



# **Avaliação energética de soluções de mobilidade alternativas numa frota de distribuição postal**

**João Pedro Nunes Marques**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Mecânica**

Orientadores: Dr. Gonçalo Nuno de Oliveira Duarte  
Dr. Patrícia de Carvalho Baptista

## **Júri**

Presidente: Prof. Edgar Caetano Fernandes  
Orientador: Dr. Gonçalo Nuno de Oliveira Duarte  
Vogal: Prof. Luís Alberto Gonçalves de Sousa

**Outubro 2021**

## Agradecimentos

Gostaria de dirigir os meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que, direta ou indiretamente, me ajudaram neste percurso tão importante da minha vida pessoal e profissional.

Ao Professor António Luís Moreira que me acompanhou por diversas vezes durante o meu percurso académico e da qual me deu a oportunidade de poder realizar este trabalho. Foi um prazer trabalhar consigo pelo seu profissionalismo e dedicação, mas sobretudo por toda a disponibilidade demonstrada ao longo destes anos, algo raro de se encontrar no meio universitário.

Aos Doutores Gonçalo Duarte e Patrícia Baptista, pela dedicação, paciência, motivação e excelente acompanhamento do início ao fim deste projeto. Aprendi imenso convosco.

A todos os colaboradores dos CTT, pela simpatia e a atenção com que me receberam desde o primeiro dia. Agradecer de forma muito especial ao Engenheiro José Guilherme por toda a atenção, disponibilidade, acompanhamento e incansável compreensão e paciência que demonstrou ter desde o início do projeto para comigo.

À Galp pela iniciativa em projetos como a Galp 21 e pela oportunidade de pertencer a este projeto.

À minha família, em especial aos meus pais e irmã, a quem devo tudo o que sou hoje e por me terem apoiado desde o primeiro dia nos momentos mais importantes da minha vida.

Agradecer aos amigos mais próximos, ao qual estarei eternamente grato por todos estes anos de amizade e partilha de momentos. Em especial, agradecer ao meu amigo André Tavares não só por toda a valiosa ajuda e companheirismo na nossa jornada no Técnico, mas também agradecer a ele e ao José Alves pelo auxílio prestado ao longo deste trabalho.

Por fim, agradecer também à Teresa Figueiral por todo o apoio e auxílio desde o primeiro dia.

## Resumo

O setor dos transportes, dada a sua dependência de combustíveis fósseis, é um dos principais consumidores de energia contribuindo substancialmente para as alterações climáticas. As empresas que atuam neste setor apresentam elevados consumos energéticos, sendo alvo de sucessivas medidas políticas na preservação de recursos energéticos e na mitigação das emissões de gases poluentes.

Esta dissertação desenvolvida na empresa CTT, no âmbito do programa Galp21, teve como objetivo avaliar medidas de melhorias do desempenho energético da frota, começando pela sua caracterização energética no processo de distribuição postal, e avaliação de diferentes cenários implementados em dois estudos diferentes: 1) otimização da frota e alteração dos veículos existentes por outros de energias alternativas; e 2) introdução de veículos de 3/4 rodas nos giros apeados, como solução ao aumento do e-commerce num CDP de Lisboa.

No primeiro estudo conclui-se que as viaturas elétricas apresentaram o custo total anual mais elevado, numa média 20% superior nas viaturas F4 (furgão de 4 metros cúbicos de capacidade), 35% nas F8 e 50% nas F10 face às viaturas a gasóleo, sendo também as que emitem o menor número de emissões de CO<sub>2</sub>, com uma redução de 63%.

No segundo estudo foram elaboradas quatro soluções. A 3ª solução, com a implementação de uma frota 100% elétrica (furgões e triciclos), revelou ser a melhor, estimando uma redução dos custos totais anuais em 3,5%, uma redução de 60% em emissões de CO<sub>2</sub> e de quase 40% no consumo energético, apresentando um tempo de retorno do investimento de 3,9 anos.

**Palavras chave:** E-commerce; Distribuição postal; Gestão de frota; Impactes energéticos e ambientais; Logística urbana

## Abstract

The transport sector, given its dependence on fossil fuels, is one of the major consumers of final energy, contributing to climate change. The companies that operate in this sector have high energy consumption, being the target of successive policy measures for the preservation of energy resources and in the mitigation of emission of polluting gases.

This work, developed at the postal company CTT, under the Galp21 program, aimed at evaluating measures to improve the energy performance of the fleet, starting with its energy characterization in the postal distribution process, and evaluation of different scenarios implemented in two different studies: 1) optimization of the fleet and shift to alternative propulsion systems and load capacity; and 2) introduction of 3 or 4-wheel vehicles in pedestrian delivery, as a solution to the increase in e-commerce using a case study of a postal distribution center in Lisbon.

In the first study, it was concluded that electric vehicles had the highest cost, on average 20% higher in F4 vehicles, 35% in F8 and 50% in F10 compared to diesel vehicles, and the ones that produce the lowest number of CO<sub>2</sub> emissions, with a reduction of 63%.

In the second study, four solutions were developed. The 3<sup>rd</sup> solution, with the implementation of a 100% electric fleet (vans and tricycles), revealed to be the best one, estimating a reduction of total annual costs of 3.5%, with a reduction of 60% in CO<sub>2</sub> emissions and almost 40% in energy consumption, representing a payback time of 3.9 years.

**Keywords:** E-commerce; Postal distribution; Fleet management; Energy and environmental impacts; Urban logistics

# Índice

1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento .....	1
1.2	Estado da arte .....	2
1.2.1	Tecnologia de Propulsão do Veículo .....	4
1.2.2	Tipo de via de circulação .....	5
1.2.3	Comportamento por parte do condutor na condução .....	6
1.2.4	Planeamento e escolha do percurso .....	7
1.2.5	Peso total do veículo.....	9
1.2.6	Operações de Logística nos centros urbanos .....	9
1.3	Objetivos do trabalho .....	13
1.4	Estrutura da tese.....	14
2	Metodologia .....	15
2.1	Caso de estudo .....	15
2.1.1	Caracterização da rede de distribuição .....	16
2.1.2	Caracterização ambiental .....	17
2.1.3	Caracterização da frota automóvel de distribuição postal .....	18
2.2	Abordagem global da frota de veículos dos CTT .....	22
2.2.1	Caracterização de soluções de energia alternativa disponíveis no mercado.....	22
2.2.1.1	Veículos elétricos .....	25
2.2.1.2	Veículos a gás natural comprimido .....	25
2.2.2	Análise global da frota e quantificação de impactes económicos, ambientais e energéticos .....	26
2.2.2.1	Impacte económico .....	26
2.2.2.2	Impacte ambiental .....	33
2.2.2.3	Impacte energético .....	34
2.3	Abordagem local ao CDP 1300 e 1200 .....	35

2.3.1	Análise local ao CDP 1300+1200 e implementação de cenários .....	39
2.3.2	Análise dos giros apeados do CDP 1300 e implementação de cenários .....	40
2.3.2	Análise da totalidade da frota do CDP 1300+1200, mais apeados e implementação de soluções .....	44
3	Resultados da análise global e local da frota de veículos dos CTT .....	46
3.1	Resultados da análise global.....	46
3.1.1	Impacte económico por tipologia de viatura .....	46
3.1.2	Impacte ambiental por tipologia de viatura .....	53
3.1.3	Impacte energético por tipologia de viatura .....	54
3.2	Resultados da análise local ao CDP 1300+1200 .....	56
3.2.1	Substituição de frota no CDP 1300+1200.....	56
3.2.2	Giros apeados do CDP 1300 .....	58
3.2.3	Implementação de soluções na totalidade da frota do CDP 1300+1200 mais apeados do CDP 1300.....	62
4.	Conclusões e trabalho futuro .....	67
4.1	Conclusões .....	67
4.2	Trabalho futuro.....	70

## Lista de Figuras

Figura 1 - Representação esquemática de uma instalação de teste de emissões. Fonte:[12] .....	3
Figura 2 - Consumo de energia consoante a tecnologia do veículo. Fonte: [13].....	5
Figura 3 - Percursos avaliados no estudo realizado nos EUA. Fonte: [29] .....	8
Figura 4 - Variações (%) na velocidade média (km / h) e no consumo de energia (com base nos valores l / 100 km). Fonte: [31].....	9
Figura 5 - Representação geográfica das áreas analisadas na cidade do Porto. Fonte: [33].....	10
Figura 6 - Esquematização do processo de distribuição tradicional com o apoio de um veículo de combustão interna. Fonte: [37].....	12
Figura 7 - Esquematização do processo de distribuição com apoio de um triciclo elétrico. Fonte: [37] .....	12
Figura 8 - Redes de distribuição postal dos CT Fonte: [40].....	16
Figura 9 - Evolução do consumo médio da frota CTT (l/100km) e variação da volumetria. Fonte:[41] .....	18
Figura 10 - Exemplos de viaturas furgão da frota dos CTT. Fonte: [42].....	19
Figura 11 - Composição da frota dos CTT na rede terciária por tipo de combustível .....	21
Figura 12 - Diferentes tipos de veículos elétricos ou não motorizados da frota dos CTT presentes na rede terciária.....	21
Figura 13 - Processo da produção de e-gasóleo. Fonte: [44].....	24
Figura 14 - a) Renault Kangoo ZE. Fonte:[48]; b) Nissan NV200 XL. Fonte:[49]; c) Volkswagen e-crafter. Fonte:[50].....	25
Figura 15 - a) Volkswagen Caddy TGI. Fonte:[51]; b) Fiat Doblo Cargo Maxi. Fonte:[53] .....	26
Figura 16 - a) Ligier Pulse 3 dos CTT; b) Babboe pro Trike XL. Fonte:[65] .....	37
Figura 17 - e-Trolley Kyburz. Fonte: [66].....	38
Figura 18 - Evolução do preço dos diferentes combustíveis para as diferentes viaturas nos diferentes cenários de quilometragem anual .....	48
Figura 19 - Evolução do custo total das diferentes viaturas F4 para os diferentes cenários de quilometragem anual .....	50
Figura 20 - Evolução do custo total das diferentes viaturas F8 para os diferentes cenários de quilometragem anual .....	52

Figura 21 - Evolução do custo total das diferentes viaturas F10 para os diferentes cenários de quilometragem anual ..... 52



## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Viaturas furgões na rede terciária e CDPs de Lisboa e Porto .....	20
Tabela 2 - Viaturas da rede terciária e CDPs de Lisboa e Porto .....	21
Tabela 3 - Consumo das viaturas a gasóleo existentes na frota dos CTT .....	27
Tabela 4 - Consumo médio das diferentes viaturas em estudo .....	28
Tabela 5 - Valores da renda mensal s/IVA para as viaturas F4, F8 e F10 a gasóleo .....	29
Tabela 6 - Valores dos custos fixos mensais e anuais para as viaturas F4, F8 e F10 gasóleo .....	29
Tabela 7 - Valores dos custos fixos e variáveis para as diferentes quilometragens anuais .....	30
Tabela 8 - Valores da renda mensal para as diferentes viaturas F4 e F8 a gás natural e F8 e F10 elétricas .....	30
Tabela 9 - Valores do custo anual para as diferentes viaturas .....	31
Tabela 10 - Valores do custo anual de aquisição para a viatura F4 elétrica .....	31
Tabela 11 - Emissões de CO <sub>2</sub> para os diferentes tipos de combustíveis .....	34
Tabela 12 - Valores em tep das diferentes energias .....	35
Tabela 13 - Características técnicas dos triciclos propostos .....	38
Tabela 14 - Frota CDP 1300+1200 .....	39
Tabela 15 - Cenários de substituição de viaturas do CDP 1300+1200 .....	40
Tabela 16 - Custo total anual da frota atual do CDP 1300 relativos aos apeados .....	41
Tabela 17 - Dados relativos aos giros apeados do CDP 1300 .....	41
Tabela 18 - Custo anual de combustível para as viaturas F4 para os diferentes cenários de quilometragem anual e diferentes tecnologias .....	46
Tabela 19 -Custo anual de combustível para as viaturas F8 para os diferentes cenários de quilometragem anual e diferentes tecnologias .....	47
Tabela 20 - Custo anual de combustível para as viaturas F10 para os diferentes cenários de quilometragem anual e diferentes .....	47
Tabela 21 - Valores do custo total para as viaturas F4.....	49
Tabela 22 - Valores do custo total para as viaturas F8.....	49
Tabela 23 - Valores do custo total para as viaturas F10.....	50
Tabela 24 - Comparação dos custos totais/ano da viatura F4, F8 e F10 de energia alternativa com a gasóleo da mesma tipologia.....	51
Tabela 25 - Emissões WtW de CO <sub>2</sub> para os diferentes tipos de viaturas F4 para os diferentes cenários de quilometragem anual .....	53
Tabela 26 - Emissões WtW de CO <sub>2</sub> para os diferentes tipos de viaturas F8 para os diferentes cenários de quilometragem anual .....	53
Tabela 27 - Emissões WtW de CO <sub>2</sub> para os diferentes tipos de viaturas F10 para os diferentes cenários de quilometragem anual .....	54

Tabela 28 - Consumo energético (tep) para os diferentes tipos de viaturas F4 nos diferentes cenários de quilometragem anual .....	55
Tabela 29 - Consumo energético (tep) para os diferentes tipos de viaturas F8 nos diferentes cenários de quilometragem anual .....	55
Tabela 30 - Consumo energético (tep) para os diferentes tipos de viaturas F10 para os diferentes cenários de quilometragem anual .....	55
Tabela 31 - Impactes anuais do CDP 1300+1200 em 2019 .....	56
Tabela 32 - Comparação dos cenários em custo total anual, quilogramas de CO <sub>2</sub> emitidos, consumo energético em tep e em ganhos de volumetria total da frota com o CDP 1300+1200 atual .....	57
Tabela 33 - Comparação dos cenários em custo total anual por m <sup>3</sup> , quilogramas de CO <sub>2</sub> emitidos por m <sup>3</sup> , consumo energético em tep por m <sup>3</sup> da frota com o CDP 1300+1200 atual .....	58
Tabela 34 - Impactes anuais originados pelo CDP 1300 atual .....	58
Tabela 35 - Impactes anuais originados pelo CDP 1300 com a implementação do 1º cenário .....	59
Tabela 36 - Impactes anuais originados pelo CDP 1300 com a implementação do 2º cenário .....	60
Tabela 37 - Impactes anuais originados pelo CDP 1300 com a implementação do 3º cenário .....	60
Tabela 38 - Impactes anuais originados pelo CDP 1300 com a implementação do 3º cenário .....	60
Tabela 39 - Impactes anuais originados pelo CDP 1300 com a implementação do 4º cenário .....	61
Tabela 40 - Totalidade dos cenários propostos a comparar com o cenário atual em termos percentuais .....	61
Tabela 41 - Comparação dos cenários em custo total anual por m <sup>3</sup> , quilogramas de CO <sub>2</sub> emitidos por m <sup>3</sup> , consumo energético em tep por m <sup>3</sup> da frota com o CDP 1300+1200 atual .....	62
Tabela 42 - Impactes anuais totais originados pelo CDP 1300+1200 .....	62
Tabela 43 - Soluções propostos comparadas com o cenário atual em termos percentuais .....	64
Tabela 44 - Comparação das soluções em custo total anual por m <sup>3</sup> , quilogramas de CO <sub>2</sub> emitidos por m <sup>3</sup> , consumo energético em tep por m <sup>3</sup> dos cenários com a totalidade da frota com o CDP 1300+1200 atual	65
Tabela 45 - Investimento e PBP para as soluções implementadas.....	65

# 1 Introdução

## 1.1 Enquadramento

Atualmente, o setor dos transportes é dos que mais contribui para o consumo de energia, numa tendência nos últimos anos caracterizada pelo crescimento constante da mesma [1]. Estima-se que, nos UE-28, os transportes rodoviários foram responsáveis em 2018 por 31% da energia final consumida e 25,8% das emissões de gases poluentes [2]. Este facto justifica a necessidade do desenvolvimento e criação de soluções alternativas neste sector, sendo já iniciadas por meio de regulamentos e objetivos estabelecidos pela UE, mais concretamente na redução das emissões de CO<sub>2</sub> para os automóveis de passageiros mais recentes [3].

Outro problema associado reside no aumento do tráfego no centro das cidades, levando ao congestionamento crónico com consequências em tempo perdido e poluição. Calcula-se que a economia europeia perca anualmente perto de 100 mil milhões de euros, ou seja, 1% do PIB da UE, devido a congestionamentos de tráfego nas cidades [4].

Nos centros urbanos, as operações de logística são responsáveis por um dos fluxos de veículos mais importantes, estimado entre 8% a 15% do fluxo total de tráfego [5]. Deste modo, é adequado a adoção de veículos com tecnologia alternativa, nomeadamente veículos elétricos, uma vez que este tipo de veículos é mais eficiente, leva à redução de poluição sonora e não emitem gases nocivos para a atmosfera (ao contabilizar apenas sua fase de utilização).

Em Portugal, à semelhança dos restantes países da UE, o setor dos transportes é um dos principais consumidores de energia. Este facto levou à criação de um regulamento de gestão do consumo de energia para o setor dos transportes (RGCEST) através da portaria nº228/90 de 27 de março [6], visando a melhoria da eficiência energética deste setor. Este regulamento aplica-se às empresas com frotas próprias com um consumo energético elevado, cujo consumo durante o ano transato tenha sido superior a 500 tep (toneladas equivalentes de petróleo) instituindo objetivos concretos para a redução gradual dos consumos específicos de energia [7], dispondo de 3 anos para uma redução de pelo menos 5%.

Assim, com a criação deste regulamento, as empresas passaram a ter de avaliar a cada 3 anos os seus consumos e executar um plano de racionalização de energia (PRCE), com a finalidade de identificar o potencial de economias de energia a consolidar na elaboração de um plano de racionalização com as normas de melhoria de eficiência energética a serem implementadas nos três anos seguintes [7].

Neste âmbito, percebe-se a importância em caracterizar o consumo da frota de uma empresa, assim como a elaboração de um estudo que permita a implementação de medidas com o intuito de reduzir a energia consumida e por sua vez a redução de emissões.

Atualmente, o serviço de distribuição postal tem vindo a sofrer uma revolução na maneira como se tem adaptado ao mercado. Com o crescimento do correio eletrónico ou e-commerce, o típico correio deixou de ser com base nas cartas (correio tradicional), para passar a encomendas de largo volume. Segundo os *CTT e-Commerce Report 2019*, em 2018, Portugal registou um crescimento no e-commerce de 17%, tendo aumentado para 20% no ano seguinte. Neste sentido, devido a este aumento que tende a intensificar-se nos próximos anos, a procura por viaturas furgão de maior carga de transporte e de soluções para os giros apeados, tem vindo a intensificar-se ao longo dos últimos anos.

## 1.2 Estado da arte

Nas últimas décadas, a significativa contribuição dos transportes rodoviários para a poluição atmosférica, originou inúmeros trabalhos na quantificação dos seus impactes. Mais de metade da população mundial vive em áreas urbanas [8], criando enormes desafios em termos de mobilidade tais como o congestionamento, o domínio do transporte privado, a qualidade do ar, o ruído, a constante dependência de energia, etc.

O setor dos transportes, responsável por 8 a 15% do fluxo total de tráfego urbano em áreas dentro da união europeia [9], representa uma das principais fontes de poluição local, revelando preocupações para quem reside e trabalha nestas áreas [10].

A introdução de soluções alternativas no setor dos transportes tem vindo a ganhar relevância nos nossos dias. Na Europa, têm-se vindo a realizar estudos e a estabelecerem-se padrões para regular veículos leves na quantidade de emissões emitidas de CO, HC, NOx e PM [10] [11]. Neste sentido, em condições específicas de circulação, com o intuito em quantificar e regular as emissões de poluentes e o consumo de energia, existem métodos experimentais e numéricos.

Nos métodos experimentais, estimam-se os impactes energéticos e ambientais em condições controladas por meio de ensaios em bancos de rolos (como se encontra esquematizada na figura 1), com ciclos de condução específicos ou por medições em condições reais de circulação [12]. Este método permite não só avaliar os impactes em diferentes trajetos específicos, mas também para diferentes tecnologias de veículos [12].

Quanto à medição do consumo energético e da emissão de poluentes em condições reais de circulação (RDE), recentemente passou a ser obrigatória para a certificação do veículo, sendo realizada com recurso a PEMS (*Portable emissions measurement system*) instalados no veículo ao mesmo tempo que este é conduzido em cenários reais em estrada.

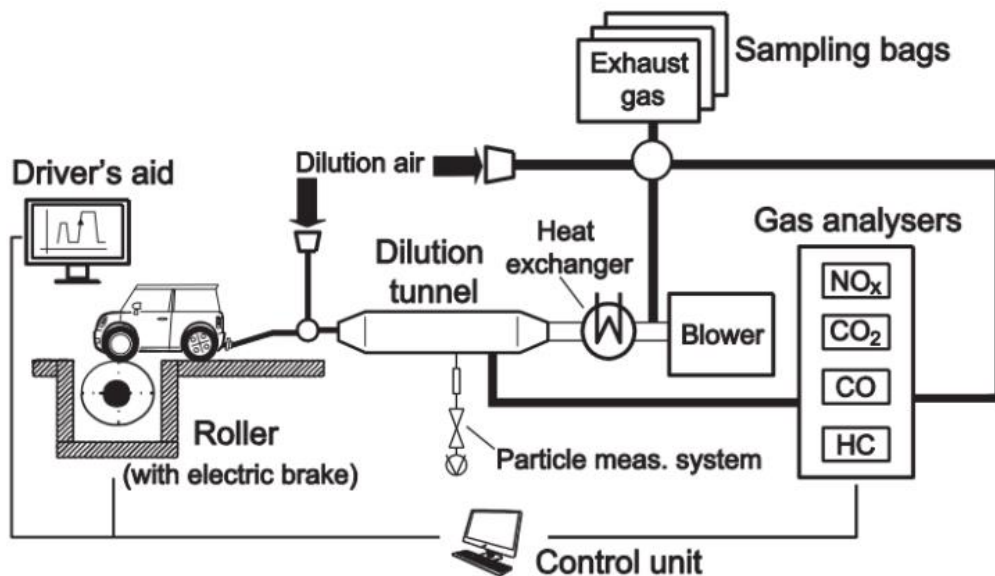


Figura 1 - Representação esquemática de uma instalação de teste de emissões. Fonte:[12]

Já com recurso aos métodos numéricos, através de metodologias baseadas em intervalos de condução específicos, ou em indicadores médios de funcionamento do veículo na viagem a estudar, consegue-se estimar as emissões de poluentes de diferentes tecnologias de propulsão, juntamente com o consumo de energia respetivo [13], acabando por se tornarem soluções mais acessíveis e práticas. No entanto, os resultados obtidos poderão não ser tão precisos quanto os experimentais e com os reais, dado não existirem condições efetivas de circulação com este método [12].

Tanto para os métodos experimentais como para métodos numéricos, o consumo de energia e as emissões de poluentes respetivas dependem essencialmente do(a):

- Tecnologia do veículo (tipo de motor);
- Tipo de via onde o veículo circula;
- Comportamento do condutor;
- Planeamento e escolha do percurso (otimização da rota);
- Tráfego envolvente;
- Peso total do veículo (carga transportada e número total de ocupantes).

Deste modo, percebe-se a complexidade em estimar o consumo energético do veículo acabando por constituir um desafio na representação rigorosa em condições reais, dos impactes criados durante a circulação. Assim, destaca-se a importância em quantificar o peso de cada um destes parâmetros no consumo energético global da frota automóvel, de modo a implementar medidas que proporcionem a diminuição do consumo energético da frota.

## 1.2.1 Tecnologia de Propulsão do Veículo

Será, provavelmente, o fator com maior relevo no impacto ambiental e energético de um veículo, a sua tecnologia de propulsão. Atualmente, todas as diferentes tecnologias partilham o mesmo objetivo em procurar ser o mais económicas e eficientes possível, no entanto, existe uma diferença substancial nos impactos ambientais, energéticos e económicos finais entre as diferentes tecnologias existentes à data de hoje, inclusive em veículos com a mesma tecnologia de propulsão. Deste modo, será preponderante a escolha acertada do veículo, não só em termos da sua tipologia, mas também em termos da sua tecnologia de propulsão, quando se definem metas no consumo energético.

Das diversas tecnologias de propulsão existentes no mercado destacam-se essencialmente 3: veículos com motor de combustão interna (ICEV), veículos elétricos (VE) e veículos híbridos, sendo que estes últimos se dividem em veículos híbridos (HEV) e veículos híbridos plug-in (PHEV).

Até os dias de hoje, os ICEV são os veículos mais comuns a circular nas estradas de todo o mundo, no entanto, a tendência é que o número de novos veículos com este tipo de tecnologia de propulsão venha a diminuir à medida que outras fontes de energia mais limpas venham a ser desenvolvidas. Este tipo de veículos, tal como o nome indica, são constituídos por um motor de combustão interna (motor térmico), no qual converte a energia proveniente da combustão de combustíveis fósseis (gasóleo ou gasolina) em energia mecânica responsável pela propulsão do veículo.

No caso dos VE, a energia mecânica responsável pela propulsão do veículo, provém de energia elétrica que por sua vez é gerada através de energia armazenada nas baterias do veículo em forma química. Num futuro próximo, os VE, uma vez que apresentam condições ideais para a sua utilização nos centros urbanos, afiguram ser a solução para a poluição local das cidades causada pela mobilidade urbana [14] [15].

Os PHEV e os HEV representam a conjugação das duas tecnologias anteriores, funcionando com ambos os motores (motor elétrico e o motor térmico) para a propulsão do veículo. Ambos os casos assentam na mesma tecnologia, no entanto, nos HEV a bateria é carregada por ação do motor térmico, que funciona assim como gerador, ou por meio de travagem regenerativa. Neste modo, a bateria poderá funcionar como um auxílio ao motor térmico na propulsão do veículo (híbrido-paralelo), ou como o motor responsável pela totalidade da propulsão do veículo, sendo que neste caso o motor térmico servirá apenas como gerador (híbrido-série). No entanto, poder-se-á ter ainda um sistema misto (paralelo/série) onde se explora os dois sistemas híbridos mencionados anteriormente, com o propósito final de maximizar os benefícios dos dois [16].

Já nos PHEV as baterias são significativamente maiores, permitindo assim que o veículo possa ter uma autonomia 100% elétrica (embora bastante limitada). Neste caso as baterias poderão ser recarregadas não só pelos mesmos métodos que os HEV, mas também através de uma fonte de energia externa.

Neste sentido, num estudo [17] realizado em Inglaterra com o intuito em avaliar a diferença de impactos entre veículos com diferentes tipos de tecnologia de propulsão, analisaram-se os resultados do *Royal Automobile Club 2011 RAC Future Car Challenge*, que consiste num desafio anual de automobilismo

onde os participantes procuram obter, num trajeto de 92 km de Brighton a Londres, o menor consumo de energia possível. Ao todo, participaram 40 veículos dos quais 6 ICEV, 4 híbridos HEV, 4 PHEV e 26 VE.

Deste estudo conclui-se que efetivamente, o fator que tem a maior influência no consumo de energia do veículo é a sua tecnologia de propulsão (fonte de energia) [17], sendo estes resultados corroborados por outros estudos [18]. No trajeto em estudo, os ICEV foram os que obtiveram o maior consumo energético, cerca de 3 a 4 vezes superior aos VE, enquanto que estes obtiveram o consumo mais reduzido (aproximadamente 40% inferior à média da frota), como se encontra apresentado na figura 2. Outro fator que foi destacado neste estudo, foi a influência da forma condução do condutor, que poderá implicar discrepâncias no consumo em até 23% [17].

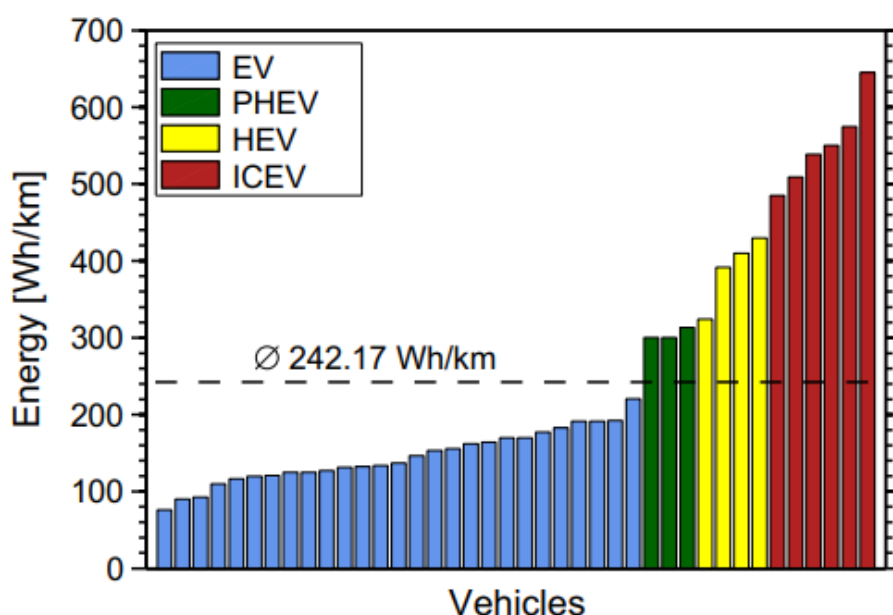


Figura 2 - Consumo de energia consoante a tecnologia do veículo. Fonte: [13]

### 1.2.2 Tipo de via de circulação

Relativamente aos tipos de via onde o veículo circula, vários estudos foram realizados com o propósito de estimar o impacto na emissão de poluentes e no consumo de combustível por parte dos veículos em estradas com inclinação. Percebe-se que, para manter a mesma velocidade, um maior esforço é exigido ao motor quando o veículo circula numa via com declive positivo, originando uma maior emissão de poluentes e consumos energéticos superiores [19]. Estes incrementos foram justificados na literatura, tendo-se verificado num estudo [20] um aumento no consumo médio de combustível de 40 a 100% para veículos ligeiros a gasolina, juntamente com emissões médias de  $\text{NO}_x$  superiores por um fator 4, quando testados em percursos reais com declives iguais ou superiores a 5% e comparados a percursos reais com declive nulo.

Num outro estudo [21], aferiu-se também a consequência da não inclusão de dados relativos ao perfil de altitude da viagem, que poderá originar discrepâncias no valor dos fatores de emissão em 10 a 48%. Neste mesmo estudo foi ainda estimado que, quando utilizada a ferramenta MOVES (*Multi-scale motor Vehicle and equipment Emission Systems*) para quantificar os impactos da circulação de veículos, apenas 33 a 55% dos resultados são corretos, quando a inclinação da via onde são feitos os testes não foi considerada na metodologia VSP (*Vehicle Specific Power*) [21]. Esta metodologia, VSP, estima a potência do veículo utilizada, em cada segundo, de um ciclo de condução, com base na velocidade, aceleração, resistência aerodinâmica, resistência ao rolamento e declive da estrada [22].

### 1.2.3 Comportamento por parte do condutor na condução

A respeito do comportamento do condutor, num estudo realizado na Bélgica [23] conclui-se que, um estilo de condução agressivo, quando comparado a um estilo de condução normal, poderá implicar um aumento no consumo de combustível médio até 40% e um acréscimo nas emissões de CO, HC e NO<sub>x</sub> até um fator de 8. Este estudo consistiu na realização de vários testes em diferentes contextos de utilização. Ao todo foram utilizadas 9 viaturas ligeiras de passageiros motorizadas com um dispositivo PEMS (*Portable Emission Measurement Systems*), conduzidas por dois tipos de condutores distintos: um com um estilo de condução normal e mais calmo e um segundo com um estilo de condução mais agressivo. Neste estudo conclui-se também que as viaturas a gasóleo são as mais independentes do estilo de condução do condutor, enquanto que nas viaturas a gasolina verificaram-se as maiores diferenças no consumo de combustível e nas emissões emitidas [23].

Outros estudos corroboram esta tendência, afirmando que a quantidade de emissões emitidas é significativamente dependente do estilo de condução praticado [24], incentivando a aplicação de técnicas de alteração nos comportamentos durante a condução. Uma dessas práticas é a eco-condução que, através de estudo realizado na Califórnia [25], se verificou que existe a possibilidade de não aumentar significativamente o tempo de viagem, reduzindo em 10 a 20% o consumo de combustível e as emissões de CO<sub>2</sub> respetivas.

Outro estudo [26] sugere a adoção de diferentes técnicas para a implementação de uma condução eficiente por ação de formações em sala seguidas de avaliação em situações reais. Em suma, seriam apresentadas medidas concretas para a redução do consumo de combustível tais como: alterar a mudança do veículo até às 2500 rpm (no máximo), não reduzir a mudança muito cedo, utilização moderada do travão e tentar ao máximo uma aceleração suave [26].

Em 2019, em Portugal, com o intuito de também determinar estes impactos, onde afirmam que o comportamento de condução agressivo tem um resultado extremamente significativo no consumo energético e nas emissões emitidas durante a condução, chegando mesmo a obter valores superiores em 200% para veículos a gasolina e 250% para veículos a gasóleo, quando comparados a comportamentos não agressivos na condução. Em contrapartida, os veículos a gasolina mostraram ter um maior aumento nas emissões de poluentes (CO, NO<sub>x</sub> e NO), quando comparados com os veículos a gasóleo, com valores 330% superiores (em g/km) [27].



Já num outro estudo [17], onde foi feita a referência a veículos elétricos e a outras tecnologias de propulsão, verificou-se também que o perfil de condução afeta o consumo energético do veículo, concluindo que, com a aplicação de travagem regenerativa (prática que apenas se utiliza num veículo elétrico, se o condutor assim o entender) o consumo de energia poderá ter uma redução até 32%, tendo sido corroborada também num outro estudo [28] onde se conclui que nas viaturas elétricas ligeiras de passageiros, a prática da eco-condução poderá implicar uma redução no consumo energético em até 27%.

#### **1.2.4 Planeamento e escolha do percurso**

No que respeita aos fatores que influenciam diretamente a emissão de poluentes e o consumo de energia do veículo, o planeamento e a escolha do percurso para a realização da viagem são fatores preponderantes. Ambos dependem maioritariamente da experiência do condutor em percursos e zonas conhecidas, da extensão do percurso, na informação disponível à data sobre o congestionamento e consequentemente da duração da viagem e, como referenciado anteriormente, de declive da estrada. Por norma, a escolha do percurso por parte do condutor resulta no percurso mais rápido, mesmo que para isso implique percursos mais extensos e, por consequência, um maior consumo energético do veículo e uma maior emissão de poluentes.

Neste sentido, um estudo realizado nos EUA [29] decidiu apurar se na eventualidade de um condutor optar por uma rota mais longa, mas mais rápida, não compromete o consumo energético e o impacto ambiental. No total, este estudo consistiu na monitorização de 21 viagens através de um dispositivo GPS para dois percursos distintos, onde se estimou as emissões emitidas e o consumo energético através de vários modelos numéricos (entre os quais o MOVES). Deste estudo conclui-se que, dos dois percursos, representados na figura 3, o percurso mais rápido nem sempre é o que apresenta melhores resultados em termos energéticos e ambientais, tendo-se estimado no percurso mais lento (tempo superior de viagem em aproximadamente 17%), melhorias até 63, 71, 45 e 20% nas emissões de HC, CO, NO<sub>x</sub> e CO<sub>2</sub>, respetivamente [29].

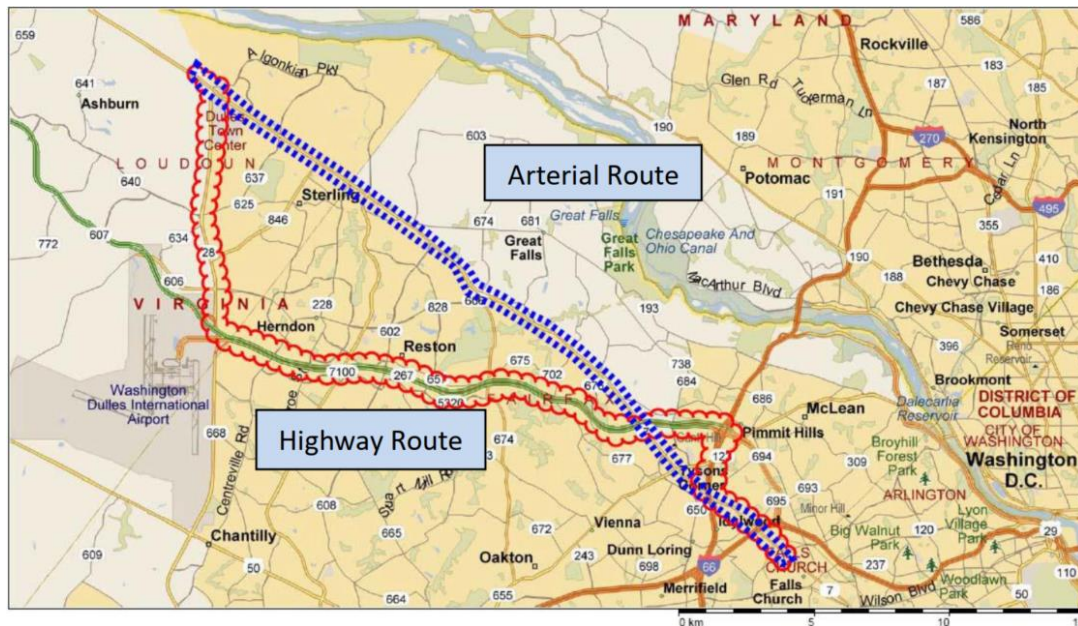


Figura 3 - Percursos avaliados no estudo realizado nos EUA. Fonte: [29]

Este tipo de estudos, corroborados por outros [20], comprovam que, para a análise do consumo energético e dos impactos ambientais de uma viagem automóvel, é pertinente ter-se em conta a escolha do percurso.

O congestionamento em ambientes urbanos afeta significativamente as emissões durante a circulação. Devido à circulação a velocidade reduzida e à constante aceleração e consequente travagem, as emissões aumentam substancialmente nestas zonas urbanas, como se confirma em vários estudos na literatura [10] [30]. É certo que o congestionamento nas cidades poderá ter origem devido a inúmeros fatores externos (acidentes, más condições atmosféricas, obras nas vias de circulação, etc.), no entanto, em regime normal, será relativamente fácil prever os períodos de maior fluxo automóvel nas cidades e, se possível, circular em períodos de menor trânsito, evitando assim consequências ao nível das emissões de poluentes e do consumo energético. Neste seguimento, observou-se um aumento de 9 a 33% nas emissões de CO, HC e NO<sub>x</sub> emitidas durante a circulação e de 7 a 32% no consumo de combustível, para viagens efetuadas em períodos de máximo fluxo automóvel (horas de ponta), em comparação com períodos de reduzido fluxo [20].

Num outro estudo realizado em 2018 [31], o objetivo passou por monitorizar 40 veículos por um período de 6 meses com o intuito de avaliar os impactos gerados no consumo energético de simular a passagem de determinada percentagem de tráfego do horário de ponta para períodos menos congestionados. Deste estudo observou-se uma redução no consumo energético de 0,1% a 0,4% para a substituição de 5 a 30% do volume do tráfego de uma hora de ponta para um período com menos fluxo automóvel. No geral, a redução máxima de energia foi alcançada para uma mudança de 20% do tráfego [31]. Além disso, os resultados permitiram concluir que para deslocamentos de tráfego superiores a 35%, existe um agravamento do consumo de energia em comparação com a situação inicial, muito provavelmente devido ao facto de se estar a criar uma nova área adjacente de intenso

tráfego. Relativamente à variação da velocidade média, conclui-se que varia em direção contrária ao do consumo médio de energia, como se encontra apresentado na figura 4 [31].

Por fim, conclui-se que, no melhor cenário (aproximadamente 20% de deslocamento do tráfego), poderá ser alcançada uma redução de 1,4% do tempo de viagem, bem como uma redução de 6 litros de combustível e 14,5 kg de CO<sub>2</sub> por dia, por veículo [31].

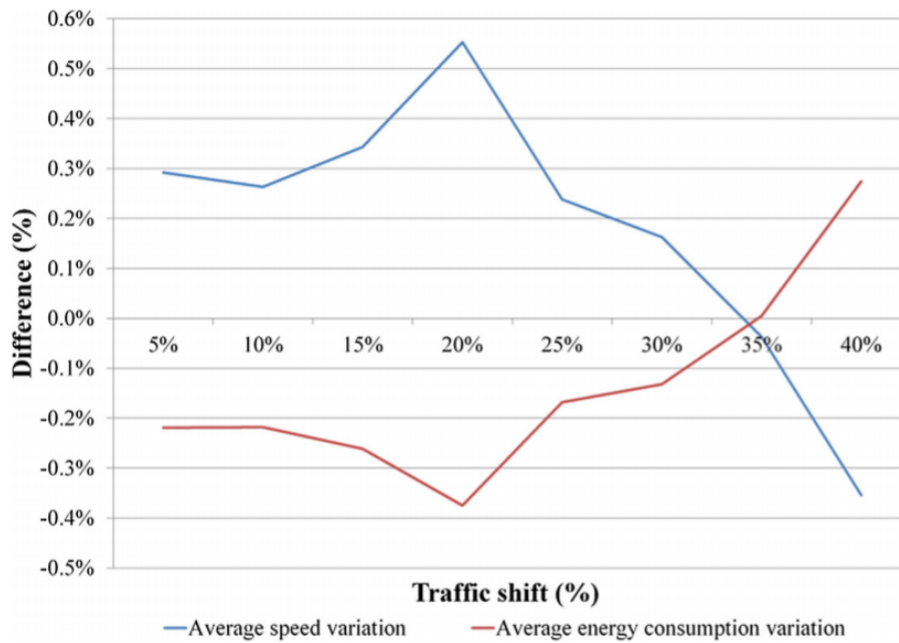


Figura 4 - Variações (%) na velocidade média (km / h) e no consumo de energia (com base nos valores l / 100 km). Fonte: [31]

### 1.2.5 Peso total do veículo

Relativamente ao peso total do veículo, quanto maior a carga transportada e a taxa de ocupação do veículo, maior será a quantidade de energia necessária para acelerar e manter uma velocidade constante [32]. Estima-se que o consumo de combustível do veículo possa aumentar entre 6 a 7% por cada 100 kg de carga extra transportada e em aproximadamente 5% por cada ocupante na viatura [32]. Desta forma, comparativamente aos fatores mencionados anteriormente e nos impactes causados no consumo e nas emissões emitidas, constata-se que, o peso total do veículo é o que revela ter a menor influência nos consumos e emissões emitidas do veículo.

### 1.2.6 Operações de Logística nos centros urbanos

Durante as últimas décadas, na parte das operações de logística nos centros urbanos, tentam-se encontrar soluções mais amigas do ambiente com o objetivo de satisfazer as necessidades não só da sociedade, mas também dos fornecedores [33]. Uma das potenciais soluções é a utilização de veículos

elétricos de pequeno porte (SEV), devido às suas melhorias na eficiência energética, emissão de poluentes nula localmente e redução de distúrbios no trânsito [33]. No entanto, de salientar a existência de limitações na logística das operações com este tipo de viaturas, nomeadamente na sua reduzida capacidade de carga e nos custos elevados por metro cúbico de carga transportada.

Neste seguimento, um estudo realizado na cidade do Porto [33] analisou como a utilização de SEV, em substituição ou complemento dos veículos atuais utilizados nas operações de logísticas da cidade, poderá afetar o trânsito, a eficiência energética e as emissões emitidas. A análise teve por base a comparação de 4 cenários com a introdução destas viaturas na logística da cidade entre 10, 30, 50 e 100% de cobertura geográfica e, por consequência, os impactes ambientais, operacionais e económicos associados. Foram quantificados fatores como: distância percorrida, intensidade de energia (consumo de combustível) e as emissões de CO<sub>2</sub> na abordagem de ciclo de vida do combustível do poço à roda, WtW (*Life Cycle Analysis, LCA, Well-to-Wheel*), velocidade média (excluindo paragens para se fazerem as entregas), tempo de viagem, tempo de atraso e densidade do tráfego.

Na figura 5 encontram-se representadas as zonas escolhidas para análise, onde a “Unit 1” representa a baixa do Porto, a “Unit 2” uma área tanto residencial como comercial e a “Unit 3” uma zona de serviços. As ruas marcadas a azul representam áreas com elevadas perturbações de tráfego devido às operações de logística da cidade.

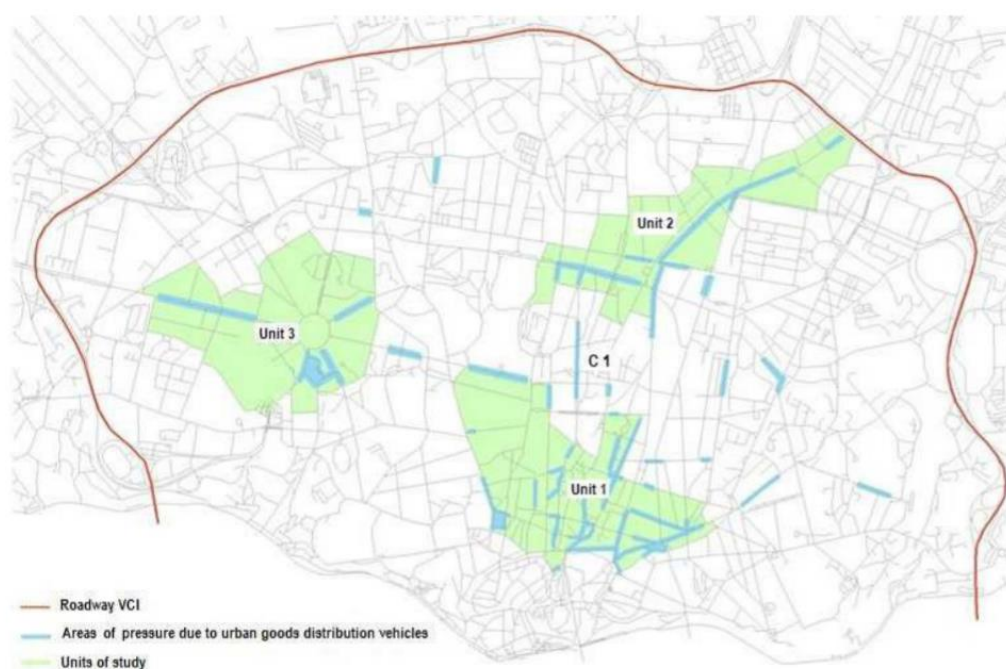


Figura 5 - Representação geográfica das áreas analisadas na cidade do Porto. Fonte: [33]

Deste estudo, estimou-se que o cenário mais adequado num futuro próximo a ser implementado seria o de 10% da cobertura geográfica com viaturas SEV [33]. Neste cenário, estimaram-se reduções de 3,1 e 3,6% no consumo de energia WtW e nas emissões de CO<sub>2</sub>. Assim, com a implementação desta medida, existiria uma diminuição nos atrasos das encomendas devido à facilidade destas pequenas

viaturas se movimentarem no trânsito, representando uma economia nos custos de funcionamento até 178 euros por ano, por veículo. No entanto, adicionando os custos de funcionamento acrescidos destas viaturas (cerca de 170 euros ao ano), estimou-se que, neste cenário, para se economizar 1 MJ de energia em WtW, teriam de ser gastos 56 euros [33].

Os autores afirmam que a extensão da cobertura SEV nas operações de logística da cidade, deverá ser tão curta quanto ao nível de rua [33]. Neste nível, os SEV são efetivamente mais eficientes do que os veículos convencionais em termos de tráfego, no entanto, dado que o melhor cenário se situa nos 10%, o estudo confirma que a utilização deste tipo de viaturas apenas representa um nicho de mercado (como na entrega de serviço postal e entregas ao domicílio), sendo que o principal obstáculo se prende com os custos totais de aquisição deste tipo de viaturas [33].

Com base neste último tópico, um estudo realizado em 2013 nos USA [34], estimou que para veículos comerciais que percorrem aproximadamente 20 mil quilómetros por ano, se o custo de aquisição de um veículo comercial elétrico (ECV) baixar entre 9 a 27%, os veículos elétricos poderão ser extremamente competitivos face aos veículos a gasóleo equivalentes. Todavia, de salientar que à medida que a evolução tecnológica prospera, o custo total destas novas tecnologias vai diminuindo, pelo que, em estudos mais recentes [35] [36] já se demonstra resultados positivos nos impactes económicos com a adoção de veículos elétricos nas operações de logística, nomeadamente na integração de triciclos elétricos no serviço de distribuição postal onde este trabalho se foca.

Nesse contexto, num outro estudo desenvolvido na cidade do Rio de Janeiro em 2019 [37], foi proposto um método para avaliar estratégias alternativas em regime *last-mile* no serviço de distribuição postal em termos sociais, ambientais e económicos. O foco deste trabalho foi apenas na entrega postal onde se delinearam 3 estratégias:

- **Distribuição Intermodal Tradicional (DIT):** neste método, se o destino final se encontrar perto do centro de distribuição, o carteiro segue a pé com a ajuda de um trolley e uma mala de mão, caso contrário desloca-se de transportes públicos até ao local da entrega. No fim de entregar em média 50 kg por giro, é apoiado por um veículo de motor a combustão para transportar o peso excedente para pontos predefinidos chamados “depósitos móveis”. Sempre que um carteiro acaba de entregar o correio com que saiu do centro de distribuição (em média, um carteiro homem transporta 10 kg de uma só vez, enquanto que uma mulher 8 kg), reabastece-se nos depósitos móveis. No final do percurso retoma ao centro de distribuição por meio de transporte público convencional como se encontra exemplificado na figura 6.
- **Distribuição Intermodal Alternativa (DIA):** este método é em tudo semelhante ao método DIT, com a exceção de se utilizar um BEV em substituição de uma viatura convencional com motor de combustão.

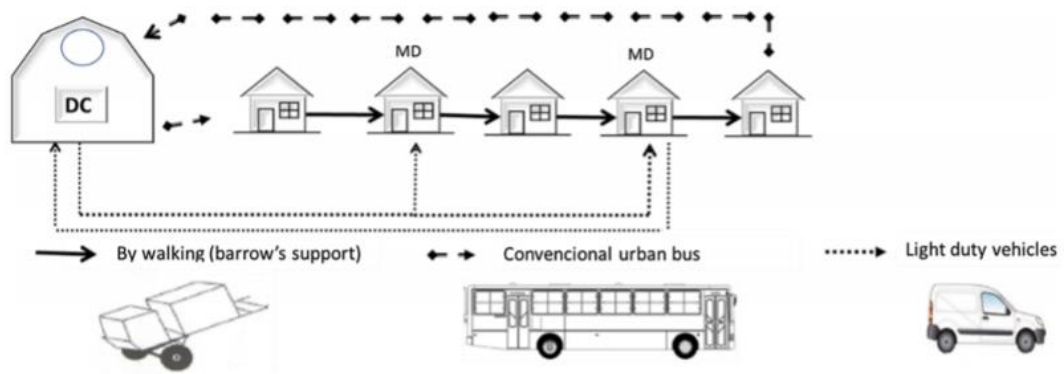


Figura 6 - Esquematização do processo de distribuição tradicional com o apoio de um veículo de combustão interna. Fonte: [37]

- Distribuição por triciclos elétricos (DTE):** neste método o carteiro utiliza durante a totalidade do trajeto um triciclo elétrico. Com este método, a totalidade de material a ser entregue fica limitado pela capacidade de carga do triciclo (50 kg) e não pela do carteiro, ou seja, não serão necessários reabastecimentos pelo caminho (depósitos móveis). Deste modo o carteiro sai de imediato do centro de distribuição em direção ao local de entrega onde estaciona o triciclo e conclui a distribuição a pé como apresentado na figura 7.

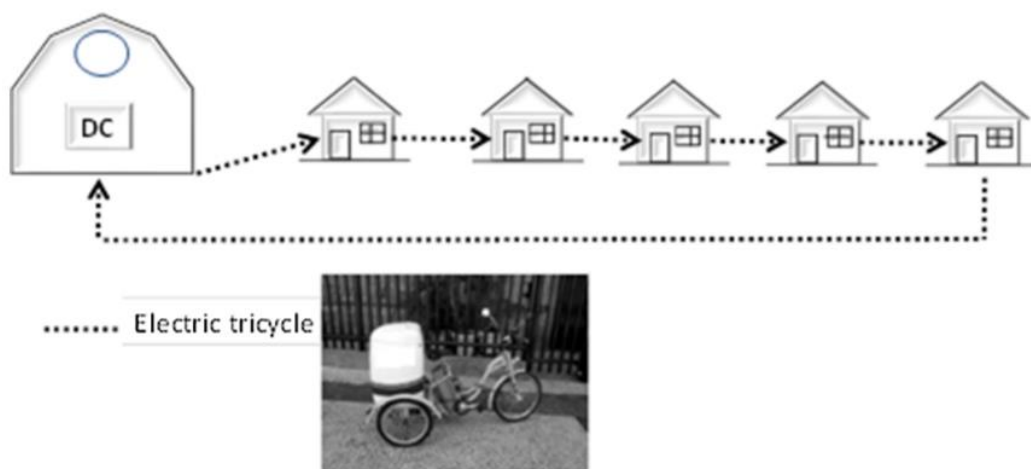


Figura 7 - Esquematização do processo de distribuição com apoio de um triciclo elétrico. Fonte: [37]

Durante este estudo [26] foi monitorizado sempre o mesmo carteiro durante um período de 2 meses operando nos diferentes métodos, onde foi analisado o tempo total (ida, volta e entrega), distância total percorrida, velocidade média, número de clientes atendidos e frequência cardíaca do carteiro. Neste estudo verificou-se uma redução nos custos de 27,9% quando adotado o método DTE e um aumento dos mesmos em 6,16% quando adotado o método DIA, justificado pelo maior custo de aquisição da viatura elétrica, em substituição do método DIT. Estimou-se ainda que, para os métodos DIT e DIA

serem competitivos, o preço de aquisição do veículo elétrico teria de ser reduzido em aproximadamente 52,5%.

Em termos de serviço, observou-se um aumento de 26% na produtividade com a adoção do método DTE em número de entregas por hora (39) face aos outros dois métodos (31) [37]. Relativamente às emissões de CO<sub>2</sub> mensais, o método DIT fixou-se nos 23,72 kg enquanto que o método DTE nos 0,35 kg, ou seja, uma redução de aproximadamente 98,5%. Já as emissões mensais do método DIA fixaram-se nos 17,89 kg de CO<sub>2</sub> (17,5 kg devido aos transportes públicos e 0,39 kg devido ao veículo elétrico), uma redução de aproximadamente 24,6% [37].

Quanto ao aspeto social também mencionado no estudo, estimou-se não existir diferenças no batimento cardíaco do carteiro nos métodos DIA e DIT, visto não existirem diferenças na execução do trabalho. Em contrapartida no método DTE observou-se uma redução no batimento cardíaco do carteiro, contribuindo assim para a saúde do mesmo [37].

Deste estudo conclui-se que é o método DTE que apresenta os melhores resultados no serviço de distribuição, não só em termos económicos, mas também em termos ambientais e sociais. Já o método DIA, apesar de apresentar reduções a nível de emissões de CO<sub>2</sub> emitidas, peca no custo total final justificado pelo elevado custo de aquisição de uma viatura elétrica face a uma viatura de motor a combustão de tipologia equivalente [37].

Em suma, identificou-se a falta de exemplos de soluções a nível de frota na literatura, sobretudo na implementação de medidas que operem na redução do consumo energético, nas emissões de gases poluentes e também no impacte económico, não só através da substituição de viaturas convencionais com motor a combustão por outras de energia alternativa, mas também na reorganização da frota com a implementação de outro tipo de veículos menos convencionais. Deste modo, este trabalho revela ser uma mais valia no contexto da melhoria da eficiência energética de uma frota automóvel de qualquer empresa com valências semelhantes, apresentando medidas e metodologias tanto para a avaliação dos diferentes impactes da frota, como também para a sua futura redução.

### **1.3 Objetivos do trabalho**

Este trabalho tem como objetivo avaliar a introdução de medidas de eficiência energética e de melhoria operacional na frota de uma empresa de distribuição postal, que ajudem no cumprimento da diretiva do regulamento de gestão do consumo de energia para o setor dos transportes (RGCEST), reduzindo a energia consumida e as emissões de CO<sub>2</sub> associados aos serviços de distribuição postal.

O trabalho passa também pela identificação das tendências futuras para os serviços de distribuição postal resultantes das alterações expectáveis dos tipos de volume, tempos e alternativas de entrega. O estudo deste trabalho irá incidir especificamente num centro de distribuição postal situado na área metropolitana de Lisboa.

Para tal, através da caracterização da frota do grupo empresarial baseada nos dados disponíveis até à data de março de 2020, foi avaliada a viabilidade de dois estudos diferentes: um referente à otimização da frota e à alteração dos veículos existentes por outros equivalentes de energias alternativas (elétricos e a gás natural); e outro relativo à introdução de veículos de três ou quatro rodas nos giros apeados como solução face ao aumento no volume das encomendas.

Para a conclusão deste estudo foi tido em conta o impacto não só energético e ambiental, mas também económico e de volumetria para os diferentes cenários.

## **1.4 Estrutura da tese**

Este trabalho encontra-se dividido em 4 capítulos:

No primeiro capítulo é introduzido o enquadramento teórico sobre a temática, abordando-se a importância do setor dos transportes, em particular os rodoviários, e os seus impactos. Neste sentido, neste capítulo são também abordados alguns desafios atuais associados ao tema e são avaliados os principais fatores que influenciam as emissões de gases poluentes e o consumo energético do veículo para que, posteriormente, seja possível a redução do consumo energético da totalidade da frota através da implementação de medidas que se revelem mais relevantes. Neste capítulo inserem-se ainda os objetivos e a estrutura da tese.

No segundo capítulo encontra-se descrita a metodologia utilizada na elaboração deste trabalho, bem como o caso de estudo sobre a qual esta dissertação será desenvolvida. É também feita a caracterização da empresa onde este trabalho se procedeu, em termos ambientais, da frota automóvel e da organização da rede. Serão também descritas as duas metodologias utilizadas para a elaboração das medidas de redução do consumo energético da frota, bem como os princípios necessários para a quantificação dos impactos finais. Neste capítulo inserem-se ainda o levantamento de soluções de energia alternativa nas diferentes tipologias de viaturas identificadas anteriormente na frota.

No terceiro capítulo apresentam-se os resultados obtidos das duas análises (global e local) descritas anteriormente na metodologia, ou seja, os impactos ambientais, energéticos, económicos e de volumetria de cada cenário implementado. Apresentam-se também o valor dos investimentos daqueles que foram identificados como os melhores cenários a serem implementados com base nos impactos referidos, assim como os respetivos tempos de retorno.

Por fim, no quarto e último capítulo, são apresentadas as principais conclusões sobre a dissertação desenvolvida, nomeadamente os resultados obtidos face ao objetivo inicial proposto. Neste capítulo são ainda sugeridas medidas que possam vir a ser aplicadas futuramente com o intuito de melhorar e reduzir o consumo da energia da frota automóvel da empresa.



## 2 Metodologia

Nesta secção serão apresentados o caso de estudo considerado e a metodologia utilizada ao longo deste estudo para a caracterização da frota automóvel da globalidade dos CTT e dos giros apeados de um centro de distribuição postal no centro de Lisboa. No final, serão descritas as medidas implementadas e a forma utilizada na avaliação do impacte económico, ambiental, energético e de volumetria disponível da frota.

### 2.1 Caso de estudo

Este trabalho foi desenvolvido na empresa CTT-Correios de Portugal, S.A. através de um estágio de 6 meses no âmbito do programa Galp21 entre a Galp e o Instituto Superior Técnico.

Os CTT são um grupo empresarial português ligado essencialmente ao negócio dos correios nacional e internacional. A empresa CTT Correios de Portugal, que tem igualmente a maior frota automóvel em Portugal, é responsável pela distribuição e transporte da totalidade de todo o serviço na rede postal [38].

Este trabalho foi realizado durante uma fase atípica e inédita desde o início dos CTT. Em março de 2020, Portugal foi vítima de uma pandemia à escala mundial, levando a que muitos se tivessem de adaptar a uma nova realidade, passando a viver a maior parte do tempo em casa. Deste modo, fruto contexto da pandemia e da grande alteração dos hábitos dos consumidores, estima-se que o comércio eletrónico cresça na ordem dos 40% a 60% até ao final de 2020, cerca de 3 vezes mais o ritmo de crescimento verificado nos dois últimos anos [39]. Como consequência, o número de encomendas disparou, originando ainda mais a procura de novas viaturas e de soluções para a distribuição postal sem comprometer o consumo energético da frota.

Neste trabalho será caracterizada a frota dos CTT analisando a viabilidade na aquisição de viaturas de energia alternativa, com ênfase no consumo de energia (em tep) e as emissões de CO<sub>2</sub> no serviço de distribuição *last mile*.

Neste contexto, serão apresentadas duas abordagens diferentes de análise que este trabalho tem por base:

- **A primeira abordagem** é relativa a uma análise global onde serão quantificados os impactes económicos, ambientais e energéticos na substituição de viaturas atuais por viaturas de energia alternativa em diferentes cenários de quilometragem anual.

- **A segunda abordagem** irá focar-se numa análise local a um CDP específico no centro de Lisboa, onde se irão analisar não só os impactes económicos, ambientais, energéticos e de volumetria da frota na substituição de viaturas atuais que constituem o CDP por viaturas de energia alternativa, mas também nos impactes da aquisição de viaturas de 3 e/ou 4 rodas elétricos por parte dos CTT para a sua implementação dos giros apeados.

### 2.1.1 Caracterização da rede de distribuição

A rede postal dos CTT está organizada em 3 grandes sub-redes (primária, secundária e terciária) a que correspondem também tipos de viaturas diferenciados:

- **Rede primária:** tem como objetivo estabelecer a ligação entre os centros de produção de logística (CPL), centros logísticos e distribuição (CLD) e os centros operacionais CTT expresso (CO);
- **Rede secundária:** estabelece ligação entre os CPL, CLD e CO com os centros de distribuição postal (CDP) ou centros de apoio à distribuição (CAD); e
- **Rede terciária:** estabelece a ligação final entre CPL, CLD, CO, CDP e CAD com os clientes.

Na figura 8 encontra-se representada a organização das 3 redes de distribuição postal, juntamente com os diferentes centros de operação associados.

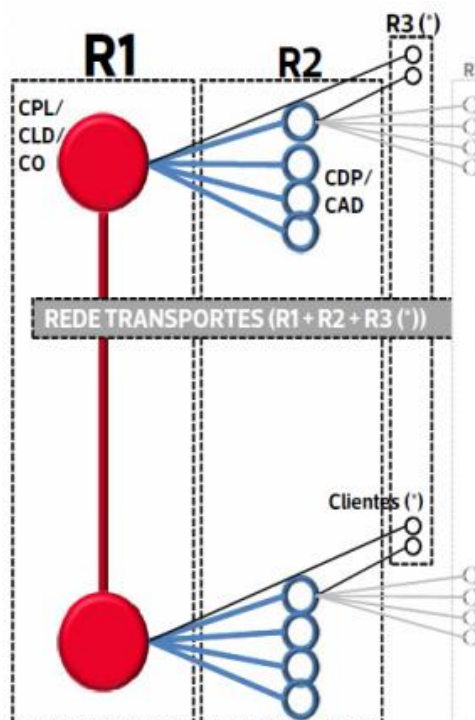


Figura 8 - Redes de distribuição postal dos CT Fonte: [40]

Ao todo, a rede postal de distribuição é composta por 3 CPL, 7 CLD, 13 CO e 249 CDP ou CAD, percorrendo aproximadamente 66 mil quilómetros por dia, entre 613 ligações, num total de 5600 metros cúbicos de capacidade transportada por dia (Ligações instituídas).

Este trabalho irá focar-se apenas na rede terciária, mais concretamente nos centros de distribuição postal (CDPs) de Lisboa, focando-se em dois setores distintos:

- **Frota automóvel**, onde se irá estimar o impacte económico, ambiental, energético e de volumetria na aquisição e substituição direta das viaturas atuais por viaturas de energia alternativa;
- **Giros apeados**, onde se irão estimar os mesmos impactes, mas para a aquisição de viaturas elétricas de 3 e/ou 4 rodas, com o objetivo de aumentar a eficiência nos tempos dos giros.

## 2.1.2 Caracterização ambiental

Os impactes ambientais dos CTT incidem maioritariamente na emissão de poluentes atmosféricos, como gases de efeito de estufa (GEE), produzidos pelo seu transporte próprio e subcontratado [41]. Na totalidade da empresa, o consumo de energia representa cerca de 12,5% do valor dos fornecimentos e serviços externos totais da empresa, ou seja 1/8 da despesa. Neste contexto, os CTT tentam implementar medidas que resultem em ganhos ambientais diretos, tentando minimizar cada unidade de energia gasta [41].

Em 2019, o consumo de energia elétrica dos CTT como um todo correspondeu a cerca de 37% do total de energia consumida. No entanto, a energia elétrica é contratualizada de forma a formalmente corresponder a 100% fontes renováveis [41].

O resto da energia consumida, aproximadamente 61%, continua a ser proveniente de combustíveis fósseis [41]. O objetivo irá sempre passar por tentar inverter estes valores, contudo, como foi o caso a partir de 2017 até 2019, o consumo de combustíveis aumentou significativamente devido a uma maior exigência ao nível da volumetria e da capacidade de carga de transporte de encomendas e expresso, derivada do aumento do tráfego do e-commerce e de um maior peso médio por objeto [41].

Na figura 9 encontra-se a evolução do consumo médio da frota CTT entre o ano de 2013 e 2019 [41].

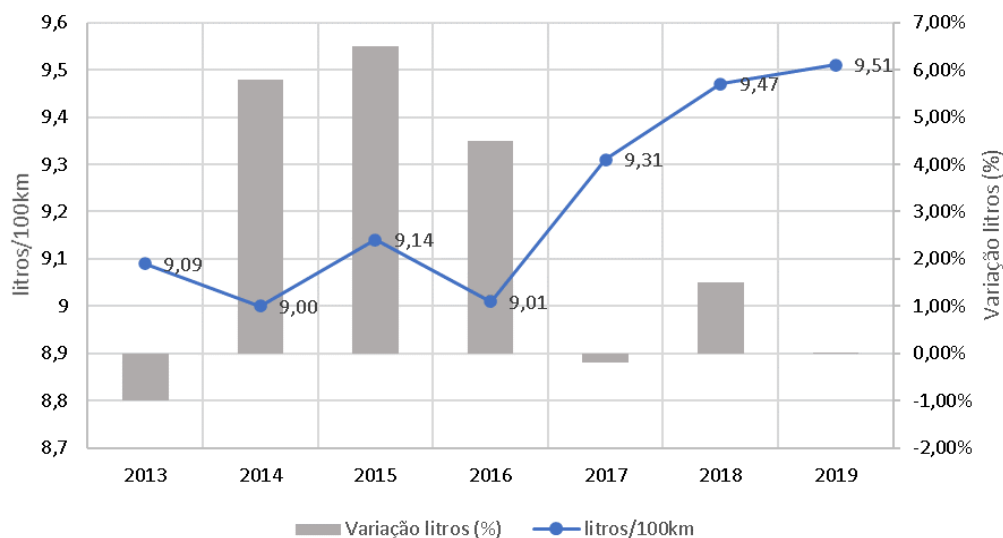


Figura 9 - Evolução do consumo médio da frota CTT (l/100km) e variação da volumetria. Fonte:[41]

Em 2020, devido à situação pandémica e ao conseqüente aumento exponencial do *e-commerce*, estima-se que o consumo de combustíveis venha a aumentar significativamente face a 2019.

Os CTT consideram essencial o combate às alterações climáticas comprometendo-se com metas a curto/médio prazo de redução de emissões, entre as quais, reduzir em 30% até 2025 as emissões absolutas face a 2013 e as emissões por carta ou encomenda em 20%, no mesmo período, situando-se atualmente nas 14 gramas de CO<sub>2</sub> por objeto postal, bem como aderir a iniciativas que contribuam para travar o aquecimento global como a *Business Ambition for 1.5°C* [41].

No *Carbon Disclosure Project* que é considerado o principal rating de sustentabilidade energética e carbónica a nível mundial, os CTT obtiveram a posição de *leadership* com pontuação A.

### 2.1.3 Caracterização da frota automóvel de distribuição postal

Até ao final de março de 2020, a frota dos CTT na sua totalidade era composta por 3596 viaturas, sendo que a maior parte se encontra na rede terciária com um total de 2657. Destes 2657 veículos, destaca-se a utilização de furgões (ver exemplo na figura 10 [42]) de aproximadamente 2, 4 e 8 metros cúbicos de capacidade (designadas de F2, F4 e F8, respetivamente) como os veículos em maior número. Quanto a viaturas de maiores dimensões, como as F10, ainda não existe um número significativo na frota, fixando-se atualmente nas 35, sendo que nenhuma se encontra nos CDP de Lisboa e Porto. Contudo, devido à substituição do correio postal de cartas por encomendas de maior dimensão, a procura por viaturas com estas características tem estado a aumentar significativamente.

No entanto, viaturas de dimensões acima das F10, como as viaturas F12 e F15 que existem na frota na rede primária e secundária, não serão opção para a rede terciária, visto que, como esta rede funciona em regime *last mile*, viaturas destas dimensões constituiriam um problema na logística da distribuição dado ao seu tamanho mais elevado. Ou seja, existem situações, como a distribuição em

zonas urbanas e centros históricos onde predominam ruas estreitas e congestionadas, em que o manuseamento de viaturas desta dimensão se torna extremamente difícil e em alguns casos impraticável.

Deste modo, apesar de existir uma procura por viaturas de maiores dimensões, viaturas mais pequenas como as F2 e F4 continuarão também a ter procura e a ser fundamentais nas operações de distribuição de correio postal. Neste sentido, numa primeira fase de uma análise global à frota dos CTT, o objetivo desta dissertação passará por arranjar soluções de energia alternativa apenas para viaturas F4, F8 e F10.



Figura 10 - Exemplos de viaturas furgão da frota dos CTT. Fonte: [42]

A frota também é composta por viaturas elétricas F2 e F4 já adquiridas pelos CTT desde 2013, no entanto, do total das F2, observa-se que apenas 1.4% das viaturas são elétricas e das F4 apenas 2%, sendo que quase todas se encontram nos CDPs de Lisboa.

Na tabela 1 encontram-se quantificados os diferentes furgões, tais como furgões normais de 2 até 10 metros cúbicos (F2, F4, F5, F8 e F10), furgões de 2 e 4 metros cúbicos elétricos (F2\_elétrico e F4\_elétrico), furgões de 2 metros cúbicos de chassis reforçado (F2\_Ref) e furgões com características especiais utilizados na ilha da Madeira (F2\_Mad) que constituem a totalidade da rede terciária, bem como os CDPs de Lisboa e Porto.

Tabela 1 - Viaturas furgões na rede terciária e CDPs de Lisboa e Porto

<b>Tipo CTT</b>	<b>Total rede terciária</b>	<b>% na rede terciária</b>	<b>CDP Lisboa+ SAD</b>	<b>CDP Porto</b>
<b>F1</b>	1	0,1%	0	0
<b>F2_eléctrico</b>	5	0,4%	5	0
<b>F2</b>	276	19,8%	2	2
<b>F2_Ref</b>	49	3,5%	0	0
<b>F2_Mad.</b>	17	1,2%	0	0
<b>F4_eléctrico</b>	12	0,9%	9	1
<b>F4</b>	617	44,4%	35	17
<b>F5</b>	107	7,7%	8	3
<b>F8</b>	272	19,6%	18	5
<b>F10</b>	35	2,5%	0	0
<b>Total</b>	<b>1391</b>	<b>-</b>	<b>77</b>	<b>28</b>

Quanto ao resto das viaturas que constituem a frota automóvel dos CTT na rede terciária, destacam-se ainda os motociclos/ciclomotores, quadriciclos e triciclos eléctricos e as bicicletas eléctricas representados na tabela 2. Com 78,4% da totalidade dos restantes veículos, os motociclos destacam-se como sendo o veículo em maior uso por parte dos CTT na distribuição postal. No entanto, este tipo de veículos apenas é utilizado maioritariamente em zonas de grande área (como zonas mais rurais) onde predomina apenas 1 CDP, originando giros muito extensos e isolados. Já nos CDPs de zonas urbanas, este tipo de veículos raramente faz parte da frota, sendo substituído por quadriciclos e triciclos eléctricos.

Analisando assim a totalidade de veículos existentes na frota dos CTT na rede terciária, verifica-se que 53% dos veículos consomem gasóleo, 9% eletricidade e 38% gasolina, como se encontra representado na figura 11.

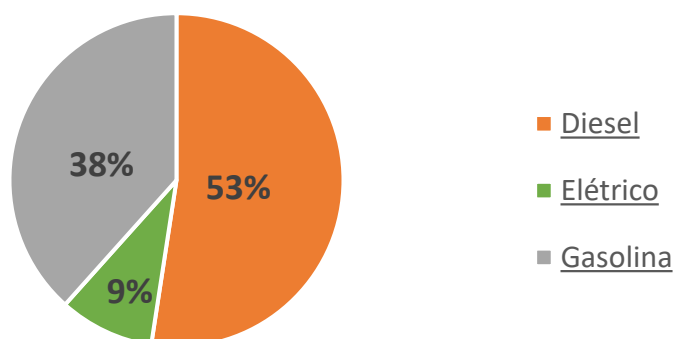


Figura 11 - Composição da frota dos CTT na rede terciária por tipo de combustível

Tabela 2 - Viaturas da rede terciária e CDPs de Lisboa e Porto

<b>Tipo CTT</b>	<b>Total rede terciária</b>	<b>% na rede terciária</b>	<b>CDP Lisboa+SAD</b>	<b>CDP Porto</b>
<b>Motociclos / Ciclomotor</b>	993	78,4 %	3	0
<b>Motociclos elétricos</b>	4	0,3 %	0	0
<b>Quadriciclos elétricos</b>	51	4,0 %	21	11
<b>Triciclos elétricos</b>	40	3,2 %	8	2
<b>Quadriciclo / Moto 4</b>	25	2,0 %	0	0
<b>Bicicletas elétricas</b>	130	10,3 %	0	5
<b>Bicicletas</b>	2	0,2 %	0	0
<b>Trolley</b>	1	0,1 %	0	0
<b>Outros</b>	20	1,6 %	1	
<b>Total</b>	<b>1266</b>	<b>100%</b>	<b>33</b>	<b>18</b>

Quanto à totalidade de veículos elétricos ou não motorizados da frota, existe um total de 246 veículos quantificados na figura 12.

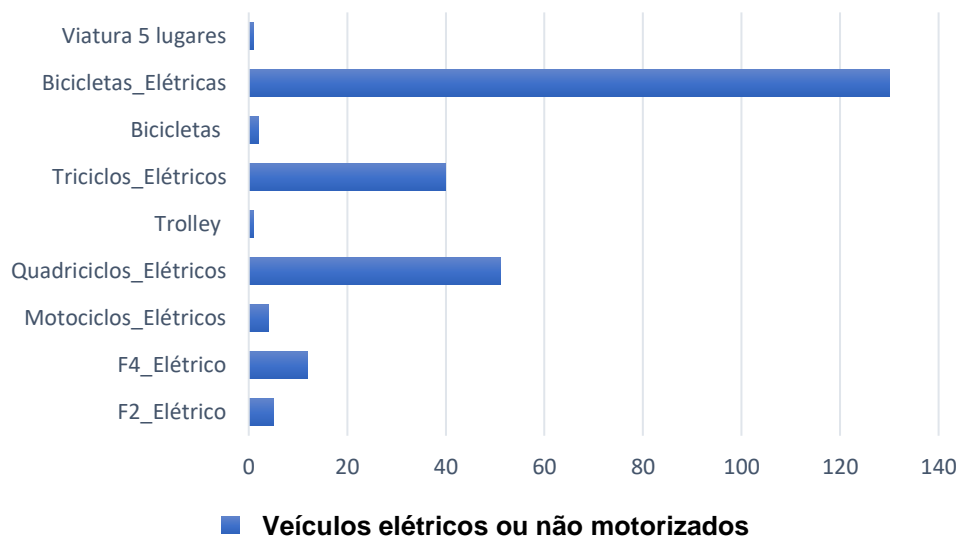


Figura 12 - Diferentes tipos de veículos elétricos ou não motorizados da frota dos CTT presentes na rede terciária

## 2.2 Abordagem global da frota de veículos dos CTT

Tendo em consideração a diversidade de veículos existentes na frota automóvel dos CTT na rede terciária, a primeira abordagem deste trabalho passará por identificar soluções de energia alternativa para a mesma tipologia de viaturas furgão F4, F8 e F10. Neste processo de alteração dos veículos da frota, o objetivo passará sempre pela substituição de veículos com consumo energético mais elevado por veículos da mesma tipologia mais eficientes, sem negligenciar o impacto financeiro, ambiental e energético nessa mesma substituição.

Nesta análise global, serão quantificados os impactos económicos, ambientais e energéticos na substituição de viaturas atuais por viaturas de energia alternativa em diferentes cenários de quilometragem anual de 14, 20, 24 e 26 mil quilómetros. Estes cenários têm por base a média de quilómetros percorridos anualmente por este tipo de viaturas.

### 2.2.1 Caracterização de soluções de energia alternativa disponíveis no mercado

Numa primeira fase, procedeu-se ao levantamento de soluções de energia alternativa, bem como às opções de mercado propostas para o estudo dentro dessas energias e os seus consumos associados.

Atualmente, os grupos de fabricantes automóveis apostam na investigação de soluções de energia alternativa face aos típicos motores de combustão interna. Para muitos, o hidrogénio apresenta-se como a melhor solução para o futuro, não só por ser o elemento mais abundante do planeta, mas também por apresentar o maior valor energético. Por exemplo, a Toyota tem investido no desenvolvimento das pilhas de combustível (*Fuel Cell*) como combustível. Neste caso, para dar energia ao motor elétrico e carregar a bateria de alta voltagem, a pilha de combustível combina oxigénio e hidrogénio para criar um fluxo de eletrões. No entanto, a utilização de hidrogénio ainda apresenta muitas limitações no que toca à rede de abastecimento, à instabilidade do armazenamento do próprio hidrogénio no automóvel e aos custos da tecnologia na produção do hidrogénio, não se tornando assim, à data de hoje, uma solução viável.

Outra alternativa é apresentada pela Bosch e Audi que, através de combustíveis sintéticos (*e-Fuel*), acreditam que um automóvel com motor a combustão interna possa ser neutro em emissões de CO<sub>2</sub>. Neste caso, o CO<sub>2</sub> passaria a ser utilizado como matéria prima para a produção de gasolina e gasóleo recorrendo a fontes renováveis de energia elétrica [43]. Assim, ao utilizarem o CO<sub>2</sub> como matéria prima e sendo a energia utilizada em todo o processo gerada a partir de energias renováveis, o *e-Fuel* tem potencial para ser neutro em emissões de CO<sub>2</sub>, formando um ciclo fechado neste tipo de emissões, como exemplificado na figura 13 [44].



A grande vantagem destes combustíveis é que tanto se podem utilizar de forma pura, como em mistura com o combustível equivalente atual, isto sem qualquer tipo de adaptação/alteração aos automóveis de hoje, inclusive os mais antigos, e à infraestrutura atual de abastecimento. O mesmo não acontece com todos os outros tipos de combustível alternativo que exigem grandes investimentos em todas as frentes.

Outra alternativa cada vez mais presente e a ganhar dimensão em solo nacional é o gás natural comprimido (GNC). Do conjunto de todos os combustíveis fósseis, o gás natural é a fonte de energia mais limpa, contribuindo assim para a redução dos GEE [45]. As emissões de escape dos veículos a GNC são significativamente inferiores às dos veículos movidos a gasolina ou gasóleo.

Ao contrário do petróleo, já foi comprovada a existência de reservas de gás natural para muitos séculos. Contudo, existe a hipótese da produção de biometano (através de lixeiras, explorações pecuárias, etc.), o chamado biogás, que originaria uma redução de óxidos de nitrogénio (NO<sub>x</sub>) até 85%.

Outra grande vantagem do GNC em Portugal são os benefícios fiscais para empresas, como a dedução do IVA pago na aquisição de viaturas até 37.500€, a redução do IUC e da tributação, a dedutibilidade de gastos com depreciações até 9.375€ por ano, entre outros [46].

No entanto, um dos problemas atuais prende-se na rede de abastecimento de GNC existente à data para os utilizadores deste combustível. De momento apenas existem 2 postos de abastecimento em Lisboa, com a promessa da Dourogás em abrir mais 2 para breve (tem vindo a ser feitas negociações com a Galp). Um dos postos em funcionamento encontra-se na avenida Mar. Gomes da Costa, a poucos metros de um CDP. Neste sentido, o GNC revela-se como uma opção válida para o futuro de uma pequena parte da frota dos CTT.

## Audi e-diesel

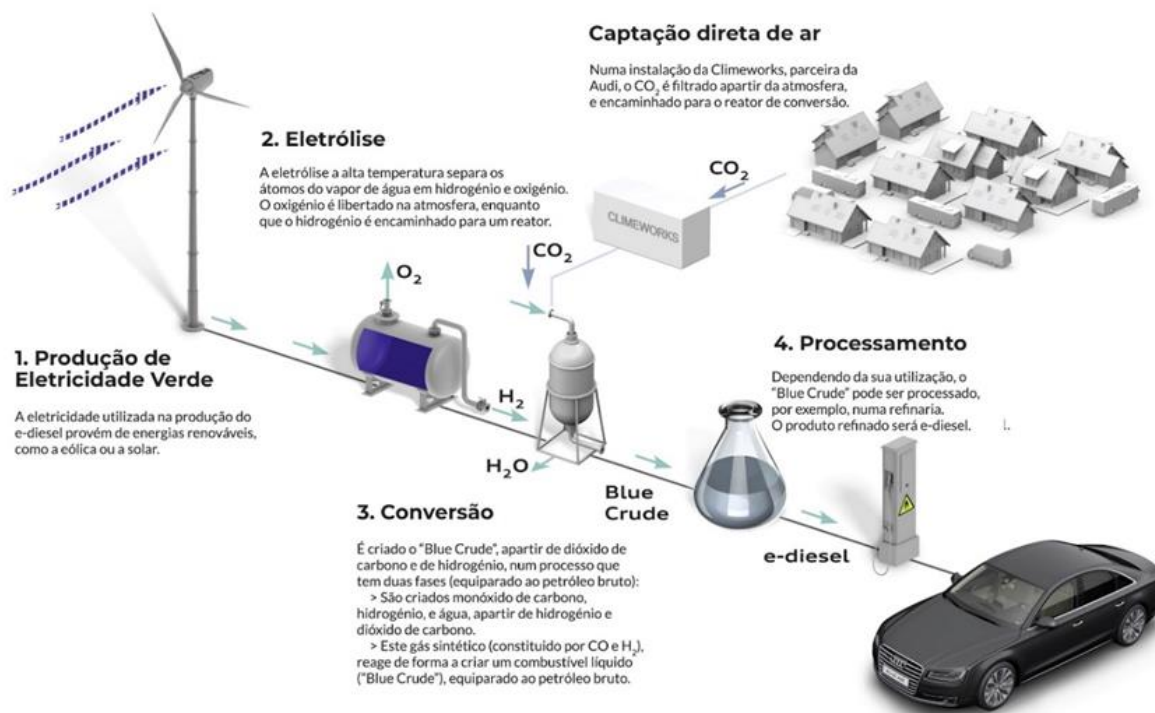


Figura 13 - Processo da produção de e-gasóleo. Fonte: [44]

Apesar das várias alternativas possíveis, os veículos elétricos parecem ser a tendência mais viável a curto/médio prazo, não só pelo maior investimento que tem sido aplicado em toda a sua infraestrutura, mas também pelo vasto leque de viaturas já existentes no mercado.

De acordo com a associação de construtores europeus de automóveis (ACEA), no primeiro trimestre de 2019, a procura de carros movidos a energias alternativas na UE aumentou 25,9% [47]. Este crescimento foi impulsionado pelos veículos com carregamento elétrico, que, na sua totalidade, cresceram 40%, num montante de 99.174 viaturas. Dentro destes valores, foram os veículos elétricos (BEV) quem cresceu mais num total de 84,4% [47].

Em Portugal, este crescimento, face ao mesmo período do ano passado, foi de 46,8%, ingressando assim nos 10 países com maior crescimento dentro da UE para veículos de energia alternativa (onde se incluem BEV, veículos híbridos plug-in, a gás natural e a gás de petróleo liquefeito) [47].

Neste tipo de veículos, o motor elétrico é alimentado por uma bateria recarregável que, posteriormente, faz a conversão final para energia mecânica. Existem inúmeras vantagens relacionadas com os carros elétricos, nomeadamente as emissões de CO<sub>2</sub> associadas serem inexistentes localmente, poupança económica nos combustíveis, ausência de ruído, incentivos fiscais, entre outros.

Por se tratar de uma bateria recarregável, esta necessita de carregamentos frequentes. Porém, no contexto dos CTT, isto não seria um problema, pois a autonomia de um veículo elétrico (que também

é um problema dos veículos elétricos atuais) seria suficiente para o giro diário. Já o carregamento da bateria seria num posto de carregamento de um CDP durante a noite enquanto a viatura não se encontra ao serviço.

Fazendo o levantamento destas soluções, conclui-se que as duas fontes de energia alternativa mais viáveis são sem dúvida a eletricidade e o gás natural, de modo que se irá proceder à comparação destes dois tipos de energia com a atual (gasóleo) para as viaturas F4, F8 e F10, no que toca a custos totais, energia consumida e emissões emitidas para diferentes cenários de quilometragem anual.

### 2.2.1.1 Veículos elétricos

Face à caracterização anterior da frota, para a sua otimização e a alteração dos veículos existentes, foi analisado, com base na oferta existente no mercado atual, soluções para a eletrificação da tipologia de veículos F4, F8 e F10.

Relativamente às viaturas F4 elétricas, as melhores soluções de mercado são já as soluções existentes na frota, como a Renault Kangoo Maxi (ver exemplo figura 14-a [48]). No entanto, neste estudo, os valores de aquisição destas viaturas foram diferentes daqueles que anteriormente foram praticados pelos CTT.

Quanto às viaturas F8, o veículo em estudo será a Nissan NV-200 XL (ver exemplo figura 14-b [49]) e a Volkswagen e-Crafter (ver exemplo figura 14-c [50]) para as viaturas F10.



Figura 14 - a) Renault Kangoo ZE. Fonte:[48]; b) Nissan NV200 XL. Fonte:[49]; c) Volkswagen e-crafter. Fonte:[50]

### 2.2.1.2 Veículos a gás natural comprimido

Quanto aos veículos movidos a GNC, a oferta em Portugal ainda não é vasta, levando a que a escolha de possíveis alternativas seja limitada, como tal, apenas serão estudadas viaturas F4 e F8, uma vez que ainda não existe uma opção de mercado para substituir a viatura atual F10.

Para as viaturas F4, a Volkswagen Caddy (ver exemplo figura 15-a [51]) apresenta-se como a única solução, sendo já implementada na frota da transportadora SEUR em Espanha [52]. Relativamente às viaturas F8, a Fiat Doblo Cargo Maxi (ver exemplo figura 15-b [53]) foi a solução encontrada.

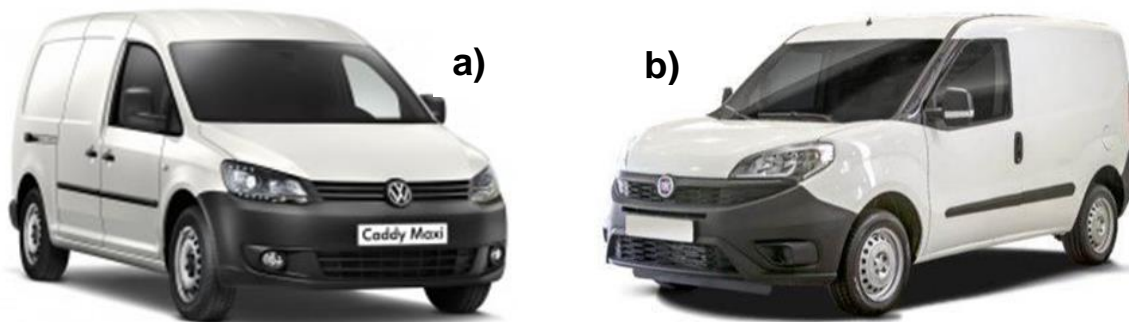


Figura 15 - a) Volkswagen Caddy TGI. Fonte:[51]; b) Fiat Doblo Cargo Maxi. Fonte:[53]

## 2.2.2 Análise global da frota e quantificação de impactes económicos, ambientais e energéticos

### 2.2.2.1 Impacte económico

Relativamente ao cálculo do impacte económico na aquisição das viaturas, este foi dividido em duas partes:

- **custo anual em combustível** por cada viatura, que será a totalidade do custo originado pelo consumo de combustível num dado cenário de quilometragem anual.
- **custo anual de aquisição**, que se poderá dividir em duas partes: custos fixos anuais (seguro e a totalidade das rendas mensais de aluguer operacional de viaturas); e custos variáveis anuais (manutenção extracontratual e recondiçionamentos).

O somatório dos dois custos (equação 1) originará o **custo total anual** de cada viatura que será comparado dentro de cada tipologia de viatura.

$$\text{Custo total anual} = \text{Custo anual em Combustível} + \text{Custo anual de aquisição} \quad (1)$$

Para o cálculo do impacte económico causado pelo consumo dos diferentes tipos de energia alternativa e pelos diferentes valores de aquisição das viaturas, foram estipulados diferentes cenários possíveis de quilometragem anual para este tipo de viaturas em regime *last-mile* de 14, 20, 24 e 26 mil quilómetros.

Assim, para a análise do consumo energético das soluções de energia alternativa para a mesma tipologia de viaturas identificadas anteriormente, procedeu-se à quantificação dos consumos dos vários veículos já existentes na frota através do PRCE (Plano de Racionalização dos Consumos de Energia) de 2019.

No PRCE encontram-se os quilómetros percorridos durante o ano de 2019, assim como os litros consumidos por cada viatura da empresa CTT. A partir desses valores, conseguiu-se facilmente obter os consumos médios, em litros por cada 100 quilómetros, de cada viatura apresentados na tabela 3.

Tabela 3 - Consumo das viaturas a gasóleo existentes na frota dos CTT

<b>Tipo de viatura</b>	<b>Distância percorrida (km, 2019)</b>	<b>Consumo de combustível (litros, 2019)</b>	<b>Consumo (litros/100km)</b>
<b>F4</b>	13 944 621	1 110 593	8,0
<b>F8</b>	4 835 396	538 474	11,1
<b>F10</b>	984 949	110 498	11,2

Relativamente às viaturas elétricas, dos 3 tipos de viaturas diferentes em estudo, apenas a viatura F4 elétrica (Renault Kangoo Z.E.) faz parte da atual frota. O CTT anuncia um consumo médio para essa viatura de 26,9 kWh por cada 100 quilómetros com base nas suas viaturas em operação, considerando a carga da bateria, autonomia em distribuição postal e de um fator de ajuste de mais 12% ao consumo real medido com o contador ao consumo estimado por via do indicador de carga de bateria.

Para as restantes viaturas elétricas novas em estudo (F8 e F10 elétricas), o consumo foi estimado com base nos valores do site da *motoreu* [54]. Este site apresenta, conforme a viatura pretendida, os consumos médios com base nos fabricantes. Estas viaturas irão ser maioritariamente utilizadas em regime citadino e transportando carga, implicando que estes consumos estejam longe de ser os consumos reais na sua utilização por parte dos CTT. Deste modo, com base no valor do site para a viatura F4 elétrica e com o valor do consumo anunciado pelos CTT, foi criado um fator de correção de consumo que será utilizado nas restantes viaturas. No site é obtido um valor de 15 kWh consumidos por cada 100 quilómetros para a viatura F4 elétrica, apresentando assim um valor bastante inferior ao real dos CTT. Para as restantes viaturas F8 e F10, o consumo obtido no site é de 16,6 e 21 kWh por cada 100 quilómetros percorridos, respetivamente. Aplicando o mesmo fator de correção, que tem por base os consumos da viatura F4, obtém-se o valor de 29,8 e 37,6 kWh consumidos por cada 100 quilómetros percorridos para as viaturas F8 e F10 elétricas, respetivamente.

No que diz respeito às viaturas a GNC novas em estudo (F4 e F8), o consumo foi estimado com base nos valores do site da *Spritmonitor* [55]. Este site apresenta, conforme uma viatura pretendida, os consumos médios com base no relato dos próprios utilizadores. Analisando os valores dos consumos médios para as respetivas viaturas a gás natural, obtém-se o valor médio de 5,7 e 5,9 kg de GNC consumidos por cada 100 quilómetros percorridos, respetivamente para as viaturas F4 e F8. Estes valores, ao contrário dos valores originais para as viaturas elétricas, encontram-se mais próximos dos valores que seriam praticados pelos CTT por serem relatados pelos próprios utilizadores. No entanto,

terá de haver também um fator de correção de consumos para a utilização dos CTT dado ao seu constante transporte de carga em regime inteiramente citadino.

Tendo em conta que na atualidade não existem viaturas a gás natural na frota dos CTT, o fator de correção terá por base o consumo praticado pelos CTT nas viaturas F4 a gasóleo e o valor médio de consumo das mesmas viaturas gasóleo com base no site. Através do valor obtido na tabela 3 de 8 litros por cada 100 quilómetros para a viatura F4 e o valor médio de 6 litros por 100 quilómetros obtido no site, obtém-se o fator de correção de consumos que permite chegar a um valor mais real daquilo que seria uma utilização por parte dos CTT de 7,53 e 7,9 kg de GNC consumido para as viaturas F4 e F8 a gás natural em estudo por cada 100 quilómetros percorridos, respetivamente.

Na tabela 4 encontram-se os valores dos consumos das viaturas em estudo, para as diferentes tipologias e para as diferentes tecnologias (gasóleo, gás natural comprimido e elétricas).

Tabela 4 - Consumo médio das diferentes viaturas em estudo

<b>Tipo CTT</b>	<b>Viaturas Gasóleo</b>	<i>Consumo médio (l/100km)</i>	<b>Viaturas elétricas</b>	<i>Consumo médio (kWh/100km)</i>	<b>Viaturas GNC</b>	<i>Consumo médio (kgGNC/100km)</i>
<b>F4</b>	<b>Renault Kangoo Maxi</b>	8,0	<b>Renault Kangoo ZE</b>	26,9	<b>VW Caddy</b>	7,5
<b>F8</b>	<b>Peugeot Boxer</b>	11,1	<b>Nissan Nv200 XL</b>	29,8	<b>Fiat Doblo cargo Maxi</b>	7,9
<b>F10</b>	<b>Peugeot Boxer</b>	11,2	<b>VW e-Crafter</b>	37,6	-	-

Em relação aos valores mensais do contrato de aluguer, é de salientar que nem sempre foram utilizados valores nas mesmas condições de contrato quando comparados veículos da mesma tipologia. Muitos dos valores correspondem a condições de contrato reais de veículos existentes na frota automóvel dos CTT, porém, foram utilizados valores de natureza diferentes para certas viaturas, não só por se tratarem de viaturas que nunca constaram na frota, mas também por não revelarem ser a melhor oferta de mercado para a viatura em questão. Assim, o custo anual passará por ser com base em contratos de rendas mensais com, ou sem (dependendo da viatura e do seu contrato) valores de custos fixos e variáveis incluídos.

Os valores para os custos fixos e variáveis das 3 viaturas a gasóleo em estudo (já existentes na frota), foram obtidos com base nos dados dos CTT de 2018. Na tabela 5 encontram-se os valores das rendas mensais (sem IVA) para cada uma das viaturas para cada cenário de quilómetros anuais. Os valores das diferentes rendas para a mesma viatura são proporcionais aos quilómetros percorridos anualmente com base nos valores das rendas das viaturas em aluguer operacional por parte dos CTT à data de 2018

Tabela 5 - Valores da renda mensal s/IVA para as viaturas F4, F8 e F10 a gasóleo

		<b>Renda Mensal</b>			
<b>kms/ano</b>		<b>14000</b>	<b>20000</b>	<b>24000</b>	<b>26000</b>
<b>F4</b>	Renault Kangoo Maxi	244,3 €	250,2 €	254,5 €	256,8 €
<b>F8</b>	Peugeot Boxer	341,1 €	349,3 €	355,3 €	358,5 €
<b>F10</b>	Peugeot Boxer	370,4 €	379,3 €	385,9 €	389,5 €

Já os custos fixos e variáveis, para as mesmas viaturas, com base também nos valores de 2018 encontram-se na tabela 6. De notar que o acondicionamento de viaturas é uma reparação estética no exterior e/ou interior da viatura, durante e no final do período de aluguer da mesma, com o objetivo de a retomar à aparência original.

Somando os valores das rendas mensais com os custos fixos mensais mais os anuais através da equação 2, obtém-se os custos anuais de aquisição para cada viatura apresentados na tabela 7 para cada cenário de quilometragem anual.

*Custo anual de aquisição*

$$= (\text{Seguro} + \text{Renda Mensal}) \times 12 + \text{Manutenção Extracontratual} + \text{Recondicionamento} \quad (2)$$

Tabela 6 - Valores dos custos fixos mensais e anuais para as viaturas F4, F8 e F10 gasóleo

		<b>Custos fixos mensais</b>	<b>Custos variáveis anuais</b>	
		<b>Seguro</b>	<b>Manutenção Extracontratual</b>	<b>Recondicionamento</b>
<b>F4</b>	Renault Kangoo Maxi	55,2 €	223,2 €	194,8 €
<b>F8</b>	Peugeot Boxer	64,9 €	408,1 €	926,0 €
<b>F10</b>	Peugeot Boxer	67,5 €	442,6 €	954,0 €

Tabela 7 - Valores dos custos fixos e variáveis para as diferentes quilometragens anuais

**Custo anual de aquisição**

<b>kms/ano</b>		<b>14000</b>	<b>20000</b>	<b>24000</b>	<b>26000</b>
<b>F4</b>	Renault Kangoo Maxi	4 011,9 €	4 082,4 €	4 134,0 €	4 162,0 €
<b>F8</b>	Peugeot Boxer	5 510,9 €	5 609,2 €	5 681,3 €	5 720,4 €
<b>F10</b>	Peugeot Boxer	5 935,9 €	6 042,8 €	6 122,5 €	6 164,9 €

Relativamente às viaturas F4 e F8 a gás natural e às F8 e F10 elétricas, o método de aquisição das mesmas passará por uma renda mensal fixa onde já se encontram todos os custos fixos e variáveis. Os valores encontram-se apresentados na tabela 8.

O custo anual de aquisição (apresentado na tabela 9) destas viaturas será calculado através da equação 3, com base a sua renda mensal multiplicada pelo total de meses do ano, mais o valor do acondicionamento. O valor do acondicionamento teve por base os valores das viaturas da mesma tipologia já existentes na frota dos CTT. Ou seja, por exemplo, o valor praticado para o acondicionamento da viatura F4 a GNC, será o mesmo já praticado pelos CTT nas suas viaturas F4 gasóleo à data de 2018 (tabela 6).

$$\text{Custo anual de aquisição} = (\text{Renda mensal}) \times 12 + \text{Recondicionamento} \quad (3)$$

Tabela 8 - Valores da renda mensal para as diferentes viaturas F4 e F8 a gás natural e F8 e F10 elétricas

**Renda Mensal**

<b>kms/ano</b>		<b>14000</b>	<b>20000</b>	<b>24000</b>	<b>26000</b>
<b>F4</b>	VW Caddy	371,3 €	380,3 €	386,9 €	390,5 €
<b>F8</b>	Nissan Nv200 XL	737,2 €	754,9 €	768,1 €	775,2 €
	Fiat Doblo Cargo	331,0 €	339,0 €	344,9 €	348,1 €
<b>F10</b>	VW e-Crafter	871,5 €	892,4 €	908,0 €	916,36 €



Tabela 9 - Valores do custo anual para as diferentes viaturas

		<b>Custo anual de aquisição</b>			
<b>kms/ano</b>		<b>14000</b>	<b>20000</b>	<b>24000</b>	<b>26000</b>
<b>F4</b>	VW Caddy	4650,9 €	4757,9 €	4837,8 €	4880,4 €
<b>F8</b>	Nissan Nv200 XL	9078,1 €	9290,6 €	949,2 €	9533,6 €
	Fiat Doblo Cargo	4023,9 €	4299,4 €	4370,6 €	4408,5 €
<b>F10</b>	VW e-Crafter	10696,3 €	10947,5 €	11135,0 €	11234,9 €

Por fim, a viatura F4 elétrica (Renault Kangoo Maxi ZE), ao contrário das restantes viaturas, será a única com uma renda mensal fixa que já inclui seguro, mas com manutenção extracontratual e com valor de recondicionamento contratual à parte. Os valores dos custos anuais apresentados na tabela 10 serão, então, a renda mensal multiplicada por 12 meses, mais a manutenção extracontratual e o recondicionamento anual (equação 4).

*Custo anual de aquisição*

$$= (\text{Renda Mensal}) \times 12 + \text{Manutenção Extracontratual} + \text{Recondicionamento} \quad (4)$$

Tabela 10 - Valores do custo anual de aquisição para a viatura F4 elétrica

		<b>kms/ano</b>	<b>Renda Mensal</b>	<b>Manutenção extracontratual anual</b>	<b>Recondicionamento /ano</b>	<b>Custo /ano</b>
<b>F4</b>	Renault Kangoo ZE	<b>14000</b>	416,8 €	86,2 €	163,2 €	5 251€
		<b>20000</b>	426,8 €	86,2 €	163,2 €	5 371€
		<b>24000</b>	434,3 €	86,2 €	163,2 €	5 460€
		<b>26000</b>	438,2 €	86,2 €	163,2 €	5 508€

No processo de aquisição das viaturas elétricas, dada a dimensão da frota dos CTT terá de ser analisada *a priori* onde e quando se abastecem as viaturas elétricas. Relativamente à infraestrutura referente à mobilidade elétrica em Portugal, tem-se constatado nos últimos anos que não tem vindo a acompanhar o crescimento exponencial das vendas de veículos elétricos, tanto em termos de quantidade de postos como na qualidade de serviço. A UVE (Associação de utilizadores de veículos elétricos) emitiu um manifesto em como a rede de carregamento não está a funcionar a 100%, bem

como problemas referentes à fiabilidade da mesma [56]. Estima-se que em 2030, em Portugal, o número de veículos elétricos e híbridos cresça para um total de 655 mil, cerca de 40 vezes mais face aos números de 2019. A venda de carros elétricos em Portugal aumentou 95% em 2018 em comparação a 2017 e 118% nos primeiros 3 meses de 2019 [57].

Desta forma, numa empresa como os CTT, quando se torna iminente a aquisição de um número significativo de viaturas elétricas em vez das convencionais a gasóleo, a instalação de postos de carregamentos próprios torna-se praticamente obrigatória. Assim, os carregamentos passariam a ser mais cómodos, rápidos e seguros, podendo também passar a haver um maior controlo dos consumos praticados por cada viatura.

A melhor opção passará sempre pela eletrificação de um CDP com postos de carregamentos para todo o tipo de viaturas elétricas presentes na frota. Deste modo, o carregamento poderia ser facilmente efetuado durante a noite enquanto as viaturas não estariam a ser utilizadas.

Neste sentido, um projeto piloto tem sido levado a cabo pelos CTT para o carregamento de veículos elétricos no CDP 1300, na Junqueira, no qual se pretende o carregamento de 15 quadriciclos através de tomadas monofásicas e alimentar até um máximo de 12 veículos com os respetivos carregadores, sendo que a potência iria variar de 3,7kW até 22,1kW consoante o número de viaturas à carga. A arquitetura do modelo de instalação inclui:

- Módulo do Algoritmo para as parametrizações de prioridade de carregamento com um custo de aproximadamente 12.000€;
- Quadro elétrico com um valor aproximadamente 17.000€;
- Equipamento de carregamento com um custo cerca de 19.000€;
- Cablagem com um custo de cerca de 19.000€.
- Instalação com um valor de aproximadamente 1.000€;

Destes 5 componentes, apenas o primeiro (módulo do algoritmo) apresenta um custo fixo. Já os 4 restantes, o custo total depende da dimensão da frota a que se destina. Assim, o custo global de todo o projeto será de aproximadamente 70.000€.

No processo de otimização dos veículos da frota, o custo da eletrificação do CDP por viatura terá de ser somado ao custo total de cada viatura elétrica. Para o custo de eletrificação do CDP por viatura foi tido em conta o número de viaturas ao qual é possível fornecer carregamento, pelo número de anos de vida útil de uma viatura elétrica (5 anos).

Assim, o custo de eletrificação do CDP por viatura será o valor global de projeto de aproximadamente 70.000€, a dividir por 5 anos e pelas 12 viaturas que são possíveis carregar, originando assim um valor cerca de 1.200€ que será somado ao custo anual de cada uma das 3 viaturas elétricas no estudo.

### 2.2.2.2 Impacte ambiental

Relativamente ao cálculo do impacte ambiental gerado pelos diferentes tipos de combustíveis, este será quantificado através duma perspectiva de ciclo de vida (*Life Cycle Assessment*, LCA). Esta análise permite uma avaliação mais completa das emissões associadas do veículo, não só porque avalia o período de utilização do veículo, mas também todo o impacte causado desde o seu processo de fabricação até ao fim de vida do veículo (incluindo desmontagem do veículo e reciclagem de materiais). Ou seja, a análise LCA é uma prática que fornece uma estimativa de emissões ao longo de toda a vida útil do veículo, permitindo assim ter uma noção mais completa dos reais impactos das diferentes tecnologias de propulsão dos veículos. Dando mais ênfase à cadeia de valor da fonte energética, podem considerar-se três etapas diferentes: *Tank-to-Wheel* (TtW), *Well-to-Tank* (WtT), e *Well-to-Wheel* (WtW). O WtW é o primeiro passo para comparar a eficiência de diferentes soluções em relação às emissões de gases de efeito de estufa (GEE) [58]. O TtW é um subintervalo da cadeia de energia do veículo que se estende do ponto em que a energia é absorvida (ponto de carga ou bomba de combustível) até à descarga, ou seja, descreve o uso de combustível no veículo e as emissões durante a condução [59]. O WtT é o subintervalo da cadeia de energia que corresponde ao fornecimento de combustível da produção da fonte de energia (gasolina, gasóleo, eletricidade, gás natural, etc), para o abastecimento do combustível. O *Well-to-Tank* é o somatório do *Well-to-Tank* com o *Tank-to-Wheel*.

Numa perspectiva WtW, é de esperar que os veículos elétricos ofereçam melhores resultados que os veículos a gasóleo convencionais dada à sua maior eficiência. Contudo, embora a propulsão elétrica no veículo em si seja eficiente, as emissões de GEE produzidas dependem crucialmente da fonte de energia utilizada para produzir eletricidade [60].

Para o cálculo do impacte ambiental, através da tabela 1 do anexo 1 do despacho nº17313/2008 [61], foram obtidos os valores dos poderes caloríficos inferiores para o gasóleo e o gás natural,  $PCI_{\text{gasóleo}}$ : 43MJ/kg e  $PCI_{\text{GNC}}$ : 45,1MJ/kg. De seguida, mediante os fatores de emissão de combustíveis, com os valores  $FE_{\text{gasóleo}}$ : 0,074kgCO<sub>2</sub>e/MJ e  $FE_{\text{GNC}}$ : 0,0641kgCO<sub>2</sub>e/MJ, e da densidade do gasóleo,  $\rho_{\text{Gasóleo}}$ : 0,83kg/l, através da equação 5, obtém-se o valor das emissões TtW de 2,641 quilogramas de CO<sub>2</sub> por litro de gasóleo e através da equação 6 obtém-se o valor de 2,891 quilogramas de CO<sub>2</sub> por quilograma de gás natural para o TtW do gás natural.

$$TtW_{\text{Gasóleo}}(\text{kgCO}_2\text{e/l}_{\text{Gasóleo}}) = FE_{\text{Gasóleo}}(\text{kgCO}_2\text{e/MJ}) \times \rho_{\text{Gasóleo}}(\text{kg/l}) \times PCI_{\text{Gasóleo}}(\text{MJ/kg}_{\text{Gasóleo}}) \quad (5)$$

$$TtW_{\text{GNC}}(\text{kgCO}_2\text{e/kg}_{\text{GNC}}) = FE_{\text{GNC}}(\text{kgCO}_2\text{e/MJ}) \times PCI_{\text{GNC}}(\text{MJ/kg}_{\text{GNC}}) \quad (6)$$

No que diz respeito às viaturas elétricas, ao contrário das viaturas a gasóleo e a gás natural, não emitem CO<sub>2</sub> durante a sua utilização (fator de emissão igual a zero), originando assim o fator  $TtW_{\text{elétrico}}$  igual a zero (kgCO<sub>2</sub>e/kWh).

Quanto ao *Well-to-Tank* (WtT), o valor do fator de emissão do gasóleo e do gás natural de extração/produção é de  $FE_{\text{Prod.Gasóleo}} = 0,0154\text{gCO}_2\text{e/MJ}_{\text{Gasóleo}}$  e  $FE_{\text{ProdGNC}} = 0,013\text{kgCO}_2\text{e/MJ}_{\text{GNC}}$ ,

respetivamente, conforme as figuras 1 e 2 do anexo 2 [62].

Deste modo, através da equação 7 para o gasóleo e da equação 8 para o gás natural, obtém-se um valor para o Well-to-Tank de 0,55 kg de CO<sub>2</sub> por litro de gasóleo e 0,586 kg de CO<sub>2</sub> por quilograma de gás natural.

$$WtT_{Gas\acute{o}leo}(kgCO_2e/l_{Gas\acute{o}leo}) = FE_{Gas\acute{o}leo}(kgCO_2e/MJ) \times \rho_{Gas\acute{o}leo}(kg/l) \times PCI_{Gas\acute{o}leo}(MJ/kg_{Gas\acute{o}leo}) \quad (7)$$

$$WtT_{GNC}(kgCO_2e/kg_{GNC}) = FE_{GNC}(kgCO_2e/MJ) \times PCI_{GNC}(MJ/kg_{GNC}) \quad (8)$$

Para as viaturas elétricas, através dos dados europeus sobre a intensidade de emissão de carbono da EEA (*European Environment Agency*) 2017 da geração de eletricidade em Portugal [63], foi estimado o valor de 0,349 quilogramas de CO<sub>2</sub> por kWh para as emissões WtT. Na tabela 11 encontram-se os valores das emissões de WtW para cada combustível, juntamente com os valores WtT e TtW.

Tabela 11 - Emissões de CO<sub>2</sub> para os diferentes tipos de combustíveis

<b>Viatura</b>	<b>Emissões de CO<sub>2</sub></b>		
	<b>WtT</b>	<b>TtW</b>	<b>WtW</b>
<b>Gasóleo</b> (kgCO <sub>2</sub> /litro)	0,550	2,641	3,191
<b>Elétrica</b> (kgCO <sub>2</sub> /kWh)	0,349	0	0,349
<b>GNC</b> (kgCO <sub>2</sub> /kgGNC)	0,586	2,891	3,477

Para a análise do impacte ambiental, estes valores de emissões de CO<sub>2</sub> irão ser multiplicados pelos consumos de cada viatura específica representados na tabela 4 e pelos diferentes cenários de quilometragem anual, conforme a equação 9.

$$Emiss\acute{o}es\ de\ CO_2\ anuais = Emiss\acute{o}es\ de\ CO_2 \times Consumo\ m\acute{e}dio \times Quilometragem\ anual \quad (9)$$

### 2.2.2.3 Impacte Energético

No que diz respeito ao impacte energético causado pelos diferentes tipos de combustíveis, este será quantificado em tep (tonelada equivalente de petróleo). A unidade de energia tep define-se como o calor libertado na combustão de uma tonelada de petróleo cru. Geralmente, a tep é utilizada para expressar grandes quantidades de energia, sendo aproximadamente 42 gigajoules.

Para o cálculo do impacte energético, através da tabela 1 do anexo 1 do despacho nº17313/2008 [61], foram obtidos os valores dos poderes caloríficos inferiores para o gasóleo e para o gás natural em tep por tonelada, PCI<sub>gasóleo</sub>: 1,022 tep/ton e PCI<sub>GNC</sub>: 1,077 tep/ton.

Sendo a densidade do gasóleo aproximadamente igual a 0,83 quilograma por litro, através da equação 10, obtém-se o valor em tep por litro de gasóleo e através da equação 11 o valor em tep por quilograma de gás natural.

$$Tep_{Gasóleo}(tep/litro) = PCI_{Gasóleo}(tep/ton) \times \rho_{gasóleo}(kg/l) \div 1000 \quad (10)$$

$$Tep_{GNC}(tep/kg) = PCI_{GNC}(tep/ton) \div 1000 \quad (11)$$

Assim, 1 litro de gasóleo equivale a  $848,3 \cdot 10^{-6}$  tep, enquanto que 1 quilograma de gás natural equivale a  $107,7 \cdot 10^{-5}$  tep. Para a eletricidade, a APA (agência portuguesa do ambiente), estabelece que 1 kWh equivale a aproximadamente  $290,0 \cdot 10^{-6}$  tep [64]. Na tabela 12 encontram-se os valores de cada unidade de combustível equivalente em tep.

Tabela 12 - Valores em tep das diferentes energias

	<b>Gasóleo</b> (1 litro)	<b>Eletricidade</b> (1kWh)	<b>Gás natural</b> (1kg)
<b>Tep</b>	$848,3 \cdot 10^{-6}$	$290,0 \cdot 10^{-6}$	$107,7 \cdot 10^{-5}$

## 2.3 Abordagem local ao CDP 1300 e 1200

Com o objetivo de implementar medidas concretas na substituição de viaturas, este trabalho irá restringir-se a um CDP específico. A pensar num futuro próximo, o número de CDPs em Lisboa vai ser reduzido. O único que, em princípio, ficará numa zona mais central será o CDP 1300 (na Junqueira), que será também ampliado com a frota que existe à data no CDP 1200.

Deste modo, neste trabalho irá ser analisada a frota do CDP 1300+1200, caracterizando-a não só em termos de custos totais anuais, mas também termos energéticos, ambientais e de volumetria total. Neste âmbito irá ser analisado também o CDP 1300 quanto aos giros apeados e toda a sua frota associada. No final serão aplicadas soluções globais com base nestas duas análises.

No que toca à frota do CDP, através da análise feita anteriormente de soluções de viaturas da mesma tipologia, irão ser aplicados cenários de substituição direta de viaturas da frota atual do CDP 1300+1200 pelas viaturas propostas anteriormente. Estes cenários serão comparados quanto ao impacte económico resultante da substituição direta das viaturas em termos de custos anuais de aquisição das viaturas (somatório da totalidade dos custos fixos e variáveis) e no custo da energia associada aos mesmos quilómetros percorridos no ano de 2019 pela frota atual. Serão depois também comparados em termos do impacte ambiental, que deverá ser menor em todos os cenários visto a troca ser sempre por viaturas mais eficientes.

Em alguns cenários a substituição de viaturas também será feita por viaturas de tipologia diferentes, no entanto, será maioritariamente com o critério de troca por viaturas com carga de transporte superior, devido ao aumento da procura por viaturas de maior carga face ao aumento do volume de encomendas derivadas do *e-commerce*, no serviço de distribuição postal. Por exemplo, em certos cenários a viatura F5 irá ser substituída por uma F8 de energia alternativa, e/ou uma (ou mais) viatura F8 será substituída não só por F8 de energia alternativa, mas também por uma F10 de energia alternativa. Deste modo, estes cenários também serão comparados em termos de ganhos de volumetria total na frota do CDP.

Apesar deste aumento da procura de viaturas de maior carga, as viaturas de dimensão menor, como as F2 elétricas que já existem na frota, serão mantidas em todos os cenários. Pois, não só continuam imprescindíveis na operação dos serviços de distribuição postal para zonas de difícil acesso a viaturas de maior dimensão, como também já são viaturas de energia alternativa.

Em relação às viaturas F4 elétricas existentes na frota, em alguns dos cenários serão substituídas por viaturas da mesma tipologia e energia. Em termos de ganhos energéticos e ambientais esta troca não será relevante, no entanto, em termos económicos existe diferença pelo facto da viatura proposta ter um custo anual inferior (cerca de 3,6% inferior) face às viaturas adquiridas pelos CTT em 2015.

A comparação final será feita através da relação de custo total anual da frota pelo volume total (custo total por metro cúbico), em termos de emissões geradas WtT por volume total da frota (quilograma de CO<sub>2</sub> por metro cúbico) e em termos energéticos por volume total da frota (tep por metro cúbico).

Relativamente aos apeados, no processo de distribuição postal em regime *last mile* (rede terciária), a ligação entre os CDP e os clientes é feita através de giros apeados, em alguns casos de bicicleta, ciclomotores e também, através de viaturas. No interior do país, onde predomina maioritariamente um CDP para uma capital de distrito, os giros são realizados através de ciclomotores devido à extensão do giro. No entanto, nos centros urbanos de Lisboa e Porto, onde existe uma vasta rede de transportes públicos e um maior número de CDPs, os giros são substancialmente mais pequenos e, como tal, são feitos sobretudo através de apeados.

À data de março de 2020, a totalidade de giros apeados era de 1025, sendo que 75 se encontravam na cidade do Porto e 214 na cidade de Lisboa. Atualmente, o serviço de distribuição postal tem vindo a sofrer uma revolução na maneira como se tem adaptado ao mercado. Com o aumento do e-Commerce, o típico correio deixou de ser predominantemente com base nas cartas (correio tradicional), para passar a encomendas de largo volume. Deste modo, um apeado não consegue transportar a carga destinada a um giro de uma vez só. Face a este problema, os CTT destinaram certas viaturas a reabastecimentos dos giros apeados.

Em média (podendo haver exceções consoante a área geográfica dos giros), estas viaturas de reabastecimentos, denominadas de DV, abastecem cerca de 6 a 8 giros apeados nos centros urbanos de Lisboa, Porto e Coimbra, sendo que, cada giro apeado é abastecido entre 2 a 3 vezes durante o percurso. Ou seja, a viatura DV faz entre 12 a 24 reabastecimentos por dia.

Deste modo, um simples giro apeado requer para a frota dos CTT uma viatura complementar para a sua realização, originando custos anuais elevados não só pela viatura em si, mas também pelo

operacional necessário para a viatura, juntamente com impacte ambiental e energético associado à utilização destas viaturas. Em média, cada apeado transporta no máximo 50 litros de carga de uma vez com o apoio de um pequeno carro, o que com 3 reabastecimentos atinge um máximo de 200 litros de carga transportada por giro apeado.

Como mencionado anteriormente, muitos dos apeados destes grandes centros urbanos utilizam transportes públicos, o que implica a deslocação até ao transporte, mais todo o tempo perdido na viagem em si. Deste modo, coloca-se a hipótese de o apeado utilizar um veículo próprio de dimensões mais pequenas que uma viatura furgão e que consiga o transporte de toda a carga equivalente aos giros com reabastecimentos (no mínimo 200 litros de carga).

Assim, caso um número significativo de apeados utilize uma destas viaturas, as viaturas DV poderiam ser descartadas bem como todos os impactes associados, nomeadamente os próprios operacionais para as mesmas.

A viatura de energia alternativa proposta para os giros apeados será um triciclo elétrico Ligier Pulse 3 (figura 16-a), já utilizado na frota dos CTT. Outra solução proposta, mais económica, mas com uma velocidade inferior, será o triciclo Babboe Pro Trike XL (figura 16-b [65]).



Figura 16 - a) Ligier Pulse 3 dos CTT; b) Babboe pro Trike XL. Fonte:[65]

Na tabela 13 encontram-se as algumas características técnicas de ambas as viaturas, das quais a capacidade de carga em litros, o consumo médio em quilowatt-hora por 100 quilómetros, a velocidade máxima e a autonomia dada pelo fabricante.

Tabela 13 - Características técnicas dos triciclos propostos

	<b>Capacidade de carga (litros)</b>	<b>Consumo médio (kWh/100km)</b>	<b>Autonomia (km)</b>	<b>Velocidade máxima (km/h)</b>
<b>Ligier Pulse 3</b>	450	10,8	30-50	45
<b>Babboe Pro Trike XL</b>	900	0,83	60	25

No que diz respeito aos apeados que não necessitam de transportes públicos para a realização dos seus giros, a solução para se poder descartar as viaturas de reabastecimento nos seus giros passa por conseguir levar toda a carga necessária de uma vez só. Como, ao contrário dos apeados que utilizam transporte público, este tipo de giro não cobre grandes distâncias (em média 8,21kms por giro), a solução proposta passa pela aquisição de um trolley elétrico, o e-Trolley Kyburz representado na figura 17 [66], com uma autonomia de 10 a 20 quilómetros e com uma capacidade de transportar aproximadamente 450 litros de carga.



Figura 17 - e-Trolley Kyburz. Fonte: [66]

Desta forma, como base no tempo médio perdido por parte dos giros apeados em transportes e no tempo morto na deslocação do apeado do CDP até ao começo do giro, irão ser implementados cenários de aquisição destes triciclos e do trolley com o intuito de deixar de existir a necessidade do uso de viaturas de reabastecimento.

Por fim, depois da análise feita aos apeados do CDP 1300 e da frota do CDP 1300 juntamente com a do 1200, será feita a análise da totalidade da frota (veículos mais apeados) do CDP 1300 mais a frota de veículos do 1200 com implementação de diferentes soluções com base nos resultados anteriores. Nesta análise irá ser estimado uma vez mais o impacte económico, ambiental, energético e de volumetria da totalidade da frota do CDP 1300+1200.



### 2.3.1 Análise local ao CDP 1300+1200 e implementação de cenários

Até à data do estudo, a frota do CDP 1300 era composta por um total de 20 viaturas, destacando-se 6 F4 elétricas adquiridas em 2015 e 8 quadriciclos elétricos. As restantes viaturas eram 2 F2 elétricas, 2 F8, 1 motociclo e 1 triciclo elétrico.

Quanto à frota do CDP 1200, esta era composta por um total de 10 viaturas destacando-se as F4 elétricas com 3 unidades e as F4 com 2. As restantes viaturas eram 1 F2 elétrica, 1 F5, 1 F8, 1 quadriciclo elétrico e 1 triciclo elétrico. A frota total dos CDPs em conjunto encontra-se na tabela 14.

Tabela 14 - Frota CDP 1300+1200

<b>Tipo CTT</b>	<b>F2 _Elet</b>	<b>F4 _Elet</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F8</b>	<b>motociclos</b>	<b>Quadriciclo _Elet</b>	<b>Triciclos _Elet</b>	<b>Total</b>
<b>CDP 1300+1200</b>	3	9	2	1	3	1	9	2	<b>30</b>

Para a substituição de veículos na frota do CDP 1300+1200, foram criados 6 cenários diferentes com o intuito de obter um CDP 100% formado por viaturas furgão de energia alternativa. Nos 3 primeiros cenários o CDP será composto na sua totalidade por viaturas elétricas, enquanto que no 4º e 5º cenário existirá um misto de viaturas elétricas e a gás natural. No 6º cenário, a totalidade da frota será composta por viaturas a gás natural.

Na tabela 15, onde se encontram os cenários descritos, na segunda coluna (“Viaturas atuais substituídas”) descrevem-se os veículos que existem atualmente na frota do CDP 1300+1200 propostos a serem substituídos pelos veículos de energia alternativa presentes na terceira coluna da tabela (“viaturas propostas”).

A análise local ao CDP 1300 +1200 passará pela quantificação dos impactes económicos, energéticos, ambientais e de volumetria da frota, na implementação de cada um destes cenários. A análise passará também por se quantificar a relação custo total, quilograma de CO<sub>2</sub> emitido e consumo energético por metro cúbico transportado de cada um dos cenários, sendo estes sempre comparados com o cenário atual.

Tabela 15 - Cenários de substituição de viaturas do CDP 1300+1200

<b>Cenários</b>	<b>Viaturas atuais substituídas</b>	<b>Viaturas propostas</b>	<b>CDP</b>
<b>1</b>	3 F8, 2F4 e 1 F5	3 F8_ELE + 3 F4_ELE	100% elétrico
<b>2</b>	3F8, 1 F5 e 2 F4	2 F8_ELE + 2 F10_ELE + 2 F4_ELE	100% elétrico
<b>3</b>	3 F8, 1 F5, 2 F4 e 9 F4_ELE	2 F8_ELE + 2 F10_ELE + 11 F4_ELE	100% elétrico
<b>4</b>	3 F8, 2 F4 e 1 F5	3 F8_GNC + 3 F4_GNC	100% energia alternativa
<b>5</b>	3 F8, 1 F5 e 2 F4	2 F10_ELE + 2 F8_GNC + 2 F4_GNC	100% energia alternativa
<b>6</b>	3 F8, 2 F4, 1 F5, 3 F2_ELE e 9 F4_ELE	3 F8_GNC + 15 F4_GNC	100% GNC

### 2.3.2 Análise dos giros apeados do CDP 1300 e implementação de cenários

No CDP 1300 de Lisboa, existe um total de 8 viaturas DV, das quais fazem parte 6 viaturas F4 elétricas e 2 viaturas F8. Já as 2 restantes viaturas F2 elétricas fazem giros de distribuição. Outro propósito destas viaturas DV é o da recolha diária de correio postal dos marcos espalhados pelas diferentes zonas na cidade.

Como mencionado anteriormente, muitos dos apeados destes grandes centros urbanos utilizam transportes públicos, o que implica a deslocação até ao transporte, mais todo o tempo perdido na viagem em si. Neste sentido, na tabela 16 encontram-se presentes os dados do CDP 1300 relativos aos apeados na distribuição postal, juntamente com as viaturas DV associadas e com todos aqueles que intervêm no processo de distribuição postal dos giros apeados (viaturas de 2 e 3 rodas e os seus respetivos condutores e viaturas DV com os seus respetivos condutores). A última coluna da tabela (“custo total/ano”), representa o custo unitário anual multiplicado pela quantidade de cada elemento do CDP.

Para o cálculo do custo unitário anual de cada viatura F8, F4, quadriciclos, triciclos e motociclos, foi tido em conta não só o custo anual de aquisição de cada viatura (somatório da totalidade dos custos fixos e variáveis), mas também o custo em combustível tendo como base a média dos quilómetros percorridos por cada tipo viatura no ano de 2019. De notar que a diferença de 360€ nos valores relativos aos custos dos apeados com e sem transportes da tabela 16 (diferença entre 23998,8€ e 23638,8€ do custo unitário anual/ordenado), se deve ao preço anual do passe mensal dos transportes públicos da área metropolitana de Lisboa, com um custo mensal de 30€ [67].

Tabela 16 - Custo total anual da frota atual do CDP 1300 relativos aos apeados

<b>CDP1300</b>	<b>Qt.</b>	<b>Custo unitário anual/ ordenado</b>	<b>Custo total/ano</b>
<b>Apeados s/transporte</b>	3	23 639 €	70 916 €
<b>Apeados c/transporte</b>	24	23 999 €	575 971 €
<b>Quadríciclo</b>	8	5 192 €	41 540 €
<b>Triciclo</b>	1	3 398 €	3 398 €
<b>motociclo</b>	1	2 026 €	2 026 €
<b>Condutor Tr./ Qdr. / Mot.</b>	10	23 639 €	236 388 €
<b>F8 (DV)</b>	2	6 733 €	13 466 €
<b>F4_ELE (DV)</b>	6	6166 €	36 998 €
<b>Condutor F8 e F4_ELE</b>	8	23 639 €	189 110 €
<b>Total</b>	<b>63</b>	<b>141 879 €</b>	<b>1 168 698 €</b>

Focando novamente nos dados do CDP 1300, regista-se um total de 27 apeados, dos quais 24 utilizam transportes públicos e 3 não. Destes 27 giros, o tempo perdido em minutos nos transportes públicos, assim como o percurso morto em minutos e em metros que engloba a distância do CDP até ao transporte público e no fim do trajeto do transporte até ao início do giro, encontra-se na tabela 17.

Tabela 17 - Dados relativos aos giros apeados do CDP 1300

	<b>Qt.</b>	<b>Transporte (min)</b>	<b>Percurso. Morto (min)</b>	<b>Percurso Morto (metros)</b>
<b>Apeado s/transporte</b>	3	0	13,0	866,7
<b>Apeado c/transporte</b>	24	43,8	20,4	1 358,3

Como este CDP 1300 se situa na Junqueira, o transporte público que se assumiu utilizar com mais frequência foi o autocarro. Deste modo, através dos indicadores da Carris, averiguou-se a velocidade média dos transportes públicos de 13,8 km/h em 2019 para se aferir a distância percorrida pelo apeado de transporte público [68].

Assim, através do tempo percorrido de 43,8 minutos para os apeados que utilizam transportes públicos, facilmente se obtém a distância percorrida, em média, de 10.072,1 metros. Somando este valor ao percurso morto de 1.358,3 metros para os apeados que utilizam transportes, atinge-se um percurso total de 11.430,4 metros num tempo total de 64,2 minutos ou 1,07 horas (20,4 minutos do percurso morto dos apeados com transporte, mais o tempo em transportes públicos de 43,8 minutos).

Juntamente com este tempo perdido em deslocação, o apeado tem um tempo interno no CDP de aproximadamente 2 horas, perfazendo assim, um tempo total até ao começo do giro de 3,07 horas. Tendo em conta que um turno de 1 apeado tem uma duração de 7,8 horas (7 horas e 48 minutos), subtraindo ao tempo total até ao começo do giro de 3,07 horas, obtém-se um tempo útil do giro de 4,73 horas. Multiplicando as 4,73 horas de tempo útil pelos 24 apeados que utilizam transporte público, obtém-se 113,53 horas de tempo útil total no CDP para este tipo de giros apeados.

Fazendo uma pequena simulação de quanto tempo se demoraria a percorrer os mesmos 11.430,4 metros, mas agora de triciclo Ligier, consegue-se estimar o tempo ganho no deslocamento do apeado até ao giro.

Inicialmente, admitiu-se uma velocidade média para o triciclo elétrico na cidade de Lisboa equivalente a um veículo elétrico de aproximadamente 19 km/h [10]. Dividindo a distância de 11.430,4 metros com a velocidade admitida, obtém-se um tempo de 28,08 minutos, ou seja, 0,47 horas. Somando ao tempo útil do giro de 4,73 horas, adquire-se agora um tempo útil do giro de 5,2 horas.

Admitindo assim, as 133,53 horas de tempo útil total do CDP para giros apeados que utilizam transporte público, a dividir pelo novo tempo útil do giro de 5,2 horas por apeado, obtém-se um valor de 21,84. Ou seja, se 22 apeados passarem a fazer o seu giro de triciclo Ligier a uma velocidade média de aproximadamente 19 km/h até ao início do giro, consegue-se fazer uma reorganização dos giros de modo a que esses 22 apeados perfaçam o percurso total dos giros de 24 apeados, sem necessidade de haver reabastecimentos. Deste modo, se juntamente com estes 22 giros, os restantes 3 giros apeados adquirirem o e-trolley proposto, conseguir-se-ia a independência dos giros do CDP 1300 das viaturas de reabastecimento, assim como da necessidade do número de operacionais atual.

Desta análise também se pode concluir que a velocidade média a utilizar por parte do triciclo na cidade de Lisboa, não irá influenciar significativamente a quantidade de triciclos necessários para perfazer o número de giros atual. Ou seja, pegando agora num número muito elevado e impraticável, como seria uma velocidade média dos triciclos de 100 km/h na cidade de Lisboa e pegando na mesma linha de raciocínio, o número de triciclos em condições ideais que seriam necessários para perfazer o tempo útil anterior seria de 19,97. Isto é, este aumento muito significativo de aumentar a velocidade média dos triciclos de 19 para 100 km/h, apenas iria influenciar na aquisição de 2 triciclos.

Para facilitar os cálculos, o triciclo e o motociclo existentes na frota atual também serão propostos a troca por triciclos Ligier, assim como os 8 quadriciclos existentes na frota atual, devido ao custo anual ser significativamente superior ao Ligier, quando a capacidade de carga é sensivelmente a mesma.

Deste modo, pode-se então comparar o CDP atual com o cenário proposto de 22 triciclos de giros apeados a perfazerem os giros de 24 giros originais, juntamente com a substituição dos 8 quadriciclos mais 1 motociclo e 1 triciclo por outros 10 triciclos Ligier. Ou seja, ao todo seriam 32 triciclo Ligier no novo cenário, mais os 3 e-trolley para os giros apeados sem transporte público associado.

Este cenário inicial proposto poderá ser limitativo dependendo da situação em que se tentará aplicar por inúmeros fatores, tais como, limitações geográficas nos giros, dificuldade em atingir uma velocidade média de aproximadamente 19 km/h em toda a área metropolitana de Lisboa durante o percurso, quer

por limitações da viatura em certas áreas, quer por limitações urbanas (zonas em obras, zonas habitualmente congestionadas), etc.

Deste modo, surge a necessidade da criação de 4 outros cenários onde os 22 triciclos Ligier propostos anteriormente, não consigam perfazer os 24 giros atuais. Nos últimos dois cenários (4º e 5º cenário), será introduzido o segundo triciclo proposto (Babboe pro Trike XL), sendo que no 4º serão introduzidos 34 triciclos Babboe em substituição das 10 viaturas originais mais 24 na introdução destas viaturas nos giros apeados, juntamente com a introdução de 3 e-trolley e no 5º cenário serão introduzidos 10 triciclos Babboe simultaneamente com 24 triciclos Ligier e 3 e-trolleys. À semelhança daquilo que foi feito nos primeiros cenários com a introdução de um menor número de triciclos Ligier face ao atual número de giros, o mesmo não acontece em cenários em que será introduzido o triciclo Babboe, pois dadas as suas características em ser uma viatura a pedais, a sua velocidade média durante o giro será menor que a do triciclo Ligier, assim, dificilmente conseguiria atingir uma velocidade média de 19 km/h que permitisse diminuir o número de operacionais no processo da distribuição postal.

Assim sendo, os cenários a implementar nos giros apeados são:

- **1º cenário:** aquisição de 32 triciclos Ligier Pulse 3 para perfazer 24 giros apeados que utilizam transporte público, mais a substituição das restantes 10 viaturas (quadriciclos, triciclo e motociclo), juntamente com a aquisição de 3 e-Trolleys Kyburz para os 3 giros apeados que não utilizam transporte público;
- **2º cenário:** aquisição de 33 triciclos Ligier Pulse 3 para perfazer 24 giros apeados que utilizam transporte público, mais a substituição das restantes 10 viaturas (quadriciclos, triciclo e motociclo), juntamente com a aquisição de 3 e-Trolleys Kyburz para os 3 giros apeados que não utilizam transporte público;
- **3º cenário:** aquisição de 34 triciclos Ligier Pulse 3 para perfazer 24 giros apeados que utilizam transporte público, mais a substituição das restantes 10 viaturas (quadriciclos, triciclo e motociclo), juntamente com a aquisição de 3 e-Trolleys Kyburz para os 3 giros apeados que não utilizam transporte público;
- **4º cenário:** aquisição de 34 triciclos Babboe pro Trike XL, para perfazer 24 giros apeados que utilizam transporte público, mais a substituição das restantes 10 viaturas (quadriciclos, triciclo e motociclo), juntamente com a aquisição de 3 e-Trolleys Kyburz para os 3 giros apeados que não utilizam transporte público;
- **5º cenário:** aquisição de 24 triciclos Ligier Pulse 3, mais 10 triciclos Babboe pro Trike XL, para perfazer 24 giros apeados que utilizam transporte público, mais a substituição das restantes 10 viaturas (quadriciclos, triciclo e motociclo), juntamente com a aquisição de 3 e-Trolleys Kyburz para os 3 giros apeados que não utilizam transporte público;

Apesar de todos estes cenários se encontrarem completamente independentes de viaturas de reabastecimento, o CDP continuará dependente de pelo menos uma viatura DV de modo a que seja possível a recolha de correio diário dos diferentes marcos espalhados por diversos pontos da cidade. No entanto, tendo em conta que o propósito dessa viatura passará a ser exclusivamente apenas a recolha desse correio, será introduzida uma viatura F4 elétrica, em todos os 5 cenários descritos anteriormente, em substituição de uma atual F8 a gasóleo, uma vez que este correio tende a diminuir com o passar do tempo.

Em todos estes cenários serão quantificados não só os impactes económicos, ambientais, energéticos e de volumetria da frota, mas também será quantificada a relação entre custo total, emissões de CO<sub>2</sub> e consumo energético em tep por metro cúbico de carga transportada. Todos estes impactes serão comparados com o cenário atual presente no CDP 1300 à data de março de 2020.

### **2.3.2 Análise da totalidade da frota do CDP 1300+1200, mais apeados e implementação de soluções**

Tendo como base os melhores cenários implementados nas secções anteriores, irão ser criados soluções que englobem não só a implementação de viaturas de energia alternativa às viaturas da frota, mas também a substituição das viaturas de reabastecimento pelos triciclos e trolley propostos anteriormente.

Deste modo, irão ser criadas 4 soluções das quais as 3 primeiras apresentem uma frota do CDP 100% elétrica e a 4ª solução apresente um misto de viaturas elétricas (triciclos e e-trolleys) com viaturas furgão a gás natural.

Dentro das viaturas furgão da frota original do CDP 1300, com a introdução de triciclos e o conseqüente abate das viaturas de reabastecimento, apenas irão restar as 2 viaturas F2 elétricas para o giro de viaturas e 1 F4 elétrica para a recolha do correio postal diário dos marcos.

Relativamente ao CDP 1200, este continuará com os seus giros apeados reabastecidos por viaturas DV. Deste modo, serão introduzidas viaturas de energia alternativa em substituição das viaturas atuais.

Para as diferentes soluções, o impacte económico total terá em conta o valor do projeto piloto levado a cabo pelos próprios CTT da eletrificação total do CDP com a instalação de postos de carregamento (descrito na secção 2.2.2.1). Este projeto teve por base a implementação de postos de carregamento para 12 viaturas elétricas e para 15 triciclos, no entanto, esse número de viaturas não irá coincidir com o número de viaturas a serem implementadas em cada solução. No que toca ao valor do investimento das viaturas furgão, irá ser feito um reajuste do valor do investimento conforme a necessidade de postos de carregamento necessários para cada solução. Neste sentido, irão ser estipulados 2 valores diferentes no valor do investimento conforme o número de viaturas elétricas na frota. No caso da solução onde serão implementadas sobretudo viaturas a gás natural, o valor do investimento terá em conta a aquisição dos 15 postos de carregamento para triciclos e apenas 3 para as viaturas elétricas que irão constar na frota dessa solução. No caso das outras soluções constituídas por frota 100%

elétrica, o valor do investimento terá em conta os 15 postos de carregamento para os triciclos e 11 postos de carregamento equivalente ao número de viaturas elétricas que constituem o CDP.

Relativamente aos triciclos, o número proposto em cada um dos cenários será superior aos 15 postos de carregamento para triciclos presentes neste projeto de investimento para eletrificar o CDP, no entanto, em termos práticos, não constituirá um problema logo que haja gestão no tempo de carregamento e na autonomia dos triciclos. Na teoria, um triciclo apresenta uma autonomia suficiente para percorrer a média de 2 a 3 giros, logo apenas precisaria de 2 ou 3 carregamentos semanais. No entanto, caso haja a necessidade de carregamento de mais de 15 triciclos no mesmo dia, poderá ser feita uma gestão de alguns triciclos serem carregados da parte da tarde e os restantes durante a noite, isto devido ao facto dos giros apeados serem realizados maioritariamente da parte da manhã.

## 3 Resultados da análise global e local da frota de veículos dos CTT

### 3.1 Resultados da análise global

#### 3.1.1 Impacte económico por tipologia de viatura

Para os diferentes cenários estipulados de quilometragem anual para as viaturas em regime *last-mile* de 14, 20, 24 e 26 mil quilómetros, quantificou-se o custo anual em combustível e posteriormente o custo total anual de cada viatura com base nos valores dos custos anuais de aquisição de cada viatura descritos anteriormente na secção 2.2.2.1 e na equação 1.

Relativamente ao preço dos combustíveis, os CTT utilizam cartão Galp frota que originou uma média em 2019 de 1,271€ por litro de gasóleo adquirido. Relativamente ao custo da eletricidade, tendo em conta que os CTT utilizam energia que provém de fontes 100% renováveis [41], o custo por quilowatt-hora é cerca de 0,171€. Já o gás natural apresenta um valor de mercado atualmente de 1,15€ por quilograma.

Para os diferentes cenários de quilometragem anual estabelecidos, o custo anual dos diferentes combustíveis encontra-se nas tabelas 18, 19 e 20 para as diferentes viaturas em estudo.

Tabela 18 - Custo anual de combustível para as viaturas F4 para os diferentes cenários de quilometragem anual e diferentes tecnologias

<i>kms/ano</i>	<b>Viaturas F4</b>		
	<b>Gasóleo</b>	<b>Elétrica</b>	<b>GNC</b>
	Renault Kangoo Maxi	Renault Kangoo ZE	VW Caddy
<b>14000</b>	1 423 €	644 €	1 212 €
<b>20000</b>	2 033 €	920 €	1 731 €
<b>24000</b>	2 440 €	1 104 €	2 078 €
<b>26000</b>	2 643 €	1 196 €	2 251 €



Tabela 19 -Custo anual de combustível para as viaturas F8 para os diferentes cenários de quilometragem anual e diferentes tecnologias

**Custo/ano em Combustível**

<i>kms/ano</i>	<b>Viaturas F8</b>		
	<b>Gasóleo</b>	<b>Elétrica</b>	<b>GNC</b>
	Peugeot Boxer	Nissan Nv200 XL	Fiat Doblo cargo Maxi
<b>14000</b>	1 975 €	713 €	1 271 €
<b>20000</b>	2 821 €	1 019 €	1 817 €
<b>24000</b>	3 385 €	1 223 €	2 180 €
<b>26000</b>	3 668 €	1 324 €	2 362 €

Tabela 20 - Custo anual de combustível para as viaturas F10 para os diferentes cenários de quilometragem anual e diferentes tecnologias

**Custo/ano em Combustível**

<i>kms/ano</i>	<b>Viaturas F10</b>	
	<b>Gasóleo</b>	<b>Elétrica</b>
	Peugeot Boxer	VW e-Crafter
<b>14000</b>	1 992 €	900 €
<b>20000</b>	2 847 €	1 285 €
<b>24000</b>	3 416 €	1 543 €
<b>26000</b>	3 701 €	1 671 €

Como seria de esperar, quando comparado apenas o custo dos combustíveis, o custo das viaturas elétricas é significativamente inferior independentemente dos cenários, como se encontra ilustrado na figura 18. Contudo, é de notar que é nas viaturas F8, com uma redução de 71%, que a diferença do custo é mais acentuada em comparação com os 59% e 58% das viaturas F4 e F10, respetivamente, face às viaturas equivalentes a gasóleo.

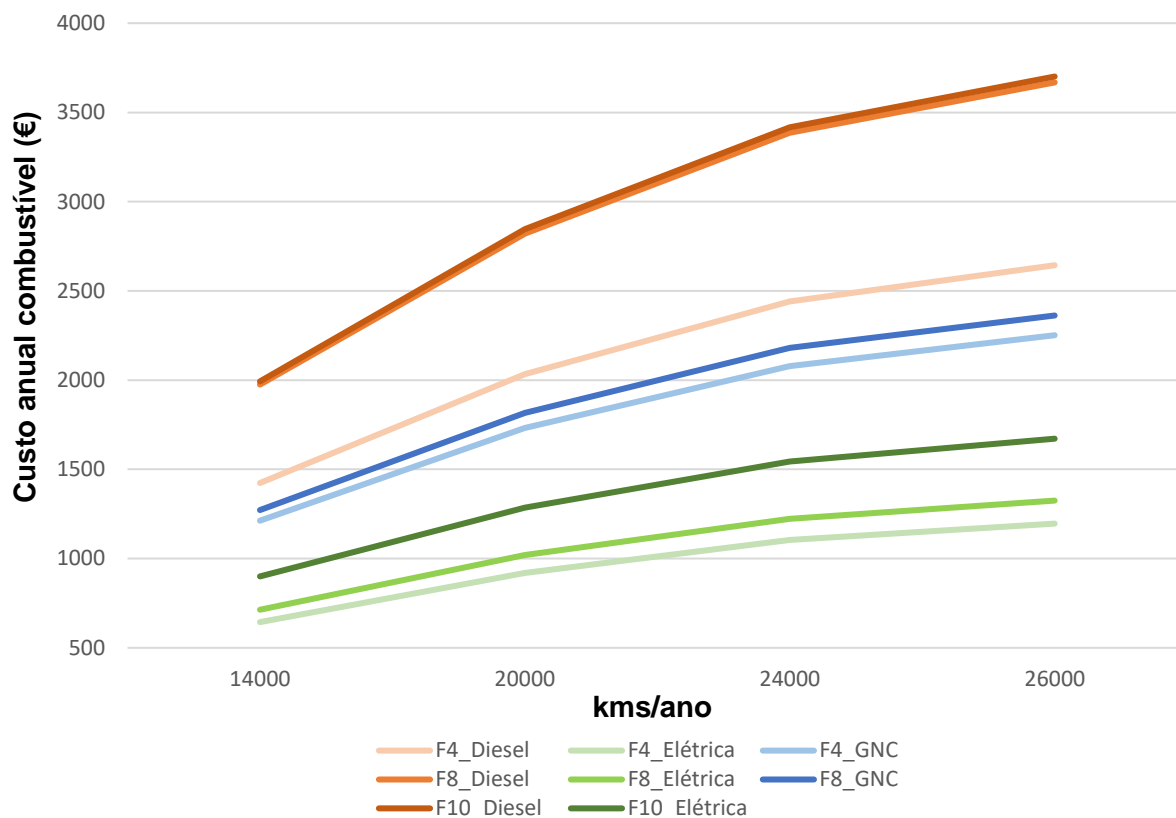


Figura 18 - Evolução do preço dos diferentes combustíveis para as diferentes viaturas nos diferentes cenários de quilometragem anual

Com estes resultados do custo anual em combustível e com os valores dos custos anuais de aquisição de cada viatura descritos anteriormente na secção 2.2.2.1, tendo por base a equação 1, consegue-se estimar o custo total anual de cada viatura relativos a cada cenário de quilometragem anual.

Nas tabelas 21, 22 e 23 encontram-se apresentados os custos totais anuais para as diferentes tipologias de viaturas (F4, F8 e F10) e suas respectivas tecnologias, para os diferentes cenários estipulados. Estas tabelas permitem ver desde já quais os veículos com maior impacte económico dentro da sua tipologia.

Tabela 21 - Valores do custo total anual para as viaturas F4

**Custo Total/ano**

<i>kms/ano</i>	<b>Viaturas F4</b>		
	<b>Gasóleo</b>	<b>Elétrica</b>	<b>GNC</b>
	Renault Kangoo Maxi	Renault Kangoo ZE	VW Caddy
<b>14000</b>	5435 €	7013 €	5863 €
<b>20000</b>	6116 €	4709 €	6490 €
<b>24000</b>	6574 €	7682 €	6916 €
<b>26000</b>	6806 €	7822 €	7132 €

Tabela 22 - Valores do custo total anual para as viaturas F8

**Custo Total/ano**

<i>kms/ano</i>	<b>Viaturas F8</b>		
	<b>Gasóleo</b>	<b>Elétrica</b>	<b>GNC</b>
	Peugeot Boxer	Nissan Nv200 XL	Fiat Doblo cargo Maxi
<b>14000</b>	7486 €	10910 €	5476 €
<b>20000</b>	8431 €	11428 €	6116 €
<b>24000</b>	9067 €	11790 €	6551 €
<b>26000</b>	9389 €	11977 €	6771 €

Tabela 23 - Valores do custo total anual para as viaturas F10

<b>Custo Total/ano</b>		
<b>Viaturas F10</b>		
	<b>Gasóleo</b>	<b>Elétrica</b>
<b>kms/ano</b>	Peugeot Boxer	VW e-Crafter
<b>14000</b>	7929 €	12715 €
<b>20000</b>	8890 €	13351 €
<b>24000</b>	9539 €	13796 €
<b>26000</b>	9866 €	14025 €

Analisando a figura 19 sobre a evolução do custo total anual das diferentes viaturas F4, para os diferentes cenários pode-se verificar que as viaturas a gasóleo serão sempre as mais económicas, principalmente para um cenário com uma menor quilometragem anual. Contudo, à medida que a quilometragem aumenta, a diferença do custo total da viatura elétrica para a gasóleo e a gás natural, vai-se tornando cada vez menor.

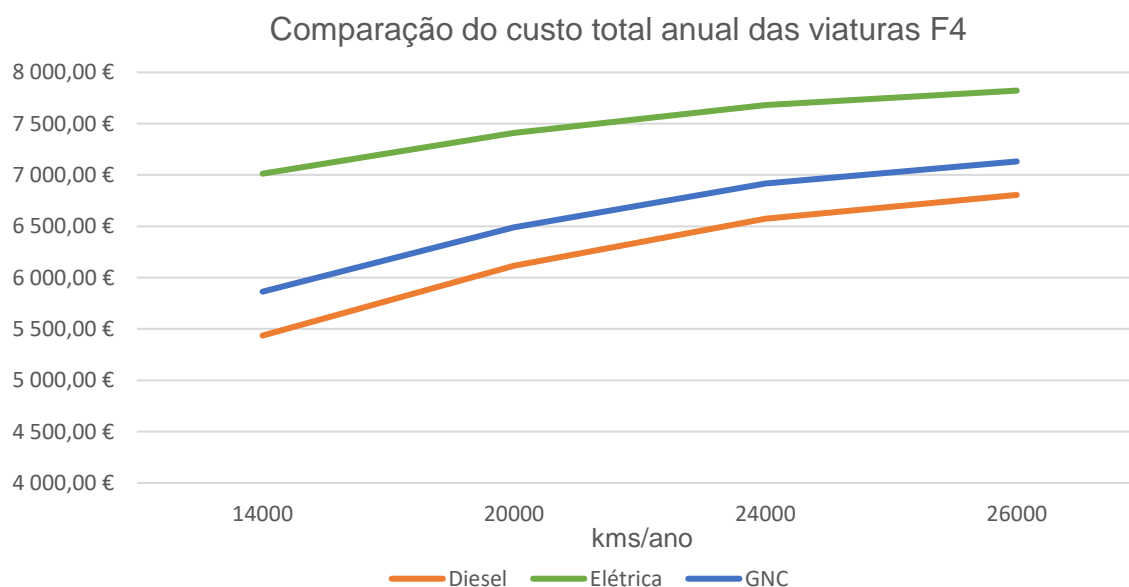


Figura 19 - Evolução do custo total das diferentes viaturas F4 para os diferentes cenários de quilometragem anual

Deste modo, a mesma comparação também poderá ser feita em termos percentuais. Analisando a tabela 24, onde é feita a comparação dos custos totais anuais das viaturas de energia alternativa com

a convencional a gasóleo, verifica-se que, para um cenário de 14 mil quilómetros por ano, a viatura F4 elétrica apresenta um custo total anual cerca de 29% superior face à viatura a gasóleo.

Relativamente à viatura a gás natural, para o mesmo cenário, apresenta um custo total anual superior de 7,9% face à viatura equivalente a gasóleo. À medida que a quilometragem vai aumentando até aos 26 mil quilómetros por ano, esse resultado negativo vai diminuindo gradualmente até aproximadamente 5%.

Tabela 24 - Comparação dos custos totais/ano da viatura F4, F8 e F10 de energia alternativa com a gasóleo da mesma tipologia

<b>Kms/ano</b>	<b>Viaturas F4</b>		<b>Viaturas F8</b>		<b>Viaturas F10</b>
	<b>Elétrica</b>	<b>GNC</b>	<b>Elétrica</b>	<b>GNC</b>	<b>Elétrica</b>
<b>14000</b>	29,0 %	7,9 %	45,7 %	-26,9 %	60,4 %
<b>20000</b>	21,1 %	6,1 %	35,6 %	-27,5 %	50,2 %
<b>24000</b>	16,9 %	5,2 %	30,0 %	-27,8 %	44,6 %
<b>26000</b>	14,9 %	4,8 %	27,6 %	-27,9%	42,2 %

Analisando a figura 20 sobre a evolução do custo total das diferentes viaturas F8, para os mesmos cenários das viaturas F4, pode-se verificar que, à semelhança das viaturas F4, as viaturas elétricas terão sempre um custo total anual mais elevado. No entanto, a viatura com o custo mais reduzido será a viatura a gás natural independentemente da quilometragem anual. Pelos resultados tabela 24, para as viaturas F8, verifica-se que a diferença de custos totais anuais da viatura a gás natural para a gasóleo se situa nos 27% para qualquer um dos cenários. Já a diferença dos custos totais anuais da viatura elétrica situa-se nos 46% para um cenário de 14 mil quilómetros por ano, diminuindo para aproximadamente 28% num cenário de 26 mil quilómetros por ano.

Relativamente às viaturas F10, através da figura 21, conclui-se que, independentemente dos cenários, a viatura a gasóleo é sempre mais económica que a viatura elétrica. Para um cenário de 14 mil quilómetros por ano, a viatura elétrica torna-se 60,4% mais cara, sendo que essa diferença vai diminuindo até aos 42,2% para um cenário de 26 mil quilómetros por ano.

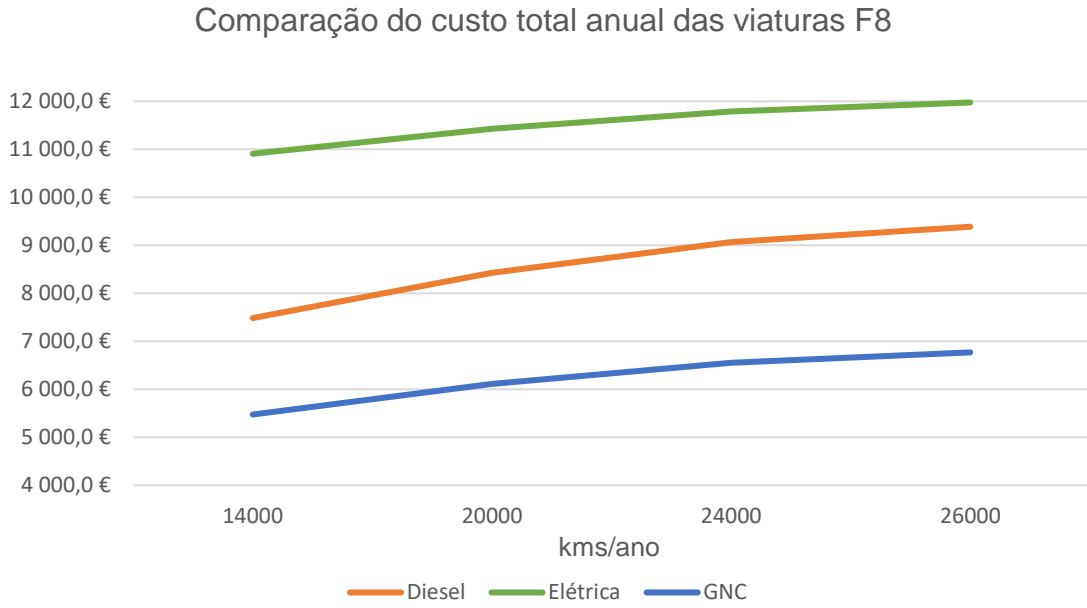


Figura 20 - Evolução do custo total das diferentes viaturas F8 para os diferentes cenários de quilometragem anual

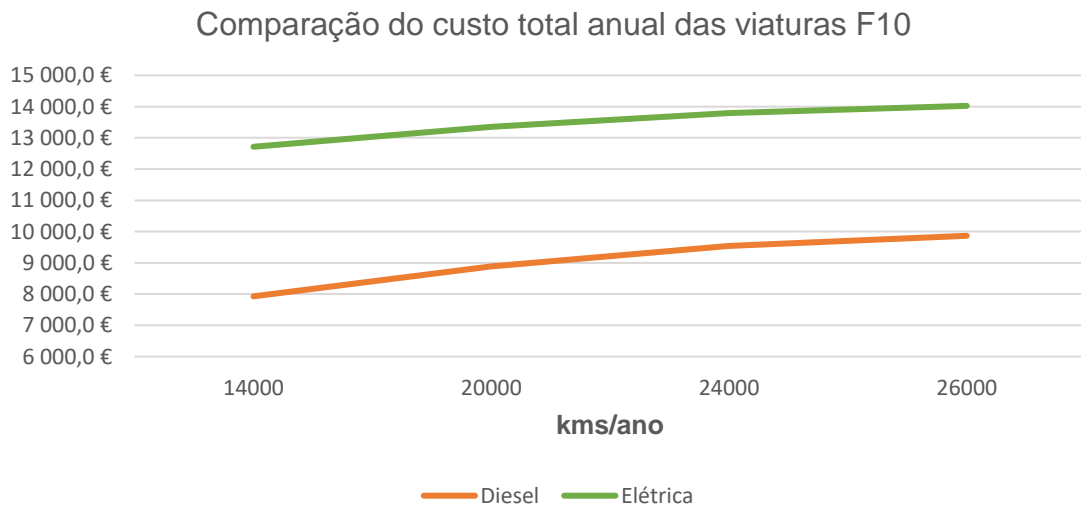


Figura 21 - Evolução do custo total das diferentes viaturas F10 para os diferentes cenários de quilometragem anual

### 3.1.2 Impacte ambiental por tipologia de viatura

Relativamente ao cálculo do impacte ambiental gerado pelos diferentes tipos de combustíveis, este foi quantificado através da análise *Life Cycle Assessment*. Mediante os resultados da tabela 11, juntamente com os valores da quantidade de litros de gasóleo, quilowatts-hora de eletricidade e quilogramas de gás natural consumidos pelas diferentes viaturas nos diferentes cenários de quilometragem anual, tendo por base a equação 8, obtém-se a quantidade de quilogramas de CO<sub>2</sub> em WtW consumidos pelos diferentes tipos de viaturas presentes nas tabelas 25, 26 e 27.

Tabela 25 - Emissões WtW de CO<sub>2</sub> para os diferentes tipos de viaturas F4 para os diferentes cenários de quilometragem anual

<b>Viaturas F4</b>			
<i>(kg CO<sub>2</sub> emitidos WtW)</i>			
<b>kms/ano</b>	<b>Gasóleo</b>	<b>Elétrica</b>	<b>GNC</b>
<b>14000</b>	3574	1314	3666
<b>20000</b>	5106	1878	5236
<b>24000</b>	6127	2253	6284
<b>26000</b>	6637	2441	6807

Tabela 26 - Emissões WtW de CO<sub>2</sub> para os diferentes tipos de viaturas F8 para os diferentes cenários de quilometragem anual

<b>Viaturas F8</b>			
<i>(kg CO<sub>2</sub> emitidos WtW)</i>			
<b>kms/ano</b>	<b>Gasóleo</b>	<b>Elétrica</b>	<b>GNC</b>
<b>14000</b>	4959	1456	3846
<b>20000</b>	7084	2080	5494
<b>24000</b>	8501	2496	6592
<b>26000</b>	9209	2704	7142

Tabela 27 - Emissões WtW de CO<sub>2</sub> para os diferentes tipos de viaturas F10 para os diferentes cenários de quilometragem anual

**Viaturas F10**  
(kg CO<sub>2</sub> emitidos WtW)

<b>kms/ano</b>	<b>Gasóleo</b>	<b>Elétrica</b>
<b>14000</b>	5004	1837
<b>20000</b>	7148	2625
<b>24000</b>	8577	3150
<b>26000</b>	9292	3412

Verifica-se assim que, independentemente dos cenários e das viaturas em estudo, as viaturas elétricas apresentam o menor número de emissões de CO<sub>2</sub>. Nas viaturas F4 a opção elétrica, para o mesmo cenário de quilometragem anual, emite menos 63,22% de emissões de CO<sub>2</sub> que a viatura equivalente F4 a gasóleo, enquanto que nas viaturas F8 essa diferença aumenta para 70,64%. Já a viatura F10 elétrica, para os mesmos cenários de quilometragem, emite menos 63,28% de emissões de CO<sub>2</sub> que a viatura atual a gasóleo.

Relativamente às viaturas a gás natural, das duas tipologias em estudo (F4 e F8), a única que apresentou resultados positivos foi a viatura relativa à tipologia F8 com uma redução de 22,45% face à viatura atual a gasóleo. Na tipologia F4, a viatura a gás natural apresentou uma quantidade de CO<sub>2</sub> emitido 2,56% superior face à viatura F4 a gasóleo. Este resultado poderá ser justificado pela diferença nos consumos distintos de cada viatura. Ou seja, enquanto que as viaturas a gás natural apresentam um consumo similar nas diferentes tipologias (7,5 quilogramas de gás natural por cada 100 quilómetros para a tipologia F4 e 7,9 para a tipologia F8), nas viaturas a gasóleo essa diferença já se torna muito significativa (8 litros de gasóleo por cada 100 quilómetros para a tipologia F4 e 11,1 para a tipologia F8), originando assim uma menor emissão de CO<sub>2</sub> apenas na tipologia F8.

### 3.1.3 Impacte energético por tipologia de viatura

No que diz respeito ao impacte energético causado pelos diferentes tipos de combustíveis, este será quantificado em tep. Assim, mediante os resultados da tabela 12 que define em tep 1 litro de gasóleo, juntamente com 1 quilograma de gás natural e 1 quilowatt-hora de eletricidade, tendo por base o consumo de cada viatura na sua respetiva unidade, obtém-se o consumo energético em tep de cada viatura.

Nas tabelas 28, 29 e 30 encontram-se os valores referentes ao consumo energético (em tep) dos diferentes tipos de energia, na mesma tipologia de viaturas (F4, F8 e F10), para os diferentes cenários de quilometragem anual estipulados anteriormente.



Tabela 28 - Consumo energético (tep) para os diferentes tipos de viaturas F4 nos diferentes cenários de quilometragem anual

**Viaturas F4**  
(Consumo energético em Tep)

<b>kms/ano</b>	<b>Gasóleo</b>	<b>Elétrica</b>	<b>GNC</b>
<b>14000</b>	0,95	1,09	1,14
<b>20000</b>	1,32	1,56	1,62
<b>24000</b>	1,63	1,87	1,95
<b>26000</b>	1,77	2,03	2,11

Tabela 29 - Consumo energético (tep) para os diferentes tipos de viaturas F8 nos diferentes cenários de quilometragem anual

**Viaturas F8**  
(Consumo energético em Tep)

<b>kms/ano</b>	<b>Gasóleo</b>	<b>Elétrica</b>	<b>GNC</b>
<b>14000</b>	1,32	1,21	1,19
<b>20000</b>	1,89	1,73	1,70
<b>24000</b>	2,26	2,07	2,04
<b>26000</b>	2,45	2,25	2,21

Tabela 30 - Consumo energético (tep) para os diferentes tipos de viaturas F10 para os diferentes cenários de quilometragem anual

**Viaturas F10**  
(Consumo energético em Tep)

<b>kms/ano</b>	<b>Gasóleo</b>	<b>Elétrica</b>
<b>14000</b>	1,33	1,53
<b>20000</b>	1,90	2,18
<b>24000</b>	2,28	2,62
<b>26000</b>	2,48	2,84

Através dos resultados obtidos, verifica-se que, em termos de consumo energético, apenas as viaturas de energia alternativa da tipologia F8 apresentam um resultado positivo face à atual F8 a gásóleo com uma redução de 8,4% na viatura elétrica e 9,82% para a viatura a gás natural.

Relativamente às viaturas F4, verifica-se que a viatura elétrica apresenta um consumo energético 14,72% superior à atual a gásóleo e a viatura a gás natural 19,26%. Já a viatura F10 elétrica apresenta um consumo energético 14,54% superior.

## 3.2 Resultados da análise local ao CDP 1300+1200

Até à data do estudo, a frota do CDP 1300+1200 era composta por um total de 30 viaturas discriminadas anteriormente na tabela 14.

Tendo como base os quilómetros percorridos por cada viatura no ano civil de 2019, os consumos das mesmas, o preço unitário de cada fonte de energia (gásóleo, gás natural e eletricidade) e o custo anual de aquisição de cada viatura (somatório de todos os custos fixos e variáveis), consegue-se estimar o impacto económico, ambiental e energético do conjunto dos dois CDPs.

Na tabela 31, encontram-se quantificados os diferentes impactos, sendo que, o impacto ambiental se encontra dividido pelos 3 componentes do LCA. No fim, com base no volume de carga de cada viatura, também se estimou a capacidade disponível da frota do então futuro CDP composto pela frota do 1300 e do 1200.

Tabela 31 - Impactes anuais do CDP 1300+1200 em 2019

	<b>Impacte económico anual</b>	<b>Impacte ambiental anual (kgCO<sub>2</sub>)</b>			<b>Impacte energético anual</b>	<b>Serviço</b>
	<b>Custo total</b>	<b>TtW</b>	<b>WtT</b>	<b>WtW</b>	<b>Tep</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
<b>Total</b>	164 964 €	12 096	16 963	29 059	15,9	88

### 3.2.1 Substituição de frota no CDP 1300+1200

Pela análise feita aos cenários mencionados anteriormente na tabela 15 e pela quantificação dos diferentes parâmetros já mencionados observa-se que, através dos dados da tabela 32, os 3 primeiros cenários com o CDP 100% elétrico, apresentam um custo total anual superior ao CDP atual. Este aumento do custo total anual justifica-se pelo custo mais elevado na aquisição de viaturas elétricas face às convencionais a gásóleo presentes na frota atual do CDP.

O 2º cenário é o que apresenta o custo total mais elevado com um valor de 10,10% superior ao CDP atual. No entanto, e à semelhança do 3º cenário, apresenta um aumento no volume de carga transportada de 7,95%. Apesar deste aumento do custo total nos 3 cenários, as emissões de CO<sub>2</sub> são

significativamente inferiores face ao CDP atual, com uma redução de aproximadamente 32% nos 3 cenários. Já o consumo energético em tep apenas aumentou ligeiramente no 2º e 3º cenário.

Dentro dos cenários estabelecidos com o CDP 100% elétrico, é o 1º cenário que apresenta o custo total inferior (cerca de 5,71% superior ao CDP atual). Contudo, observando os dados da tabela 33, onde é feita a comparação da totalidade dos cenários em custo total anual, quilograma de CO<sub>2</sub> emitido e consumo energético em tep por metro cúbico disponível, conclui-se que o 1º cenário é também o que apresenta um custo total anual por metro cúbico disponível superior dos 3 cenários.

Em termos de custo total, é o 6º cenário (na sua totalidade constituído por uma frota movida a gás natural) que apresenta o melhor resultado com uma redução de 7,1% face ao CDP atual, no entanto, no que respeita à quantidade de CO<sub>2</sub> emitido, este cenário apresenta um acréscimo significativo de aproximadamente 66%, justificado pela substituição da totalidade das viaturas F4 e F2 elétricas e a diesel já existentes na frota, por viaturas F4 a gás natural.

No que respeita ao consumo energético é o 1º cenário que apresenta o melhor resultado com uma redução face ao CDP atual de 0,66%, comprometendo todavia, a totalidade de serviço disponível da frota com uma redução de 1,14%, semelhante ao 4º cenário.

Tabela 32 - Comparação dos cenários face ao CDP 1300+1200 atual em custo total anual, quilogramas de CO<sub>2</sub> emitidos, consumo energético em tep e em ganhos de volumetria total da frota

<b>Cenários</b>	<b>Impacte económico anual (Custo total)</b>	<b>Impacte ambiental anual (kgCO<sub>2</sub>)</b>	<b>Impacte energético anual (Tep)</b>	<b>Serviço (m<sup>3</sup>)</b>	<b>CDP (100%)</b>
<b>1</b>	5,71 %	-33,35 %	-0,66 %	-1,14 %	<b>Elétrico</b>
<b>2</b>	10,10 %	-32,12 %	1,21 %	7,95 %	<b>Elétrico</b>
<b>3</b>	8,63 %	-32,44 %	0,72 %	7,95 %	<b>Elétrico</b>
<b>4</b>	-3,17 %	-7,66 %	-0,49 %	-1,14 %	<b>Energia alternativa</b>
<b>5</b>	4,20 %	-15,46 %	2,05 %	7,95 %	<b>Energia alternativa</b>
<b>6</b>	-7,10 %	66,47 %	1,75 %	2,27 %	<b>GNC</b>

Tabela 33 - Comparação dos cenários em custo total anual por m<sup>3</sup>, quilogramas de CO<sub>2</sub> emitidos por m<sup>3</sup>, consumo energético em tep por m<sup>3</sup> da frota com o CDP 1300+1200 atual

<b>Cenários</b>	<b>Custo total anual/m<sup>3</sup></b>	<b>Emissões WtW kgCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup></b>	<b>Consumo energético Tep/m<sup>3</sup></b>
<b>Atual</b>	<b>1 875 €</b>	<b>331</b>	<b>0,18</b>
<b>1</b>	2 004 €	223	0,18
<b>2</b>	1 912 €	208	0,17
<b>3</b>	1 886 €	207	0,17
<b>4</b>	1 836 €	308	0,18
<b>5</b>	1 809 €	259	0,17
<b>6</b>	1 703 €	538	0,18

Através da análise destes dados, surge a necessidade da criação de um critério por parte dos CTT na escolha do melhor cenário quando o objetivo passa pela eletrificação total da frota. Nos cenários onde a frota se torna 100% elétrica, o número de emissões de CO<sub>2</sub> emitidas será sempre inferior ao da frota atual, no entanto, conclui-se que para existir essa redução, o custo total irá sempre aumentar. Se o compromisso passar pela redução dos custos totais anuais do CDP, o 6º cenário torna-se a melhor opção, contudo comprometendo o impacto energético e ambiental de forma significativa.

O 4º e o 5º cenário, com a implementação de um CDP com energia 100% alternativa (viaturas elétricas e a gás natural), em comparação aos outros cenários, não revelam um ganho significativo em qualquer um dos impactos quantificados, embora apresentem uma redução nas emissões de CO<sub>2</sub> de 7,66% e 15,46%, respetivamente, em comparação com o CDP atual.

### 3.2.2 Giros apeados do CDP 1300

Tendo como base todos os elementos presentes no processo de distribuição postal dos giros apeados do CDP 1300, descritos anteriormente na tabela 16 (secção 2.3.2), procedeu-se à quantificação dos diferentes impactos causados anualmente.

Na tabela 34 encontram-se presentes os custos totais do CDP 1300 atual, o impacto ambiental em emissões de CO<sub>2</sub>, o impacto energético em tep e o volume em metros cúbicos por ano, possíveis de transportar pela frota envolvida nos giros apeados do CDP.

De salientar que, no cálculo do volume de carga transportado, se teve em consideração que o volume da carga das viaturas F8 e das F4 elétricas não foi contabilizado, pois estas viaturas são apenas utilizadas nos reabastecimentos dos apeados. Neste sentido, teve-se em consideração a carga transportada pelos apeados quando reabastecidos no máximo de 3 vezes.

Tabela 34 - Impactes anuais originados pelo CDP 1300 atual

<b>Impacte económico anual</b>	<b>Impacte ambiental anual (kgCO<sub>2</sub>)</b>			<b>Impacte energético anual</b>	<b>Serviço</b>
<b>Custo total</b>	<b>TtW</b>	<b>WtT</b>	<b>WtW</b>	<b>Tep</b>	<b>m<sup>3</sup>/ano</b>
1 168 699 €	5 073	10 680	15 753	9,6	2 586

Relativamente aos 5 cenários implementados nos giros apeados e descritos anteriormente na secção 2.3.2, procedeu-se à quantificação dos mesmos impactes de modo a se poderem comparar com o cenário atual (tabela 34).

Na tabela 35 encontram-se os custos totais de CDP 1300 com a implementação do 1º cenário com a introdução de 32 triciclos Ligier e de 3 e-trolley. Para este cenário, os quilómetros utilizados em todos os triciclos Ligier para o cálculo dos diferentes impactes, teve como base os mesmos realizados em média pelos 8 quadriciclos já existentes na frota.

Tabela 35 - Impactes anuais originados pelo CDP 1300 com a implementação do 1º cenário

<b>Impacte económico anual</b>	<b>Impacte ambiental anual (kgCO<sub>2</sub>)</b>			<b>Impacte energético anual</b>	<b>Serviço</b>
<b>Custo total</b>	<b>TtW</b>	<b>WtT</b>	<b>WtW</b>	<b>Tep</b>	<b>m<sup>3</sup>/ano</b>
970 014 €	0	5 559	5 559	4,6	3 969

Apesar do investimento inicial de 32 triciclos Ligier, verifica-se um ganho total anual de 200 mil euros face ao CDP atual. Este valor muito significativo é justificado pela extinção das 2 viaturas F8 e 5 F4 elétricas e dos seus respetivos condutores, extinguindo-se também 2 apeados. De notar que uma viatura F4 elétrica foi deixada na frota com o intuito da recolha do correio postal dos marcos diariamente ao final do dia. Existe também uma poupança significativa na troca dos 8 quadriciclos da frota atual com 8 triciclos Ligier, visto estes apresentarem um custo total anual inferior aos quadriciclos que existem atualmente na frota.

Relativamente ao impacte ambiental, existe uma redução da quantidade de CO<sub>2</sub> emitido anualmente de aproximadamente 64,7%, assim como o uma redução no impacte energético em tep de aproximadamente de 52,1%, justificados pela diminuição das viaturas de grande dimensão (furgões), apesar da aquisição de um número substancial de triciclos. Quanto ao nível de serviço em volume transportado aumentou em mais de 50% face à frota atual.

Na tabela 36 encontram-se quantificados os impactos referentes ao 2º cenário (aquisição de 33 triciclos Ligier e 3 e-trolleys) e na tabela 37 encontram-se os impactos referentes ao 3º cenário (aquisição de 34 triciclos Ligier e 3 e-trolleys).

Tabela 36 - Impactes anuais originados pelo CDP 1300 com a implementação do 2º cenário

<b>Impacte económico anual</b>	<b>Impacte ambiental anual (kgCO<sub>2</sub>)</b>			<b>Impacte energético anual</b>	<b>Serviço</b>
<b>Custo total/ano</b>	<b>TtW</b>	<b>WtT</b>	<b>WtW</b>	<b>Tep/ano</b>	<b>m<sup>3</sup>/ano</b>
997 057 €	0	5 687	5 687	4,7	4 082

Tabela 37 - Impactes anuais originados pelo CDP 1300 com a implementação do 3º cenário

<b>Impacte económico anual</b>	<b>Impacte ambiental anual (kgCO<sub>2</sub>)</b>			<b>Impacte energético anual</b>	<b>Serviço</b>
<b>Custo total/ano</b>	<b>TtW</b>	<b>WtT</b>	<b>WtW</b>	<b>Tep/ano</b>	<b>m<sup>3</sup>/ano</b>
1 024 100 €	0	5 815	5 815	4,8	4 196

Pelos dados da tabela 36 e 37 verifica-se um aumento em todos os parâmetros justificado pela adição de mais uma viatura à frota originalmente proposta (1º cenário).

No entanto, verifica-se que todos os cenários continuam economicamente viáveis face à frota atual, com uma redução de 14,7% com a implementação do 2º cenário face ao cenário atual e uma redução de 12,4% com a implementação do 3º cenário.

Na tabela 38 e 39 encontram-se quantificados os diferentes impactos referentes ao 4º e 5º cenário proposto, sendo que o 4º cenário propõe a aquisição de 34 triciclos Babboe pro Trike XL juntamente com a aquisição de 3 e-trolleys Kyburz e o 5º cenário propõe a aquisição de 24 triciclos Ligier Pulse 3, mais 10 triciclos Babboe pro Trike XL juntamente com 3 e-trolleys Kyburz.

Tabela 38 - Impactes anuais originados pelo CDP 1300 com a implementação do 4º cenário

<b>Impacte económico anual</b>	<b>Impacte ambiental anual (kgCO<sub>2</sub>)</b>			<b>Impacte energético anual</b>	<b>Serviço</b>
<b>Custo total/ano</b>	<b>TtW</b>	<b>WtT</b>	<b>WtW</b>	<b>Tep/ano</b>	<b>m<sup>3</sup>/ano</b>
944 708 €	0	1805	1 805	1,5	8 051

Tabela 39 - Impactes anuais originados pelo CDP 1300 com a implementação do 5º cenário

<b>Impacte económico anual</b>	<b>Impacte ambiental anual (kgCO<sub>2</sub>)</b>			<b>Impacte energético anual</b>	<b>Serviço</b>
<b>Custo total/ano</b>	<b>TtW</b>	<b>WtT</b>	<b>WtW</b>	<b>Tep/ano</b>	<b>m<sup>3</sup>/ano</b>
1 000 749 €	0	4 636	4 636	3.9	4 990

Na implementação destes cenários verifica-se uma diminuição significativa no custo total anual na frota com a implementação do 4º cenário em 19,2%, assim como nas emissões de CO<sub>2</sub> e no impacte energético de 88,5% e 84,4% respetivamente. Contudo, é no volume de carga transportada anualmente onde ganho é maior com um aumento de 211,4%.

Relativamente ao 5º cenário, este também apresenta ganhos em comparação com o 3º, no entanto é no impacte energético, ambiental e no volume de carga transportada, que se torna muito superior face aos 3 primeiros cenários. Na tabela 40 encontram-se apresentados todos os cenários propostos a comparar com o cenário atual em termos percentuais.

Tabela 40 - Totalidade dos cenários propostos a comparar com o cenário atual em termos percentuais

<b>Cenários</b>	<b>Impacte económico anual (Custo total)</b>	<b>Impacte ambiental anual (kgCO<sub>2</sub>)</b>	<b>Impacte energético anual (Tep)</b>	<b>Serviço (m<sup>3</sup>)</b>
<b>1</b>	-17,0 %	-64,7 %	-52,1 %	53,5 %
<b>2</b>	-14,7 %	-63,9 %	-51,0 %	57,9 %
<b>3</b>	-12,4 %	-63,1 %	-49,9 %	62,3 %
<b>4</b>	-19,2 %	-88,5 %	-84,4 %	211,4 %
<b>5</b>	-14,4 %	-70,6 %	-60,1 %	93,0 %

Na tabela 41 encontra-se apresentada a relação de cada cenário em custo total anual por metro cúbico disponível, quilogramas de CO<sub>2</sub> emitidos por metro cúbico disponível e consumo energético em tep por metro cúbico disponível, da frota com o CDP 1300+1200 atual.

Tabela 41 - Comparação dos cenários em custo total anual por m<sup>3</sup>, quilogramas de CO<sub>2</sub> emitidos por m<sup>3</sup>, consumo energético em Tep por m<sup>3</sup> da frota com o CDP 1300+1200 atual

<b>Cenários</b>	<b>Custo total anual/m<sup>3</sup></b>	<b>Emissões WtW kgCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup></b>	<b>Consumo energético Tep/m<sup>3</sup></b>
<b>Atual</b>	<b>452,0 €</b>	<b>6,1</b>	<b>37,3</b>
<b>1</b>	244,4 €	1,4	11,6
<b>2</b>	244,2 €	1,4	11,6
<b>3</b>	244,1 €	1,4	11,5
<b>4</b>	117,3 €	0,2	1,9
<b>5</b>	200,6 €	0,9	7,7

Face à análise feita anteriormente, e aos dados apresentados na tabela 41, é o 4º cenário que se destaca como sendo o mais vantajoso dos 5. No entanto, o triciclo proposto poderá apresentar certas limitações, como tal, o 5º cenário com a implementação de 24 triciclos Ligier e de 10 triciclos Babboe juntamente com os 3 e-trolley, é o que aparenta ser a melhor solução a ser implementada no CDP.

### 3.2.3 Implementação de soluções na totalidade da frota do CDP 1300+1200 mais apeados do CDP 1300

Pela análise feita na secção 2.3.1, verifica-se a existência de 20 viaturas na frota do CDP 1300 mais 10 no CDP 1200 (tabela 14). Para a análise do impacte económico anual, soma-se os custos associados a um total de 30 condutores respetivos a cada uma das viaturas. Relativamente aos apeados, pela análise presente na secção 2.3.2, verifica-se a existência de 27 giros para o CDP 1300 e um total de 46 giros para o CDP 1200. Ao todo, o CDP 1300+1200 é composto por um total de 73 giros.

Tendo por base os quilómetros percorridos no ano de 2019, foi estimado o impacte económico da totalidade da frota do CDP 1300+1200, assim como o ambiental, energético e de volumetria presentes na tabela 42.

Tabela 42 - Impactes anuais totais originados pelo CDP 1300+1200

<b>Impacte económico anual</b>	<b>Impacte ambiental anual (kgCO<sub>2</sub>/ano)</b>			<b>Impacte energético anual</b>	<b>Serviço</b>
<b>Custo total/ano</b>	<b>TtW</b>	<b>WtT</b>	<b>WtW</b>	<b>Tep/ano</b>	<b>m<sup>3</sup>/ano</b>
2 624 270 €	12 157	16 976	29 133	15,9	6 703



Tendo como base os melhores cenários implementados nas secções anteriores, foram criados novos cenários que agora englobem não só a implementação de viaturas de energia alternativa às viaturas da frota, mas também a substituição das viaturas de reabastecimento pelos triciclos e trolleys propostos anteriormente.

Deste modo, foram criadas 4 soluções das quais as 3 primeiras apresentem uma frota do CDP 100% elétrica e a 4ª solução apresente um misto de viaturas elétricas (triciclos e e-trolleys) com viaturas furgão a gás natural.

Dentro das viaturas furgão da frota original do CDP 1300, com a introdução de triciclos e o conseqüente abate das viaturas de reabastecimento, apenas restarão as 2 viaturas F2 elétricas para o giro de viaturas e 1 F4 elétrica para a recolha do correio postal diário dos marcos.

Relativamente ao CDP 1200, este continuará com os seus giros apeados reabastecidos por viaturas DV. Deste modo, serão introduzidas viaturas de energia alternativa em substituição das viaturas atuais.

Para as diferentes soluções, o impacte económico total terá de ter em conta o valor do projeto piloto levado a cabo pelos próprios CTT da eletrificação total do CDP com a instalação de postos de carregamento (secção 2.2.2.1). Projeto este que teve por base a implementação de postos de carregamento para 12 viaturas elétricas e para 15 triciclos. No entanto, esse número de viaturas não coincide com o número de viaturas de cada cenário. Deste modo, irá ser feito um reajuste do valor do investimento conforme a necessidade de postos de carregamento necessários para cada cenário. Neste sentido, irão ser estipulados 2 valores diferentes no valor do investimento conforme o número de viaturas elétricas na frota. No caso da solução onde serão implementadas sobretudo viaturas a gás natural, o valor do investimento terá em conta a aquisição dos 15 postos de carregamento para triciclos e apenas 3 para as viaturas elétricas que irão constar na frota desse cenário. No caso das outras soluções constituídas por uma frota 100% elétrica, o valor do investimento terá em conta os 15 postos de carregamento para os triciclos elétricos e 11 postos de carregamento para as viaturas elétricas, equivalente ao número de viaturas furgão existentes na frota do CDP 1200+1300 introduzidas.

Quanto aos triciclos, o número proposto em cada uma das soluções será superior aos 15 triciclos presentes neste projeto de investimento para eletrificar o CDP, no entanto, em termos práticos não constituirá um problema logo que haja gestão no tempo de carregamento e na autonomia dos triciclos. Na teoria, um triciclo apresenta uma autonomia suficiente para percorrer a média de 2 a 3 giros, logo apenas precisaria de 2 a 3 carregamentos semanais. Contudo, caso haja a necessidade de carregar mais de 15 triciclos no mesmo dia, poderá ser feita uma gestão de alguns triciclos serem carregados da parte da tarde e os restantes durante a noite, isto devido ao facto dos giros apeados serem realizados da parte da manhã.

Soluções a serem implementadas:

- **1ª solução:** permanência das viaturas F2 elétricas na frota de ambos os CDPs, um total de 7 viaturas F4 elétricas (uma para a recolha de marcos no CDP 1300 e 6 para a substituição das viaturas 2 F4, 1 F5 e 3 F4 elétricas mais antigas na frota do CDP 1200) e 1 F8 elétrica para a substituição da F8 do CDP 1200. Aquisição de 32 triciclos Ligier e 3 e trolleys para os apeados

do CDP 1300.

- **2ª solução:** idêntica à 1ª solução, no entanto com a introdução de 33 triciclos Ligier à semelhança dos cenários da secção 2.3.2 nos giros apeados
- **3ª solução:** igual à 1ª solução, no entanto com a introdução de 24 triciclos Ligier, mais 10 triciclos Babboe Pro à semelhança do 5º cenário da secção 2.3.2 nos giros apeados
- **4ª solução:** igual à 3ª solução, no entanto com a substituição de todas as viaturas F4 elétricas por F4 a gás natural e a viatura F8 elétrica substituída pela F8 a gás natural.

Tendo por base os mesmos quilómetros percorridos no ano de 2019 para cada viatura de cada CDP, foi estimado o impacto económico das 4 soluções, assim como o ambiental, energético e de volumetria presentes na tabela 43, comparados em nível percentual com o CDP atual.

Tabela 43 - Soluções propostos comparadas com o cenário atual em termos percentuais

<b>Solução</b>	<b>Impacte económico anual (Custo total)</b>	<b>Impacte ambiental anual (kgCO<sub>2</sub>)</b>	<b>Impacte energético anual (Tep)</b>	<b>Serviço (m<sup>3</sup>)</b>
<b>1ª</b>	-4,69 %	-56,53 %	-34,02 %	20,36 %
<b>2ª</b>	-3,64 %	-56,09 %	-33,35 %	22,05 %
<b>3ª</b>	-3,49 %	-59,71 %	-38,84 %	40,66 %
<b>4ª</b>	-4,16 %	-22,74 %	-37,92 %	40,66 %

Na tabela 44, encontra-se a comparação das soluções em custo total anual por metro cúbico disponível, quilogramas de CO<sub>2</sub> emitidos por metro cúbico disponível e consumo energético em tep por metro cúbico disponível do atual CDP 1300+1200, juntamente com as diferentes soluções.

Tabela 44 - Comparação das soluções em custo total anual por m<sup>3</sup>, quilogramas de CO<sub>2</sub> emitidos por m<sup>3</sup>, consumo energético em tep por m<sup>3</sup> dos cenários com a totalidade da frota com o CDP 1300+1200 atual

<b>Soluções</b>	<b>Custo total anual/m<sup>3</sup></b>	<b>Emissões WtW kgCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup></b>	<b>Consumo energético Tep/m<sup>3</sup></b>
<b>Atual</b>	<b>391,5 €</b>	<b>4,34</b>	<b>2,37</b>
<b>1<sup>a</sup></b>	310,0 €	1,57	1,30
<b>2<sup>a</sup></b>	309,1 €	1,56	1,30
<b>3<sup>a</sup></b>	268,6 €	1,24	1,03
<b>4<sup>a</sup></b>	266,8 €	2,38	1,05

Verifica-se assim um ganho no custo total anual de cerca de 4% em todas as soluções face ao atual. No entanto é na 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> solução onde, através do aumento na volumetria total da frota, a relação custo por metro cúbico disponível é menor.

Com a implementação destes cenários o consumo energético e as emissões de CO<sub>2</sub> são substancialmente inferiores, podendo chegar mesmo a uma redução de quase 60% com a implementação da 3<sup>a</sup> solução com a aquisição de apenas viaturas elétricas e triciclos elétricos Ligier e Babboe para os apeados. Também com a implementação desta solução, o consumo energético em tep poderá reduzir aproximadamente 40% com o aumento do serviço disponível em cerca de 40%, originando o consumo energético por metro cúbico de carga transportada mais reduzido das 4 soluções.

Relativamente à 4<sup>a</sup> solução onde se implementam apenas viaturas furgão a gás natural e triciclos elétricos, esta apresenta também uma redução das emissões de CO<sub>2</sub> de aproximadamente 23%, contudo um resultado modesto face às outras 3 soluções.

Na tabela 45, apresenta-se o tempo de retorno (*Pay back period*, PBP) de cada solução, com base no investimento realizado com a aquisição da totalidade dos triciclos e dos e-trolleys para cada solução e na poupança anual da diferença dos custos totais de cada solução com o cenário atual.

Tabela 45 - Investimento e PBP para as soluções implementadas

<b>Solução</b>	<b>Investimento</b>	<b>Poupanças anuais</b>	<b>PBP (anos)</b>
<b>1<sup>a</sup></b>	399 522,7 €	122 950,7 €	3,2
<b>2<sup>a</sup></b>	411 360,9 €	95 548,0 €	4,3
<b>3<sup>a</sup></b>	355 817,0 €	91 496,3 €	3,9
<b>4<sup>a</sup></b>	355 817,0 €	109 059,9 €	3,3

Deste modo conclui-se que, independentemente da solução proposta, o tempo de retorno de investimento será sempre inferior ao tempo útil de cada viatura (aproximadamente 5 a 6 anos). Como seria de esperar, a solução que apresenta o menor tempo de retorno é a 1ª solução pois, o número de triciclos a implementar é o menor das 4. Observa-se também que a 4ª solução apresenta de tempo de retorno semelhante à 1ª opção, podendo ser justificado pelo facto de como se tratar de um CDP constituído por viaturas furgão movidas na sua totalidade a gás natural, o investimento na eletrificação do CDP com postos de carregamento é significativamente menor que as outras soluções, pois apenas são precisos para os triciclos.

## 4. Conclusões e trabalho futuro

### 4.1 Conclusões

Os objetivos principais deste trabalho consistiam na análise e quantificação de medidas de redução da energia consumida e na emissão de poluentes associadas nos serviços de distribuição postal dos CTT, com o levantamento de soluções de energias alternativas no intuito de garantir o cumprimento da diretiva 2012/27/EU. Neste sentido, procedeu-se à caracterização da frota dos CTT na rede terciária com o objetivo de otimizar a frota com a alteração dos veículos existentes por outros de energias alternativas e com a introdução de veículos de três e quatro rodas nos giros apeados como solução face ao aumento no volume das encomendas.

Mediante a realização deste trabalho, da análise global para a frota de veículos dos CTT conclui-se que:

- Pelo levantamento de veículos de energia alternativa, os veículos elétricos e a GNC revelam ser a melhor opção de momento para a substituição dos veículos convencionais a gasóleo. No entanto, dada à realidade das infraestruturas existentes à data em Portugal, a alteração dos veículos atuais por veículos a gás natural pode não ser viável devido à escassez de postos de abastecimento. Olhando à localização dos CDPs na área metropolitana de Lisboa, o CDP localizado na zona de Cabo Ruivo poderá ser a exceção visto ser o único CDP localizado a escassos metros de um posto de abastecimento.
- Independentemente do cenário de quilometragem anuais estipulados para as diferentes tipologias de viaturas, olhando apenas aos custos referentes à energia, as viaturas elétricas serão sempre as mais económicas, enquanto que as viaturas a gasóleo serão sempre as mais dispendiosas.
- No custo total anual das viaturas F4, a diferença vai diminuindo à medida que a quilometragem anual vai aumentando, sendo que as viaturas elétricas se apresentam sempre como as mais dispendiosas e as viaturas a gasóleo como as mais económicas.
- Nas restantes tipologias de viaturas (F8 e F10), a diferença nos custos totais mantém-se praticamente constante ao longo dos diferentes valores de quilometragem anual, sendo que, ao contrário das viaturas F4, as viaturas mais económicas para a tipologia F8 são as viaturas a gás natural. Em ambas as tipologias e à semelhança das viaturas F4, a viatura elétrica será sempre a mais dispendiosa em custo total anual.

- Relativamente à emissão de CO<sub>2</sub> (WtW) conclui-se que, independentemente dos cenários de quilometragem anual e da tipologia de viaturas em estudo, as viaturas elétricas apresentam sempre o menor número de quilogramas de CO<sub>2</sub> emitido, com uma redução de aproximadamente 63%, 71% e 63% nas viaturas F4, F8 e F10, respetivamente, relativamente às viaturas a gasóleo atuais. Já as viaturas a gás natural, na tipologia F4 apresenta a emissão de CO<sub>2</sub> (WtW) aproximadamente 3% superior face à viatura F4 a gasóleo, enquanto que na tipologia F8, a viatura a gás natural apresenta uma redução nas emissões de aproximadamente 23%.
- Em termos energéticos, para as viaturas F4 e F10 elétricas, verifica-se um aumento de aproximadamente 15% em comparação com as viaturas a gasóleo da mesma tipologia equivalente. Esse aumento torna-se ainda mais significativo quando comparadas as viaturas F4 a gás natural com as atuais a gasóleo, com um aumento de aproximadamente 19%. Relativamente às viaturas F8, em termos energéticos, estas apresentam valores inferiores de consumo energético, com uma redução de cerca de 8% a 10% para ambas as viaturas elétricas e a gás natural quando comparadas com as viaturas F8 a gasóleo.

No que diz respeito à análise local ao CDP 1300+1200 e aos tipos de soluções estabelecidas, com a realização deste trabalho conclui-se que:

- Na alteração apenas das viaturas furgão do CDP 1300+1200, se o objetivo passar por tornar as viaturas 100% elétricas, a totalidade das emissões de CO<sub>2</sub> emitidas anualmente diminuirá mais de 30% face aos valores atuais com a implementação dos três primeiros cenários. Para estes cenários, em termos de impacto económico, olhando apenas ao valor do custo total anual, conclui-se que é inevitável o aumento do mesmo. No entanto, quando aplicado um cenário onde se adquire viaturas F10 elétricas de maior carga, a relação custo anual por metro cúbico de carga transportada aproximar-se-á dos valores atuais.
- Com a introdução do GNC na frota de furgões do CDP, os custos totais anuais já se conseguem reduzir face aos custos atuais até aproximadamente 7%, com a implementação do 6º cenário. Neste cenário, em que a totalidade da frota é constituída por veículos movidos a gás natural, é exibido o maior aumento de quilograma de CO<sub>2</sub> emitido anualmente (cerca de 66% superior ao valor atual), sendo também o cenário que apresenta o pior resultado em termos energéticos, com um aumento na ordem dos 2%.
- Na introdução de triciclos nos giros apeados, a velocidade média diária na utilização destes veículos, na área metropolitana de Lisboa, tem pouca influência no número de triciclos a implementar, para perfazer num número inferior os 24 giros apeados com transporte público no CDP 1300.

- Dos cenários estabelecidos, o melhor cenário em todos os critérios é o 4º cenário com a implementação de um e-trolleys Kyburz para os apeados sem transporte público, juntamente com 34 triciclos Babboe pro Trike XL para implementar nos 24 apeados com transporte público incluído no giro e para a substituição dos 8 quadriciclos, 1 motociclo e 1 triciclo adquiridos anteriormente pelos CTT. No entanto, cabe aos CTT verificar a viabilidade de implementar este triciclo Babboe na totalidade dos 34 giros, dada as suas limitações descritas anteriormente. Neste contexto, caso não se torne viável a sua implementação na maioria dos giros dada as suas limitações, o 5º cenário, com a implementação de 24 Ligier Pulse 3 para perfazer os 24 giros apeados com transporte público, mais 10 triciclos Babboe pro Trike XL para substituir os 8 quadriciclos, 1 motociclo e 1 triciclo adquiridos anteriormente, torna-se uma opção bastante viável. Com esta implementação, o custo anual iria diminuir quase 15%, juntamente com as emissões de CO<sub>2</sub> e a energia consumida em tep em aproximadamente 71% e 60% respetivamente. Já em termos de volumetria disponível, esta poderá aumentar até 93% dada a grande capacidade de carga dos triciclos face aos apeados com reabastecimento. Assim, o custo total anual por metro cúbico transportado reduzir-se-ia de 452 para aproximadamente 200.

Na totalidade da frota do CDP 1300+1200 (viaturas mais apeados), num quadro geral, se a intenção passar por se adotarem apenas viaturas elétricas para a frota do CDP, é a implementação da 3ª solução que apresenta melhores resultados, apontando para um retorno do investimento em aproximadamente 3,9 anos. Em termos de custos totais anuais é o que apresenta a menor redução face ao cenário atual, no entanto, em termos energéticos e ambientais é o que apresenta melhores resultados com uma redução de quase 40% em termos energéticos e 60% em termos de emissões de CO<sub>2</sub>. É também a 3ª solução que apresenta não só a menor relação de quilograma de CO<sub>2</sub> emitido por metro cúbico de carga disponível, mas também a menor relação do consumo energético por metro cúbico de volume de carga disponível.

Para a mesma totalidade da frota do CDP 1300+1200, se não constituir nenhum problema logístico na aquisição de viaturas a gás natural, então a implementação da 4ª solução revela ser também uma opção, apontando para um retorno do investimento de aproximadamente 3,3 anos. Esta solução, com a implementação de viaturas a gás natural, mais a implementação de 24 triciclos Ligier juntamente com 10 triciclos Babboe e 3 e-trolleys, poderá reduzir os custos totais anuais em mais de 4%, juntamente com as emissões de CO<sub>2</sub> em quase 23% e no consumo energético em mais de 37%. Tanto esta solução como a anterior, aumentam o volume de carga transportada em mais de 40%, originando as menores relações de custo total anual por metro cúbico de carga transportada.

## 4.2 Trabalho futuro

Relativamente à primeira abordagem desenvolvida nesta dissertação no levantamento de viaturas de energia alternativa para as tipologias da frota dos CTT identificadas, a sugestão para trabalho futuro passará por identificar não só novas propostas de mercado dentro das tecnologias de propulsão identificadas e estudadas (viaturas elétricas e a gás natural comprimido), mas também num futuro menos próximo, através da mesma metodologia, estudar outras novas tecnologias de viaturas que eventualmente poderão vir para o mercado, abordadas anteriormente na secção 2.2.1 (viaturas a hidrogénio e introdução no mercado de combustíveis sintéticos).

Na segunda abordagem, a metodologia desenvolvida com foco num CDP específico na cidade de Lisboa poderá ser aplicada noutros CDPs em situações semelhantes. Ou seja, CDPs localizados em grandes centros urbanos, onde os giros apeados estejam fortemente dependentes da rede de transporte público existente, a metodologia desenvolvida poderá ser aplicada de modo a que sejam introduzidos triciclos elétricos com o intuito de extinguir as viaturas de reabastecimento e consequentemente reduzir não só os custos totais anuais do CDP, mas também o consumo energético e a emissão de gases poluentes da frota do CDP. De uma maneira geral poderá ser estudada a viabilidade (consoante a situação específica de cada CDP) de se introduzir esta metodologia em todos os CDPs localizados na área metropolitana de Lisboa e Porto.

No entanto, CDPs localizados noutras capitais de distrito, nomeadamente no interior do país onde predomina maioritariamente um CDP (como é o caso do CDP 3500 localizado na cidade Viseu), os giros, muito mais extensos que os giros dos centros urbanos de Lisboa e Porto, são realizados por intermédio de ciclomotores a gasolina. Nestes casos, a metodologia não poderá ser aplicada não só por os giros não estarem dependentes de transportes públicos, mas também porque as viaturas atuais de energia alternativa de 3 e/ou 4 rodas (triciclos e quadriciclos elétricos) não apresentam autonomia suficiente para a realização dos mesmos. Como tal, o trabalho futuro neste contexto ficará dependente do avanço tecnológico deste tipo de viaturas.



## Referências

- [1] European Environment Agency, 2012, “The contribution of transport to air quality”, Denmark: EEA Report.
- [2] Eurostat, 2018, “Energy, transport and environment indicators”. [Online]. Disponível em: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/8435375/KS-DK-17-001-EN-N.pdf/18d1ecfd-acd8-4390-ade6-e1f858d746da?t=1510824613000>.
- [3] E. European Commission, “Reducing CO<sub>2</sub> emissions from passenger cars.” [Online]. Disponível em: [http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/cars/index_en.htm).
- [4] Guilherme, J., 2016, “O desafio energético da mobilidade elétrica.” Angra do Heroísmo.
- [5] E. European Commission, 2012, “Study on Urban Freight Transport”. [Online]. Disponível em: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/urban/studies/doc/2012-04-urban-freight-transport.pdf>
- [6] D. d. República, 1990, “Regulamento da gestão do consumo de energia para o setor dos transportes”.
- [7] Direção-Geral de Energia e Geologia, 2013, “Transportes”. [Online]. Disponível em: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/areas-setoriais/energia/eficiencia-energetica/auditorias-energeticas/transportes/>
- [8] Demographia, 2019. “Demographia World Urban Areas, 17th Annual Edition (Built-Up Urban Areas or World Agglomerations)”. [Online] Disponível em: <http://www.demographia.com/db-worldua.pdf>
- [9] Jones J., Genovese A., e Tob-Ogu A., 2019, “Hydrogen vehicles in urban logistics: A total cost of ownership analysis and some policy implications”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol.119, 109595.
- [10] Duarte G., Rolim C., e Baptista P., 2016, “How battery electric vehicles can contribute to sustainable urban logistics: A real-world application in Lisbon, Portugal.”, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol.15, pp. 71–78.
- [11] Dieselnet, 2015, “European Union Emission Standards”. [Online] Disponível em: <https://dieselnet.com/standards/eu/ld.php>, 2015
- [12] Franco V., Kousoulidou M., Muntean M., Ntziachristos L., Hausberger S., e Dilara P., 2013, “Road vehicle emission factors development: A review”, *Atmospheric Environment*, vol. 70, pp. 84– 97.
- [13] Silva C. M., Farias T. L., e Mendes-Lopes J. M. C., 2002. “EcoGest - Numerical Modelling Of The Dynamic, Fuel Consumption And Tailpipe Emissions Of Vehicles Equipped With Spark Ignition Engines”, *Urban Transport VIII*, vol. 60

- [14] Faria M., Duarte G., e Baptista P., 2019. "Assessing electric mobility feasibility based on naturalistic driving data." *Journal of Cleaner Production*, vol. 206, pp. 646-660.
- [15] Egbue O., e Long S., 2012, "Barriers to widespread adoption of electric vehicles: An analysis of consumer attitudes and perceptions." *Energy Policy*, vol. 48, pp. 717–729.
- [16] Olszewsk, M., 2011., "Evaluation of the 2010 Toyota Prius Hybrid Synergy Drive System", U.S. Department of Energy. [Online], Disponível em:<https://info.ornl.gov/sites/publications/files/pub26762.pdf>
- [17] Lorf C., Martinez-Botas R. F., Howey D. A., Lytton L., e Cussons B., 2013. "Comparative analysis of the energy consumption and CO2 emissions of 40 electric, plug-in hybrid electric, hybrid electric and internal combustion engine vehicles", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 23, pp. 12–19.
- [18] Howey D. A., Martinez-Botas R. F., Cussons, B., e Lytton, L., 2011. "Comparative measurements of the energy consumption of 51 electric, hybrid and internal combustion engine vehicles." *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 16(6), pp. 459–464.
- [19] Wyatt D. W., Li H., e Tate J. E., 2014. "The impact of road grade on carbon dioxide (CO2) emission of a passenger vehicle in real-world driving", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 32, pp. 160–170.
- [20] Frey H. C., Zhang K., e Roupail N. M., 2008. "Fuel use and emissions comparisons for alternative routes, time of day, road grade, and vehicles based on in-use measurements", *Environmental Science and Technology*, vol. 42, pp. 2483–2489.
- [21] Sentoff K. M., Aultman-Hall L., e Holmén B. A., 2015. "Implications of driving style and road grade for accurate vehicle activity data and emissions estimates", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 35, pp. 175–188.
- [22] Jiménez-Palacios J. L., 1999. "Understanding and Quantifying Motor Vehicle Emissions with Vehicle Specific Power and TILDAS Remote Sensing". *Dissertação de Doutorado*, Massachusetts Institute of Technology, Dept. of Mechanical Engineering.
- [23] Vlieger I., D. De, e Kretschmar, J. G., 2000. "Environmental Effects of Driving Behavior and Congestion Related to Passenger Cars", *Atmospheric Environment*, vol. 34, pp. 4649–4655.
- [24] Holmén B. A., e Niemeier D. A., 1998. "Characterizing the effects of driver variability on real-world vehicle emissions.", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 3, pp.117–128.

- [25] Barth M., e Boriboonsomsin K., 2009. "Energy and emissions impacts of a freeway-based dynamic eco-driving system", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol14, pp. 400–410.
- [26] Van Mierlo, J., Maggetto G., Van de Burgwal E., e Gense R., 2004. "Driving style and traffic measures-influence on vehicle emissions and fuel consumption". *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, vol. 218, pp. 43–50.
- [27] Faria M. V., Duarte G., Varella R. A., Farias T. L., e Baptista P. C., 2019. "Driving for decarbonization: Assessing the energy, environmental, and economic benefits of less aggressive driving in Lisbon, Portugal.", *Energy Research & Social Science*, vol. 47, pp. 113–127.
- [28] Gao Z., LaClair T., Ou S., Huff S., Wu G., Hao P., e Barth, M., 2019. "Evaluation of Electric Vehicle Component Performance over Eco-Driving Cycles". *Energy*. Vol. 172, pp. 823-839,
- [29] Ahn K., e Rakha H., 2007, "Field evaluation of energy and environmental impacts of driver route choice decisions", *IEEE Intelligent Transportation Systems Conference*.
- [30] Choudhary A., e Gokhale S., 2016. "Urban real-world driving traffic emissions during interruption and congestion.", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 43, pp. 59–70.
- [31] Faria M., Rolim C., Duarte G., Farias T.,e Baptista P., 2018. "Assessing energy consumption impacts of traffic shifts based on real-world driving data.", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 62, pp. 489–507.
- [32] Zacharof N. G., Fontaras G., 2016. "Review of in use factors affecting the fuel consumption and CO2 emissions of passenger cars", *Joint Research Centre (JRC), the European Commission's science and knowledge service*. [Online], Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/162256838.pdf>
- [33] Melo S., Baptista P., e Costa Á., 2014. "The Cost and Effectiveness of Sustainable City Logistics Policies Using Small Electric Vehicles.", *Sustainable Logistics*, vol. 6, pp.295–314.
- [34] Feng W., e Figliozzi M., 2013. "An economic and technological analysis of the key factors affecting the competitiveness of electric commercial vehicles: A case study from the USA market.", *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 26, pp. 135–145.
- [35] Li Y., Lim M. K., Tan Y., Lee S. Y., e Tseng M.-L., 2020. "Sharing economy to improve routing for urban logistics distribution using electric vehicles.", *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 153, 104585.

- [36] Foltiński M., 2014. "Electric Fleets in Urban Logistics.", *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 151, pp. 48–59.
- [37] De Mello Bandeira R. A., Goes G. V., Schmitz Gonçalves D. N., D'Agosto M. de A., e Oliveira C. M. de., 2019. "Electric vehicles in the last mile of urban freight transportation: A sustainability assessment of postal deliveries in Rio de Janeiro-Brazil.", *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol.67, pp. 491–502.
- [38] CTT, 2020, "Relatório de Acompanhamento do Plano de Racionalização dos Consumos de Energia (PRCE) 2019".
- [39] CTT, 2020, "e-Commerce cresce 20% em 2019 para 5,9 mil milhões de euros". [Online]. Disponível em: <https://www.ctt.pt/grupo-ctt/media/noticias/e-commerce-cresce-20-em-2019-para-5-9-mil-milhoes-de-euros>
- [40] Salvador F., 2016, "OP/ODP – Produção e Logística Formação Curso 8ª edição PDRH".
- [41] CTT, 2019, "Vamos mais longe para estar mais perto- Relatório Integrado 2019". [Online]. Disponível em: [https://relatoriointegrado2019.ctt.pt/pdf/relatorio-5\\_pt.pdf](https://relatoriointegrado2019.ctt.pt/pdf/relatorio-5_pt.pdf)
- [42] Supply Chain Magazine, 2018, "5.ª EDIÇÃO DO DRIVERS' CHALLENGE TEVE INÍCIO NO AUTÓDROMO DO ESTORIL". [Online]. Disponível em: <https://www.supplychainmagazine.pt/2018/04/17/5-a-edicao-do-drivers-challenge-teve-hoje-inicio-no-autodromo-do-estoril/>
- [43] Gomes F., 2017, "eFuel. O combustível que pode salvar os motores de combustão.". [Online]. Disponível em: <https://www.razaoautomovel.com/futuro/e-fuels-combustiveis-sinteticos>
- [44] Razão automóvel, 2018, "Audi e-diesel". [Online]. Disponível em: <https://www.razaoautomovel.com/futuro/e-fuels-combustiveis-sinteticos/audi-e-diesel>
- [45] Portal Energia, 2018, "Vantagens e desvantagens das células de combustível". [Online]. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/celulas-de-combustivel-vantagens-e-desvantagens/>
- [46] Razão Automóvel, 2018, "GPL e GNV. O que são e quais as vantagens para frotas". [Online]. Disponível em: <https://www.razaoautomovel.com/2018/04/gpl-gnv-o-que-sao-vantagens-frotas>
- [47] European Automobile Manufacturers Association, 2019, "NEW PASSENGER CAR REGISTRATIONS BY FUEL TYPE." [Online]. Disponível em: <https://www.acea.be/press-releases/article/fuel-types-of-new-cars-diesel-17.9-petrol-3.3-electric-40.0-in-first-quarte>
- [48] Portal mecânica online, 2017, "Rumo à recarga sem fio com o Renault Kangoo Z.E". [Online]. Disponível em: <http://mecanicaonline.com.br/wordpress/2017/05/27/rumo-a-recarga-sem-fio-com-o-renault-kangoo-z-e/>

- [49] Motor24, 2020, “Nissan e Voltia lançam novo furgão elétrico e-NV200 X”. [Online]. Disponível em: <https://www.motor24.pt/sites/carros-sites/nissan-e-voltia-lancam-novo-furgao-eletrico-e-nv200-xl/926256/> [Acedido em 9 julho 2020]
- [50] The Wheel Network, 2018, “2019 Volkswagen e-Crafter Electric Van (UK)”. [Online]. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=pkIP5qySWTw&ab\\_channel=TheWheelNetwork](https://www.youtube.com/watch?v=pkIP5qySWTw&ab_channel=TheWheelNetwork) [Acedido em 9 julho 2020]
- [51] Erento, 2020. [Online]. Disponível em: [https://www.erento.com/mieten/fahrzeuge\\_fluggeraete/kastenwagen,\\_bus\\_lkw/transporter/5392080125.html](https://www.erento.com/mieten/fahrzeuge_fluggeraete/kastenwagen,_bus_lkw/transporter/5392080125.html)
- [52] Cep Research, 2020, “SEUR adds 82 VW Caddy natural gas vehicles”. [Online]. Disponível em: <https://www.cep-research.com/news/seur-adds-82-vw-caddy-natural-gas-vehicles> [Acedido em 10 julho 2020]
- [53] Mascus, 2020. “FIAT DOBLÓ CARGO 1.4 T-JET GNC BASE MAXI PARA VENDA – ESPANHA”. [Online]. Disponível em: <https://www.mascus.pt/transporte/outros-camioes-usados/ fiat-doblo-cargo-1-4-t-jet-gnc-base-maxi/gyitrvqq.html> [Acedido em 10 julho 2020]
- [54] Motoreu, 2020. [Online]. Disponível em: <https://motoreu.com/pt/> [Acedido em 17 julho 2020]
- [55] Spritmonitor.de, 2020. [Online]. Disponível em: <https://www.spritmonitor.de/en/>. [Acedido em 16 julho 2020]
- [56] Mobi Portugal summit, 2019, “Manifesto contra funcionamento da rede de carregadores”. [Online]. Disponível em: <https://portugalms.com/manifesto-contra-funcionamento-da-rede-de-carregadores/>
- [57] European Automotive Manufactures Association, 2019. [Online]. Disponível em: <https://www.acea.be/> [Acedido em 17 julho 2020]
- [58] Gmobility, “Weel-to-wheel-How to better understand it”. [Online]. Disponível em: <https://gmobility.eu/what-is-well-to-wheel/> [Acedido em 17 julho 2020]
- [59] Volkswagen, “T is for Tank-to-wheel (TTW)” [Online], Disponível em: <https://www.volkswagenag.com/en/group/the-a-to-z-of-e-mobility/t-is-for-tank-to-wheel.html> [Acedido em 17 julho 2020]
- [60] E. European Commission, 2016, “Well-to-Wheels Analyses”. [Online]. Disponível em: <https://ec.europa.eu/jrc/en/jec/activities/wtw> [Acedido em 17 julho 2020]
- [61] Despacho de lei n.º 17313/2008. Tabela 1-Poderes Caloríficos Inferiores e Factores de Emissão para Combustíveis [Online]. Disponível em: <https://dre.pt/application/dir/pdf2sdip/2008/06/122000000/2791227913.pdf>
- [62] Baptista P., 2019, “Modelação de consumos energéticos e de emissões”, Energia nos transportes e mobilidade sustentável, pp 46, IN+ Center for Innovation, Technology and Policy Research of Instituto Superior Técnico.
- [63] European Environment Agency, 2020, “CO2 Intensity of Electricity Generation”. [Online]. Disponível

em: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/co2-intensity-of-electricity-generation>

[64] EMAS, 2013, “Declaração Ambiental”. [Online]. Disponível em: [https://www.apambiente.pt/\\_zdata/Instrumentos/GestaoAmbiental/EMAS/DA/63/12.pdf](https://www.apambiente.pt/_zdata/Instrumentos/GestaoAmbiental/EMAS/DA/63/12.pdf)

[65] bk lisboa, Babboe, Pro Trike XL. [Online]. Disponível em: <https://www.bkportugal.com/en/product/babboe-pro-trike-xl-yamaha>

[66] Kyburz, “Trolley 7 + 1 - The electric trolley”. [Online]. Disponível em: [https://kyburz-switzerland.ch/en/delivery\\_vehicles/etrolley7\\_1](https://kyburz-switzerland.ch/en/delivery_vehicles/etrolley7_1)

[67] Metro Lisboa, 2020, “Comprar”. [Online] Disponível em: <https://www.metrolisboa.pt/comprar/>

[68] Carris, 2019, “Os nossos números”. [Online]. Disponível em: <https://www.carris.pt/a-carris/empresa/os-nossos-numeros/>

## Anexos

Anexo 1 – Retirado do documento em referência [61]

Tabela 1 – Poderes Caloríficos Inferiores e Fatores de Emissão para Combustíveis

Combustível	PCI (MJ/kg)	PCI (tep/t)	FE (kgCO <sub>2</sub> e/GJ)	FE (kgCO <sub>2</sub> e/tep)
Antracite	26,7	0,638	98,2	4111,4
Betume / Alcatrão	40,2	0,96	80,6	3374,6
Biogásolina e Biodiesel	27	0,645	0	0,0
Briquetes de lignite	20	0,478	101,1	4232,9
Briquetes de turfa	16 — 16,8	0,382 — 0,401	105,9	4433,8
Carvão betuminoso	25,8	0,616	94,5	3956,5
Carvão sub-betuminoso	18,9	0,451	96,0	4019,3
Carvão vegetal	29,5	0,705	0	0,0
Combustível para motor (gasolina)	44 — 45	1,051 — 1,075	69,2	2897,3
Coque de Carvão	28,2	0,674	94,5	3956,5
Coque de forno / lignite ou gás	28,2 — 28,5	0,674 — 0,681	107	4479,9
Coque de Petróleo	31 — 32,5	0,740 — 0,776	97,5	4082,1
Etano	46,4	1,108	61,6	2579,1
Fuelóleo pesado	40 — 40,4	0,955 — 0,965	77,3	3236,4
Fuelóleo	41,2	0,984	77,3	3236,4
Gás de Alto Forno	2,5	0,060	259,4	10860,6
Gás de coqueria e de fábricas de Gás	38,7	0,924	44,7	1871,5
Gás de forno de acearia a oxigênio	7,1	0,170	171,8	7192,9
Gás de petróleo liquefeito	46 — 47,3	1,099 — 1,130	63,0	2637,7
Gás de Refinaria	49,5	1,182	51,3	2147,8
Gás natural (superior a 93% de metano)	47,2 — 48	1,127 — 1,146	56,1	2348,8
Gás natural liquefeito	44,2 — 45,2	1,056 — 1,080	64,1	2683,7
Gás natural (1)	45,1	1,077	64,1	2683,7
Gases de aterro/ lamas de depuração e outros biogases	50,4	1,204	0	0,0
Gasóleo / Diesel	42,3 — 43,3	1,010 — 1,034	74,0	3098,2
Hulha	17,2 — 30,7	0,411 — 0,733	97,5	4082,1
Lignite castanha	5,6 — 10,5	0,134 — 0,251	101,1	4232,9
Lignite negra	10,0 — 21	0,239 — 0,502	101,1	4232,9
Lubrificantes, ceras parafínicas e outros produtos Petrolíferos	40,2	0,960	73,3	3068,9
Madeira / resíduos de Madeira	13,8 — 15,6	0,330 — 0,373	0	0,0
Matérias-primas para refinaria	43	1,027	73,3	3068,9
Metano	50	1,194	54,9	2298,6
Monóxido de Carbono	10,1	0,241	155,2	6497,9
Nafta química / Condensados de gasolina	44,5	1,063	73,3	3068,9
Óleo de xisto	38,1	0,910	73,3	3068,9

Anexo 2 – Retirado do Documento com referência [62]

Poço-ao-Depósito

<b>WTT pathway</b>		<a href="#">Back to menu</a>				
Code		<b>COD1</b>	Description			
Final fuel		<b>Diesel fuel</b>	Crude oil from typical EU supply, transport by sea, refining in EU (marginal production), typical EU distribution and retail.			
<b>Results</b>						
		Energy expended MJ/MJ <sub>diesel</sub>	GHG emissions g CO <sub>2eq</sub> /MJ <sub>diesel</sub>			
			Total	as CO <sub>2</sub>	as CH <sub>4</sub>	as N <sub>2</sub> O
Standard steps	Actual steps					
Production & conditioning at source	Crude oil production	0,07	4,7	4,00	0,67	0,00
Transformation at source	NA					
Transportation to market	Crude oil transport	0,01	1,0	0,97	0,00	0,00
Transformation near market	Crude refining, marginal diesel	0,10	8,6	8,60	0,00	0,00
Conditioning & distribution	Distribution	0,01	0,6	0,58	0,02	0,01
	Dispensing at retail site	0,01	0,5	0,48	0,03	0,00
<b>Total WTT</b>		<b>0,20</b>	<b>15,4</b>			

Figura 1 – Fator de emissão de extração/produção (WtT) do gasóleo

<b>WTT pathway</b>		<a href="#">Back to menu</a>				
Code		<b>GMCG1</b>	Description			
Final fuel		<b>CNG</b>	EU-mix natural gas supply, transport to EU by pipeline (2500 km), distribution through high pressure trunk lines and low pressure grid, compression to CNG at retail point.			
<b>Results</b>						
		Energy expended MJ/MJ <sub>CNG</sub>	GHG emissions g CO <sub>2eq</sub> /MJ <sub>CNG</sub>			
			Total	as CO <sub>2</sub>	as CH <sub>4</sub>	as N <sub>2</sub> O
Standard steps	Actual steps					
Production & conditioning at source	NG production	0,03	4,0	1,79	2,22	0,00
Transformation at source	NA					
Transportation to market	NG long distance pipeline transport	0,06	5,1	3,07	2,03	0,04
Transformation near market	NA					
Conditioning & distribution	Distribution (HP)	0,01	0,6	0,54	0,02	0,01
	Distribution (LP)	0,00	0,0	0,00	0,00	0,00
	Compression and CNG dispensing at retail site	0,07	3,3	3,08	0,19	0,04
<b>Total WTT</b>		<b>0,17</b>	<b>13,0</b>			

Figura 2 – Fator de emissão de extração/produção (WtT) do GNC