o crescimento das emissões de GEE.

Com a revisão bibliográfica foram encontrados sete fatores que explicam as variações totais nas emissões de GEE no setor dos transportes.

Tabela 2: Resumo dos fatores determinantes que afetam as emissões de GEE no setor dos transportes

Trabalhos	Fatores
Timilsina e Shrestha (2009); Achour e Belloumi (2016)	Crescimento Económico
Fan e Lei (2015); Achour e Belloumi (2016); Dong et al (2020)	População
Zhang et al (2011); Andreoni e Galmarini (2012); Fan e Lei (2015)	Intensidade e Estrutura Energética
Huang et al (2018)	Investigação e Desenvolvimento
Timilsina e Shrestha (2009); Wang et al (2011)	Combustíveis
Krystian Pietrzak e Oliwia Pietrzak, (2020)	Sistema de Transportes Públicos
Wang et al (2011); Gambhir et al (2015); Choi et al (2020)	Incentivos Verdes
Agência Europeia do Ambiente – Mitigação das Mudanças Climáticas, (2016) e Agência Europeia Ambiente – Veículos elétricos rumo a um sistema de mobilidade sustentável, (2018)	Políticas Europeias

3.1 Análise de Decomposição

Como podemos concluir, os métodos de decomposição são muito utilizados por vários autores para avaliar as contribuições de diversos fatores nas alterações da intensidade energética, consumo de energia e emissões de CO₂ (Timilsina e Shrestha, 2009; Achour e Belloumi, 2016; Dong et al, 2020). Desta forma, faremos agora um resumo dos principais trabalhos que explicam ou utilizam esta técnica.

A opção por um método de decomposição é iniciada com a definição de uma função que relaciona as emissões, o consumo e a intensidade de energia agregada a uma composição de fatores pré-definidos.

Ao escolher o método de decomposição é necessário considerar a sua adaptabilidade, facilidade de uso e compreensão assim como a sua fundamentação teórica.

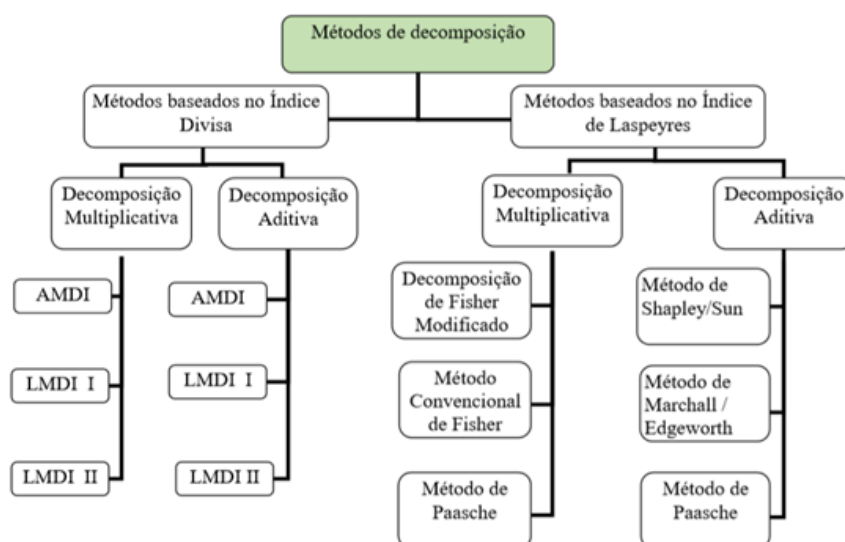


Figura 3: Métodos recomendados para análise de decomposição do uso de energia (Fonte: Ang, 2004)

São duas as abordagens existentes na literatura relativamente aos efeitos da decomposição da intensidade energética e da intensidade das emissões: Análise de Decomposição Estrutural (SDA), baseada no Modelo Input/Output (I-O) que é utilizado para analisar as variações nas emissões e no consumo de energia (Miller e Blair, 2009) e a Análise de Decomposição Índice (IDA) frequentemente utilizada para compreender os fatores do consumo de energia e emissões relacionadas com um setor específico de consumo de energia. Nesta última abordagem, segundo Ang e Zhang (2000) existem duas metodologias que são o IDA Divisia e o IDA Laspeyres.

Existem diferenças e semelhanças entre o SDA e o IDA, relativamente ao estudo, formulação, dados e resultados obtidos. A diferença fulcral é a de que o SDA usa o método input/output enquanto que o IDA utiliza dados agregados setoriais. Desta forma

o SDA é apto para decomposições mais completas de efeitos tecnológicos e económicos enquanto que o IDA é apto para estudos entre países mais detalhados devido à disponibilidade de dados (Ang e Zhang, 2000).

Métodos ligados ao IDA Divisia:

- Método Divisia de Média Logarítmica (LMDI)
- Método Divisia de Média Aritmética (AMDI)

O método AMDI pode ser aplicado em vez do método LMDI em algumas situações, apresentando resultados de decomposição muito próximos dos obtidos a partir do método LMDI (Ang, 2004). Todavia, a decomposição do método AMDI apresenta duas grandes limitações, primeiramente o método falha no teste da reversibilidade dos fatores apresentando termos residuais (por norma quando há grandes variações de dados entre países, em segundo lugar este método falha também quando há valores iguais a zero no conjunto de dados. Esta segunda problemática pode ser contornada com o método LMDI através da substituição de zeros por pequenos valores (Choi e Ang, 2002) ou pela criação de limites analíticos, criado por (Ang et al, 1998).

Métodos ligados ao IDA Laspeyres segundo (Ang e Zhang, 2000):

- Índice Básico de Laspeyres
- Índice Ideal de Fisher
- Índice de Shapley
- Índice de Marshall-Edgeworth

O método de decomposição de Laspeyres inicialmente conduzia a um resíduo, para colmatar essa lacuna Zhang et al, (2009) propuseram uma análise de decomposição completa em que o resíduo é distribuído pelos efeitos considerados, tornando-se assim num método de calculo e compreensão fácil.

Segundo Ang, 2004 as técnicas de decomposição têm sido aplicadas em cinco áreas:

- Procura e Oferta de energia;
- Emissões de Gases Efeito Estufa associados ao uso de energia;
- Para acompanhamento de indicadores de eficiência energética;
- Desmaterialização da economia;
- Comparações entre países.

Na tabela 3 podemos verificar que vários estudos foram feitos utilizando os métodos de decomposição em diferentes países, no entanto nesta etapa foi possível verificar a escassez de estudos que analisem a intensidade das emissões de CO₂ na Europa.

Tabela 3: Aplicação de métodos de decomposição a vários países e regiões

Trabalhos	Países/Regiões
Ang e Pandiyan (1997)	Leste Asiático
Paul e Bhattacharya (2004)	India
Wang et al (2011)	China
Andreoni e Galmarini (2012)	Europa
Fan e Lei (2015)	Pequim
Achour e Belloumi (2016)	Tunísia
Talaei et al (2019)	Canadá
Robaina et al (2019)	Portugal
Chontanawat et al (2020)	Tailândia

Os métodos de decomposição são também utilizados em diversificados estudos para vários setores de atividade além do setor dos transportes que foi anteriormente enunciado.

Com a tabela 4 podemos verificar que os estudos que utilizam métodos de decomposição por norma seguem a abordagem do Índice Média Divisia Logarítmica, um dos métodos mais recomendados em análises de decomposição energética por apresentar um conjunto de vantagens relativamente a outros métodos, sendo a simplicidade, não produção de resíduo e a agregação dos termos decompostos as vantagens mais referidas.

A maioria dos estudos que analisam o consumo e as emissões de gases de efeito estufa referem que os principais combustíveis utilizados no setor dos transportes têm origem fóssil. Com a literatura existente foi possível saber quais os fatores mais importantes que afetam a intensidade das emissões em diferentes atividades económicas, sendo o nível de atividade, o processo comercial e a intensidade de energia os fatores que mais contribuem para o aumento das emissões no setor industrial, o crescimento económico um fator importante para o setor agrícola e o nível de consumo um fator a analisar no setor dos serviços.

Em suma, os vários estudos analisados destacam fatores como a estrutura económica, PIB, estrutura energética e população para analisarem os efeitos de atividade, estrutura e intensidade.

Tabela 4: Estudos por setor de atividade que utilizam o método de decomposição

Setor de Atividade	Autor(es)	Local	Método Utilizado	Resultados
Industrial	Talaei et al (2019)	Canadá (1990 a 2014)	Índice Logarítmico de Divisia Média	O nível de atividade foi o maior contribuinte para o aumento da produção industrial de GEE. O aumento da participação de indústrias com baixo consumo de carbono e a troca de combustíveis contribuíram para a atenuação das emissões de GEE. Apesar das melhorias da intensidade energética em várias indústrias, alterações na intensidade energética nominal resultaram num grande aumento das emissões de GEE.
	Wang et al 2019	China (2004 a 2011)	Método de Decomposição Estrutural	A entrada líquida de emissões na China resulta do processo comercial entre a China e o desenvolvimento das regiões da América do Norte e Europa Ocidental, particularmente nos setores de equipamentos eletrônicos e produtos químicos, borracha e plásticos.
	Chontanawat et al 2020	Tailândia (2000 a 2018)	Índice Logarítmico de Divisia Média	A mudança desfavorável na intensidade de emissão de CO ₂ ocorreu do aumento da intensidade energética de indústrias individuais através do uso de carvão e eletricidade. Os autores sugerem a implementação de políticas que diminuam a intensidade energética de cada setor, limitando o uso de carvão e da eletricidade usada.
Agrícola	Paul e Bhattacharya (2004)	Índia (1980 a 1996)	Método de Decomposição	O crescimento económico tem efeito positivo nas mudanças das emissões de CO ₂ nos principais setores económicos. Emissões de CO ₂ nos setores industrial e de transportes revelaram uma tendência decrescente devido à maior eficiência energética e troca de combustível. O efeito redutor do coeficiente de poluição e intensidade energética nas emissões de CO ₂ no setor agrícola foi quase nulo.

Continuação da Tabela 4

Setor de Atividade	Autor(es)	Local	Método Utilizado	Resultados
Serviços	Wang et al (2014)	China (1993 a 2008)	Método de Decomposição Estrutural	O maior setor emissor de CO ₂ passou do setor agrícola em 1992 para o setor dos serviços em 2017. O nível de consumo foi considerado como o principal fator que influencia a mudança nas emissões indiretas de carbono.
Saúde	Robaina et al (2019)	Portugal (1997 a 2014)	Decomposição Completa	A melhoria na intensidade das emissões de CO ₂ no setor da saúde dependem dos incentivos para substituição de combustíveis fósseis por combustíveis de fontes renováveis.

A principal diferença entre os métodos ligados ao Divisia Index e os métodos ligados ao índice de Laspeyres é a facilidade de formulação.

No caso do LMDI, a formulação de um problema multifatorial (com mais de dois fatores) é tomada exatamente da mesma forma que um problema de dois fatores. Contudo, para o método ideal de Fisher modificado e o método de Shapley, a fórmula tem mais termos conforme o aumento do número de fatores.

Ang (2004), não aconselha o uso de métodos ligados ao Índice de Laspeyres apesar de tais métodos apresentarem a vantagem da facilidade na sua compreensão. Dentro dos mesmos o mais recomendado por Ang (2004) é o Método Ideal de Fisher Modificado.

Do ponto de vista teórico, o método LMDI é o melhor para ser aplicado por passar nos testes de reversibilidade e possuir uma análise de resultados simples. Todavia quando comparado a outros métodos, possui diversas vantagens, com por exemplo: a inexistência de valores nulos e/ou negativos, a decomposição perfeita que facilita a interpretação de resultados e o facto de permitir a desagregação em períodos de tempo com durações distintas.

Em estudos onde são realizadas comparações entre os vários métodos (Ang e Zhang, 2000; Zhang e Ang, 2001; Ang et. al., 2003), as discrepâncias nos resultados são mais quantitativas (e normalmente não significativas) do que qualitativas.

A principal lacuna encontrada com a revisão de literatura é a escassez de estudos para a Europa no que diz respeito à análise da intensidade das emissões de CO₂ e em particular para o setor dos transportes.

Face ao estudo de Andreoni e Galmarini (2012), este estudo vem dar uma continuação na análise de decomposição usada para identificação dos principais fatores que influenciam as emissões no setor dos transportes da União Europeia, visto que o estudo

dos autores corresponde ao período de 2001 a 2008 e o presente estudo compreende o período de 2008 a 2018.

Os autores realizaram uma análise de decomposição com incidência em quatro fatores explicativos (intensidade de emissões de dióxido de carbono, intensidade energética, mudanças estruturais e crescimento económico) e três variáveis (emissões de CO₂, energia e PIB), aplicada a 14 Estados Membros da UE-27 e à Noruega relativamente ao transporte aéreo e marítimo. Neste seguimento o presente estudo é uma mais valia pois é aplicada a análise de decomposição com incidência em 6 efeitos explicativos detalhados no capítulo 5 (efeito CF, efeito FE, efeito EEn, efeito EnK, efeito KP e efeito LVA) e 7 variáveis (emissões de CO₂, combustíveis fósseis, consumo de eletricidade, consumo energético total, formação bruta de capital fixo, população e valor acrescentado bruto), aplicada a todo o setor dos transportes de países europeus específicos e à UE-27.

4. Metodologia e Dados

4.1 Dados

4.1.1 Período e Fonte

Todos os dados foram retirados do Eurostat, pertencentes à secção H – Transportation and Storage da Classificação Estatística de Atividades Económicas na União Europeia (NACE Rev.2). É relevante salientar que para a estimação dos efeitos e na sua interpretação, dever-se-á ter em conta que nem todas as emissões dos transportes estão aqui incluídas, ou seja, ficam de fora as emissões associadas aos transportes na indústria extrativa e transformadora, na agricultura, nas famílias, nos serviços, etc., pelo que a representatividade das conclusões é limitada às empresas do setor dos transportes.

A secção H está dividida em 5 grandes grupos que por sua vez estão divididos em classes e subclasses detalhadas no **Anexo 1**:

- 49 - Transporte Terrestre e Transporte por Gasodutos
 - Transporte ferroviários de passageiros interurbano
 - Transporte ferroviário de carga
 - Outro transporte de passageiros
 - Transporte terrestre urbano e suburbano de passageiros
 - Operações de táxi
 - Outros transportes terrestres de passageiros
 - Serviços de transporte de carga por estrada e remoção
 - Transporte de carga por estrada
 - Serviços de remoção
 - Transporte por Oleoduto
- 50 – Transporte Aquaviário
 - Transporte marítimo e costeiro de água para passageiros
 - Transporte marítimo e marítimo de carga marítima
 - Transporte marítimo de passageiros por vias navegáveis
 - Transporte terrestre de mercadorias por frete
- 51 – Transporte Aéreo
 - Transporte aéreo de passageiros
 - Transporte aéreo de carga e transporte espacial
 - Transporte aéreo de carga
 - Transporte espacial
- 52 - Atividades de Armazenamento e Apoio ao Transporte
 - Armazenagem

- Atividades de apoio ao transporte
 - Atividades de serviço acessórias ao transporte terrestre
 - Atividades de serviço acessórias ao transporte aquaviário
 - Atividades de serviços relacionados ao transporte aéreo
 - Movimentação de carga
 - Outras atividades de apoio ao transporte
- 53 – Atividades Postais
 - Atividades postais sujeitas a obrigação de serviço universal
 - Outras atividades de correios

O período de dados é de 2008 a 2018, por ser o período mais recente para o qual existem dados comuns a todas as variáveis. Todos os dados estão aplicados ao setor dos transportes, à exceção da variável população que se refere ao total de cada país e não ao número de trabalhadores do setor dos transportes pois deste modo é possível analisar a evolução do número de veículos por habitante que por sua vez tem impacto na intensidade das emissões de CO₂, além desta análise o crescimento populacional é considerado o principal fator na evolução da intensidade das emissões nos estudos de Dong et al (2020) e de Timilsina e Shrestha (2009).

Relativamente às variáveis, foram considerados dados anuais sobre:

- **C** – Emissões de CO₂ de origem fóssil – Medida em Toneladas
- **F** – Combustíveis fósseis (soma do consumo energético de gás natural, gasolina, gasóleo e GPL) – Medido em Thousand Tonnes of Oil Equivalent
- **E** – Consumo de eletricidade – Medido em Thousand Tonnes of Oil Equivalent
- **En** – Consumo energético total – Medido em Thousand Tonnes of Oil Equivalent
- **K** – Formação bruta de capital fixo a preços constantes de 2015 – Medido em Milhões de Euros
- **P** – População – Medida em número de pessoas
- **VA** – Valor Acrescentado Bruto a preços constantes de 2015 – Medido em milhões de Euros

Uma vez que se pretendia fazer uma análise de decomposição para países individuais, procedeu-se à análise de algumas variáveis, para selecionar os países a estudar, dado que a aplicação da metodologia a todos os países da UE 27 individualmente tornaria a análise muito longa e exaustiva.

Começando pela variável que queremos decompor e analisar (intensidade de emissões de CO₂), podemos verificar pela figura 4 que os países com o rácio CO₂/VAB mais elevado para o setor dos transportes são o Luxemburgo, Bulgária e Dinamarca. Com valores medianos temos a Alemanha, Espanha, França e Portugal, e com valores baixos temos a Itália, Chipre, Lituânia e Eslovénia (evidenciamos estes países com linhas mais grossas para uma melhor visualização).

Para completar a análise da figura anterior, observamos a mesma variável, mas desta vez em taxa de crescimento, tendo como base o primeiro ano da análise (2008=1).

Dentro dos países com valores mais baixos, na figura anterior, podemos ver agora através da figura 5, que por exemplo o Chipre apresenta uma trajetória descendente e a Lituânia apresenta uma trajetória ascendente, sendo que a Eslovénia é o país com os valores mais baixos.

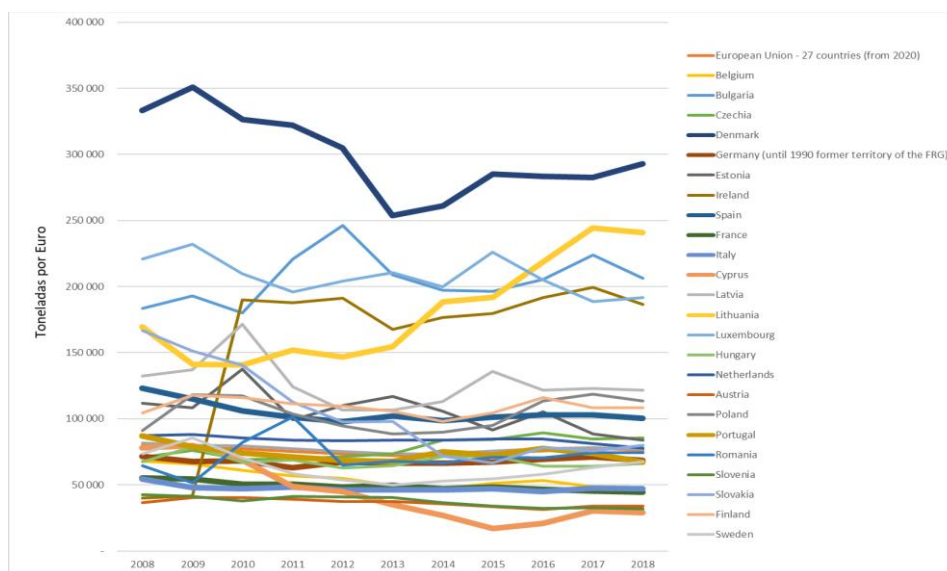


Figura 4: Evolução da Intensidade de Emissões de CO₂ (CO₂/VAB) nos países da União Europeia, para o setor dos transportes (Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Eurostat, 2020)

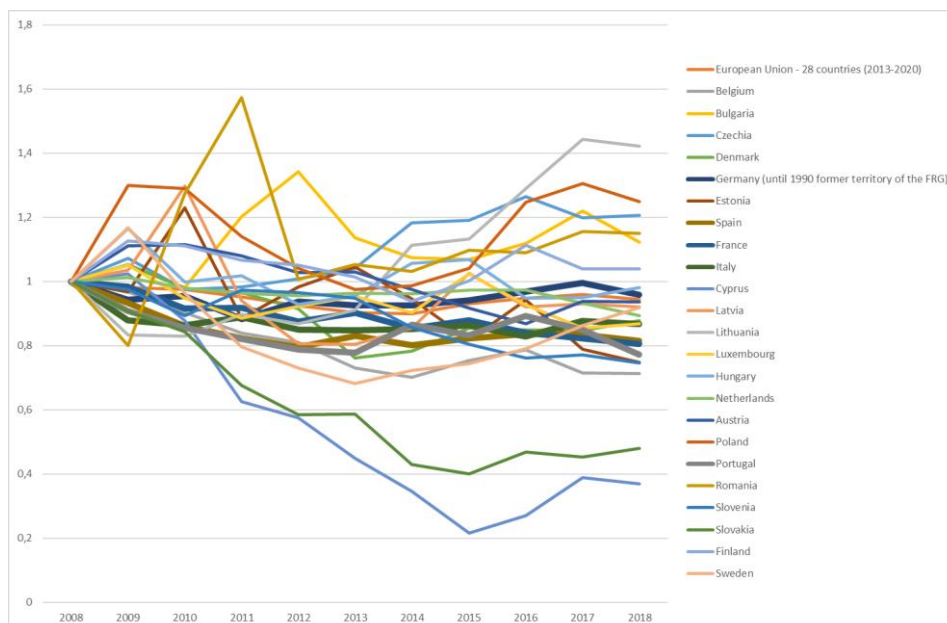


Figura 5: Evolução da Intensidade de Emissões de CO₂ (CO₂/VAB) nos países da União Europeia, para o setor dos transportes - Taxa Normalizada para 2008 (Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Eurostat, 2020)

Mediante esta análise os países selecionados são a Alemanha, França, Espanha, Itália, Portugal, Dinamarca, Eslovénia e Lituânia. A análise será também aplicada à Europa dos 27 para que seja possível analisar os valores médios dos países europeus neste domínio.

A seleção destes países foi baseada na evolução da intensidade de emissões de CO₂, onde é possível verificar que a Dinamarca, Eslovénia e Lituânia são dos países da União Europeia com valores mais elevados, a Alemanha, França, Espanha e Portugal apresentam uma intensidade de emissões de CO₂ mediana face aos restantes países e a Itália apresenta os valores mais baixos.

4.1.2 Evolução das variáveis para os países selecionados

O rácio CO₂/VAB para o setor dos transportes nos países selecionados está representado na figura 6 em que no eixo da direita está representada a UE-27 e no eixo da esquerda os restantes países.

É visível que a Itália, Alemanha, França e Portugal são os países com a intensidade carbónica sobre os transportes mais baixa.

A Eslovénia apresenta uma tendência decrescente mais acentuada de 2013 a 2014.

A UE-27 apresenta uma abrupta tendência decrescente de 2008 a 2014, seguida de um aumento da intensidade carbónica dos transportes. De 2017 a 2018 a tendência volta a ser decrescente.

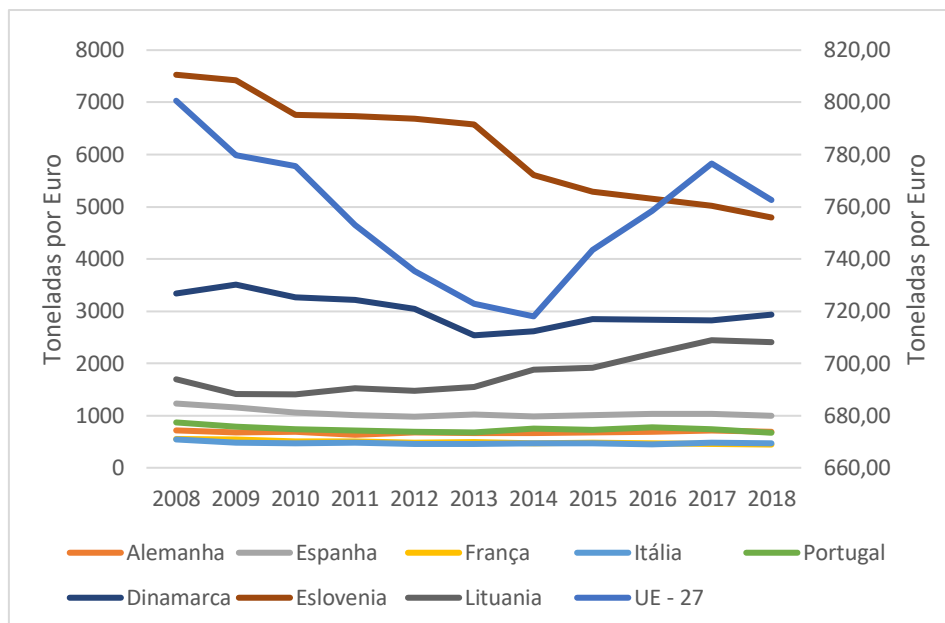


Figura 6: Evolução da Intensidade das Emissões (CO₂/VAB) do setor dos transportes (Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Eurostat, 2020)

O total do consumo de energia de origem fóssil engloba o consumo energético de gás natural, gasóleo, gasolina, GPL e outros produtos petrolíferos, usados no setor dos transportes. Na figura 7 apresentamos a evolução do consumo de energia com origem fóssil relativamente ao consumo de energia total (com a UE 27 representada pelo eixo da direita e os restantes países no eixo da esquerda), para verificar se os países estão a diminuir o consumo de energias poluentes no seu mix energético do setor dos transportes. Durante o período em análise, a importância de combustíveis fósseis apresenta geralmente uma tendência decrescente no período estudado.

Países como a Alemanha, França, Itália e Portugal apresentam valores muito equiparados, no entanto a Dinamarca apresenta um rácio superior.

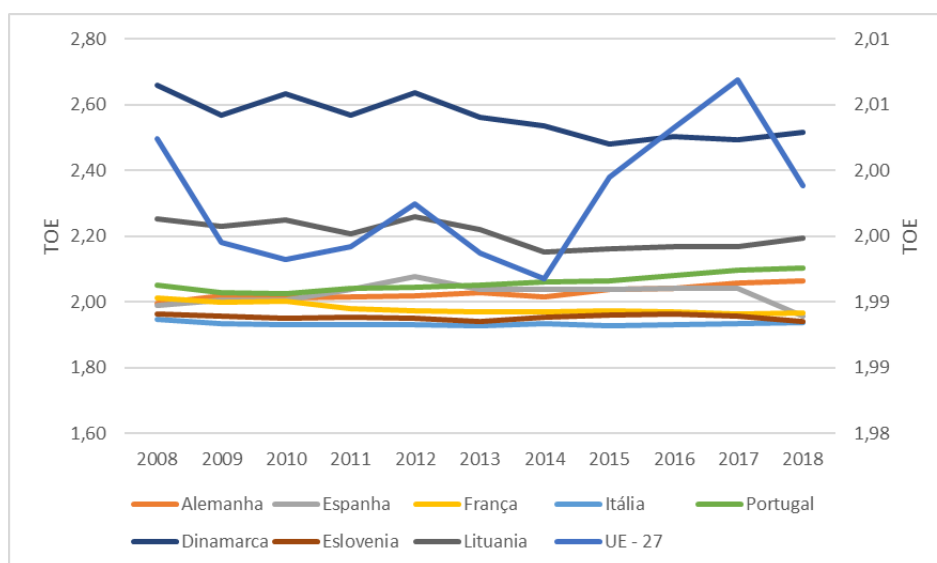


Figura 7: Rácio consumo de combustíveis de origem fóssil/energia total no setor dos transportes (Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Eurostat, 2020)

A União Europeia consome 1/5 da energia mundial e é considerada como o maior importador de energia do mundo, importando 53% da sua energia, com um custo anual de cerca de 400000 milhões de euros (Comissão Europeia, 2017).

Desde 2010, a União Europeia tem vindo a prosseguir objetivos de redução nas emissões de GEE em 20% até 2020 e aumento de quota das energias renováveis em pelo menos 20% do consumo.

Portugal é o sexto país da União Europeia que mais utiliza energia renovável nos transportes, segundo os dados publicados a 23 de janeiro pelo Eurostat. No extremo oposto, a menor percentagem foi registada pelo Chipre com 2,7%. A Croácia, Grécia e Estónia também ocupam os últimos lugares com valores abaixo dos 4% de consumo de energia renovável nos transportes.

Como é observado pela figura 8, o consumo de combustíveis do setor dos transportes sofreu algumas alterações no tipo de combustíveis consumidos do primeiro para o último ano em análise. Em 2008, o consumo de combustíveis fósseis pretendia-se essencialmente no consumo de petróleo e outros produtos petrolíferos representando estes 54% do total do consumo. Em 2008 o gás natural e o GPL apresentam valores muito pouco significativos, no entanto no último ano em análise, estes aumentam de peso, embora se mantenham pouco significativos comparativamente aos restantes tipos de combustível. Em contrapartida, verifica-se uma diminuição no uso de gasolina.

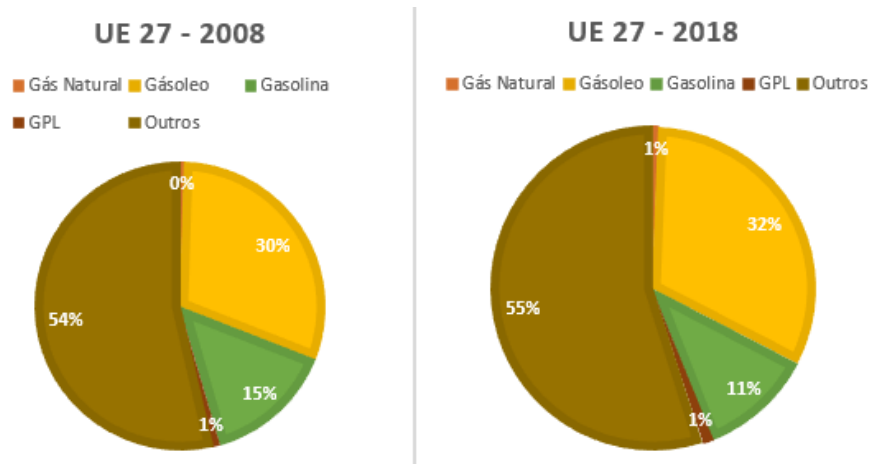


Figura 8: Consumo de combustíveis fósseis em 2008 e 2018 no setor dos transportes, por tipo de combustível (Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Eurostat, 2020)

O consumo de eletricidade pode variar consoante muitos aspetos, temperaturas climáticas, diferenças ao nível do desenvolvimento económico, questões políticas, questões demográficas e geográficas. No setor dos transportes a eletricidade tem vindo a desempenhar um papel cada vez mais importante, comparativamente aos combustíveis convencionais.

Podemos ver na figura 9 a evolução do consumo de eletricidade em relação ao consumo de energia total no setor dos transportes dos países analisados. Verificamos por exemplo que, a Itália apresenta um rácio bastante superior comparativamente aos restantes países em análise.

A Alemanha e França apresentam valores muito semelhantes embora com trajetórias distintas a partir de 2009, no entanto a partir de 2015 convergem novamente.

A Espanha apresenta um crescimento acentuado a partir de 2010 e no decorrer dos anos tende a estabilizar.

A Lituânia é o país que apresenta o rácio mais baixo.

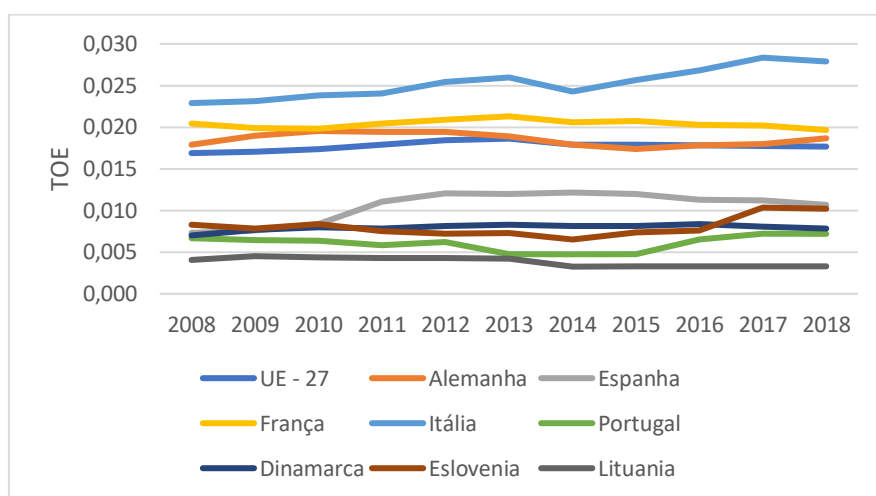


Figura 9: Rácio consumo de eletricidade/energia total do setor dos transportes (Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Eurostat, 2020)

A FBCF é um indicador que engloba as aquisições líquidas de cessões, efetuadas por produtores residentes, de ativos fixos durante um determinado período e ainda determinados acréscimos ao valor de ativos não produzidos obtidos através da atividade produtiva de unidades de produção ou institucionais.

O VAB é o resultado final da atividade produtiva no decurso de um determinado período de tempo. Resulta da diferença entre o valor da produção e o valor do consumo intermédio, originando excedentes, ou seja, corresponde ao saldo da conta de produção, a qual inclui em recursos, a produção, e em aplicações, o consumo intermédio, antes da dedução do consumo de capital fixo. O VAB é avaliado a preços de base de 2015, ou seja, os valores apresentados não têm o efeito da inflação.

O rácio FBCF/POP dá-nos a informação do investimento no setor dos transportes relativamente à população do país.

Mediante a análise da figura 10 (UE-27 representada no eixo secundário) é visível que a Dinamarca é o país que detém o maior investimento no setor dos transportes relativamente à população do país.

Países como a Alemanha, Espanha, França, Itália e Portugal apresentam valores bastante próximos.

É de salientar também a tendência crescente da UE-27 a partir de 2013, chegando a convergir com a Dinamarca em 2017.

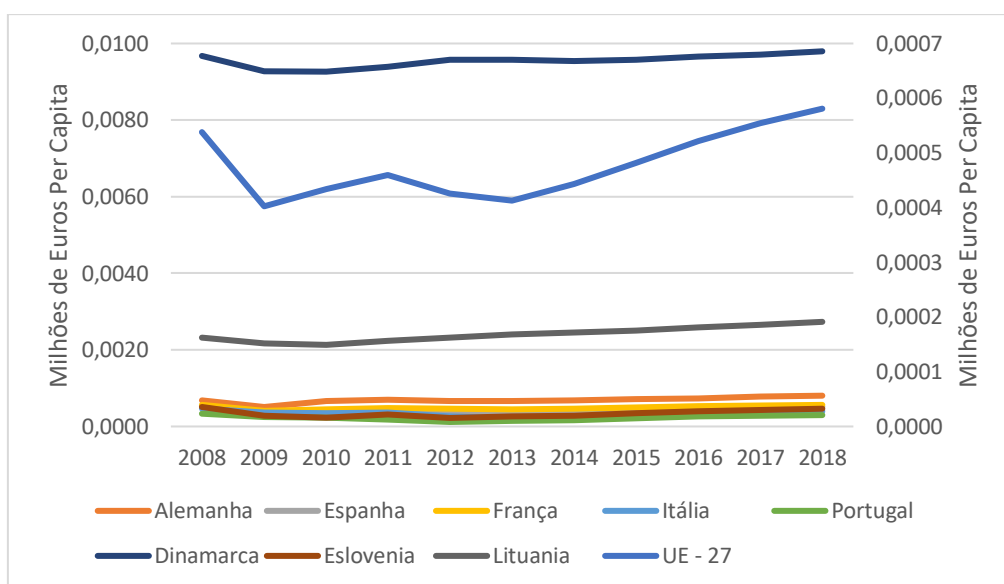


Figura 10: Rácio FBCF do setor dos transportes/População (Fonte: Elaboração própria com base nos dados do Eurostat, 2020)

4.2 Metodologia

No presente estudo é utilizada a técnica de “Decomposição Completa” desenvolvida por Sun (2000), para analisar a intensidade das emissões de CO₂ no setor dos transportes em alguns países selecionados da União Europeia.

Ao longo do período temporal estudado (2008 a 2018) a técnica de “Decomposição Completa” será decomposta em efeitos com base nas variáveis descritas anteriormente. Com esta técnica de decomposição será possível analisar a importância e a evolução de cada variável na intensidade das emissões de CO₂ no setor dos transportes.

A intensidade das emissões de CO₂ do setor dos transportes pode ser decomposta nos seguintes rácios, para cada ano t:

$$IE^t = \frac{C^t}{VA^t} = \frac{C^t}{F^t} \times \frac{F^t}{E^t} \times \frac{E^t}{En^t} \times \frac{En^t}{K^t} \times \frac{K^t}{P^t} \times \frac{P^t}{VA^t} = CF^t \times FE^t \times EEn^t \times EnK^t \times KP^t \times LVA^t$$

Em que:

- **CF** – Emissões de CO₂ comparativamente ao consumo de combustíveis fósseis (F);
- **FE** – Consumo de combustíveis fósseis (F) comparativamente ao consumo de eletricidade (E);
- **EEn** – Consumo de eletricidade (E) comparativamente ao consumo total de energia (En);
- **EnK** – Consumo total de energia (En) comparativamente ao capital no setor dos transportes (K);
- **KP** - Capital (K) comparativamente ao número de população (P);
- **LVA** - Inverso da produtividade média da população (rácio entre o valor acrescentado dos transportes (VA) e o número de população (P)).

A variação na intensidade das emissões de CO₂ (IE) entre o ano 0 e o ano t pode então ser decomposta nos seguintes efeitos:

$$\Delta IE = IE^t - IE^0 = CF_{efeito} + FE_{efeito} + EEn_{efeito} + EnK_{efeito} + KP_{efeito} + LVA_{efeito}$$

Para calcular os efeitos foi aplicada a seguinte formulação, segundo Zhang et al (2009):

$$\begin{aligned}
CF_{efeito} = & \Delta CF FE^0 EEn^0 EnK^0 KP^0 LVA^0 \\
& + \frac{1}{2} \Delta CF (\Delta FE EEn^0 EnK^0 KP^0 LVA^0 + FE^0 \Delta EEn EnK^0 KP^0 LVA^0 \\
& + FE^0 EEn^0 \Delta EnK KP^0 LVA^0 + FE^0 EEn^0 EnK^0 \Delta KP LVA^0 \\
& + FE^0 EEn^0 EnK^0 KP^0 \Delta LVA) \\
& + \frac{1}{3} \Delta CF (\Delta FE \Delta EEn EnK^0 KP^0 LVA^0 + \Delta FE EEn^0 \Delta EnK KP^0 LVA^0 \\
& + \Delta FE EEn^0 EnK^0 \Delta KP LVA^0 + \Delta FE EEn^0 EnK^0 KP^0 \Delta LVA \\
& + FE^0 \Delta EEn \Delta EnK KP^0 LVA^0 + FE^0 \Delta EEn EnK^0 \Delta KP LVA^0 \\
& + FE^0 \Delta EEn EnK^0 KP^0 \Delta LVA + FE^0 EEn^0 \Delta EnK \Delta KP LVA^0 \\
& + FE^0 EEn^0 \Delta EnK KP^0 \Delta LVA + FE^0 EEn^0 EnK^0 \Delta KP \Delta LVA) \\
& + \frac{1}{4} \Delta CF (\Delta FE \Delta EEn \Delta EnK KP^0 LVA^0 + \Delta FE \Delta EEn EnK^0 \Delta KP LVA^0 \\
& + \Delta FE \Delta EEn EnK^0 KP^0 \Delta LVA + FE^0 \Delta EEn \Delta EnK \Delta KP LVA^0 \\
& + FE^0 \Delta EEn \Delta EnK KP^0 \Delta LVA + FE^0 EEn^0 \Delta EnK \Delta KP \Delta LVA) \\
& + \frac{1}{5} \Delta CF (\Delta FE \Delta EEn \Delta EnK \Delta KP LVA^0 + \Delta FE \Delta EEn \Delta EnK KP^0 \Delta LVA \\
& + \Delta FE \Delta EEn EnK^0 \Delta KP \Delta LVA + \Delta FE EEn^0 \Delta EnK \Delta KP \Delta LVA \\
& + FE^0 \Delta EEn \Delta EnK \Delta KP \Delta LVA) + \frac{1}{6} \Delta CF \Delta FE \Delta EEn \Delta EnK \Delta KP \Delta LVA
\end{aligned}$$

Todos os restantes efeitos foram calculados da mesma forma, substituindo o valor CF por cada um dos respetivos efeitos.

O contributo de cada efeito em termos percentuais é calculado da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
100 = & 100 \times \frac{Ef \times CF}{\Delta IE} + 100 \times \frac{Ef \times FE}{\Delta IE} + 100 \times \frac{Ef \times EEn}{\Delta IE} + 100 \times \frac{Ef \times EnK}{\Delta IE} \\
& + 100 \times \frac{Ef \times KP}{\Delta IE} + 100 \times \frac{Ef \times LVA}{\Delta IE}
\end{aligned}$$

5. Resultados e Discussão

Nesta secção serão apresentados os respetivos resultados e análise do método de Decomposição Completa para analisar a intensidade das emissões de CO₂ do setor dos transportes nos países selecionados entre 2008 e 2018.

O total da variação da intensidade das emissões de CO₂ do setor dos transportes pode ser decomposto como um somatório de seis efeitos escolhidos que se espera que sejam os que mais influenciam essa variação.

O **Efeito CF** representa as alterações nas emissões de CO₂ comparativamente ao consumo de combustíveis fósseis, ou seja, indica-nos se os combustíveis fósseis estão a ser substituídos entre si, por menos poluentes (gasóleo vs gasolina vs GPL) ou se os veículos estão a ser mais eficientes e menos poluentes.

O **Efeito FE** representa a alteração no consumo de combustíveis fósseis comparativamente ao consumo de eletricidade. Este efeito indica-nos se está a haver uma substituição de veículos convencionais por veículos elétricos.

O **Efeito EEn** descreve as alterações no consumo de eletricidade comparativamente ao consumo total de energia, ou seja, diz-nos se o número de veículos elétricos poderá estar a aumentar.

O **Efeito EnK** representa as alterações no consumo total de energia comparativamente ao capital no setor dos transportes. Este efeito indica se os veículos estão a ser mais eficientes do ponto de vista energético.

O **Efeito KP** representa a evolução do capital do setor dos transportes por habitante (principalmente veículos).

O **Efeito LVA** é o inverso da produtividade média da população, no setor dos transportes, ou seja, a relação entre o número de habitantes e o valor acrescentado bruto alocado ao setor no período em análise.

Tabela 5: Variação da Intensidade de Emissões de CO₂ (toneladas) no setor dos transportes

VARIE										
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
UE - 27	-261,00	-30,32	-46,82	-6,33	-13,76	-47,69	18,45	8,55	18,05	-15,22
Alemanha	-139,76	-82,35	-54,43	36,71	-9,84	-6,38	8,00	17,59	14,69	-31,32
Espanha	-691,90	-137,04	-197,56	-52,25	32,50	-58,80	5,06	-5,40	-34,71	-29,90
França	-115,26	-45,20	-3,11	-24,45	13,15	-28,87	7,90	-25,03	-10,70	-10,86
Itália	-106,25	-13,88	9,16	-87,84	-48,79	-4,63	-43,89	-45,71	-2,42	-10,90
Portugal	-217,21	-54,22	-145,99	-200,57	-170,92	60,42	-77,70	-179,16	-66,65	-70,62
Dinamarca	3,20	-248,13	-53,23	-197,94	-470,16	66,46	243,91	-26,39	-16,38	99,72
Eslovénia	-5997,98	-1165,70	-1242,44	-1803,69	-695,61	-1133,20	-882,10	-319,11	-1214,04	-281,43
Lituania	-300,85	-30,77	87,96	-61,97	59,93	83,26	31,72	249,71	208,11	-57,48

Ao longo do período em análise e olhando para a tabela 5, a variação da intensidade das emissões sofreu várias oscilações, sendo que a Eslovénia apresenta uma maior volatilidade, nunca atingindo variações positivas durante o horizonte temporal em análise.

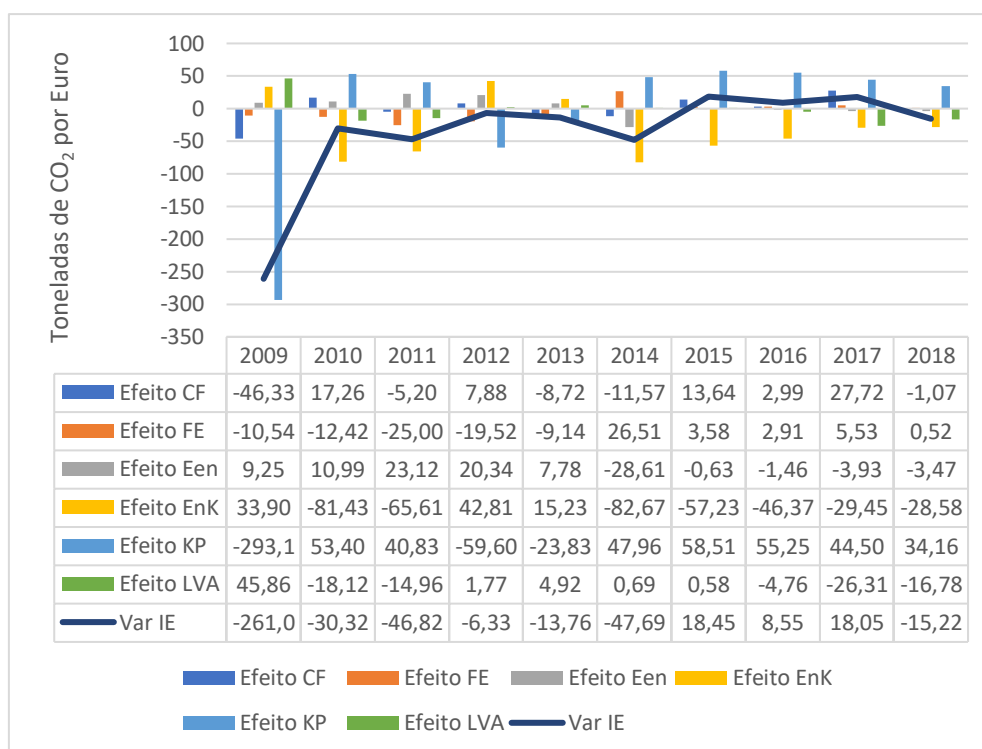


Figura 11: Decomposição Completa da intensidade das emissões de CO₂ do setor dos transportes na UE27 entre 2009 e 2018

Através da análise de Decomposição Completa dos efeitos que contribuem para a variação da intensidade das emissões de CO₂ no setor dos transportes na EU-27 é verificável que o Efeito KP e o Efeito EnK são os fatores mais importantes na explicação da intensidade das emissões.

No ano de 2009 o Efeito KP foi o fator mais importante, no entanto de 2010 a 2011 o efeito EnK é o que mais contribui, embora com um impacto negativo. Nos anos de 2012 a 2013 volta o efeito KP a ter mais impacto e o efeito EnK em 2014, continuando os impactos a apresentarem valores negativos.

De 2015 a 2018 a tendência de impactos negativos é invertida e o Efeito KP apresenta um contributo positivo. Este resultado significa que a evolução decrescente da intensidade das emissões nos transportes na Europa dos 27 teve como principal influência a quantidade de capital per capita investido no setor. Nos anos em que este efeito é negativo isso pode significar que o número de veículos per capita diminuiu, e que, portanto, há menos emissões, sendo que nos anos em que este é positivo o impacto revela que os veículos estão a aumentar. De facto, o maior impacto negativo

verifica-se em 2009 (-293.1), o que pode estar relacionado com a crise económico-financeira que se instalou após 2008. A relevância do efeito EnK e a predominância do seu sinal negativo significa que está a ser consumida menos energia por capital no setor dos transportes, o que evidencia que existe uma tendência para que os veículos serem energeticamente mais eficientes na União Europeia.

O Efeito CF em metade dos anos apresenta um impacto positivo, no entanto nos anos 2009, 2011, 2013, 2014 e 2018 apresenta um impacto negativo. O que não torna claro uma tendência deste efeito na redução da intensidade das emissões.

O Efeito FE nos primeiros cinco anos da análise tem um impacto negativo e nos últimos cinco um impacto positivo, atingindo em 2018 um valor muito próximo de zero. Isto pode indicar que até 2013 tem havido um esforço de redução dos veículos movidos a combustíveis fósseis e um aumento dos veículos elétricos. Apesar do sinal positivo deste efeito a partir de 2014, este tende a ser cada vez menos significativo.

O Efeito Eem apresenta uma evolução inversa comparativamente ao Efeito FE, pois os primeiros cinco anos da análise têm um impacto positivo e os últimos um impacto negativo. Isto pode indicar que o impacto dos veículos elétricos na redução da intensidade das emissões só se verificou a partir de 2014.

O Efeito LVA tem um impacto positivo em 2009, no entanto de 2010 a 2011 apresenta um impacto negativo. De 2012 a 2015 a tendência é invertida e o impacto passa a ser positivo, voltando a inverter-se de 2016 a 2018.

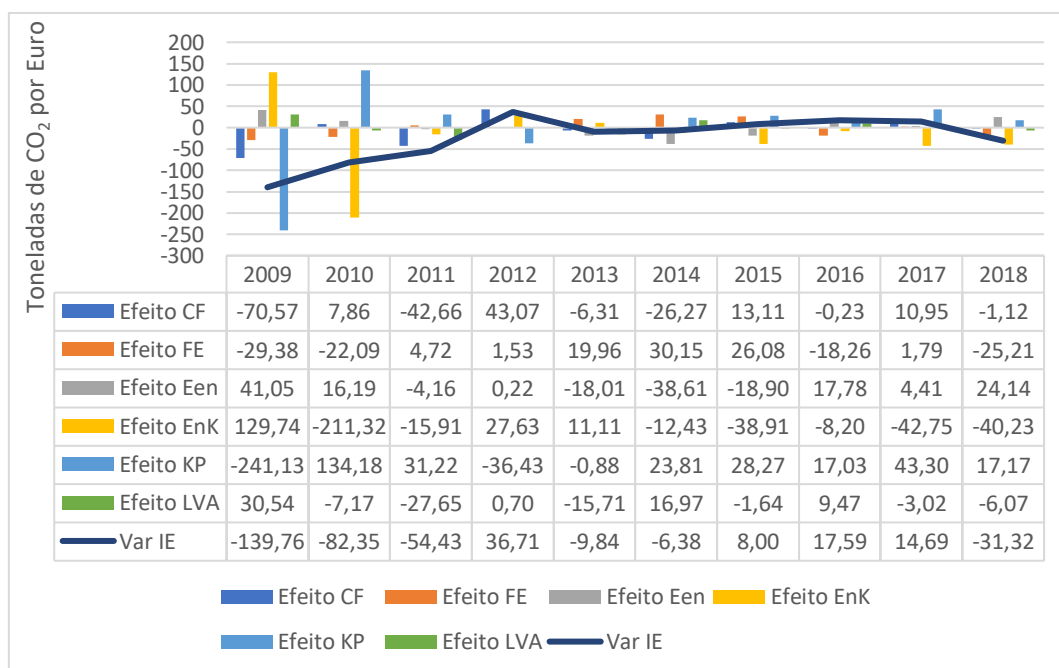


Figura 12: Decomposição Completa da intensidade das emissões de CO₂ do setor dos transportes na Alemanha entre 2009-2018

No ano de 2009 os efeitos mais importantes na explicação da intensidade das emissões são: o Efeito KP com um impacto negativo, o que pode indicar uma quebra no número de veículos per capita levando a uma redução nas emissões, e o Efeito EnK com um impacto positivo, o que indica que pode estar a ser consumida mais energia por capital no setor dos transportes. No ano de 2010 as posições invertem-se e passa o Efeito EnK a apresentar um impacto negativo e o Efeito KP um impacto positivo.

A mesma situação ocorre em 2011 e 2012 embora entre o Efeito KP e o Efeito CF.

Entre 2013 e 2014 os efeitos EeN e FE são os que mais contribuem, o Efeito EeN com impactos negativos, que podem resultar do impacto dos veículos elétricos na redução da intensidade das emissões e o Efeito FE com impactos positivos.

Em 2017 e 2018 o Efeito EnK volta a ter o maior impacto (negativo), e o Efeito KP e EeN o maior impacto positivo respetivamente.

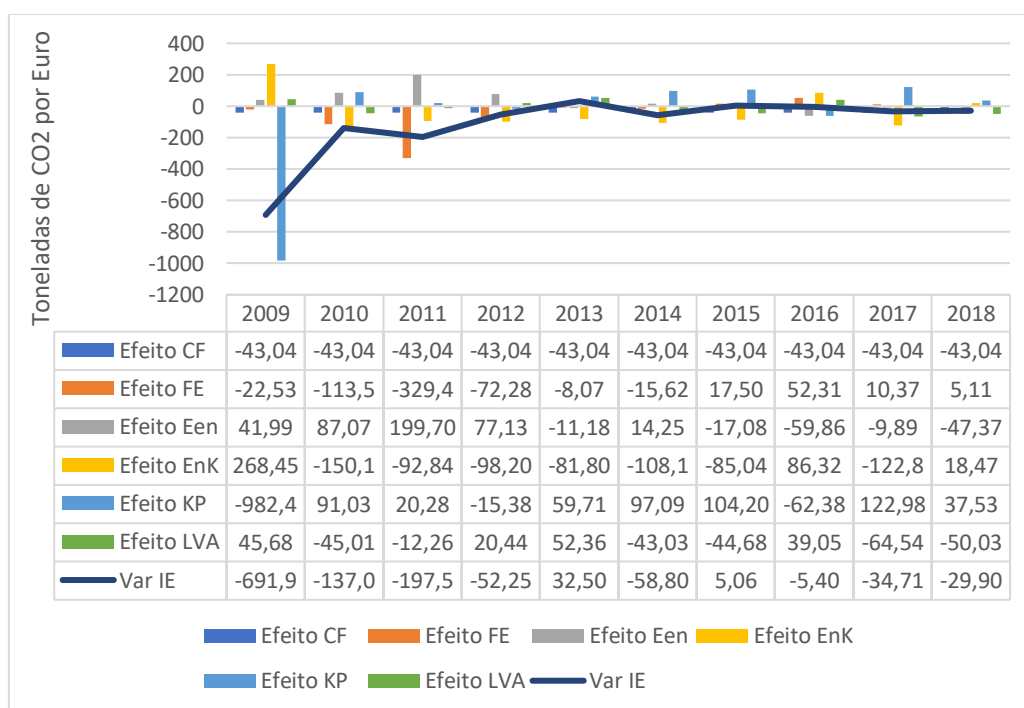


Figura 13: Decomposição Completa da intensidade das emissões de CO₂ do setor dos transportes na Espanha entre 2009-2018

Uma vez mais, em 2009 os efeitos EnK e KP têm o maior impacto positivo e negativo (respetivamente) na explicação da intensidade das emissões, tendência que se inverte em 2010.

O Efeito EeN apresenta o maior impacto positivo em 2011 e 2012 o que pode indicar que não se está a verificar o impacto dos veículos elétricos na redução da intensidade das emissões, e os efeitos FE e EnK os maiores impactos negativos respetivamente, isto pode indicar tem havido um esforço entre 2011 e 2012 de redução dos veículos

movidos a combustíveis fósseis e um aumento dos veículos elétricos (Efeito FE) aliado à diminuição do consumo de energia por capital no setor dos transportes (Efeito EnK). De 2013 a 2017 os efeitos EnK e KP voltam a apresentar os maiores impactos, sendo que o Efeito EnK com impacto negativo de 2013 a 2015 e em 2017, e o Efeito KP com um impacto negativo em 2016.

O Efeito LVA, em 2018 é o fator mais importante na explicação da intensidade das emissões, com um impacto negativo.

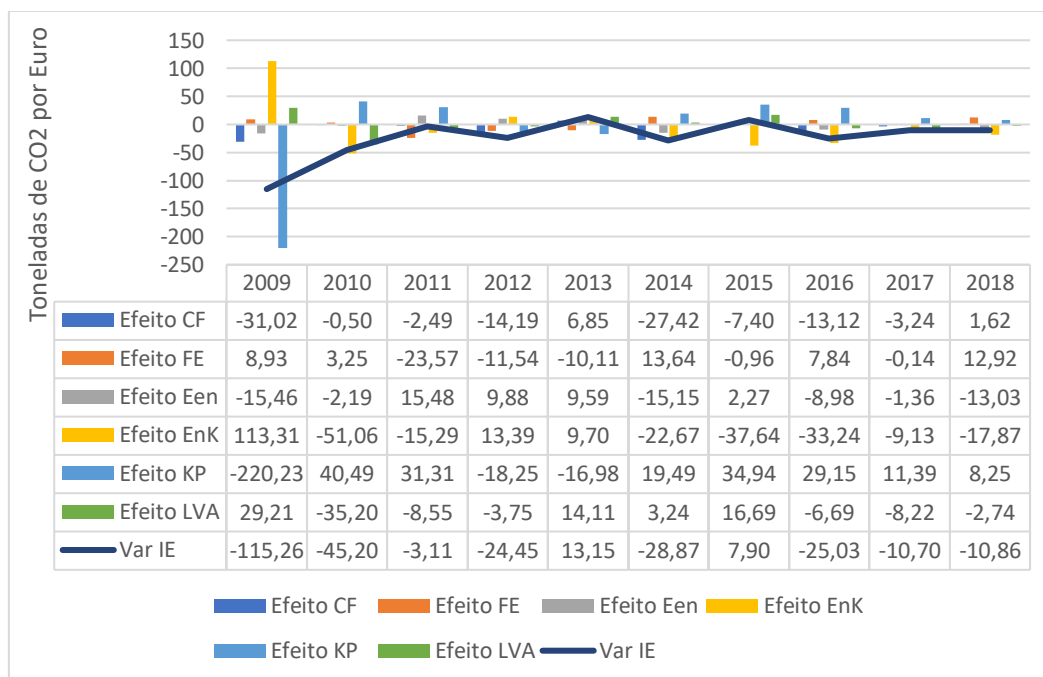


Figura 14: Decomposição Completa da intensidade das emissões de CO₂ do setor dos transportes na França entre 2009-2018

Em 2009 e 2010, o Efeito KP e o Efeito EnK são os fatores mais importantes na explicação da intensidade das emissões.

O efeito FE, apresenta em 2011 o maior impacto negativo que pode ter sido devido a aumento de número de veículos elétricos ou redução de veículos movidos a combustíveis fósseis, sendo substituído em 2012 pelo Efeito KP o que pode significar uma diminuição no número de veículos per capita.

Em 2013 o Efeito LVA apresenta o maior impacto positivo e o Efeito KP o maior impacto negativo.

De 2014 a 2017 é o Efeito KP que mais contribui para a explicação da intensidade das emissões de forma positiva o que significa que a evolução decrescente da intensidade das emissões nos transportes na França teve como principal influência a quantidade de capital per capita investido no setor, sendo substituído pelo Efeito FE em 2018.

Em suma, na França o efeito com maior importância na explicação da intensidade das emissões é o Efeito KP.

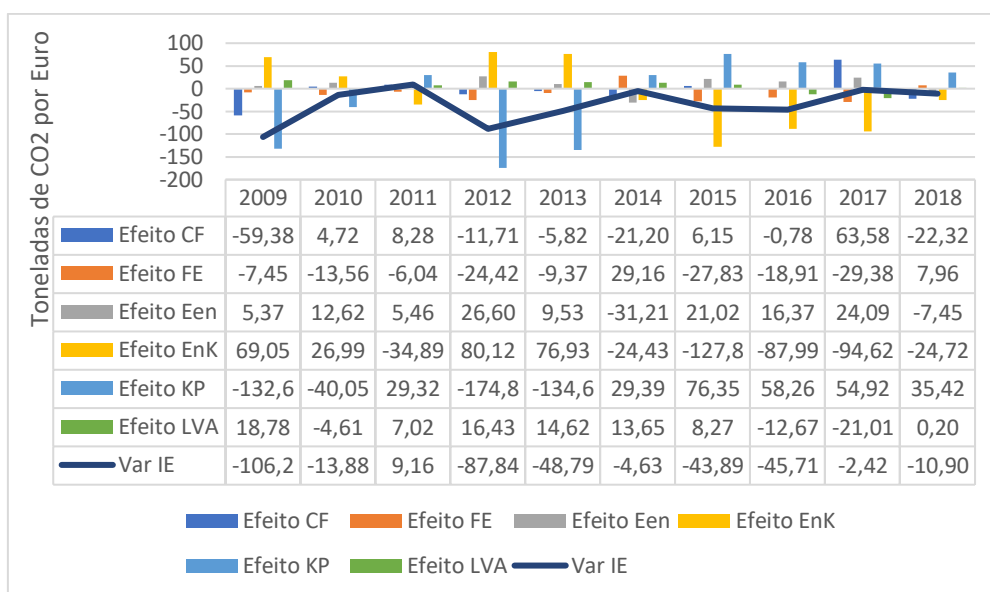


Figura 15: Decomposição Completa da intensidade das emissões de CO₂ do setor dos transportes na Itália entre 2009-2018

O Efeito KP apresenta o maior impacto negativo nos anos 2009 a 2010 e 2012 a 2013, e o Efeito EnK o maior impacto positivo. O que indica que nestes anos, o número de veículos per capita pode ter diminuído o que leva a uma redução das emissões (Efeito KP) e que o está a ser consumida mais energia por capital no setor dos transportes (Efeito EnK). Esta tendência inverte-se no ano 2011.

O Efeito Een em 2014 tem o maior impacto negativo, o que pode indicar que se está a verificar o impacto dos veículos elétricos na redução da intensidade das emissões, sendo substituído de 2015 a 2018 pelo Efeito EnK.

O Efeito KP de 2015 a 2018 é o fator mais importante na explicação da intensidade das emissões.

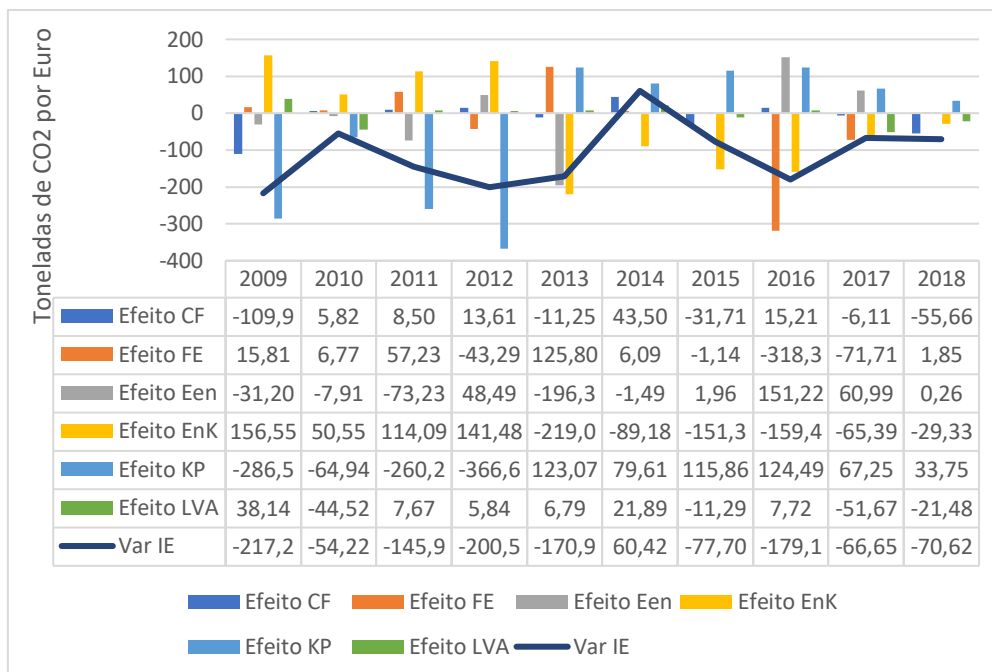


Figura 16: Decomposição Completa da intensidade das emissões de CO₂ do setor dos transportes em Portugal entre 2009-2018

Em Portugal, de 2009 a 2012 o Efeito KP apresenta o maior impacto negativo e o Efeito EnK o maior impacto positivo. Podendo assim indicar que o número de veículos per capita diminuiu e que está a ser consumida mais energia por capital no setor dos transportes.

Em 2013 o Efeito FE passa a ter o maior impacto positivo, isto pode indicar que não está a existir um esforço de redução dos veículos movidos a combustíveis fósseis e um aumento dos veículos elétricos, mantendo-se o Efeito EnK com o maior impacto negativo.

Nos anos 2014 e 2015 os efeitos KP e EnK apresentam os maiores impactos, positivos e negativos, respetivamente.

O Efeito FE, em 2016 e 2017 apresenta o maior impacto negativo, sendo substituído pelo Efeito CF em 2018.

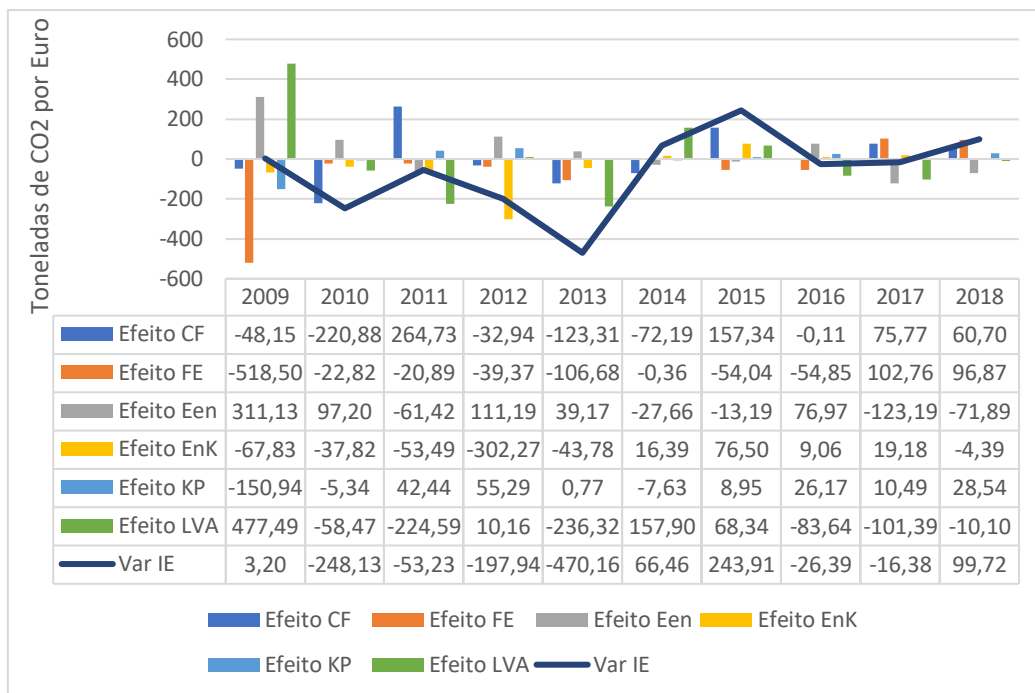


Figura 17: Decomposição Completa da intensidade das emissões de CO₂ do setor dos transportes na Dinamarca entre 2009-2018

Na Dinamarca, tanto o Efeito Een como o Efeito LVA são os fatores mais importantes na explicação da intensidade das emissões.

O ano de 2009 apresenta todos os efeitos com valores muito elevados, surgindo uma grande quebra no ano de 2010.

Em 2011 os efeitos CF e LVA são os que apresentam um maior contributo, positivo e negativo, respetivamente.

O Efeito Een, de 2012 a 2013 é o fator com o maior contributo positivo o que pode indicar que não existe impacto dos veículos elétricos na redução da intensidade das emissões, sendo substituído em 2014 pelo Efeito LVA.

O Efeito CF em 2015 apresenta o maior contributo positivo, sendo de ressaltar a sua grande variação de 2015 para 2016.

Em 2017 e 2018, o Efeito FE e o Efeito Een são os fatores mais importantes, o Efeito FE com um contributo positivo e o Efeito Een com um contributo negativo. De todos os anos em análise, o Efeito com o valor mais elevado é o Efeito FE em 2009.

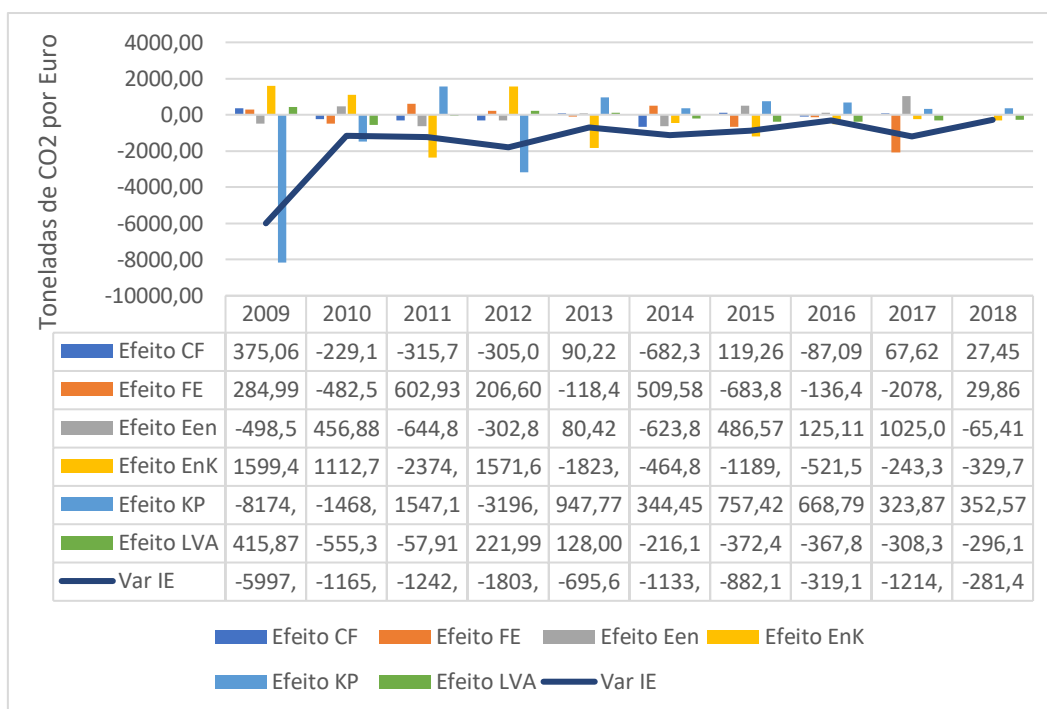


Figura 18: Decomposição Completa da intensidade das emissões de CO₂ do setor dos transportes na Eslovénia entre 2009-2018

O Efeito EnK é o fator mais importante de uma forma positiva nos anos 2009 a 2010 e 2012, o que indica que na Eslovénia nos anos mencionados está a ser consumida mais energia por capital no setor dos transportes.

Em 2011, o Efeito EnK contribui de forma negativa e o Efeito KP de forma positiva na explicação da intensidade das emissões, este resultado do Efeito KP significa que a evolução decrescente da intensidade das emissões nos transportes na Eslovénia teve como principal influência a quantidade de capital per capita investido no setor.

O Efeito CF contribui de forma negativa em 2014 e o Efeito FE de forma positiva.

Em 2015 e 2016 o Efeito KP contribui positivamente, sendo substituído pelo efeito Een em 2017. Em 2017 contribui negativamente o Efeito FE, isto pode indiciar que tem havido um esforço de redução dos veículos movidos a combustíveis fósseis e um aumento dos veículos elétricos.

O Efeito LVA contribui de forma negativa em 2018 e o Efeito KP de forma positiva.

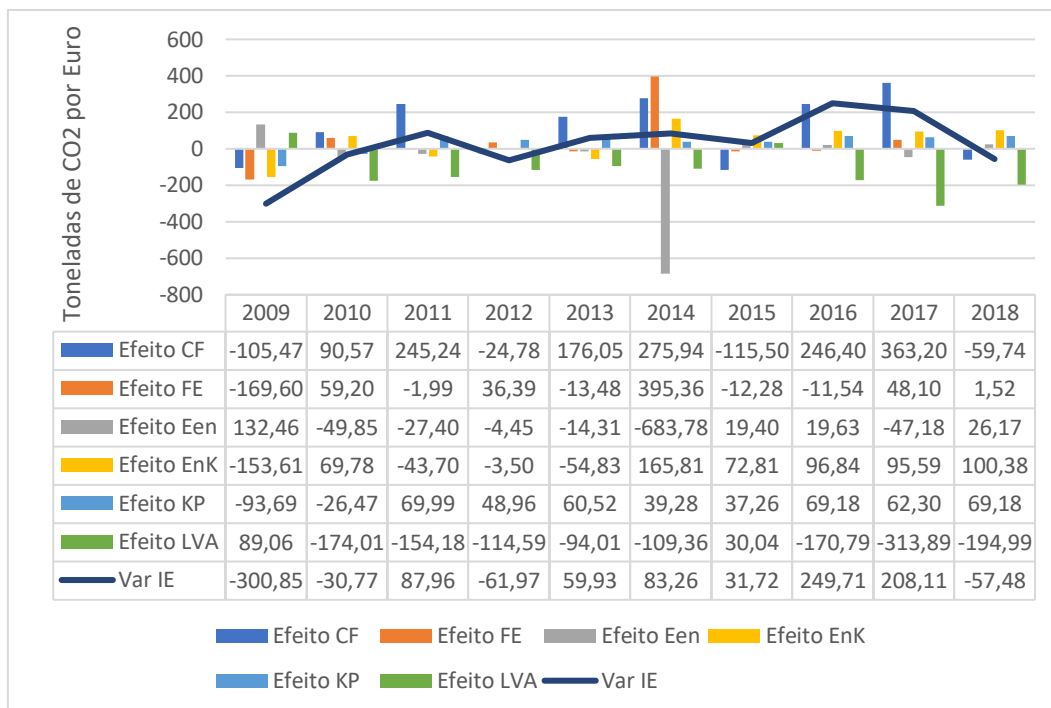


Figura 19: Decomposição Completa da intensidade das emissões de CO₂ do setor dos transportes na Lituânia entre 2009-2018

Na Lituânia, em 2009 o Efeito FE contribui negativamente o que pode derivar de um esforço de redução dos veículos movidos a combustíveis fósseis e um aumento dos veículos elétricos, e o Efeito Een positivamente na explicação da intensidade das emissões.

O Efeito LVA, de 2010 a 2013 apresenta um contributo negativo para a intensidade das emissões, sendo substituído pelo Efeito Een em 2014, o que indica que em 2014 os resultados podem ter o impacto dos veículos elétricos na redução da intensidade das emissões.

O Efeito CF de 2016 a 2017 é o fator com maior importância (positiva) e o Efeito LVA com maior importância (negativa).

No ano de 2018, o Efeito EnK contribui positivamente e o Efeito LVA negativamente, sendo que os dois são os fatores mais importantes para a explicação da intensidade das emissões.

6. Conclusão

Este trabalho teve como objetivo principal a identificação dos efeitos que mais contribuem para a intensidade das emissões de CO₂ no setor dos transportes para vários países da União Europeia, nomeadamente: Alemanha, Espanha, França, Itália, Portugal, Dinamarca, Eslovénia e Lituânia e também para a média da UE27.

Os efeitos foram analisados separadamente de modo a permitir uma melhor compreensão relativamente à evolução e importância na determinação da variação da intensidade das emissões de CO₂. Para tal, foi utilizada a técnica de Decomposição Completa desenvolvida por Sun (2000).

Relativamente às variáveis utilizadas (CO₂, energia, fósseis, eletricidade, energia total, população e VAB) a evolução e magnitude é diferente para os diferentes países analisados.

A Alemanha em todas as variáveis apresenta o maior valor comparativamente aos restantes países em análise, com uma tendência praticamente constante ao longo dos anos à exceção da variável FBCF que apresenta uma tendência crescente a partir de 2013.

A Dinamarca apresenta valores muito próximos da Alemanha nas variáveis CO₂ e FBCF, no entanto, nas restantes variáveis (energia, fósseis, eletricidade, energia total, população e VAB) apresentam valores muito inferiores ficando a Dinamarca com valores muito próximos de países como a Eslovénia e a Lituânia.

A Eslovénia e a Lituânia são os países que apresentam em comum os valores mais baixos para todas as variáveis em análise.

Países como a França, Espanha e Itália apresentaram valores bastante próximos quando analisamos individualmente cada variável, no entanto, França apresentou os maiores valores sendo seguida da Itália e Espanha respetivamente. Existe uma maior discrepância de valores nas variáveis eletricidade e VAB em que a Espanha apresenta valores muito inferiores comparativamente à França e à Itália. A Espanha apresenta valores superiores à França e Itália na variável CO₂ entre 2014 e 2018 e valores superiores à Itália na variável FBCF entre 2012 e 2016.

Através da técnica de Decomposição Completa é possível afirmar que de um modo genérico, o Efeito EnK e o Efeito KP são os que têm uma maior contribuição para a variação da intensidade das emissões de CO₂.

Na análise de Decomposição Completa realizada à UE-27 verificamos que os efeitos KP e EnK são os fatores mais importantes na explicação da intensidade das emissões, sendo que tem impactos positivos e negativos consoante os anos analisados. É ainda

de ressaltar que o Efeito CF no ano de 2009 é o fator mais importante na explicação da intensidade das emissões, com um impacto negativo.

Na Alemanha o Efeito EnK é o fator mais importante na análise com impactos negativos e positivos, no entanto a combinação de efeitos FE e Een também têm relevância nos anos de 2013 a 2014 e 2016. De 2013 a 2014 o Efeito FE com um impacto positivo e o Efeito Een com um impacto negativo, no ano 2016 a tendência é invertida e o Efeito FE passa a ter um impacto negativo e o Efeito Een um impacto positivo.

Ao analisarmos a Espanha, verificamos que a combinação dos efeitos EnK e KP é a mais relevante na explicação da intensidade das emissões na maioria dos anos em análise. Em 2011, o Efeito FE contribui de forma negativa e o Efeito Een de forma positiva. Em 2012 o Efeito Een continua a ter um impacto positivo, no entanto o Efeito EnK substitui o Efeito FE com um impacto negativo. Em 2018, a combinação de fatores difere das anteriores, sendo constituída pelo Efeito KP com um impacto positivo e pelo Efeito LVA com um impacto negativo.

Na análise realizada à França, na maioria dos anos em análise os Efeito EnK e KP são os fatores mais importantes na explicação da intensidade das emissões. Em 2011, 2013, 2014 e 2018, outros efeitos apresentam uma maior contribuição na explicação da intensidade das emissões, sendo o Efeito FE em 2011 com um impacto negativo, o Efeito LVA em 2013 com um impacto positivo, o Efeito CF em 2014 com um impacto negativo e o Efeito EnK em 2018 com um impacto também negativo.

Os efeitos KP e EnK têm o maior impacto na explicação da intensidade das emissões em Itália durante o período analisado, esta situação apenas não se verifica em 2014, ano em que o Efeito Een tem um impacto negativo e o Efeito KP um impacto positivo e em 2017, em que o efeito CF apresenta um impacto positivo.

Em Portugal, os efeitos KP e EnK são os que mais contribuem para a explicação da intensidade das emissões, no entanto em 2013 o Efeito FE é o que mais contribui positivamente e em 2016 e 2017 negativamente para esta explicação.

A Dinamarca apresenta contrariamente aos países anteriormente mencionados o Efeito Een como o fator mais importante na explicação da intensidade das emissões, com um contributo positivo em 2010, 2012, 2013 e 2016, e com um contributo negativo em 2017 e 2018.

A Eslovénia segue a tendência dos países anteriores à exceção da Dinamarca, pois continua a apresentar os efeitos KP e EnK como os fatores mais importantes na explicação da intensidade das emissões, esta situação não ocorre apenas nos anos 2010, 2014 e 2017.

Por último, através da análise à Lituânia verificamos que tal como a Dinamarca não segue a tendência dos restantes países analisados e tem os efeitos LVA e CF como os fatores mais importantes na explicação da intensidade das emissões.

Deste modo é possível concluir que os efeitos que mais justificam a intensidade das emissões nos países analisados são o Efeito EnK e o Efeito KP. O primeiro representa as alterações no consumo total de energia comparativamente ao capital no setor dos transportes (indica se os veículos estão a ser mais eficientes do ponto de vista energético). Quando no efeito EnK predomina o sinal negativo significa que está a ser consumida menos energia por capital no setor dos transportes, o que evidencia que existe uma tendência para que os veículos sejam energeticamente mais eficientes na União Europeia. Nos estudos de Zhang et al (2011), Andreoni e Galmarini (2012) e Fan e Lei (2015), a eficiência energética é também considerada um efeito relevante para a redução da intensidade das emissões.

Por outro lado, o Efeito KP representa a evolução do capital do setor dos transportes por habitante (principalmente veículos). Quando no efeito predomina o sinal positivo significa que a evolução crescente da intensidade das emissões nos transportes teve como principal influência a quantidade de capital per capita investido no setor (aumento de veículos). O aumento do investimento e do número de veículos pode estar diretamente relacionado com o crescimento económico. Se recordarmos a figura 10 podemos observar que a FBCF em relação ao VAB no setor dos transportes tem verificado uma tendência de crescimento, especialmente no período de recuperação económica após 2013, podendo-se realçar que o aumento do rácio significa que o investimento no setor está a crescer a um ritmo superior ao crescimento do VAB. Isto pode estar em concordância com o estudo de Andreoni e Galmarini (2012) em que os resultados indicam que o efeito do crescimento económico é o principal fator que influencia as emissões de CO₂ tanto para o transporte aéreo como para o transporte marítimo, sendo que os restantes fatores em análise registaram uma tendência diferente para os dois tipos de transporte.

No entanto, a Dinamarca e a Lituânia apresentam um comportamento diferente, pois os efeitos mais importantes são o Efeito Eem na Dinamarca e os efeitos LVA e CF na Lituânia. Isto significa que na Dinamarca os veículos elétricos podem desempenhar um papel fulcral na redução das emissões, enquanto na Lituânia a alteração do mix de combustíveis fósseis e o aumento da produtividade do trabalho podem desempenhar papéis relevantes na redução das emissões. De facto, como vimos anteriormente, estes dois países têm dados que os diferenciam dos demais, por exemplo a Dinamarca é dos países com mais elevadas intensidades energéticas no setor, e a Lituânia tem das mais

altas taxas de crescimento deste indicador no período analisado. O conhecimento da importância destes efeitos pode ajudar à adoção de políticas adequadas para cada país. De modo a reduzir a intensidade das emissões no setor dos transportes de acordo com os resultados obtidos poderiam ser aplicadas diversas políticas. Por exemplo, o regime de Comércio de Licenças de Emissão da União Europeia, como descrito na introdução visa reduzir as emissões de carbono da indústria ao exigir às empresas que possuam licenças de autorização por cada tonelada de CO₂ que emitam. Este regime poderia para além do setor da aviação, incluir o setor dos transportes em geral, e dessa forma ser mais um incentivo para que as empresas do setor dos transportes, bem como o setor das famílias e empresas utilizadoras de veículos de transporte, optassem por veículos menos poluentes, por uma menor utilização destes veículos se desnecessário, ou por opções de mobilidade e transporte partilhado ou público.

Para a redução das emissões de acordo com Wang et al (2011), Gambhir et al (2015) e Choi et al (2020) é também de valorizar a aplicação dos incentivos verdes e de acordo com Krystian Pietrzak e Oliwia Pietrzak (2020) o investimento e desenvolvimento do sistema de transportes públicos. De acordo com os nossos resultados, como o aumento de veículos é um fator determinante e este está relacionado com o crescimento económico, não sendo desejável contraí-lo, poder-se-á tentar influenciar a compra ou a opção por veículos menos poluentes, através dos referidos incentivos verdes ou promoção de transportes públicos.

As principais limitações encontradas ao longo do trabalho prendem-se com a falta de dados para algumas variáveis para todos os países em conformidade, o que impediu o cálculo de outros efeitos, que incorporassem por exemplo a estrutura do transporte, tráfego, etc. A par desta dificuldade de dados disponíveis, a literatura existente é também escassa quando a pesquisa é centrada na União Europeia, não sendo possível fazer uma comparação direta dos resultados à exceção do estudo de Andreoni e Galmarini (2012).

Numa pesquisa futura seria interessante realizar a Decomposição completa aplicada a outros países, inclusive fora da EU, para o setor dos transportes e realizar a comparação com este estudo. Pesquisas futuras poderão também realizar um estudo econométrico da relação entre os efeitos apresentados de modo a saber se existe alguma causalidade entre os efeitos, ou que relacionem a relevância dos fatores encontrados com outras variáveis como o nível de desenvolvimento económico, nível de educação ou densidade populacional, que nos permitam perceber melhor as diferenças nos resultados entre países, nomeadamente nos que obtivemos para a Dinamarca e para a Lituânia.

Estudos futuros poderão ainda ser realizados considerando os transportes próprios utilizados por empresas de outros setores, que não o setor dos transportes, e pelo setor

doméstico, sabendo, no entanto, que a disponibilidade e complexidade da obtenção de dados neste âmbito é muito elevada.

Referencias Bibliográficas

- Achour, H., & Belloumi, M. (2016). Decomposing the influencing factors of energy consumption in Tunisian transportation sector using the LMDI method. *Transport Policy* 52 (2016) 64-71.
- Agência Europeia do Ambiente (2019). Energia. Obtido de <https://www.eea.europa.eu/pt/themes/energy/intro>
- Agência Europeia do Ambiente (2020). *Fiscalidade Verde*. Obtido de: <https://apambiente.pt/index.php?ref=17&subref=1104>
- Ambiente, A. E. (2018). *Veículos elétricos: rumo a um sistema de mobilidade sustentável*. Obtido de Agência Europeia do Ambiente: <https://www.eea.europa.eu/pt/articles/veiculos-eletricos-rumo-a-um>
- Andreoni, V., & Galmarini, S. (2012). Decoupling economic growth from carbon dioxide emissions: A decomposition analysis of Italian energy consumption. *Energy* 44 (2012) 682-691.
- Andreoni, V., & Galmarini, S. (2012). European CO2 emission trends: A decomposition analysis for water and aviation transport sectors. *Energy* 45 (2012) 595-602.
- Ang, B. W. (2004). Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method? *Energy Policy* 32 (2004) 1131-1139.
- Ang, B. W., & Pandiyan, G. (1997). Decomposition of energy-induced CO 2 emissions in manufacturing. *Energy Economics* 19 (1997) 363-374.
- Ang, B. W., & Zhang, F. Q. (2000). A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies. *Energy* 25 (2000) 1149-1176.
- Ang, B. W., Liu, F. L., & Chew, E. P. (2003). Perfect decomposition techniques in energy and environmental analysis. *Energy Policy* 31 (2003) 1561-1566.
- Ang, B. W., Zhang, F. Q., & Choi, K.-H. (1998). Factorizing changes in energy and environmental indicators through decomposition . *PII: S0360-5442(98)00016-4*.
- Choi, K.-H., & Ang, B. W. (2002). Measuring thermal efficiency improvement in power generation: the Divisia decomposition approach. *Energy* 27 (2002) 447-455.
- Choi, W., Yoo, E., Seol, E., Kim, M., & Song, H. H. (2020). Greenhousegasemissionsofconventionalandalternativevehicles: PredictionsbasedonenergypolicyanalysisinSouthKorea. *Applied Energy* 265 (2020) 114754.
- Comissão Europeia (2020). Obtido de Comissão Europeia : *Pacto Ecológico Europeu* https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_pt
- Chontanawat, J., Wiboonchutikula , P., & Buddhivanich , A. (2020). Decomposition Analysis of the Carbon Emissions of theManufacturingandIndustrialSectorinThailand. *Energies* 2020, 13, 798.
- Damert, M., & Rudolph, F. (2018). Policy options for a decarbonisation of passenger cars in the EU. *Wuppertal Paper* .

- Dias, J. (s.d.). *Programa da Mobilidade Eléctrica*. Obtido de MOBI.E Mobilidade Eléctrica: <http://app.parlamento.pt/webutils/docs/doc.pdf?path=6148523063446f764c324679626d56304c334e706447567a4c31684a5447566e4c304e5054533832513046465355576523152545153394562324e31625756756447397a51574e3061585a705a47466b5a554e7662576c7a633246764c7a526b4d7a64684f4>
- Dong, K., Hochman, G., & Timilsina, G. R. (2020). Do drivers of CO2 emission growth alter overtime and by the stage of economic development? *Energy Policy* 140 (2020) 111420.
- Esteves, E. G., Alves, A. F., & Filho, U. A. (2017). Análise da decomposição estrutural da emissão de CO2: 1995 a 2009. *Revista Espacios Vol. 38 (Nº 42) Año 2017*.
- Europeia, C. (2019). *Relatório da Comissão ao Parlamento Europeu e ao Conselho - Preparar o terreno para elevar o nível de ambição a longo prazo*. Bruxelas: Comissão Europeia.
- Evin, E., Aydin, M. B., & Kardas, G. (2019). Design and Implementation of a CANBus-Based Eco-Driving System for Public Transport Bus Services. *ACCESS.2020.2964119*.
- Fan, F., & Lei, Y. (2015). Decomposition analysis of energy-related carbon emissions from the transportation sector in Beijing. *Transportation Research Part D* 42 (2016) 135-145.
- Gambhir, A., Tse, L. K., Tong, D., & Martinez-Botas, R. (s.d.). Reducing China`s road transport sector CO2 emissions to 2050: Technologies, costs and decomposition analysis. *Applied Energy* 157 (2015) 905-917.
- Guerra, M. D., Ribeiro, R., & Rodrigues, S. (2019). *Relatório do Estado do Ambiente Portugal*. Agência Portuguesa do Ambiente.
- Jornal Observador (2020). *Um milhão de veículos elétricos em 2020*. Visitado em 04.04.2020, <https://observador.pt/2020/02/07/um-milhao-de-veiculos-eletricos-em-2020/>
- Lakshmanan, T. R. (1996). FACTORS UNDERLYING TRANSPORTATION CO2 EMISSIONS IN THE U.S.A.: A DECOMPOSITION ANALYSIS. *PII: S1361-9209(96)00011-9*.
- Liu, L., Wang, K., Wang, S., Zhang, R., & Tang, X. (2019). Exploring the Driving Forces and Reduction Potential of Industrial Energy-Related CO2 Emissions during 2001–2030: A Case Study for Henan Province, China. *Sustainability* 2019, 11, 1176.
- Magueta, D., Madaleno, M., Dias, M. F., & Meireles, M. (2017). New cars and emissions: Effects of policies, macroeconomic impacts and cities characteristics in Portugal. *Journal of Cleaner Production*.
- Miller, R. E., & Blair, P. D. (2009). *United States of America*: Cambridge University Press.
- Noussan, M., & Tagliapietra, S. (2020). The effect of digitalization in the energy consumption of passenger transport: An analysis of future scenarios for Europe. *Journal of Cleaner Production* 258 (2020) 120926.
- Parlamento Europeu (2019). Obtido de Parlamento Europeu - *Emissões de dióxido de carbono nos carros* : <https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/society/20190313STO31218/emissoes-de-dioxido-de-carbono-nos-carros-factos-e-numeros-infografia>
- Parlamento Europeu (2019). *Redução das emissões de carbono: Metas e iniciativas da União Europeia*. Obtido de

<https://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/society/20180305STO99003/reducao-das-emissoes-de-carbono-metas-e-iniciativas-da-uniao-europeia>

Parlamento Europeu. (2020). Obtido de Parlamento Europeu : *Pacto Ecológico Europeu*
https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_pt

Paul, S., & Bhattacharya, R. N. (2004). CO2 emission from energy use in India: a decomposition analysis. *Energy Policy* 32 (2004) 585–593.

Pegada energética e carbónica dos transportes. (2019). Obtido de Relatório do Estado do Ambiente: <https://rea.apambiente.pt/content/pegada-energetica-e-carbonica-dos-transportes>

Pietrzak, K., & Pietrzak, O. (2020). Environmental Effects of Electromobility in a Sustainable Urban Public Transport. *Sustainability* 2020, 12, 1052.

Português, G. (s.d.). *Terceiro PNAEE 2017-2020*. Obtido de Europa.eu:
https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/pt_neeap_2017_pt.pdf

Reid, W. V., Ali, M. K., & Field, C. B. (2019). The future of bioenergy. *Glob Change Biol.* 2020;26:274–286.

República Portuguesa (2017). Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética. Obtido em:
https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/pt_neeap_2017_pt.pdf

República Portuguesa (2019). *3ª Fase do Programa de Apoio à Mobilidade Elétrica na Administração Pública*. Obtido de <https://www.fundoambiental.pt/avisos-2019/descarbonizacao/3-fase-mobilidade-eletrica-na-administracao-publica-2.aspx>

Robaina, M., Varum, C., & Francisco, A. (2019). Complete Decomposition Analysis of CO2 Emissions in the Health Sector in Portugal. *Int J Environ Res* (2019) 13:977-990.

Sun, J. W. (2000). Is Co2 emission intensity comparable? *Energy Policy* 28 (2000) 1081}1084.

Talaei, A., Gemechu, E., & Kumar, A. (2019). Key factors affecting greenhouse gas emissions in the Canadian industrial sector: A decomposition analysis. *Journal of Cleaner Production* 246 (2020) 119026.

Timilsina, G. R., & Shrestha, A. (2009). Transport sector CO2 emissions growth in Asia: Underlying factors and policy options. *Energy Policy* 37 (2009) 4523–4539.

Timilsina, G. R., & Shrestha, A. (2009). Transport sector CO2 emissions growth in Asia: Underlying factors and policy options. *Energy Policy* 37 (2009) 4523–4539.

Tsita, K. G., Kiartzis, S. J., Ntavos, N. K., & Pilavachia, P. A. (2019). Next generation biofuels derived from thermal and chemical conversion of the Greek transport sector. *Thermal Science and Engineering Progress* 17 (2020) 100387.

Wang, H., Pan, C., & Zhou, P. (2019). Assessing the Role of Domestic Value Chains in China's CO2 Emission Intensity: A Multi-Region Structural Decomposition Analysis. *Environmental and Resource Economics* (2019) 74:865–890.

- Wang, S., Wang, X., & Tang, Y. (2019). Drivers of carbon emission transfer in China - An analysis of international trade from 2004 to 2011. *Science of the Total Environment* 709 (2020) 135924.
- Wang, W. W., Zhang, M., & Zhou, M. (2011). Using LMDI method to analyse transport sector CO₂ emissions in China. *Energy* 36 (2011) 5909-5915.
- Wang, Z., Liu, W., & Yin, J. (2014). Driving forces of indirect carbon emissions from household consumption in China: an input–output decomposition analysis. *Nat Hazards* (2015) 75:S257–S272.
- Yuhan, H., Elvin, C. N., John, L. Z., Nic, C. S., Edward, F., & Guang, H. (2018). Eco-driving technology for sustainable road transport: A review . *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 93 (2018) 596-609.
- Zhang, F. Q., & Ang, B. W. (2001). *Energy Economics* 23 2001 179-190.
- Zhang, M., Li, H., Zhou, M., & Mu, H. (2011). Decomposition analysis of energy consumption in Chinese transportation sector. *Applied Energy* 88 (2011) 2279-2285.
- Zhang, M., Mu, H., Ning, Y., & Song, Y. (2009). Decomposition of energy-related Co₂ emission over 1991-2006 in China. *Ecological Economics* 68 (2009) 2122–2128.
- Zheng, X., Streimikiene, D., Balezentis, T., Mardani, A., Cavallaro, F., & Liao, H. (2019). A review of greenhouse gas emission profiles dynamics, and climate change mitigation efforts across the key climate change players. *Journal of Cleaner Production* 234 (2019) 1113-1133.

Anexo 1

A **secção H – Transportation and Storage** do Eurostat inclui o fornecimento de transporte de passageiros ou de mercadorias, programado ou não, por comboio, oleoduto, estrada, água ou ar e atividades associadas, como instalações de terminais e estacionamento, manuseio de carga, armazenamento etc.

Incluído nesta seção está o aluguer de equipamentos de transporte com motorista ou operador e as atividades postais.

Esta seção exclui:

- Grandes reparações ou alterações no equipamento de transporte, exceto veículos automotores;
- Construção, manutenção e reparo de estradas, ferrovias, portos, aeroportos;
- Manutenção e reparo de veículos automotores;
- Locação de equipamento de transporte sem motorista ou operador.

49 Transporte terrestre e transporte por gasodutos

Esta divisão inclui o transporte de passageiros e mercadorias por via rodoviária e ferroviária, bem como o transporte de mercadorias por oleodutos.

49.1 Transporte ferroviário de passageiros interurbano

Esta classe inclui o transporte ferroviário de passageiros que utilizam material circulante ferroviário nas redes principais, espalhados por uma extensa área geográfica, o transporte de passageiros por ferrovias interurbanas e operações de vagões ou vagões como uma operação integrada de empresas ferroviárias.

Esta classe exclui o transporte de passageiros por sistemas de trânsito urbano e suburbano, as atividades dos terminais de passageiros, as operações de infraestrutura ferroviária, as atividades relacionadas, como comutação e desvio e as operações de vagões-dormitórios ou vagões-restaurante quando operados por unidades separadas.

49.2 Transporte ferroviário de carga

Esta classe inclui o transporte de mercadorias nas redes ferroviárias principais, bem como nas ferrovias de linha curta. Esta classe exclui a armazenagem e armazenamento, atividades do terminal de carga, operações de infraestrutura ferroviária, atividades relacionadas, como comutação e desvio e movimentação de carga.

49.3 Outro transporte terrestre de passageiros

Este grupo inclui todas as atividades de transporte terrestre de passageiros, exceto o transporte ferroviário, no entanto o transporte ferroviário como parte dos sistemas de transporte urbano ou suburbano está incluído.

49.31 Transporte terrestre urbano e suburbano de passageiros

Esta classe inclui o transporte terrestre de passageiros por sistemas de transporte urbano ou suburbano, ou seja, pode incluir diferentes modos de transporte terrestre, como autocarro, metro, ferrovias, etc. O transporte é realizado em rotas programadas, normalmente com um horário fixo, o que implica o desembarque de passageiros em paragens normalmente fixas. Esta classe também inclui as linhas cidade-aeroporto ou estação- operação de ferrovias funiculares, cabos aéreos etc.

Esta classe exclui o transporte de passageiros por ferrovias interurbanas.

49.32 Operações de táxi

Esta classe inclui o aluguer de carros particulares com motorista.

49.39 Outros transportes terrestres de passageiros

Esta classe inclui outros transportes rodoviários de passageiros, como por exemplo serviços regulares de autocarro de longa distância, excursões e outros serviços ocasionais de autocarro, transporte para o aeroporto via operação de teleféricos e funiculares. Se não fizer parte de sistemas de transporte urbano ou suburbano, a classe também inclui autocarros escolares e autocarros para transporte de funcionários.

Esta classe exclui autocarros escolares, autocarros para transporte de funcionários e transporte em ambulância.

49.4 Serviços de transporte de carga por estrada e remoção

Este grupo inclui todas as atividades de transporte terrestre de carga, exceto o transporte ferroviário.

49.41 Transporte de carga por estrada

Esta classe inclui todas as operações de transporte de carga por estrada: transporte de madeira, transporte de stock, transporte rodoviário refrigerado, transportes pesados, transporte a granel. Esta classe também inclui o aluguer de camiões com motorista, transporte de carga por homem ou veículo puxado por animais. Esta classe exclui a distribuição de água por camiões, as operações de instalações terminais para manuseio

de carga, as atividades de embalagem para transporte, as atividades de correios e o transporte de resíduos como parte integrante das atividades de coleta de resíduos.

49.42 Serviços de remoção

Esta classe inclui os serviços de remoção para empresas e famílias via transporte rodoviário.

49.5 Transporte por oleoduto

Esta classe inclui o transporte de gases, líquidos, água e outras mercadorias por tubulações assim como as operações das estações de bombeamento.

É excluído desta classe a distribuição de gás natural ou manufaturado, vapor ou água.

50 Transporte aquaviário

Esta divisão inclui o transporte de passageiros ou carga sobre a água. Também são incluídas as operações de rebocar ou empurrar barcos, barcos de excursão, cruzeiro ou turismo.

Embora a localização seja um indicador da separação entre o transporte marítimo e o transporte por águas interiores, o fator decisivo é o tipo de embarcação utilizada. O transporte em navios de mar é classificado nos grupos 50.1 e 50.2, enquanto que o transporte em outros navios é classificado nos grupos 50.3 e 50.4.

Esta divisão exclui as atividades de restaurantes e bares a bordo de navios se realizadas em unidades separadas.

50.1 Transporte marítimo e costeiro de água para passageiros

Este grupo inclui o transporte de passageiros em embarcações projetadas para operar em águas marítimas ou costeiras, assim como o transporte de passageiros em grandes lagos. Estão incluídos o transporte de passageiros por mares e águas costeiras, barcos de excursão, cruzeiro ou passeio turístico, táxis aquáticos, etc.

Estão excluídas as atividades de restaurantes e bares a bordo de navios, aluguer de barcos de recreio e iates sem tripulação, aluguer de navios comerciais e operação de “casinos flutuantes”.

50.2 Transporte marítimo e marítimo de carga marítima

Este grupo inclui o transporte de carga em embarcações projetadas para operar em águas marítimas ou costeiras. Também está incluído o transporte de carga em grandes lagos. A classe inclui o transporte de carga sobre o mar e as águas costeiras

programado ou não, transporte por reboque ou empurrão de barcaças, plataformas de petróleo, etc.

Esta classe exclui a armazenagem de carga, operações portuárias e outras atividades auxiliares, como a atracação, pilotagem, recuperação de embarcações, movimentação de cargas e aluguer de navios ou barcos comerciais sem tripulação.

50.3 Transporte marítimo de passageiros por vias navegáveis

Este grupo inclui o transporte de passageiros em águas interiores, envolvendo embarcações que não são adequadas para o transporte marítimo.

A classe inclui o transporte de passageiros por rios, canais, lagos e outras vias navegáveis interiores, incluindo portos e portos internos. Esta classe também inclui o aluguer de embarcações de recreio com tripulação para o transporte fluvial e o aluguer de embarcações e iates sem tripulação.

50.4 Transporte terrestre de mercadorias por frete

Este grupo inclui o transporte de mercadorias em águas interiores, envolvendo embarcações que não são adequadas para o transporte marítimo.

51 Transporte aéreo

Esta divisão inclui o transporte de passageiros ou mercadorias por via aérea.

A divisão exclui a revisão de aeronaves ou motores de aeronaves, operações de aeroportos, publicidade aérea e fotografia aérea.

51.1 Transporte aéreo de passageiros

Esta classe inclui o transporte aéreo de passageiros em rotas e horários regulares, aluguer de equipamentos de transporte aéreo com o operador para fins de transporte de passageiros, atividades de aviação geral, tais como transporte de passageiros por aeródromos para instrução ou lazer.

O aluguer de equipamentos de transporte aéreo está excluído desta classe.

51.2 Transporte aéreo de carga e transporte espacial

51.21 Transporte aéreo de carga

Esta classe inclui o transporte de carga aérea por rotas regulares e horários regulares, o transporte não programado de carga aérea, assim como o aluguer de equipamentos de transporte aéreo com operador para fins de transporte de carga.

51.22 Transporte espacial

Esta classe inclui o lançamento de satélites e veículos espaciais, transporte espacial de carga e passageiros.

52 Atividades de armazenamento e apoio ao transporte

Essa divisão inclui atividades de armazenamento e suporte para transporte, como operações de infraestrutura de transporte (por exemplo, aeroportos, portos, túneis, pontes, etc.), atividades de agências de transporte e movimentação de carga.

52.1 Armazenagem

Esta classe inclui a operação de instalações de armazenamento e armazenamento para todos os tipos de mercadorias, como por exemplo operação de silos de grãos, armazéns gerais de mercadorias, armazéns refrigerados, tanques de armazenamento etc.

Esta classe exclui o estacionamento para veículos automotores, operações de instalação de armazenamento automático e aluguer de espaço vago.

52.2 Atividades de apoio ao transporte

Este grupo inclui atividades de apoio ao transporte de passageiros ou mercadorias, como operações de partes da infraestrutura de transporte ou atividades relacionadas ao manuseio de carga imediatamente antes ou depois do transporte ou entre segmentos de transporte.

52.21 Atividades de serviço acessórias ao transporte terrestre

Esta classe inclui as atividades relacionadas com o transporte terrestre de passageiros, animais ou mercadorias, como por exemplo, operações de instalações terminais, como estações ferroviárias, rodoviárias e estações de manuseio de mercadorias, operações de infraestrutura ferroviária, como por exemplo, construção de estradas, pontes, túneis, estacionamentos ou garagens e estacionamentos para bicicletas.

Esta classe exclui o manuseamento de carga.

52.22 Atividades de serviço acessórias ao transporte aquaviário

Esta classe inclui as atividades relacionadas com o transporte aquaviário de passageiros, animais ou mercadorias, como por exemplo atividades operações de

instalações terminais, como portos e cais, atividades de navegação, pilotagem e atracação, atividades de iluminação, salvamento e atividades de farol.

Esta classe exclui o manuseio de carga.

52.23 Atividades de serviços relacionados ao transporte aéreo

Esta classe inclui as atividades relacionadas ao transporte aéreo de passageiros, animais ou mercadorias, como por exemplo, construção de instalações terminais (terminais de vias aéreas), atividades de aeroporto e de controle de tráfego aéreo, atividades de serviços em terra em aeródromos, serviços de combate a incêndios e prevenção de incêndios em aeroportos.

Esta classe exclui a movimentação de carga.

52.24 Movimentação de carga

Esta classe inclui o carregamento e descarregamento de mercadorias ou bagagem de passageiros, independentemente do modo de transporte utilizado, estiva, carregamento e descarregamento de vagões ferroviários de carga.

Esta classe exclui instalações de terminais.

52.29 Outras atividades de apoio ao transporte

Esta classe inclui expedição de carga, organização ou organização de operações de transporte ferroviário, rodoviário, marítimo ou aéreo, organização de remessas de grupo e individuais (incluindo coleta e entrega de mercadorias e agrupamento de remessas), emissão e aquisição de documentos de transporte e conhecimentos de transporte, atividades de despachantes aduaneiros e atividades de transitários e agentes de carga aérea.

53 Atividades postais

Esta divisão inclui atividades postais, como coleta, transporte e entrega de cartas e encomendas.

A entrega, local e serviços de mensagens também estão incluídos.

53.1 Atividades postais sujeitas a obrigação de serviço universal

Esta classe inclui as atividades de serviços postais que operam sob uma obrigação de serviço universal por um ou mais prestadores de serviço universal designados.

As atividades incluem o uso da infraestrutura de serviço universal, incluindo as instalações de triagem e processamento e rotas das transportadoras para recolha e entrega de correspondência.

A entrega pode incluir correspondência, ou seja, cartas cartões postais, papeis impressos (jornais, itens publicitários, etc.), pequenos pacotes, mercadorias e documentos.

Também estão incluídos outros serviços necessários para apoiar a obrigação de serviço universal. Esta classe inclui a recolha, triagem, transporte e entrega (nacional ou internacional) de encomendas e pacotes de correio e tipo postal pelos serviços postais que operam sob uma obrigação de serviço universal.

Um ou mais modos de transporte podem estar envolvidos e a atividade pode ser realizada com transporte próprio (privado) ou via transporte publico.

Esta classe exclui o transporte postal, atividades de economia postal e atividades de ordem de pagamento.

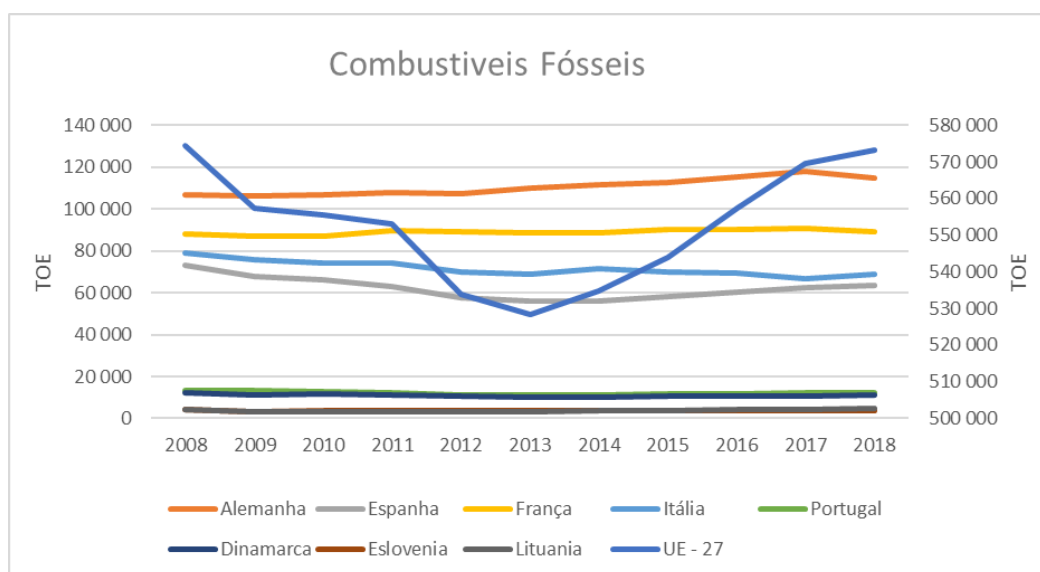
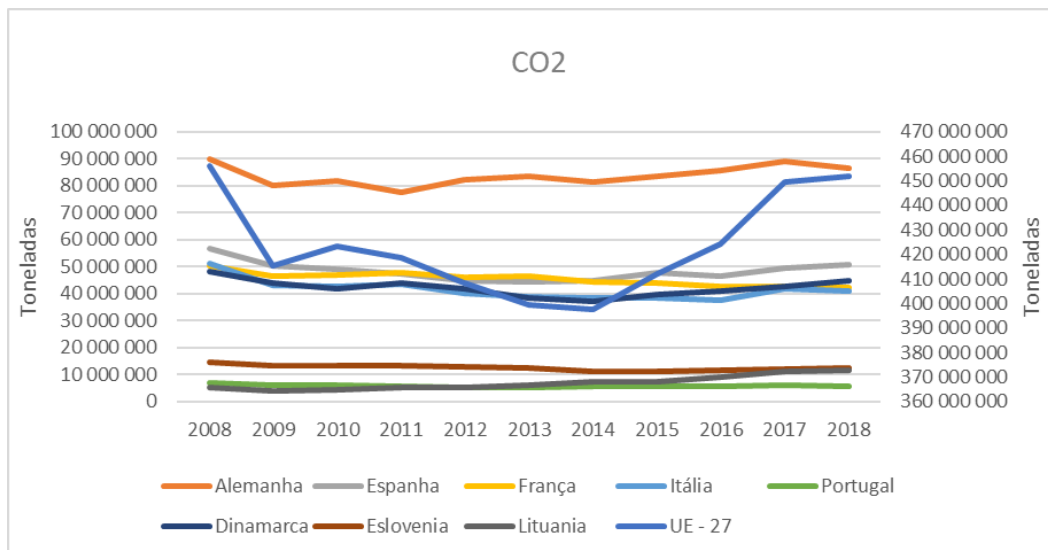
53.2 Outras atividades de correios

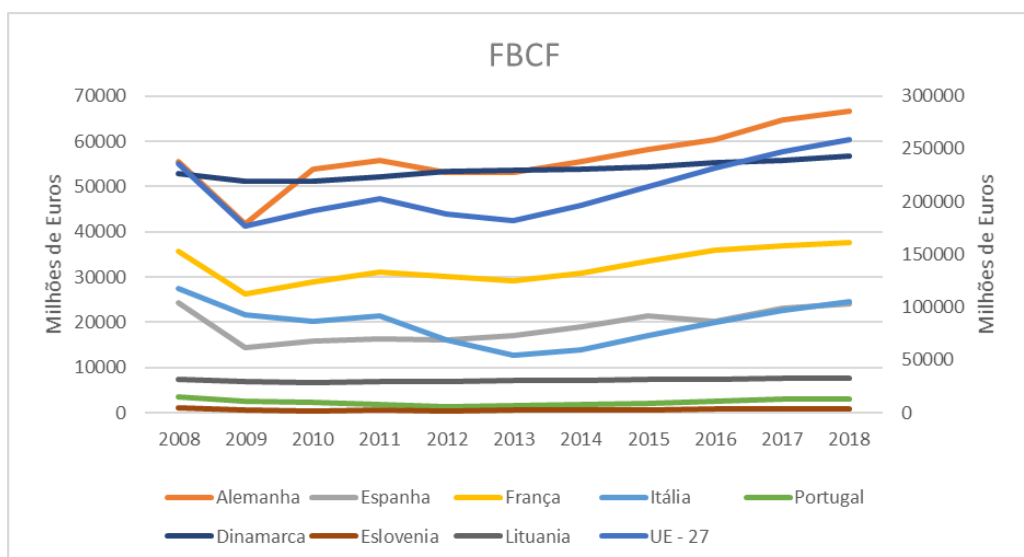
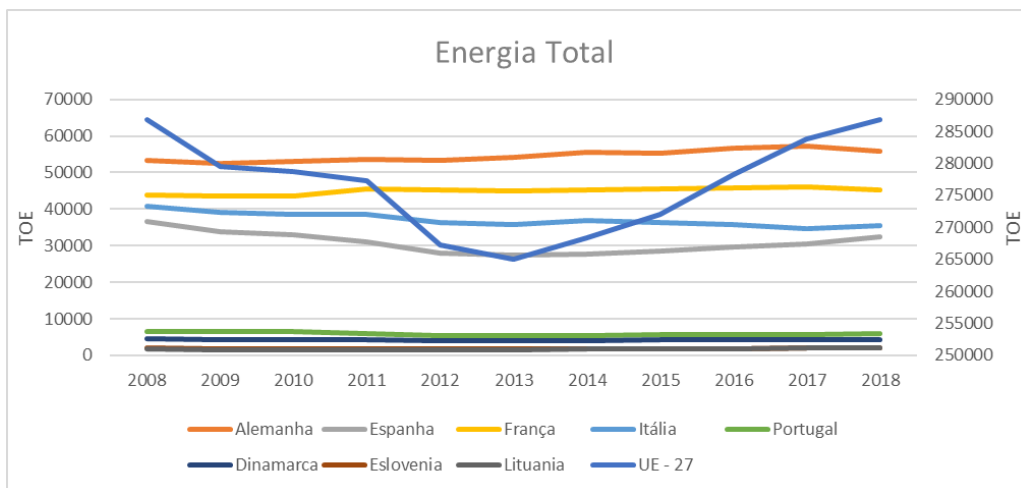
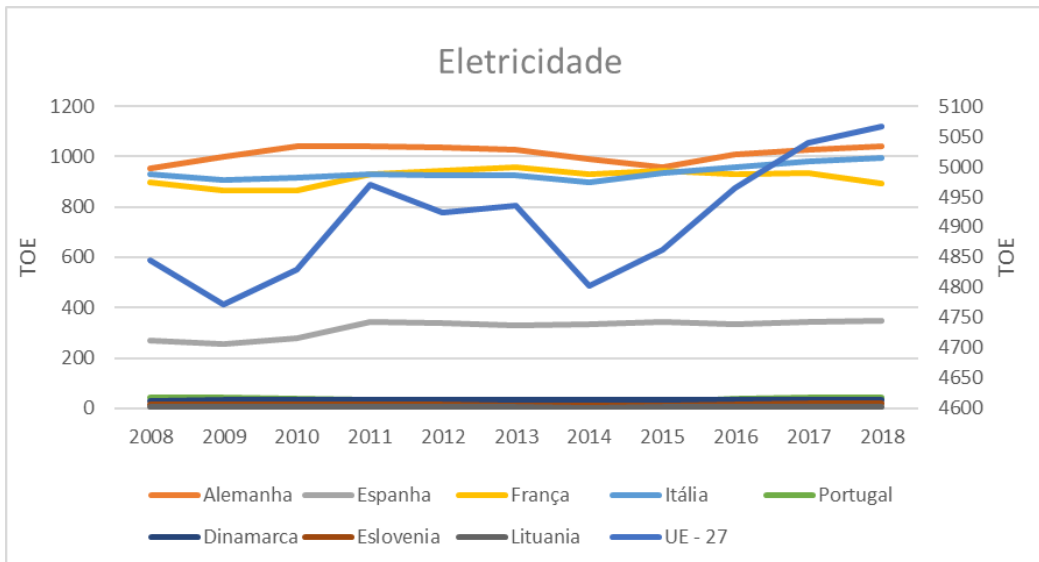
Esta classe inclui a coleta, triagem, transporte e entrega (doméstica ou internacional) de encomendas e pacotes de correio e (tipo de correio) por empresas que operam fora do escopo de uma obrigação de serviço universal. Um ou mais modos de transporte podem estar envolvidos e a atividade pode ser realizada com transporte próprio (privado) ou via transporte público. Esta classe exclui os transportes de carga.

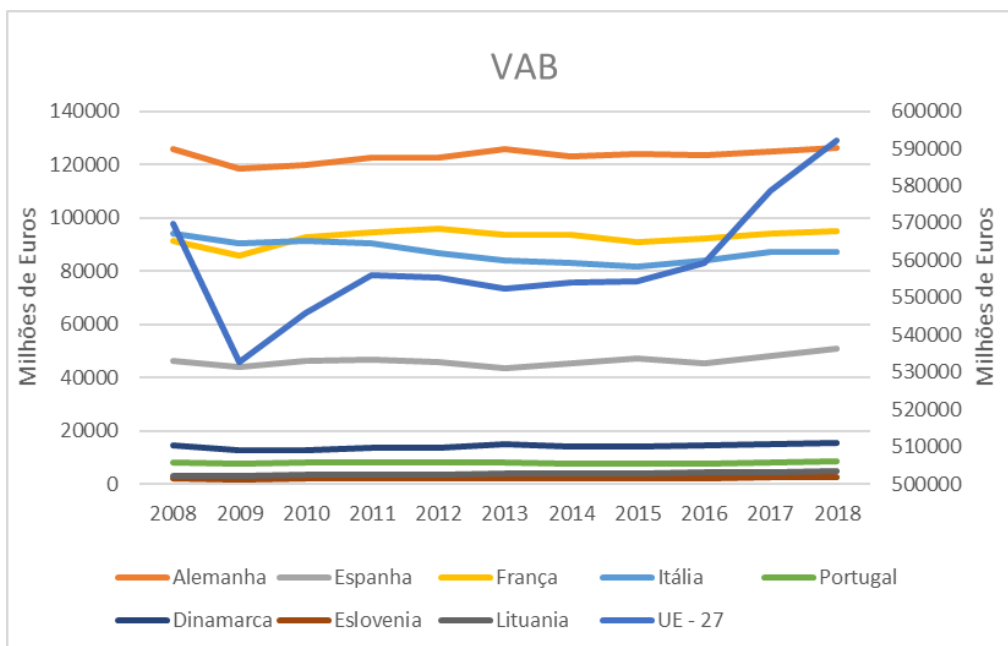
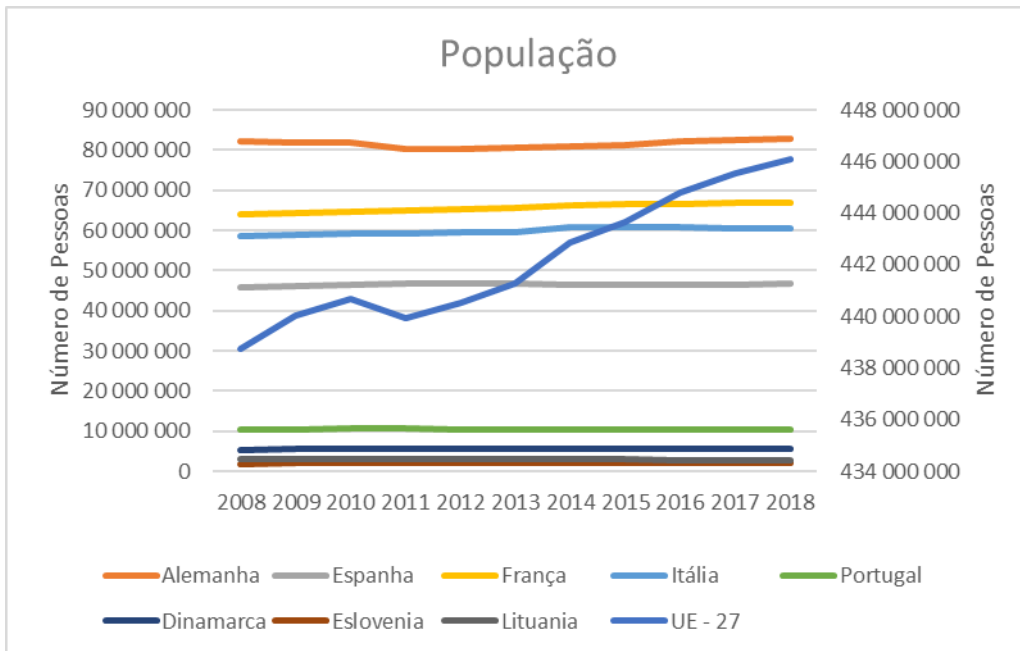
n.e.c.: not elsewhere classified			* part of	
Division	Group	Class	ISIC Rev. 4	
SECTION H — TRANSPORTATION AND STORAGE				
49		Land transport and transport via pipelines		
	49.1		Passenger rail transport, interurban	
		49.10	Passenger rail transport, interurban	4911
	49.2		Freight rail transport	
		49.20	Freight rail transport	4912
	49.3		Other passenger land transport	
		49.31	Urban and suburban passenger land transport	4921
		49.32	Taxi operation	4922*
	49.4	49.39	Other passenger land transport n.e.c.	4922*
			Freight transport by road and removal services	
	49.5	49.41	Freight transport by road	4923*
		49.42	Removal services	4923*
		49.50	Transport via pipeline	4930
50		Water transport		
	50.1		Sea and coastal passenger water transport	
		50.10	Sea and coastal passenger water transport	5011
	50.2		Sea and coastal freight water transport	
		50.20	Sea and coastal freight water transport	5012
	50.3		Inland passenger water transport	
		50.30	Inland passenger water transport	5021
50.4	Inland freight water transport	5022		
51		Air transport		
	51.1		Passenger air transport	
		51.10	Passenger air transport	5110
	51.2		Freight air transport and space transport	
		51.21	Freight air transport	5120*
51.22	Space transport	5120*		
52		Warehousing and support activities for transportation		
	52.1		Warehousing and storage	
		52.10	Warehousing and storage	5210
	52.2		Support activities for transportation	
		52.21	Service activities incidental to land transportation	5221
		52.22	Service activities incidental to water transportation	5222
		52.23	Service activities incidental to air transportation	5223
		52.24	Cargo handling	5224
52.29		Other transportation support activities	5229	
53		Postal and courier activities		
	53.1		Postal activities under universal service obligation	
		53.10	Postal activities under universal service obligation	5310
53.2		Other postal and courier activities		
	53.20	Other postal and courier activities	5320	

Anexo 2 – Evolução das variáveis para o setor dos transportes

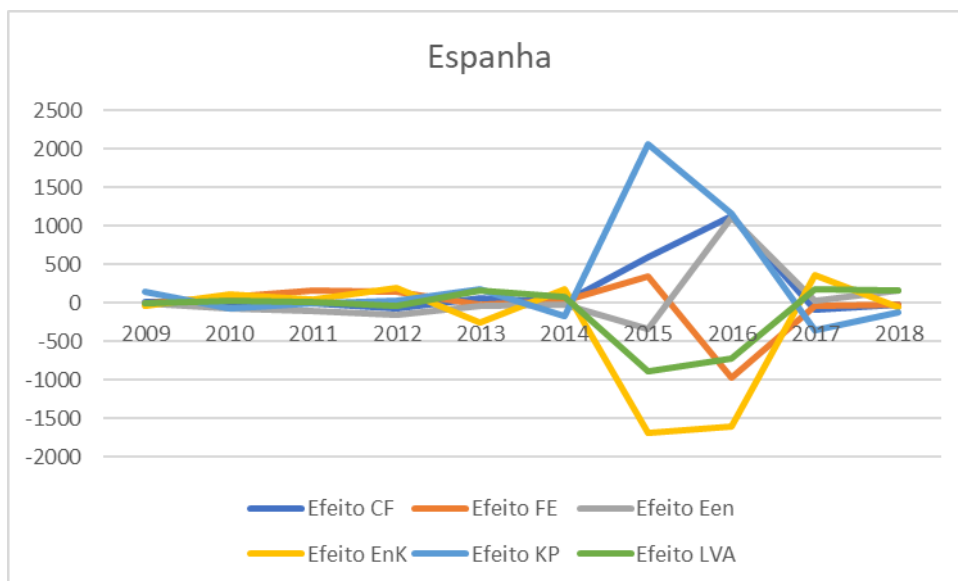
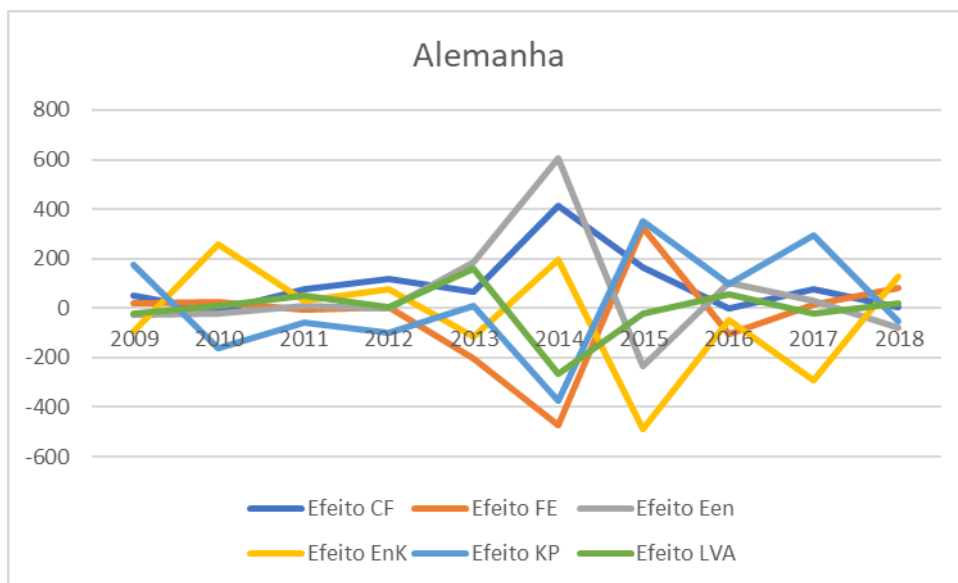
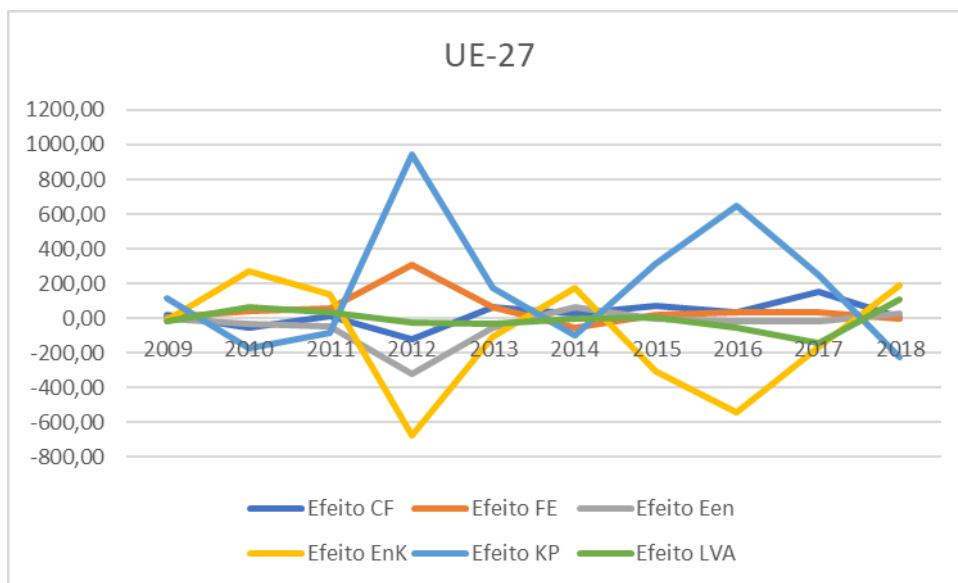
Os gráficos seguidamente apresentados são de elaboração própria com base nos dados do Eurostat entre 2008 e 2018.

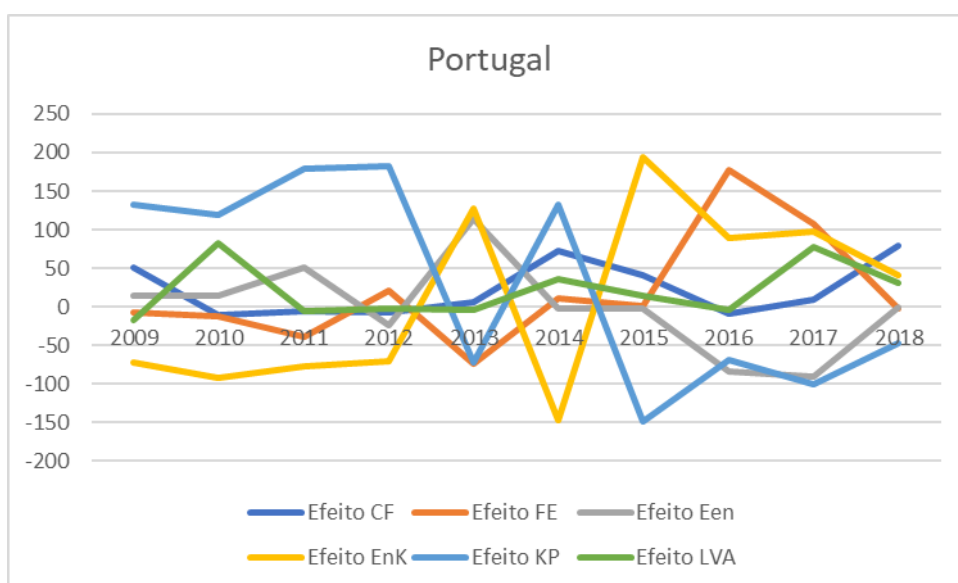
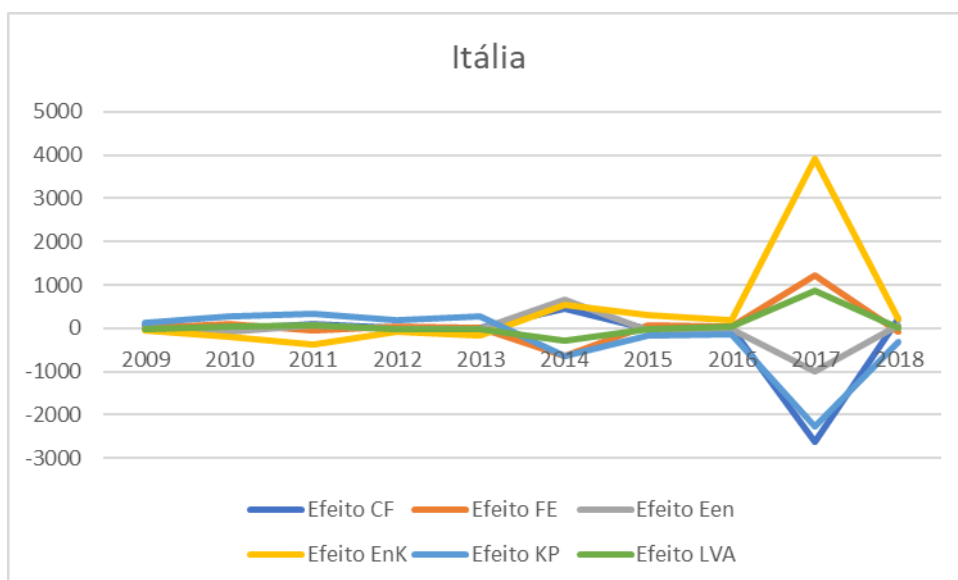
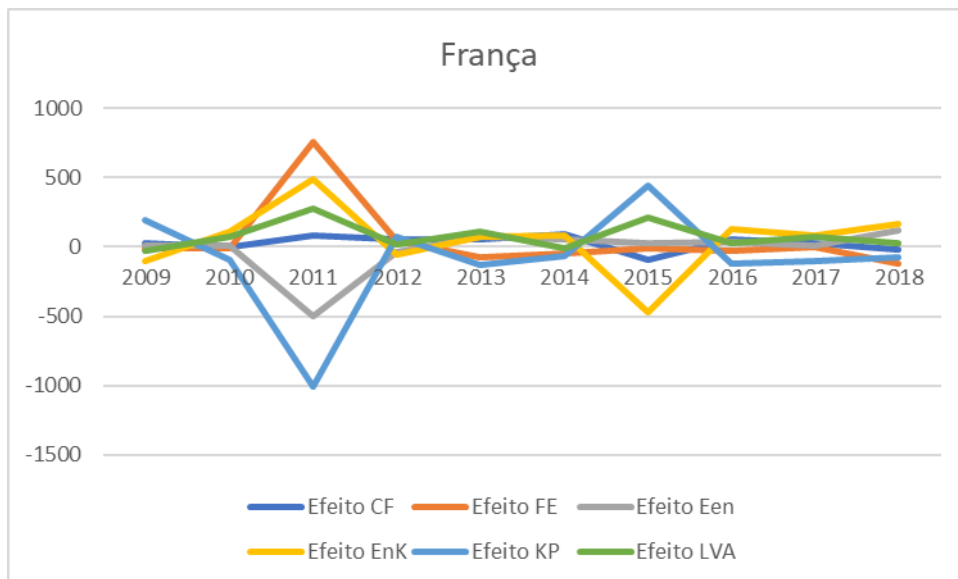


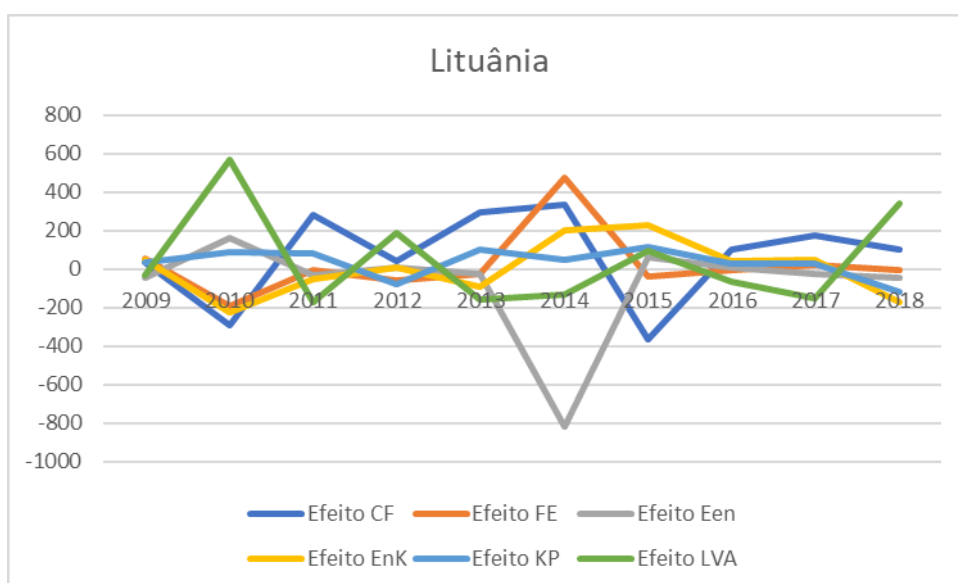
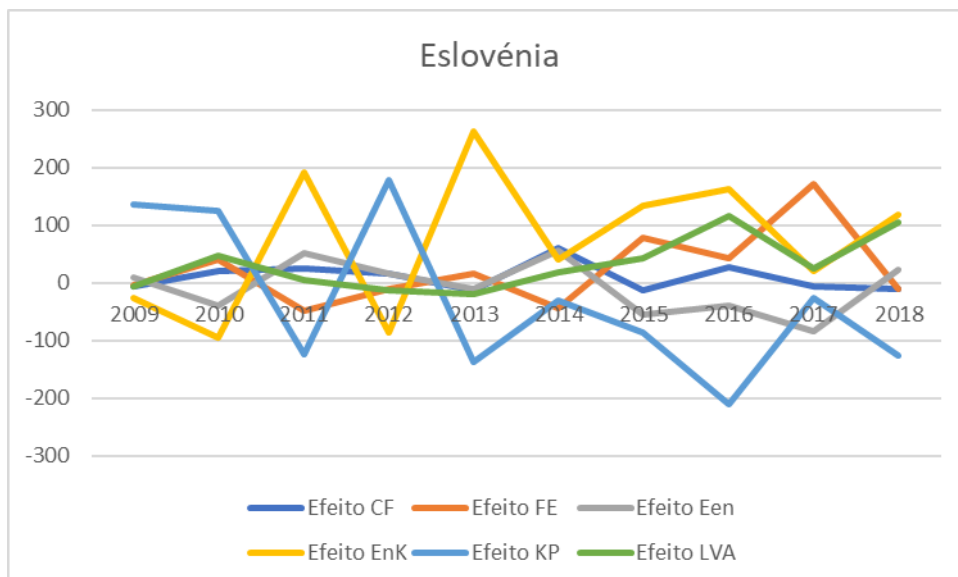
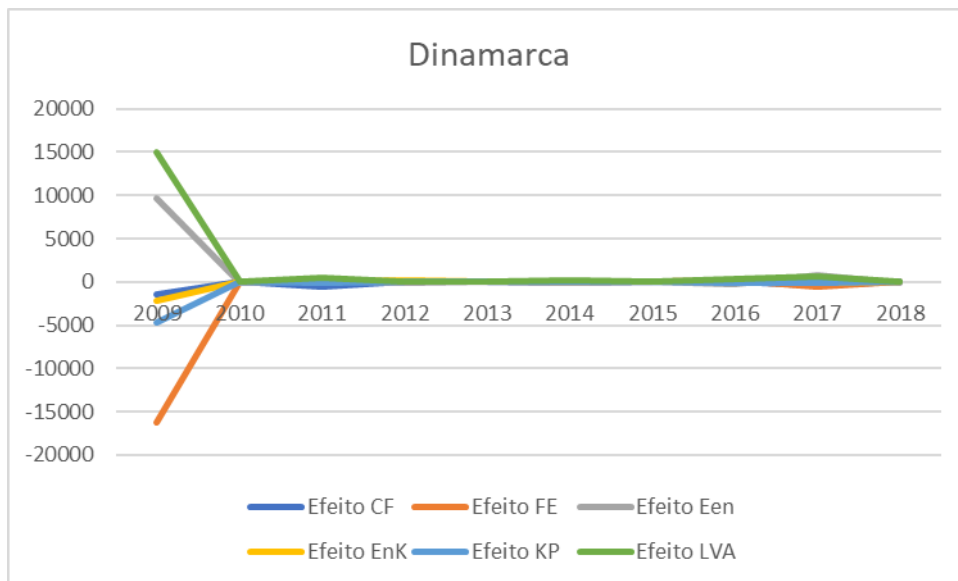




Anexo 3 – Evolução de cada Efeito







Anexo 4 – Percentagem dos efeitos na variação da IE

EU-27											
%	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2018-2008
Efeito CF	17,75	-56,93	11,11	-124,47	63,37	24,27	73,93	34,93	153,55	7,04	15,59
Efeito FE	4,04	40,97	53,39	308,48	66,42	-55,59	19,41	34,04	30,61	-3,43	97,16
Efeito Een	-3,54	-36,25	-49,39	-321,41	-56,52	59,99	-3,42	-17,10	-21,79	22,81	-93,52
Efeito EnK	-12,99	268,60	140,14	-676,55	-110,62	173,34	-310,25	-542,41	-163,11	187,76	191,86
Efeito KP	112,31	-176,16	-87,20	941,95	173,13	-100,56	317,20	646,26	246,47	-224,46	-156,80
Efeito LVA	-17,57	59,76	31,95	-28,00	-35,78	-1,44	3,13	-55,73	-145,72	110,27	45,71
VAR IE	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Alemanha											
%	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2018-2008
Efeito CF	50,49	-9,55	78,37	117,33	64,08	411,79	163,85	-1,31	74,56	3,59	261,97
Efeito FE	21,02	26,82	-8,67	4,16	-202,87	-472,57	326,04	-103,77	12,17	80,48	24,79
Efeito Een	-29,37	-19,66	7,65	0,59	183,07	605,13	-236,30	101,05	30,03	-77,09	-100,23
Efeito EnK	-92,83	256,60	29,22	75,27	-112,88	194,74	-486,50	-46,60	-291,00	128,45	324,38
Efeito KP	172,53	-162,93	-57,37	-99,25	8,95	-373,14	353,44	96,78	294,79	-54,81	-407,03
Efeito LVA	-21,85	8,71	50,80	1,90	159,65	-265,95	-20,53	53,85	-20,54	19,38	-3,87
VAR IE	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Espanha											
%	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2018-2008
Efeito CF	6,22	31,41	21,79	82,37	-132,44	73,20	-849,84	797,72	124,00	143,95	-12,41
Efeito FE	3,26	82,88	166,78	138,33	-24,84	26,56	345,59	-969,50	-29,88	-17,08	196,58
Efeito Een	-6,07	-63,54	-101,08	-147,62	-34,40	-24,23	-337,16	1109,55	28,49	158,42	-191,07
Efeito EnK	-38,80	109,55	46,99	187,94	-251,70	183,94	-1679,15	-1599,90	353,99	-61,77	57,68
Efeito KP	141,99	-66,42	-10,27	29,44	183,75	-165,13	2057,57	1156,10	-354,30	-125,51	12,72
Efeito LVA	-6,60	32,85	6,21	-39,12	161,11	73,19	-882,15	-723,73	185,94	167,32	36,50
VAR IE	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

França											
%	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2018-2008
Efeito CF	26,92	1,10	80,07	58,03	52,07	94,98	-93,58	52,42	30,27	-14,95	85,81
Efeito FE	-7,75	-7,19	756,64	47,18	-76,92	-47,25	-12,19	-31,33	1,29	-118,97	-7,00
Efeito Een	13,41	4,84	-496,86	-40,41	72,92	52,48	28,73	35,85	12,70	120,03	17,55
Efeito EnK	-98,30	112,96	490,78	-54,76	73,76	78,52	-476,19	132,77	85,36	164,64	12,21
Efeito KP	191,07	-89,59	-1005,16	74,63	-129,13	-67,51	442,02	-116,44	-106,45	-75,96	-6,49
Efeito LVA	-25,35	77,88	274,54	15,32	107,30	-11,21	211,20	26,72	76,83	25,21	-2,09
VAR IE	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Itália											
%	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2018-2008
Efeito CF	55,89	-34,03	90,46	13,33	11,92	457,61	-14,00	1,70	-2623,71	204,80	54,39
Efeito FE	7,01	97,64	-65,96	27,80	19,20	-629,60	63,41	41,36	1212,37	-73,08	145,58
Efeito Een	-5,05	-90,93	59,67	-30,28	-19,53	673,77	-47,91	-35,81	-994,24	68,36	-142,16
Efeito EnK	-64,99	-194,40	-381,05	-91,20	-157,66	527,33	291,32	192,48	3904,86	226,86	16,71
Efeito KP	124,81	288,50	320,16	199,05	276,03	-634,42	-173,97	-127,44	-2266,37	-325,06	102,14
Efeito LVA	-17,67	33,23	76,72	-18,71	-29,96	-294,68	-18,84	27,72	867,09	-1,88	-76,66
VAR IE	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Portugal											
%	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2018-2008
Efeito CF	50,61	-10,73	-5,82	-6,78	6,58	71,99	40,81	-8,49	9,17	78,82	65,08
Efeito FE	-7,28	-12,49	-39,20	21,59	-73,60	10,08	1,47	177,68	107,59	-2,62	19,87
Efeito Een	14,36	14,59	50,16	-24,18	114,85	-2,46	-2,52	-84,41	-91,50	-0,36	-30,16
Efeito EnK	-72,07	-93,23	-78,15	-70,54	128,14	-147,60	194,82	89,01	98,11	41,53	-9,77
Efeito KP	131,94	119,76	178,27	182,82	-72,01	131,76	-149,11	-69,48	-100,89	-47,79	38,95
Efeito LVA	-17,56	82,10	-5,26	-2,91	-3,97	36,23	14,53	-4,31	77,52	30,42	16,03
VAR IE	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Dinamarca											
%	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2018-2008
Efeito CF	-1505,26	89,02	-497,35	16,64	26,23	-108,63	64,51	0,41	-462,68	60,86	-19,09
Efeito FE	-16209,54	9,20	39,25	19,89	22,69	-0,54	-22,15	207,81	-627,47	97,14	129,42
Efeito Een	9726,62	-39,17	115,39	-56,18	-8,33	-41,62	-5,41	-291,60	752,23	-72,09	-87,25
Efeito EnK	-2120,47	15,24	100,50	152,71	9,31	24,67	31,36	-34,34	-117,14	-4,40	89,42
Efeito KP	-4718,85	2,15	-79,73	-27,93	-0,16	-11,48	3,67	-99,14	-64,05	28,62	-10,11
Efeito LVA	14927,51	23,57	421,94	-5,13	50,26	237,60	28,02	316,86	619,10	-10,13	-2,39
VAR IE	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Eslovénia											
%	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2018-2008
Efeito CF	-6,25	19,66	25,41	16,91	-12,97	60,22	-13,52	27,29	-5,57	-9,75	31,52
Efeito FE	-4,75	41,39	-48,53	-11,45	17,02	-44,97	77,52	42,77	171,23	-10,61	49,24
Efeito Een	8,31	-39,19	51,90	16,79	-11,56	55,06	-55,16	-39,21	-84,43	23,24	-47,53
Efeito EnK	-26,67	-95,46	191,08	-87,13	262,16	41,02	134,80	163,45	20,05	117,18	-5,25
Efeito KP	136,29	125,97	-124,52	177,20	-136,25	-30,40	-85,87	-209,58	-26,68	-125,28	19,37
Efeito LVA	-6,93	47,64	4,66	-12,31	-18,40	19,08	42,22	115,28	25,40	105,22	52,65
VAR IE	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Lituânia											
%	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2018-2008
Efeito CF	35,06	-294,40	278,80	39,99	293,75	331,43	-364,18	98,67	174,52	103,94	188,10
Efeito FE	56,37	-192,43	-2,27	-58,72	-22,50	474,87	-38,73	-4,62	23,11	-2,65	54,34
Efeito Een	-44,03	162,02	-31,15	7,18	-23,87	-821,29	61,16	7,86	-22,67	-45,54	-63,20
Efeito EnK	51,06	-226,81	-49,68	5,65	-91,49	199,16	229,57	38,78	45,93	-174,65	41,54
Efeito KP	31,14	86,04	79,57	-79,00	100,99	47,18	117,47	27,70	29,94	-120,36	48,88
Efeito LVA	-29,60	565,59	-175,28	184,91	-156,87	-131,36	94,71	-68,40	-150,83	339,26	-169,66
VAR IE	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100