



M 2015

U. PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

AVALIAÇÃO DE SOLUÇÕES DE LOGÍSTICA URBANA NA BAIXA DA CIDADE DE LISBOA: AS PERSPETIVAS DOS SETORES PÚBLICO E PRIVADO

RICARDO VILELA COIMBRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA

À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM SETEMBRO

ENGENHARIA CIVIL - PLANEAMENTO

AVALIAÇÃO DE SOLUÇÕES DE LOGÍSTICA URBANA NA BAIXA DA CIDADE DE LISBOA

As perspetivas dos setores público e privado

RICARDO VILELA COIMBRA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM PLANEAMENTO

Orientador: Professor Doutor Álvaro Fernando de Oliveira Costa

Coorientador: Doutora Sandra Maria de Brito Monteiro de Melo

SETEMBRO DE 2015

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2014/2015

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2014/2015 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2015.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Agradecimentos

Começo por agradecer ao professor Álvaro Costa, pela disponibilidade e orientação, sem as quais este trabalho não seria possível e à doutora Sandra Melo, pela dedicação, paciência e empenho que demonstrou durante todo o processo.

Aproveito para agradecer a cooperação da Câmara Municipal de Lisboa, pelos dados e apoio fornecidos para o caso de estudo e à EMEL e parceiros do projeto DOROTHY na divulgação do inquérito.

Pelo apoio, que sempre tive, quero agradecer aos meus pais, ao meu irmão e amigos.

E por fim, o meu especial agradecimento vai para a Cláudia e para os nossos filhos, Mariana e Tiago, pelo apoio e grande inspiração, nos momentos certos.

Resumo

A urbanização crescente e respetivo aumento da densidade populacional das cidades tem contribuído para um aumento significativo de usos e serviços nos centros urbanos e conseqüente aumento da procura/ocupação excessiva do espaço de circulação rodoviária. As cidades têm sentido os efeitos de um planeamento nem sempre suportado pela relação entre as redes de circulação e o desenho urbano e que conseqüentemente restringe o leque de soluções de possível implementação em centros urbanos consolidados. Este facto, refletido numa presença crescente de veículos de mercadorias que acedem diariamente aos centros urbanos, de diversas dimensões, a qualquer hora do dia, tem suscitado uma preocupação crescente da parte dos municípios devido aos níveis de poluição e congestionamento que são atribuídos à atividade de transporte.

A logística urbana tem sido um tema em debate nos últimos anos, no sentido de encontrar formas inovadoras de melhorarem as condições para a circulação nas cidades mas também para minimizarem os níveis de poluição, agravados pelo crescimento constante do número de veículos a circular nas cidades. Para conhecer as diversas soluções que existem no processo logístico em contexto urbano, é necessário entender primeiro quais os problemas que surgem neste âmbito, assim como os agentes envolvidos em todo o processo.

O objetivo deste trabalho é avaliar a eficácia de soluções que não dependem de alterações do desenho das infraestruturas rodoviárias na promoção de uma mobilidade sustentável em espaço urbano e a perceção que os operadores e as autarquias tem acerca dos mesmos. As soluções selecionadas para serem alvo de estudo neste trabalho foram: o planeamento de rotas alternativas, a introdução de veículos elétricos de dimensões reduzidas como veículo de transporte de mercadorias e a permissão aos veículos de mercadorias para utilizarem linhas dedicadas ao transporte público. Estas soluções foram avaliadas com recurso a um caso de estudo na baixa pombalina de Lisboa, tendo sido estimado o comportamento da rede rodoviária para cada categoria de veículos, através de diferentes indicadores de mobilidade e energia. Essa análise foi realizada com recurso à micro-simulação de tráfego para perceber os efeitos por grupo de intervenientes (transporte individual e transporte de mercadorias) e compreender os efeitos das soluções em termos de escala geográfica (cidade e bairro). Com o objetivo de validar a estimativa dos impactos das soluções selecionadas para cada grupo de stakeholders, foi realizado um inquérito de modo a explicitar as perceções dos setores público e privado perante as soluções em causa e confrontar os resultados quantitativos da micro-simulação com as expectativas demonstradas no inquérito.

Este trabalho demonstrou através de duas metodologias de análise distintas, por meio de micro-simulação e inquérito que a) é possível implementar soluções de logística urbana com resultados prometedores, sem alterar o desenho da malha urbana consolidada e b) aferir e quantificar *ex-ante* os impactos de soluções de logística urbana em indicadores que traduzem as perspetivas dos setores público e privado, contribuindo para melhorar a circulação rodoviária, o espaço urbano e a vida dos cidadãos.

Através da micro-simulação de tráfego, analisaram-se três soluções para a baixa pombalina da cidade de Lisboa e verificou-se que o planeamento de rotas alternativas foi a solução que apresentou impactos mais positivos a uma escala de rua e de cidade para o transporte de passageiros e de mercadorias. Estes resultados demonstraram estar em sintonia e coerência comos resultados do inquérito que demonstraram que esta solução seria a que reunia maior preferência por parte dos parceiros privados e públicos.

PALAVRAS-CHAVE: Logística urbana, setores público e privado, planeamento de rotas, veículos elétricos, vias partilhadas, micro-simulação de tráfego

Abstract

The growing developments and the demographic pressure in the cities contributed for an intensification of the use of the urban centres. These lead to a growing and excessive demand/occupation of the road network. The road planning process is not always consistent with the existing local road infrastructure and developments decreasing the availability of solutions in current urban centres. The presence of any size freight vehicles at any time of day raises concerns by the boroughs regarding traffic issues and pollution.

While there is a general discussion on the problems of urban logistics there are also innovative solutions for improving the circulation of the rising number of vehicles into the cities and to achieve lower pollution levels.

The best way to solve a problem is to look at its causes. The goal of this work is to assess efficient solutions without changing the existing local road infrastructures and promote sustainable road networks in urban spaces and understand the perception of public and private sectors about the solutions presented.

A case study in centre of Lisbon focuses on solutions regarding alternative routes, introduction of small electric vehicles as a freight vehicle and shared lanes for public transports and freight vehicles. This study determined the road infrastructure usage trends according to the vehicle classes, the level indicators of mobility and energy.

This work uses traffic microsimulation for the propose of assessing the effects by group of stakeholders (private vehicles and freight vehicles). The guideline provides the effects of solutions with a focus in the geographic framework (city and block). In order to support the impact of each solution for each stakeholder a questionnaire survey was designed and sent out to the public and private sectors. These allowed to contrast the microsimulation quantitative data to the data from the survey.

In exploring issues of microsimulation and questionnaire survey data, this work shown a) it is possible to implement urban logistic solutions without changing the existing road infrastructures and b) verify and assess the public and private sectors expectations in order to find balanced solutions to the quality of traffic, urban space and community quality of life.

Through the traffic micro-simulation, three solutions were evaluated for Lisbon downtown and it was concluded that the alternative route planning was the one presenting more evident evolutions. The conclusion was reinforced by the inquire results, which demonstrated that this solution is the most favorable for both sectors.

KEY WORDS: Urban Logistics, Public and Private sectors, Routing in real time, small electric vehicles, shared usage lane, microscopic traffic Simulation

Índice Geral

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO DO TEMA	1
1.2. LOGÍSTICA URBANA	3
1.3. OS PROBLEMAS	3
1.4. OS AGENTES	4
1.5. OBJETIVO DA INVESTIGAÇÃO	5
1.6. ESTRUTURA	6
1.7. METODOLOGIA	6
2. ESTADO DA ARTE	9
2.1. REVISÃO DE LITERATURA	9
2.2. REVISÃO DE LITERATURA VS. CONTRIBUTO DA DISSERTAÇÃO	19
3. CASO DE ESTUDO	23
3.1. INTRODUÇÃO	23
3.2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	24
3.2.1. Vias mistas - rua da Prata	25
3.2.2. Vias pedonais – rua Augusta	26
3.2.3. Vias exclusivas para transportes públicos – rua da Conceição	27
3.3. REGULAMENTAÇÃO RELEVANTE	28
3.3.1. Regulamento geral de estacionamento na via pública da cidade de Lisboa	28
3.3.2. Zona de Emissões Reduzidas – ZER	30
3.4. DADOS FORNECIDOS E UTILIZADOS NAS SIMULAÇÕES	31
3.4.1. Tipologia de veículos	31
3.4.2. Fluxos de tráfego	32
3.4.3. Localização dos lugares de carga e descarga	33
3.5. MICRO-SIMULAÇÃO	34
3.5.1. Construção do modelo	35

3.6. CENÁRIOS	38
3.6.1. Planeamento de rotas alternativas	39
3.6.2. SEV	46
3.6.3. Vias partilhadas.....	50
3.6.4. Discussão dos resultados	55
4. INQUÉRITO	59
4.1. CONTEÚDO	59
4.2. ANÁLISE DOS RESULTADOS	66
5. CONCLUSÕES	69
6. BIBLIOGRAFIA	73

Índice de Figuras

Figura 1 - Veículo La Petite Reine (fonte: www.avise.org)	16
Figura 2 - Caso piloto de Barcelona (www.civitas.eu)	19
Figura 3 - Polos turísticos da baixa de Lisboa (Imagem adaptada pelo autor)	24
Figura 4 - Ruas principais para o caso de estudo (Imagem adaptada pelo autor).....	25
Figura 5 - Rua da Prata, sentido norte-sul	26
Figura 6 - Rua da Prata, sentido sul-norte	26
Figura 7 - Rua Augusta, sentido sul-norte (fonte: Google Earth: StreetView)	27
Figura 8 - Rua Augusta, sentido norte-sul (fonte: Google Earth: StreetView)	27
Figura 9 - Rua da Conceição, sentido oeste-este.....	28
Figura 10 - Rua da Conceição, sentido este-oeste.....	28
Figura 11 - Zonas da ZER na cidade de Lisboa (fonte: CML)	31
Figura 12 - Esquema das entradas da baixa de Lisboa (Imagem adaptada pelo autor).....	33
Figura 13 - Localização dos lugares de estacionamento para as operações de carga e descarga (Imagem adaptada pelo autor)	34
Figura 14 - Rede pedonal desenhada no modelo.....	36
Figura 15 - Vias exclusivas para o transporte público na área de estudo	37
Figura 16 - Rede viária desenhada da área de estudo.....	38
Figura 17 - Planeamento de rotas alternativas - percurso base	39
Figura 18 - Planeamento de rotas alternativas – Alternativa A.....	40
Figura 19 - Planeamento de rotas alternativas – Alternativa B.....	40
Figura 20 - Planeamento de rotas alternativas – Alternativa C	41
Figura 21 - Alterações nos fluxos do percurso base associados ao planeamento de rotas alternativas	43
Figura 22 - Alterações do tempo de atraso do percurso base associados ao planeamento de rotas alternativas	44
Figura 23 - Alterações nos consumos de combustível do percurso base associados ao planeamento de rotas alternativas	44
Figura 24 - Quarteirão definido para a análise dos SEV e vias partilhadas	48
Figura 25 - SEV - Fluxos para os diferentes cenários ao nível do quarteirão	48
Figura 26 - SEV - Tempos médios de atraso para os diferentes cenários ao nível do quarteirão	49
Figura 27 - SEV - Consumos de combustível para os diferentes cenários ao nível do quarteirão	50

Figura 28 - Esquema da distribuição de tráfego para a via partilhada	51
Figura 29 - Vias partilhadas - Fluxos ao nível do quarteirão	53
Figura 30 - Vias partilhadas - Tempos médios de atraso ao nível do quarteirão	54
Figura 31 - Vias partilhadas - Consumos de combustível ao nível do quarteirão	55
Figura 32 - Inquérito – Resultados da questão 1	60
Figura 33 - Inquérito – Resultados da questão 2	60
Figura 34 - Inquérito - Resultados da questão 3	61
Figura 35 - Inquérito - Resultados da questão 4	62
Figura 36 - Inquérito - Resultados da questão 5	62
Figura 37 - Inquérito - Resultados da questão 6	63
Figura 38 - Inquérito - Resultados da questão 7	64
Figura 39 - Inquérito - Resultados da questão 8	64
Figura 40 - Inquérito - Resultados da questão 9	65
Figura 41 - Inquérito - Opinião do setor público	66
Figura 42 - Inquérito - Opinião do setor privado	67

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Custos e benefícios da plataforma TIC (Campagna A. e Filippi F., 2009)	15
Tabela 2 - Resumo dos estudos da revisão de literatura	20
Tabela 3 - Resultados no planeamento de rotas alternativas para a rede	42
Tabela 4 - Distribuição dos fluxos dos SEV	46
Tabela 5 - Resultados dos SEV na rede geral.....	47
Tabela 6 - Resultados das vias partilhadas para a rede geral.....	52
Tabela 7 - Tabela resumo das soluções simuladas	55

1 INTRODUÇÃO

1.1. ENQUADRAMENTO DO TEMA

A urbanização crescente e respetivo aumento da densidade populacional das cidades tem contribuído para um aumento significativo de usos e serviços nos centros urbanos e consequente aumento da procura/ocupação excessiva do espaço de circulação rodoviária. Esta ocupação tem impactos nefastos na qualidade de vida urbana, nomeadamente a nível ambiental, económico e social, uma vez que contribui para uma "penalização do tempo de trabalho, diminuição da produtividade, atraso nas entregas, maior consumo de energia, congestionamento, escassez de estacionamento, dificuldade nas operações de cargas e descarga, poluição sonora e atmosférica." (Pereira, M. e Teixeira, J., 2002).

Neste contexto, as cidades têm sentido os efeitos de um planeamento nem sempre suportado pela relação entre as redes de circulação e o desenho urbano e que consequentemente restringe o leque de soluções de possível implementação em centros urbanos consolidados. Adicionalmente à limitação da infraestrutura, o crescimento do índice de motorização tem contribuído para que "mais de 70% dos cidadãos europeus já vivam em cidades congestionadas" (Witkowski, J. e Kiba-Janiak, M., 2014). Além disso, as projeções da Comissão Europeia (2011) indicam que se "espera que em 2050 nos países da UE, o transporte rodoviário continue a desempenhar um papel dominante no transporte de mercadorias e passageiros" (Witkowski, J. e Kiba-Janiak, M., 2014). Este facto, refletido numa presença crescente de veículos de mercadorias que acedem diariamente aos centros urbanos, de diversas dimensões, a qualquer hora do dia, tem suscitado uma preocupação crescente da parte dos municípios devido aos níveis de poluição e congestionamento que são atribuídos à atividade de transporte.

Os problemas que os transportes de mercadorias enfrentam nas cidades não são um tema novo, mas recentemente têm sido alvo de uma maior preocupação e discussão. São vários, de diferentes escalas e devem ser visualizados e analisados de forma distinta, tendo em consideração as limitações físicas da rede viária urbana e da própria dimensão da cidade. Na maioria das cidades europeias, estando a malha urbana já definida e consolidada e não sendo possível de a redesenhar, é necessário que se façam alterações no funcionamento do sistema que melhorem a sua sustentabilidade, considerando que a "questão da sustentabilidade deve também ter em conta o transporte de mercadorias" (Anderson, S. et al., 2005). É neste cenário de crescente preocupação com a sustentabilidade do transporte de mercadorias nas cidades, que surge o conceito de logística urbana, tema que recentemente tem assumido uma grande relevância no contexto da administração local.

Com o intuito de minorar todos esses problemas, os stakeholders locais têm procurado encontrar algumas soluções que não dependem da alteração da infraestrutura rodoviária e portanto, de menor investimento da parte do sector publico. Estas soluções podem otimizar a utilização da infraestrutura

rodoviária, privilegiando o transporte de mercadorias, considerar a utilização de veículos mais eficientes e mais ecológicos ou introduzir tecnologias de informação que permitam analisar e planear em tempo real percursos mais curtos e reduzir o número de viagens. Nesse âmbito, recentemente tem sido abordado na literatura relacionada com transporte urbano de mercadorias o uso de tecnologias de informação e comunicação (TIC) na rede de transportes de mercadorias, o uso partilhado de vias entre veículos de transporte público de passageiros e mercadorias e a utilização de veículos de pequenas dimensões e amigos do ambiente para o transporte de mercadorias. Estas soluções serão analisadas com maior detalhe nas secções de estado da arte e do caso de estudo, procurando conhecer um pouco melhor cada uma delas, divulgando estudos teóricos e casos que foram postos em prática, bem como os resultados obtidos, descrevendo o contexto em que foram aplicadas.

Com base na análise desses exemplos, a presente dissertação irá desenvolver uma avaliação de soluções de logística urbana com o objetivo de avaliar a eficácia de soluções que não dependem de alterações no desenho da infraestrutura rodoviária na promoção de uma mobilidade sustentável em espaço urbano. Os objetivos específicos do trabalho incluem ainda a) perceber quais as perspetivas do setor público e privado, como se relacionam entre si e b) tentar quantificar os impactos das soluções e relacionar esses impactos com a perceção que os stakeholders públicos e privados têm acerca das mesmas. A avaliação e respetiva quantificação será efetuada com recurso a ferramenta de simulação de tráfego, através de um modelo de uma zona da cidade de Lisboa onde estão identificados vários problemas no âmbito da logística urbana, onde serão avaliadas soluções ao nível energético e de mobilidade. A construção e análise de vários cenários, sob a perspetiva do administrador local do bem público em geral, com diferentes soluções de gestão e distribuição de tráfego de mercadorias, especialmente sistemas de informação, novos usos na rede viária e novas formas de transporte, poderá ser um exemplo de ferramenta de apoio a decisão para as autarquias que estude e analise as melhores medidas a implementar face ao que se vive atualmente e posteriormente que antecipe quantitativamente alguns efeitos a curto prazo dessa implementação. Complementarmente, será elaborado um inquérito, divulgado no Cluster de Logística Urbana de Lisboa e Vale do Tejo através do projeto europeu DOROTHY, para que sejam conhecidas as perspetivas dos intervenientes perante os problemas que existam atualmente e as soluções que se podem vir a apresentar e a implementar, cruzando estas opiniões com os outputs obtidos com a simulação de tráfego. Os resultados desta análise multidisciplinar permitirão aferir se os setores público e privado estão alinhados nos seus objetivos, perceções e preferências no âmbito da logística urbana.

1.2. LOGÍSTICA URBANA

A ligação entre a logística e a cidade, de onde surge o conceito de logística urbana na década de 90, só recentemente tem sido reconhecida a nível de planeamento urbano e de transportes por parte das autarquias locais. A logística urbana é definida como “o processo de otimização da logística e das atividades de transportes por companhia privadas em áreas urbanas, na consideração simultânea do tráfego, do congestionamento e do consumo de energia no quadro de uma economia de mercado” (Taniguchi, E. et al., 2001).

Com o objetivo de levar o produto final até aos consumidores, é necessário a colaboração de várias entidades, no processo de encaminhar um produto desde a sua origem até ao destino, passando por diferentes fases como armazenamento, transporte e distribuição, que se denomina por cadeia de abastecimento (supply chain).

A literatura que define o conceito de logística urbana, refere-se também a esta atividade como a última milha (last mile) no transporte de mercadorias e à distribuição de bens em meio urbano (Melo S., 2010), ou seja, é a última etapa da cadeia de abastecimento do processo de entrega do produto ao cliente, sendo considerada a etapa mais problemática e menos eficiente da cadeia, pelo facto de incluir os desafios que a entrega em centros urbanos exige, bem como os problemas que são considerados e já referidos neste trabalho, designadamente o congestionamento e a poluição.

Há três componentes principais que constituem a logística urbana: o modo como o transporte carrega a mercadoria, as infraestruturas que suportam as operações relacionadas e as operações relacionadas com a sua organização e gestão (Dablanc, L. e Rodrigue, J.P., 2014).

A logística urbana acontece em áreas com grande densidade de edifícios e população e onde há uma grande procura por bens e serviços (Melo, S. et al., 2014) e a literatura revela-se unânime no sentido de identificar os problemas da logística urbana, ou seja, os movimentos de bens que são afetados por particularidades associadas ao tráfego e morfologia urbana, são geralmente os atrasos causados pelo congestionamento, falta de lugares de estacionamento, uma proximidade dos veículos de transporte de mercadorias com outros usuários da via rodoviária. (Muñuzuri, J. et al., 2005).

1.3. OS PROBLEMAS

Têm sido diversos os problemas encontrados nos centros urbanos relacionados direta ou indiretamente com os transportes de mercadorias. Pereira, M. e Teixeira, J. (2002) fazem referência a esses problemas, de acordo com o que tem sido discutido na literatura sobre logística urbana, organizando-os em diferentes categorias: congestionamento, estacionamento e lugares de carga e descarga, políticas de circulação e transportes, estruturas retalhistas, empresas de transporte e outros.

Geralmente os transportadores operam simultaneamente nos dias úteis da semana, normalmente da parte da manhã, originando uma sobrecarga da rede viária, o que leva ao aumento considerável do tráfego nesse período do dia e causa um agravamento nos tempos de deslocação dos transportes de mercadorias. Outra causa do congestionamento nos centros das cidades é a própria morfologia urbana, que não tem capacidade para receber tantos veículos e de dimensões que ficam aquém do admissível em cruzamentos e curvas do traçado da rede viária da cidade, dificultando as manobras e movimentos dos transportes.

O estacionamento e lugares para as operações de carga e descarga existente nos centros das cidades é subdimensionado, existindo um défice de lugares exclusivos aos transportes de mercadorias. Geralmente nota-se uma ocupação indevida desses locais por parte de veículos que não são de transporte de

mercadorias, o que leva geralmente a infrações praticadas pelos transportadores, como estacionamento em via pública, e consequentemente custos associados, para além de haver uma localização muitas vezes inadequada a esse estacionamento, o que leva a aumentos nos tempos de entrega.

Sob o ponto de vista da política de circulação e transportes que se têm vindo a praticar nas cidades, têm-se notado mais restrições e/ou interdições de acesso a veículos de transporte de mercadorias a certos locais dos centros urbanos, obrigando a que os operadores de logística alterem o plano de distribuição mediante o que está estabelecido, dependendo do local e da própria cidade. Nos centros urbanos realçam-se a existência de ruas de sentido único com o objetivo de aumentar a fluidez do tráfego, mas para o transporte de mercadorias isso pode levar a um prolongamento dos percursos e dos tempos de viagem. Assim como as ruas de sentido único, as cidades adotam cada vez mais as vias exclusivas para os transportes públicos, diminuindo a capacidade da rede e levam a que, como os veículos de transporte de mercadorias não podem circular nas vias para transporte coletivo, efetuem a paragem na outra via, gerando um conflito cada vez maior entre veículos de transporte individual e mercadorias.

Os centros urbanos são caracterizados essencialmente pelo comércio, que normalmente está associado a lojas de pequenas dimensões, não tendo capacidade para armazenar grandes quantidades de bens, obrigando a que haja uma frequência elevada de entregas mas uma redução na dimensão nas encomendas. Este aumento de frequência e diminuição da dimensão das encomendas pode levar a veículos de mercadorias subutilizados ou veículos mais pequenos, obrigando a um aumento nas viagens entre o posto abastecedor e o retalhista. As operações de logística estão condicionadas pelos horários de funcionamento dos estabelecimentos, levando a que as empresas de transporte de mercadorias tenham de efetuar o planeamento de acordo com esses horários. Por fim, denota-se um aumento das entregas ao domicílio que, apesar de aumentar a necessidade de transporte de mercadorias, o facto de as residências dos clientes estarem dispersas, obrigam a um planeamento rigoroso para rentabilizar a capacidade de carga dos veículos, realizando várias operações para diferentes destinos.

Alguns dos problemas que as empresas de transporte de carga e descarga têm enfrentado vão de encontro com os preços praticados que não estão de acordo com a diferenciação das operações (Pereira, M. e Teixeira, J., 2002), não havendo distinção entre os locais onde se procede a entrega das encomendas, bem como dos horários em que são praticadas. Conforme já foi referido em pontos anteriores, existe também a utilização de veículos que não se adequam ao desenho urbano e existem algumas dificuldades no planeamento da distribuição de bens, agravadas pela falta de comunicação entre clientes e operadores e pelas restrições horárias para as operações.

Para além dos problemas que foram referenciados, há ainda as restrições provenientes dos regulamentos sanitários e de higiene alimentar, não admitindo o transporte de alguns bens com outros que exigem um maior controlo, bem como não há permissão para que alguns bens sejam transportados num qualquer tipo de veículo, exigindo que haja um transporte específico para um certo tipo de produtos. Existe ainda uma dependência das empresas de logística dos fornecedores, podendo originar desde o início da cadeia de distribuição alguns atrasos e diferentes e mais longos percursos, levando a maiores custos, aquando da conclusão da operação de distribuição e entrega das mercadorias.

1.4. OS AGENTES

Reconhecendo que o sucesso das soluções depende da adesão e equilíbrio de posições entre os principais intervenientes que interagem no sector da logística urbana nas cidades, há uma necessidade de perceber

e refletir as preocupações dos diferentes stakeholders: o poder local, operadores de transporte de mercadorias, os fabricantes, os grossistas, os retalhistas e os consumidores, sendo que "cada uma dessas partes interessadas tem diferentes expectativas em relação à logística da cidade" (Witkowski, J. e Kiba-Janiak, M., 2014).

Cada um dos intervenientes do processo entende de maneira diferente os problemas e as soluções para o sistema de transportes, e existem diferentes necessidades, diferentes interpretações dos problemas e soluções, originando conflitos e processos demorados na realização de políticas dos transportes, e uma incerteza na forma como as soluções inovadoras e tecnológicas podem ser recebidas por essas partes interessadas. O poder local realiza um papel único no planeamento da cidade e a sua função é elaborar políticas que contribuam para que as empresas de transporte de mercadorias tenham alternativas para se mudarem as suas ações, de forma a que sejam mais eficientes. Essa "elaboração de políticas sobre o transporte urbano requer uma visão integrada no que diz respeito às várias opções alternativas, as suas possíveis consequências para o desempenho do sistema de transporte urbano, e as condições sociais para a sua implementação", cita Marchau, V. et al., 2008, segundo o que foi dito por Bertolini, L. et al., 2008.

Em todos os centros urbanos, é esperado por parte do poder local que as decisões que se vão tomando sejam em prol do melhoramento da qualidade de vida da cidade, ao nível social, económico e ambiental. Em relação ao tema da logística urbana, as autoridades locais têm ainda o desafio acrescido de "resolver conflitos entre as partes envolvidas na logística urbana, assegurando simultaneamente o desenvolvimento sustentável da cidade" (Witkowski, J. e Kiba-Janiak, M., 2014). Para minimizar esses conflitos, a Comissão Europeia (2007) aconselha que as autoridades locais devem considerar o transporte de passageiros e transporte de mercadorias em conjunto como um único sistema, de forma a que não haja interferência no bom funcionamento de ambos. Para que essa sintonia seja conquistada, há uma necessidade fulcral de intersectar as ideias e prioridades dos intervenientes, diretos ou indiretos, nas operações de logística urbana, nomeadamente os agentes locais, os operadores e os cidadãos. Esse cruzamento de opiniões deve ser realizado para que se encontrem soluções que sejam potencialmente benéficas para todos e que dessa forma, sejam mais facilmente postas em prática.

1.5. OBJETIVO DA INVESTIGAÇÃO

O objetivo deste trabalho é avaliar a eficácia de soluções que não dependem de alterações do desenho das infraestruturas rodoviárias na promoção de uma mobilidade sustentável em espaço urbano e a perceção que os operadores e as autarquias tem acerca dos mesmos. As soluções selecionadas para serem alvo de estudo neste trabalho foram: o planeamento de rotas alternativas, a introdução de veículos elétricos de dimensões reduzidas como veículo de transporte de mercadorias e a permissão aos veículos de mercadorias para utilizarem linhas dedicadas ao transporte público. Estas soluções foram avaliadas com recurso a um caso de estudo na baixa pombalina de Lisboa, tendo sido estimado o comportamento da rede rodoviária para cada categoria de veículos, através de diferentes indicadores de mobilidade e energia. Essa análise será realizada com recurso à micro-simulação de tráfego para perceber os efeitos por grupo de stakeholders (transporte individual e transporte de mercadorias) e compreender os efeitos das soluções em termos de escala geográfica (cidade e bairro).

Com o objetivo de reforçar a estimativa dos impactos das soluções selecionadas para cada grupo de stakeholders, foi realizado um inquérito de modo a explicitar as perceções dos setores público e privado perante as soluções em causa e confrontar os resultados quantitativos da micro-simulação com as expectativas demonstradas no inquérito.

1.6. ESTRUTURA

O presente trabalho tem o objetivo de avaliar a eficácia de soluções de logística urbana que não dependem de alterações do desenho das infraestruturas rodoviárias na promoção de uma mobilidade sustentável em espaço urbano e conhecer as opiniões dos stakeholders sobre diferentes soluções. Para atingir estes objetivos, este trabalho está estruturado da seguinte forma.

No segundo capítulo é feita uma breve introdução do tema escolhido, fazendo um enquadramento da logística urbana, retratando os problemas que lhe estão associados e os agentes envolvidos no processo. É feita ainda uma breve explicação do que se propõem realizar no âmbito desta dissertação.

No terceiro capítulo apresenta-se o estado da arte sobre a logística urbana, com recurso a estudos teóricos e casos práticos, e sobre as soluções específicas que serão analisadas e utilizadas no caso de estudo. Neste capítulo é feita a relação entre as soluções que foram analisadas no estado da arte e o que se pretende fazer no caso de estudo.

No quarto capítulo é apresentado o caso de estudo, onde se faz a sua caracterização, apresentando a regulamentação existente e relevante para o trabalho. É ainda realizada uma breve explicação do software utilizado para o estudo, bem como os dados fornecidos para utilizar no mesmo. De seguida, descrevem-se os cenários analisados e apresenta-se a discussão dos resultados.

No capítulo seguinte é apresentado o inquérito realizado para dar um contributo significativo a este trabalho, focando-se no tema proposto e efetuando uma análise às perspetivas do setor público e setor privado, face à situação atual no centro de Lisboa e às soluções analisadas.

Por fim, no último capítulo, relatam-se as conclusões do caso de estudo e do inquérito. As soluções foram avaliadas com recurso à micro-simulação de tráfego para perceber os efeitos por grupo de stakeholders (transporte individual e transporte de mercadorias) e compreender os efeitos das soluções em termos de escala geográfica (cidade e quarteirão). Usando como caso de estudo o centro da cidade de Lisboa, foi estimado o comportamento da rede rodoviária para cada categoria de veículos, através de diferentes indicadores de mobilidade e energia. Com o intuito de reforçar a estimativa dos impactos das soluções selecionadas para cada grupo de stakeholders, o inquérito surge de modo a explicitar as perceções dos setores público e privado perante as soluções em causa e confrontar os resultados quantitativos da micro-simulação com as expectativas demonstradas no inquérito.

1.7. METODOLOGIA

A presente dissertação irá desenvolver uma avaliação de soluções de logística urbana com o objetivo de avaliar a eficácia de soluções que não dependem de alterações no desenho da infraestrutura rodoviária na promoção de uma mobilidade sustentável em espaço urbano. A avaliação e respetiva quantificação será efetuada com recurso a ferramenta de simulação de tráfego, através de um modelo de uma zona da cidade de Lisboa onde estão identificados vários problemas no âmbito da logística urbana, onde serão avaliadas soluções ao nível energético e de mobilidade. A construção e análise de vários cenários, sob a perspetiva do administrador local do bem público em geral, com diferentes soluções de gestão e distribuição de tráfego de mercadorias, especialmente sistemas de informação, novos usos na rede viária e novas formas de transporte, poderá ser um exemplo de ferramenta de apoio a decisão para as autarquias que estude e analise as melhores medidas a implementar face ao que se vive atualmente e posteriormente que antecipe quantitativamente alguns efeitos a curto prazo dessa implementação. Complementarmente, será elaborado um inquérito, divulgado no Cluster de Logística Urbana de Lisboa e Vale do Tejo através

do projeto europeu DOROTHY, para que sejam conhecidas as perspetivas dos intervenientes perante os problemas que existam atualmente e as soluções que se podem vir a apresentar e a implementar, cruzando estas opiniões com os outputs obtidos com a simulação de tráfego. Os resultados desta análise multidisciplinar permitirão aferir se os setores público e privado estão alinhados nos seus objetivos, perceções e preferências no âmbito da logística urbana.

2

ESTADO DA ARTE

2.1. REVISÃO DE LITERATURA

Nas palavras de Bordouin e Morel (2002), segundo Pereira, M. e Teixeira, J. (2002), “A cidade é um espaço logístico”, referindo-se ao facto dos centros urbanos albergarem tantos serviços e equipamentos, que conduzem a uma necessidade de bens frequente a serem enviados e recebidos diariamente. O conceito de logística já é antigo, tendo tido origem em táticas militares, e é utilizado em disciplinas que exigem um “processo estratégico de planeamento, implementação e controlo de fluxos de materiais/produtos, serviços e informação relacionada, desde o ponto de origem ao de consumo, de acordo com as necessidades dos elementos a serem servidos pelo sistema logístico em causa” (Carvalho, J.M., 1993) citado por Melo, S. (2002).

Na análise dos artigos relacionados com o tema da logística urbana é possível detetar uma preocupação dominante com a necessidade de aumentar a mobilidade e reduzir o congestionamento e os níveis de poluição e ruído. Boscacci, F. e Maggi, E. (2004), segundo Campagna, A. e Filippi, F. (2009), referem que o que tem sido defendido na literatura é a redução de veículos de mercadorias nos centros urbanos, a redução dos impactos negativos (níveis de poluição sonora e atmosférica, consumo de energia e risco de acidentes) e a contribuição para o crescimento económico e social da cidade.

Huschebeck, M. (2001) realizou um inquérito em várias cidades europeias junto das entidades locais no sentido de apurar quais os principais problemas na política do transporte de mercadorias. Chegou à conclusão que os principais problemas de abastecimento de mercadorias em centros urbanos são o uso excessivo da infraestrutura rodoviária e a poluição que lhe está associada.

Perante a impossibilidade generalizada de alterar o espaço físico da cidade, uma restrição comum em centros urbanos consolidados, surge a necessidade de explorar outras opções que conduzam a uma minimização dos impactos sociais, ambientais e económicos desta atividade.

No inquérito de Huschebeck realizado a autoridades locais e operadores logísticos, foram relatadas as prioridades para minimizar esses impactos. Seguindo pela ordem descrita: 1) a prioridade máxima é dotar o espaço urbano de infraestruturas para as operações de logística, como por exemplo, lugares de estacionamento exclusivo para cargas e descargas, rampas de acesso a estabelecimentos; 2) a redução do ruído, tanto dos veículos utilizados nas cargas e descargas, como das respetivas operações; 3) a necessidade de garantir o acesso às zonas pedonais dos centros urbanos, zonas estas que têm crescido exponencialmente ao longo dos anos, de forma a garantir as entregas em todos os estabelecimentos; 4) a necessidade de evitar os conflitos entre os transportes de mercadorias no momento das operações de

carga e descarga, com os restantes veículos; 5) a redução da poluição ambiental; 6) a garantia de uma maior fluidez no tráfego urbano.

Estas prioridades traduzem-se em diversas iniciativas no âmbito da logística urbana para responder a estes desafios, sendo divididas em três categorias distintas de acordo com Melo, S., 2010: medidas na gestão das infraestruturas e espaço urbano, medidas tecnológicas e operacionais e medidas legislativas e organizacionais.

- Medidas na gestão das infraestruturas e espaço urbano

Sistemas subterrâneos de distribuição de mercadorias: o aumento gradual do número de veículos a circular as cidades e a saturação da rede viária urbana que se encontra no limite da sua capacidade, conduz a novas soluções para o transporte de mercadorias até aos centros urbanos, em que uma das hipóteses que tem sido estudada é a utilização de sistemas subterrâneos para realizar a distribuição.

Zonas de carga e descarga: é necessário a criação de zonas de carga e descarga para as operações de logística para o bom funcionamento do resto da rede de circulação, evitando constrangimentos na mesma. Estas zonas têm como objetivo evitar o estacionamento ilegal e paragens em faixas de rodagem, mas para tal é necessário que a localização das mesmas seja adequada às atividades de logística e que haja a devida fiscalização por parte das entidades competentes.

Centros de distribuição urbanos: com o objetivo de tornar a última etapa de distribuição mais simples e eficiente e de estar apenas focada na distribuição nos centros urbanos, estas pequenas plataformas estão localizadas no interior da área urbana, de forma a receber transportes de grandes dimensões, distribuindo a sua mercadoria mais consolidada por veículos mais pequenos ou veículos com uma maior taxa de carga, a fim de fazerem a distribuição no centro da cidade de forma mais eficaz.

- Medidas tecnológicas e operacionais

Sistemas de transporte inteligentes: Através de aplicações de sistemas de informação e comunicação na gestão de tráfego, gestão das frotas, gestão dos terminais e plataformas logísticas, agendamento e planeamento de rotas, procura-se que, através da obtenção da informação de forma rápida e da capacidade de dar uma resposta imediata para um planeamento das operações, haja uma maior eficácia na rede de transportes de mercadorias. Esta medida pode ser vantajosa para as entidades públicas e privadas, no planeamento e organização das suas operações e serviços.

Planeamento de rotas: esta iniciativa está relacionada com a anterior e será examinada mais detalhadamente nos capítulos seguintes. Resumidamente, é um processo no qual é definida a melhor rota a percorrer, analisando os custos, o tempo e a distância, considerando a origem-destino, o tipo de veículo, a carga e horários permitidos para as operações de carga e descarga.

Sistemas colaborativos: estes sistemas visam a cooperação entre lojistas e comerciantes do mesmo ramo e de preferência que a localização dos seus estabelecimentos seja próxima para que o sistema de transporte e distribuição seja otimizado e que a entrega se efetue mais rapidamente.

Combustíveis alternativos: esta iniciativa está mais relacionada com o aspeto ambiental das operações dos transportes de mercadorias, mas também com a performance do veículo. No fundo, a preocupação

passa por obter melhores resultados a nível das emissões poluentes que se têm agravado nos centros urbanos, mas não descurando a necessidade de manter os serviços de transporte e entrega de mercadorias com o mesmo nível de eficácia, ou se possível, melhorá-lo.

- Medidas legislativas e organizacionais

Políticas de preços: A aplicação da política de preços ao setor do transporte de mercadorias só pode ser concretizada se se tiver em conta as medidas económicas aplicadas a todos os transportes, numa determinada área. Medidas tais como: os impostos que recaem sobre os combustíveis, sobre os veículos; os subsídios ao transporte público; as deduções fiscais ao transporte; a tarifação rodoviária; as taxas de estacionamento, etc. Ou seja, só com uma análise a todo o sistema fiscal é possível retirar conclusões sobre a aplicação da política de preços ao transporte de mercadorias. No entanto é possível fragmentar esta análise e contextualizar a influência da aplicação de medidas fiscais e da regulamentação no sucesso da aplicação da política de preços, antecipando os resultados expectáveis no sentido de minimizar a indefinição de alguns aspetos tais como os métodos usados para quantificar os custos, os custos medidos, a abordagem a seguir, as taxas a cobrar, as estratégias a serem financiadas, que são pontos pouco favoráveis à aceitação da política de preços.

Regulamentação de acessos: para haver disciplina no processo do transporte de mercadorias, evitando mais conflitos e constrangimentos, é necessário uma política de restrições, seja ao nível das emissões, do peso e das dimensões do veículo. Para que funcione, deve ser idêntica em toda a cidade e ao abrigo de uma estratégia nacional para o bom funcionamento da rede de transportes.

Estratégias de vias reservadas: esta medida poderá ter diferentes soluções, dependendo da morfologia, da procura e das políticas locais existentes, etc. Neste contexto podemos encontrar as vias exclusivas para transporte de mercadorias, assim como já existe para transporte público de passageiros, mas também as vias partilhadas entre veículos de transporte público e mercadorias, solução que será abordada nos próximos capítulos.

Licenças: de forma a restringir o espaço urbano para certas atividades, as licenças surgem com o objetivo de permitir aos operadores o acesso a certas ruas ou zonas da cidade, perante o cumprimento de requisitos específicos, de forma condicionada.

Sistemas de cooperação de transporte de mercadorias: com o objetivo de obter uma maior eficácia nas operações de transporte de mercadorias, reduzindo nos tempos de viagem e distâncias percorridas, bem como na otimização das cargas dos veículos utilizados, a cooperação pode surgir na construção e manutenção das plataformas logísticas, na utilização dos mesmos meios de transporte e no uso partilhado de sistemas de informação.

Ao longo deste trabalho, serão apresentadas e abordadas soluções que devido ao contexto atual se destacam das restantes e que não dependem de alterações do desenho das infraestruturas rodoviárias na promoção de uma mobilidade sustentável em espaço urbano e a perceção que os operadores e as autarquias tem acerca dos mesmos. Como tal, as soluções referenciadas e sugeridas no contexto da área do caso de estudo são:

- Planeamento de rotas alternativas

- Adoção de veículos não poluentes para a distribuição de mercadorias (ex. Veículos elétricos de dimensões reduzidas - SEV)
- Utilização de vias atualmente exclusivas de transporte público de forma partilhada por transporte de mercadorias

A introdução de tecnologias de informação e comunicação (TIC) na logística urbana tem o objetivo de melhorar a cadeia de distribuição do transporte de mercadorias, bem como a troca de dados entre os centros de distribuição e os veículos de forma a aumentar a eficácia do transporte e entrega das mercadorias. “É bem reconhecido que as TIC funcionam como o sistema nervoso de uma cadeia de transporte multimodal e trazem vários benefícios para as organizações, fornecendo visibilidade "real time", troca de dados eficiente e melhor flexibilidade para reagir a mudanças inesperadas durante o transporte” (Perego, A. et al., 2011).

Um exemplo relevante de aplicação das TIC ao transporte de mercadorias é o planeamento de rotas alternativas. "A utilização de software de planeamento de rotas enquadra-se numa tendência progressiva de utilização de tecnologias com aplicação na área de transportes. Esta tendência, que teve um desenvolvimento relevante na década de 90, sustenta que as principais ferramentas para a mudança são as tecnologias de informação e comunicação para melhor planear, monitorizar e controlar as atividades de transporte” (Yoshimoto, R. e Nemoto, T., 2005).

Quando falamos das TIC no campo da logística urbana, o seu objetivo principal é facilitar a circulação rodoviária nos centros das cidades, e ajudar os atores intervenientes, do poder local aos operadores, a decidir quais as melhores rotas a percorrer “e formas de redução de consumos e como as tecnologias de informação e comunicação podem ajudar com esses problemas ambientais" (Kramers, A. et al., 2014). Mas para haver uma maior adesão a essas tecnologias é necessário haver "um maior entendimento no tipo de investimentos nos TIC que proporcionam os melhores benefícios para o ambiente e sociedade" (Kramers, A. et al., 2014).

O planeamento de novas rotas poderá eventualmente levar a rotas com percursos mais extensos do que as opções habituais, mas com tempos de viagem mais reduzidos, “levantando questões sobre se viajar em rotas mais longas mas mais rápidas resulta em melhores rotas de energia e/ou melhorias da qualidade do ar” (Ahn, K. e Rakha, H., 2008), mas Morfoulaki, M. et al. (2011) revelaram que os condutores das diferentes categorias de veículos estão dispostos a optar por uma rota alternativa à que eles costumam escolher, com base no seu impacto ambiental, aceitando um aumento do seu tempo de viagem.

Todos os condutores, sejam de veículos ligeiros ou pesados, escolhem a rota que pretendem percorrer com base nos tempos e custos de viagem, distância e níveis de serviço da rede a ser percorrida. Desta forma, incluindo “tecnologias inteligentes apoiadas pelo monitoramento de tráfego, as informações recebidas irão influenciar o planeamento da viagem para uma direção mais eficiente e, particularmente, pode indicar a escolha de rotas amigas do ambiente” (Morfoulaki, M. et al., 2011).

Os sistemas de gestão de tráfego são também um bom exemplo de tecnologias aplicadas aos transportes permitindo uma melhor gestão em tempo real dos recursos disponíveis. “Os resultados de casos teóricos indicam que a gestão do tráfego em tempo real pode levar à realização de sistemas de transporte sustentáveis” (Lin, C. et al., 2014). Quando se direciona o âmbito destas aplicações para o transporte de mercadorias, falamos de sistemas de monitorização de fluxos, de softwares avançados de planeamento e calendarização, de sistemas de diminuição de consumos, de sistemas de localização de veículos e

acompanhamento de mercadorias. Todos eles apontam para soluções para minorar o congestionamento nos centros urbanos, diminuir os custos de operação, respeitar o cumprimento das regulamentações que estão inseridas no processo, garantir o pagamento das portagens e estacionamento, caso exista. Mas então qual é o problema para a implementação destas soluções nas cidades? Harris, I. et al. (2014) referem que os fatores económicos e financeiros são uma das restrições da aplicação das tecnologias de informação e comunicação, por se tratarem de grandes investimentos e estarem a estes associados os custos de implementação, gestão e manutenção, associando o facto de os operadores de transporte de mercadorias serem geralmente pequenas empresas, operando com uma margem muito reduzida de lucro (Campagna, A. e Filippi, F., 2009). Para além do problema de investimento, há também alguma relutância para alterar o procedimento operacional habitual ou para aprender uma nova tecnologia (Perego, A. et al., 2011). Para além disso, existem muitas incertezas e interrogações relevantes relativas a alguns parâmetros que influenciam a decisão dos intervenientes, como por exemplo, o progresso tecnológico, a evolução económica, o planeamento urbano e a evolução demográfica, a evolução e os resultados desses mesmos desenvolvimentos no desempenho do sistema de transporte urbano e como os agentes envolvidos irão lidar com a intervenção desses parâmetros. Estas incertezas, têm contribuído para que, segundo Van Geenhuizen, M. et al. (2007) citado por Marchau, V. et al. (2008), "o avanço com as tecnologias implementadas nos transportes tenha sido adiado, de forma a que haja tempo de aprofundar os estudos sobre estes casos e se realizem mais casos piloto."

Alguns contributos que se podem encontrar na literatura sobre o assunto, podem ajudar a compreender as vantagens de certas tecnologias neste campo. Taniguchi, E. et al. (2001) defendem que "o investimento em TIC pode melhorar a eficácia (alto nível de serviço) e eficiência (menor custo unitário) de gestão de fluxos e ao mesmo tempo pode reduzir as externalidades negativas: as emissões poluentes, acidentes e congestionamento de tráfego". Num estudo desenvolvido por Taniguchi, E. e Heijden, R. (2000) foi comprovado que a utilização de sistemas de informação para gerir e controlar as operações logísticas, com a introdução de horários e rotas, resulta numa diminuição nos impactos ambientais e nos tempos de viagem. Esse estudo tinha como base dois modelos que se complementam, em que um tem uma componente mais matemática e que alimenta a informação para um modelo teórico de simulação de tráfego. O primeiro modelo define para cada veículo de transporte de mercadorias um depósito e um número de clientes, onde é estabelecido uma janela de tempo para cada cliente, especificando o tempo da operação de carga e descarga. Ficam a determinar quais os veículos para os clientes e a hora de partida, bem como o tempo de operação em cada cliente para um veículo de transporte de mercadorias. Ao determinar estas variáveis, obtém-se um input para o modelo dinâmico de simulação de tráfego. Este modelo baseia-se num modelo de caixa de simulação dinâmica a nível macroscópico onde é estimado o tempo médio de viagem em cada ligação em intervalos de 30 minutos, obtendo-se uma das variáveis do primeiro modelo. Assim, os tempos médios de viagem para cada ligação são representados por uma função de etapa, em intervalos de 30 minutos. A rede utilizada para a simulação continha 25 nós e 40 ligações, desenhada como uma malha quadrada, onde foram identificados três tipos de vias com as velocidades de 20, 40 e 60 km/h. Foram testados três cenários com diferentes taxas de penetração do sistema de planeamento e agendamento de rotas. Obtiveram-se neste estudo reduções nas emissões de CO₂ de 8,3%, enquanto que foram estimadas diminuições nos tempos de viagem de 1,5 a 2,3%.

Apesar de se tratar de uma simulação matemática, possibilita a sua aplicação na tomada de decisão para o planeamento urbano, mas não considera alguns constrangimentos que acontecem aleatoriamente na realidade numa rede viária. Os nós introduzidos nos modelos não tinham a sensibilidade de considerarem as prioridades dos movimentos, não permitindo que os veículos variem a velocidade de circulação. Essas reduções contribuem para variações constantes na velocidade de circulação global da

rede, provocando atrasos, filas de espera e alterações na rede. Outro dado importante que deve ser considerado é a heterogeneidade dos veículos, algo que não ainda não foi muito explorado, na literatura existente. “A tipologia de veículos influencia os níveis de consumo de combustíveis, assim como as emissões de poluição e afeta a escolha de rotas alternativas” (Sandra, M. et al., 2015).

Um outro estudo, desenvolvido pelo centro de transportes e logística da Universidade de Roma “Sapienza” (CTL) em 2005, apresenta um protótipo de uma plataforma TIC de um serviço diário de distribuição de um operador logístico com uma pequena frota em Roma. O protótipo de uma plataforma TIC utilizado para este estudo era constituído por três componentes (uma plataforma de tecnologia de informação, um terminal móvel, e um software para análise de rotas) e duas fases (*realtime data* e *demand data*). A fase *realtime data* provém do terminal móvel e regista a posição em coordenadas, a velocidade e as distâncias percorridas pelos veículos. A fase *demand data* inclui a posição dos depósitos, a posição dos pontos de entrega, constrói gráficos e cartografia de apoio e fornece a procura diária dos pontos de entrega (quantidades de bens), descreve o tipo e características do veículos e regista o histórico da procura. Todos os dados obtidos pelos dois componentes descritos anteriormente são direcionados para a plataforma de análise de rotas que dará informações ao nível dos KPI's (key performance indicators – indicadores-chave de desempenho) e permitirá a visualização das rotas na cartografia existente. Neste estudo, o terminal móvel foi introduzido num camião de 6,5 toneladas. Obtiveram-se resultados positivos de forma a que sejam considerada a introdução de tecnologias de informação e comunicação nas frotas de transporte de mercadorias (Campagna A. e Filippi F., 2009). Neste caso, destacou-se o baixo de custo de investimento e a facilidade com que se recolheu dados para medir o desempenho da rede de distribuição, permitindo posteriormente avançar com soluções de otimização. O custo da ferramenta utilizada para aquisição dos dados foi avaliado em 29 euros/mês por cada veículo equipado e foi estimada uma redução de 5% no consumo de combustível e uma poupança total para toda a frota de 377,72 €/mês, incluindo também custos indiretos (p.e, telecomunicações). A tabela 1 apresenta os valores estimados de custos e benefícios da utilização do sistema mais significativos quantitativamente, perante a realidade italiana no ano de aplicação do protótipo.

Tabela 1 - Custos e benefícios da plataforma TIC (Campagna A. e Filippi F., 2009)

Custos		Benefícios	
Número de veículos da frota	7	Poupança na redução de 5% no combustível consumido	34 €/veíc./mês
Distância anual percorrida	40.000	Redução de 5% de bens perecíveis	47,50 €/veíc./mês
Consumos	17 litros/100 km	Diminuição da duração das chamadas de telefone	25 min/mês
Custo do combustível	1,20 €/litro	Redução do custo das telecomunicações	1,46 €/veíc./mês
Custos de manutenção	0,70 €/km		
Custos de telecomunicações	50 €/mês	Redução do custo do veículo	53,96 €/mês
Custo do sistema	29 €/mês	Poupança para a frota	377,72 €/mês

Tratando-se de um estudo piloto, coloca-se o protótipo em questão apenas num veículo de mercadorias. O ideal seria fazê-lo em diferentes veículos de diferentes características, para haver um nível de comparação superior e criando a possibilidade de se perceber se os benefícios do planeamento de novas rotas são dependentes da dimensão e/ou capacidade dos veículos. Com essa diferenciação do tipo de veículos, poder-se-ia obter também diferentes resultados dos consumos e dos impactos ambientais.

Para além das TIC, o presente trabalho analisa também a substituição dos veículos convencionais de transporte de mercadorias por veículos elétricos, nomeadamente os SEV's (small electric vehicle) como uma das soluções a considerar no âmbito da logística urbana em meios urbanos consolidados.

Um EV (electric vehicle) é um veículo em que tem na sua composição um motor elétrico, apresentando várias vantagens, tais como a ausência de emissões locais, custos de utilização e manutenção inferiores aos veículos convencionais e de serem veículos mais eficientes (Feng, W. e Figliozzi, M., 2013). Um veículo elétrico muito referenciado na literatura associado à logística urbana é o SEV (small electric vehicle), que é um veículo com dimensões inferiores aos veículos convencionais. "Em termos operacionais, os SEV são mais fáceis de estacionar do que os restantes e são vistos como menos intrusivos e mais seguros por parte das pessoas" (Browne, M. et al., 2011). Para além das suas dimensões geralmente exigirem uma menor ocupação da via no ato das entregas de mercadorias, há à partida uma redução no impacto negativo no tráfego, evitando algum do congestionamento da rede viária e uma redução na poluição sonora, relacionada com a utilização de um motor elétrico

No âmbito da logística urbana, existem atualmente estudos, teóricos e práticos, que colocam a hipótese de substituir os veículos convencionais por veículos elétricos, mas, apesar de estes não produzirem "emissões de gases com efeito de estufa local" e produzirem "apenas o mínimo de ruído, eles atualmente não são competitivos com veículos convencionais partindo de um ponto de vista dos custos associados" (Davis, B. e Figliozzi, M., 2013).

O sucesso da introdução dos veículos elétricos nas cidades está dependente da análise efetuada pelos agentes privados, ao impacto que estes causam no processo logístico, ao nível das operações de entregas e custos associados.

Destacando os SEV's como os veículos mais promissores para substituírem os convencionais nas operações de *last mile* nas cidades, evidenciam-se alguns dos problemas que surgem não só aos fornecedores, mas também aos comerciantes. O facto de se tratarem de veículos de dimensões inferiores às dos veículos que atualmente fazem as entregas, pode levantar algumas questões sobre a sua eficácia nas operações, bem como o facto de apresentarem algumas restrições de autonomia e de potência (que limitará a sua circulação). Há uma necessidade de garantir postos próximos para carregar as baterias que existem nos veículos elétricos. Estes pontos revelam que logo à partida, tem de haver uma interligação entre os intervenientes privados e públicos para que, no caso da introdução de veículos elétricos nas cidades, todos têm que estar disponíveis para dar o seu contributo de forma a obter os resultados desejados para todas as partes envolvidas.

(Melo, S. et al., 2014) referencia alguns exemplos práticos de sucesso dos SEV. Em Paris presenciou-se um caso de sucesso desde 2001, onde, com a criação de 272 km de vias para bicicletas, abriu-se uma janela de oportunidade para a introdução de 60 triciclos elétricos "Petite Reine" (figura 1) para garantirem várias operações de entrega para diferentes operadores, melhorando a produtividade de 1 milhão de encomendas em 2008. Reduzindo o ruído realizado pelos veículos convencionais, partindo de um centro de consolidação, num período de 12 meses, evitaram 203 toneladas de CO₂ e 84 quilos de partículas de poluição atmosférica.



Figura 1 - Veículo La Petite Reine (fonte: www.avise.org)

Em Bruxelas foi testado o projeto Ecopostale, onde foram utilizadas quatro bicicletas, sete bicicletas e um veículo ligeiro elétrico (van), permitindo poupar aproximadamente 30 toneladas de CO₂ nos primeiros dois anos de funcionamento. Em Barcelona, onde foi aplicado o mesmo sistema, foram estimados poupanças de 912 kg de CO₂ / ano / tribike.

Nos três casos práticos de sucesso apresentados é preciso ter em consideração que a capacidade destes veículos é reduzida, funcionando numa lógica de *just in time* e necessitando que haja uma micro-plataforma logística de apoio no centro urbano para que a rede de distribuição esteja sempre operacional. Em cidades em que não é possível a introdução de micro-plataformas e apenas existem plataformas nas periferias, é necessário ter em consideração a distância percorrida até ao centro urbano e se existem infraestruturas capazes de garantir a circulação dos veículos. Os resultados obtidos nos casos acima foram um sucesso e são soluções que atualmente estão em crescimento nos grandes centros urbanos,

mas o problema nas cidades não são só ao nível dos impactos ambientais. É necessário que haja um controlo no número de veículos que circulam nas cidades, independentemente da dimensão dos mesmos. Ao ser estudada a hipótese de substituir o veículo de transporte de mercadorias tradicional, é necessário ter em consideração que, pelas suas dimensões, este pode equivaler a mais do que um veículo elétrico de dimensões reduzidas, o que potencialmente pode aumentar o número de veículos a circular nos centros das cidades. Melo, S. et al. (2014) apresenta o potencial de substituição de veículos convencionais por SEV's tendo em conta taxas de substituição de 1:1 e 1:2.

Em Londres foi realizado um estudo de comparação entre a situação de transportes de mercadorias a diesel e a sua eventual substituição por veículos elétricos (triciclos e carrinhas elétricas), a partir de um armazém de uma empresa de artigos de escritório nos subúrbios da cidade, utilizando um centro de consolidação localizado na área de entrega (Browne, M. et al., 2011). Deste estudo, obteve-se uma redução de 20% na distância total percorrida e 54% nas emissões de CO₂ eq por parcela entregue, mas a distância percorrida por parcela aumentou substancialmente na área de entrega da cidade de Londres, pelo facto de os veículos elétricos terem uma dimensão mais reduzida em comparação com os veículos convencionais, assim como menor capacidade. Concluiu-se que o estudo foi um sucesso, resultando numa continuação da operação por parte da empresa envolvida, tendo oficializado o processo em 2010.

Através de um relatório realizado em 2010 pela Electrification Coalition com base nos Estados Unidos, Feng, W. e Figliozzi, M. (2013) “propõem um modelo de substituição que permite a compra de qualquer veículo pesado convencional ou elétrico em cada ponto de decisão. Nas condições atuais, eles mostram que veículos pesados elétricos são apenas competitivos se a utilização for elevada e se o preço dos veículos elétricos cair pelo menos 15-30%”.

Após a apresentação desse relatório e os comentários positivos por parte da imprensa, empresas como a FedEx adquiriram nesse mesmo ano veículos E-Star da Navistar, bem como a Frito-Lay que compraram 176 veículos Smith Newton, empresa esta que anunciou a abertura de uma nova fábrica de montagem de veículos pesados elétricos no Bronx, em Nova York, no final de 2012 (Davis, B. e Figliozzi, M., 2013).

O estudo de Feng, W. e Figliozzi, M. (2013) conclui que pelo facto de os veículos elétricos serem bastante mais caros que os veículos convencionais, o investimento deve ser moderado e que a redução nos custos que a introdução destes veículos proporciona, devem superar a diferença do custo dos veículos. Os autores apontam o valor de compra dos veículos elétricos, o preço de combustível, preço e tempo de vida da bateria e utilização dos veículos, como fatores principais e determinantes para comparar entre os diferentes tipos de veículos, de forma a decidir quais os mais eficientes e vantajosos e a quantidade a adquirir.

Algumas destas experiências não passaram de casos piloto, pois há uma necessidade de participação por parte de todos os intervenientes na análise aos resultados obtidos pelos estudos, mas também como se tratam de investimentos de risco, é obrigatório que seja efetuada uma análise mais detalhada e cuidada e que se assumam os riscos por todas as entidades interessadas. Os custos que lhe estão associados passa por, não só os veículos (entidades privadas) como uma rede viária preparada com postos de abastecimento para receber esses mesmos veículos em vários e diferentes pontos na rede (entidades públicas).

Normalmente, as cidades mais pressionadas, com pontos de congestionamento mais frequentes e diariamente invadidas por todo o tipo de veículos, têm na sua rede rodoviária diversas vias reservadas ao transporte público. Estas vias permitem alguma fluidez dos transportes públicos de modo a garantir

o seu cumprimento para com os cidadãos. Existem algumas categorias de veículos que têm permissão pontualmente para circular nestas vias, como carros diplomáticos e veículos conduzidos por pessoas com mobilidade reduzida. Seguindo esta ideia, está aberta a discussão acerca da possibilidade de autorizar a circulação de “certas categorias de veículos de transporte de mercadorias para a criação de incentivos onde estes beneficiariam de maior velocidade, especialmente se a permissão se aplicar às horas de ponta” (Comi, A. et al., 2008).

Existe pouca literatura e casos práticos que defendam esta solução, provavelmente pelo facto de como o civismo dos condutores e o cumprimento das regras por parte dos frequentadores da rede viária. O uso de vias partilhadas é um assunto sensível na gestão da cidade e da sua malha rodoviária. Apesar de instintivamente haver um bom potencial teórico para a partilha de vias por parte dos transportes públicos e transporte de mercadorias, é necessário que ambos os intervenientes cumpram com o que for estabelecido e respeitem-se mutuamente. Caso isso não aconteça, haverá logo à partida danos irreversíveis na rede de transporte rodoviário e igualmente na rede de entrega de mercadorias, destabilizando o funcionamento da cidade.

A introdução de vias partilhadas já aconteceu em Barcelona, num estudo piloto descrito pelo projeto Civitas - Miracles. O conceito centrou-se na rua Travessera de Gràcia, uma faixa de rodagem de 1500 metros com 4 vias, em que numa delas foi atribuída a função exclusiva de bus durante as horas de pico e de cargas e descargas (circulação e operações de carga e descarga) entre as horas de pico, com a particularidade de à noite ser permitido o estacionamento. Foram instalados painéis VMS (variable message signs – sinalização de mensagens variáveis) com indicação do período a decorrer e a função respetiva da via (figura 2).

O resultado que mais saltou à vista foi a redução de 12-15% no tempo de viagem no conjunto das quatro vias que perfazem a faixa de rodagem onde se realizou o estudo. Essa redução manifestou-se igualmente na diminuição do número de casos de estacionamento ilegal bem como o aumento da capacidade de descarga nas bermas. O facto de se ter feito notar estas reduções, a circulação melhorou consideravelmente pelo facto de haver uma diminuição no tempo de bloqueio da via derivado de estacionamentos em segunda fila. Algo importante a evidenciar é que, aquando da intervenção policial no local, restringindo estes estacionamentos em segunda fila, o tempo de viagem reduziu ainda mais do que se tinha presenciado inicialmente. Por fim, foi quantificado o número de descargas de mercadorias ilegais, onde se verificou uma redução de 50%.



Figura 2 - Caso piloto de Barcelona (www.civitas.eu)

É também relatado o impacto do uso de veículos de transporte de mercadorias na cidade do Porto, por Melo, S. et al. (2007) onde os autores concluem que é possível em termos teóricos, caso houvesse uso partilhado do corredor de BUS, entre transporte de passageiros e de mercadorias, uma redução de até 35% no tempo de atraso por veículo por quilómetro, isto para veículos ligeiros de mercadorias nas horas de pico. Note-se que estes resultados foram possíveis numa situação específica em que a linha bus tinha uma frequência de autocarros abaixo da média naquele sentido de circulação no período matinal simulado e para um tempo máximo de paragem permitido do veículo de mercadorias na linha bus era de 1 minuto (o que não é viável para a maioria das tipologias de entregas). Analisando apenas a nível ambiental, foi estimada uma redução das emissões de CO₂ até 50%. Os autores testaram tempos de paragem para abastecimento de 1, 2, 3 e 4 minutos, valores que serão usados como referência para o caso de estudo deste trabalho.

Considerando todas as especificidades dos centros urbanos, é reconhecido que não é possível ponderar esta solução de forma generalizada nas cidades. Zanni, A. e Bristow, A. (2010) “indicam que no caso de Londres, a via de bus pode ser já excessivamente utilizada para permitir um ganho a longo prazo em termos de tráfego e de redução dos congestionamentos”.

2.2. REVISÃO DE LITERATURA VS. CONTRIBUTO DA DISSERTAÇÃO

Após alguma reflexão e análise de alguns casos práticos e do que existe na literatura sobre as diversas soluções que têm sido estudadas no âmbito da logística urbana, elaborou-se este trabalho para ir de encontro às mesmas e preenchendo algumas lacunas dos casos que se acompanharam. Na tabela 2, apresentam-se resumidamente os estudos apresentados no capítulo anterior, bem como as suas vantagens e desvantagens.

Tabela 2 - Resumo dos estudos da revisão de literatura

Solução	Tipo de Estudo		Vantagens	Desvantagens
Gestão e planeamento de rotas em tempo real	Teórico (Taniguchi e Heijden, 2000)	Simulação	Diminuição dos impactos ambientais e tempos de viagem	Variações de velocidade; Heterogeneidade dos veículos
	Estudo piloto (Campagna e Filippi, 2009)	Protótipo	Custo reduzido de investimento; redução consumo de combustível	Heterogeneidade dos veículos
Utilização de veículos elétricos de dimensões reduzidas	Prático (Melo et al., 2014)	Petite Reine	Diminuição dos níveis de poluição sonora e CO ₂	Necessidade de uma micro-plataforma logística
	Teórico (Browne et al., 2011)	Empresa de artigos de escritório	Redução na distância total percorrida; Diminuição nas emissões de CO ₂	
Vias partilhadas entre o TP e o TM	Estudo piloto (Civitas-Miracles)	Barcelona	Redução do tempo de viagem; Diminuição de estacionamento ilegal	Fora da área considerada como centro urbano
	Teórico (Melo et al., 2007)	Porto	Redução do tempo de atraso; Diminuição das emissões de CO ₂	

Atendendo aos casos que se apresentaram neste capítulo, considera-se que um modelo para simulação de tráfego deve estar o mais próximo possível do real, ou seja, cooperando com as autoridades locais e entidades privadas, deve-se utilizar dados concretos que aproximem a base da simulação o mais realista possível. Ao contrário do que foi realizado por Taniguchi e Heijden, pretende-se neste trabalho utilizar contagens de tráfego da área de estudo, diferenciando alguns tipos de veículos, dependendo da informação fornecida. Da mesma forma, pretende-se utilizar para a simulação nos diferentes cenários as características das vias da rede em análise, para que sejam tidos em conta todos os condicionamentos, positivos ou negativos. O modelo que será construído permitirá que se obtenham resultados segundo a segunda, o que irá permitir que se evite a simplificação dos valores médios, situação que se verificou nos casos práticos que se analisaram.

Um dos objetivos deste trabalho é analisar o planeamento de rotas alternativas com o apoio de tecnologias de informação em tempo real, em operações logísticas na cidade para a redução do congestionamento e melhoria nos níveis ambientais, utilizando veículos elétricos para garantir a distribuição de mercadorias e estudar a hipótese de associar a eficácia dessa rede logística a um melhoramento relevante da circulação da rede viária da baixa de Lisboa, através da partilha de vias por parte dos transportes públicos e de mercadorias. “Apesar de haver várias perspetivas conceptuais e teorias que se aproximam destas soluções, há uma falta de pesquisas sobre estudos de casos práticos” (Ubeda, S. et al., 2011).

Em relação ao estudo da plataforma TIC em Roma, o facto de se ter efetuado o estudo sob uma perspetiva de um operador logístico em tempo real, em condições reais, torna o estudo mais eficaz do ponto de vista de resultados, apesar de ter sido só analisado um tipo de veículo, não sendo assim, as características do veículo relevantes para os resultados. Neste trabalho, como já referido vai-se simular o mais próximo da realidade, atendendo a todas as características conhecidas, e admitindo diferentes tipos de veículos, para que seja feita uma análise mais crítica dos resultados, relacionando consumos, com capacidades, dimensões e velocidades de circulação. Haverá a introdução de veículos elétricos, para que seja feita a comparação com os veículos convencionais. Não ignorando o que foi dito por Figliozzi, em que o investimento deve ser contido e bem refletido, para que não seja mais dos que os ganhos que se obtêm com a utilização dos EV's, vai-se substituir um tipo de veículos convencionais de transporte de mercadorias por sev's, de forma a obter o seu impacto global na rede viária, a nível ambiental mas também a nível de congestionamentos e suas implicações no trânsito. Pretende-se obter também os dados referentes às velocidades praticadas e as rotas escolhidas pelos diferentes tipos de veículos, por forma a entender os seus comportamentos na mesma rede.

Por fim, visto haver uma preocupação por parte das autoridades locais na procura de soluções que resolvam os congestionamentos que se verificam ao longo do dia com o cruzamento de veículos de passageiros com os de mercadorias, surge a hipótese de utilizar algumas vias exclusivas dos transportes públicos por diferentes categorias de veículos. Recentemente têm-se visto a partilha destes espaços com motociclos, havendo atualmente marcas horizontais nos pavimentos para o efeito. Deste modo, neste trabalho pretende-se alargar um pouco a visão que se pronunciou no projeto Civitas - Miracles, em Barcelona, e introduzir a via partilhada dentro da malha urbana onde se efetuam as entregas.

O contributo da presente dissertação é a quantificação dos impactos das soluções e relacionar esses impactos com a perceção que os stakeholders públicos e privados têm acerca das mesmas. Através de um inquérito, prevê-se que sejam conhecidas as perspetivas dos intervenientes, cruzando estas opiniões com os outputs obtidos com a simulação de tráfego. Os resultados desta análise multidisciplinar permitirão aferir se os setores público e privado estão alinhados nos seus objetivos, perceções e preferências no âmbito da logística urbana.

3

CASO DE ESTUDO

3.1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o centro de Lisboa sofreu grandes alterações na rede viária, como o aumento da rede pedonal da cidade, a elaboração de restrições de circulação na rede viária da baixa, o aumento de parques e lugares de estacionamento e o aumento de lugares de estacionamento de carga e descarga. Lisboa é também uma cidade com grande procura turística. Esta procura obriga a que os estabelecimentos ligados à restauração e alojamento sejam providos diariamente de bens que garantam a manutenção ou eventualmente aumento dos níveis de procura turística. Ora o incremento do turismo, as recentes obras de reestruturação da frente marítima da cidade, bem como as orientações europeias sobre os níveis de poluição nos centros urbanos, são fatores determinantes para se traçarem novas medidas conducentes a uma melhor circulação, que impeçam o aumento dos níveis de poluição e que garantam a realização das operações de carga e descarga nas melhores condições operacionais.

Lisboa não é um caso isolado e sofre da mesma patologia de outros centros urbanos, estejam eles situados no território português ou além fronteiras. São centros urbanos que se caracterizam por terem malhas urbanas densas, consolidadas, sem possibilidade de alteração das infraestruturas rodoviárias. Com o aumento gradual do número de veículos a entrar na cidade, com a diversidade de tipologias de veículos, a circulação de tráfego é transformada, tornando-se ineficaz e gerando conflitos de circulação entre os veículos de passageiros e os de mercadorias, com impactos negativos a nível socioeconómico e ambiental. Desta forma, é espectável que exista uma grande preocupação na formulação de políticas municipais e nacionais no sentido de combater os crescentes agravamentos dos níveis de tráfego.

Tendo por base os problemas de logística urbana diagnosticados nos capítulos anteriores, o caso de estudo analisa e avalia algumas soluções para a baixa da cidade de Lisboa, considerando as perspetivas dos intervenientes públicos e privados. As soluções analisadas têm em comum o facto de tentarem otimizar a eficiência da operação das cargas e descargas e em simultâneo, minimizar as externalidades provocadas pelas mesmas.

As soluções consideradas foram o planeamento de rotas alternativas, a introdução de veículos elétricos e vias partilhadas entre veículos de transporte público e veículos de mercadorias. O método utilizado para análise e avaliação das soluções apontadas, foi através de uma ferramenta de micro-simulação de tráfego, onde é possível acompanhar todos os comportamentos de todos os veículos por categoria, segundo a segundo, criando um cenário idêntico ao real. É ainda possível obter resultados diferentes, simulando vários cenários, quer ao nível dos tempos de viagem e distâncias percorridas, quer ao nível dos consumos de combustível, pelos diferentes grupos de veículos.

3.2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo em análise é comumente designada por "baixa pombalina" da cidade de Lisboa. A "baixa pombalina" foi selecionada porque se situa no coração de uma cidade onde circulam milhares de veículos diariamente.

A baixa de Lisboa é um dos pilares do comércio, restauração, alojamento e turismo, com estabelecimentos que se situam em pontos-chave, quer do ponto de vista turístico quer do ponto de vista das componentes urbanas e que necessitam, diariamente, de distribuição de mercadorias. É o caso da praça da Figueira, Rossio, Martim Moniz, Chiado, praça do Comércio e terreiro do Paço, cais do Sodré e ribeira das Naus.

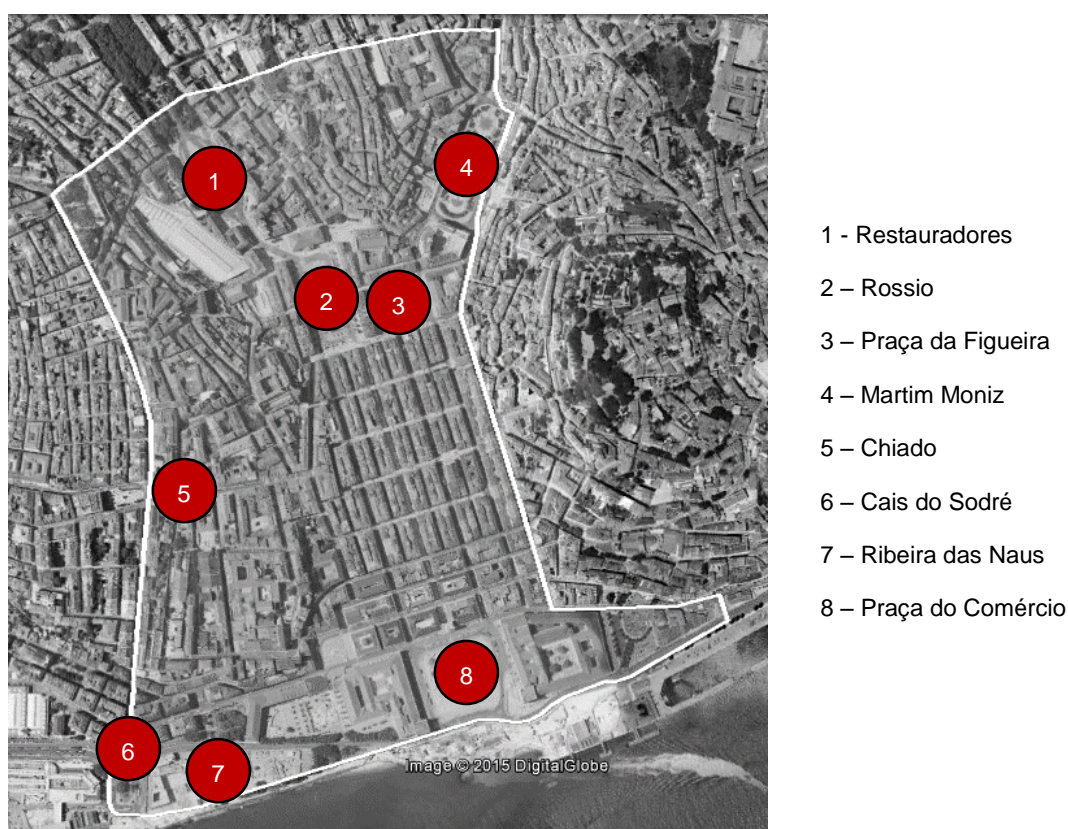


Figura 3 - Polos turísticos da baixa de Lisboa (Imagem adaptada pelo autor)

A área de estudo é delimitada pela rua da Madalena (lado este), pela rua do Alecrim (lado oeste), pela avenida Ribeira das Naus e avenida Infante D. Henrique (lado sul) e pelo Martim Moniz e Restauradores (lado norte).

A malha urbana da baixa pombalina tem essencialmente três tipos de vias: as vias mistas, onde o espaço é partilhado por todo o tipo de veículos que circulam no centro da cidade de Lisboa; as vias pedonais, onde são apenas autorizados peões a circular, com algumas exceções para transporte de mercadorias, abordadas no capítulo 3.3; e as vias exclusivas para transportes públicos.

Na figura seguinte apresentam-se as ruas que serão abordadas neste trabalho, bem como as que delimitam a área de estudo.

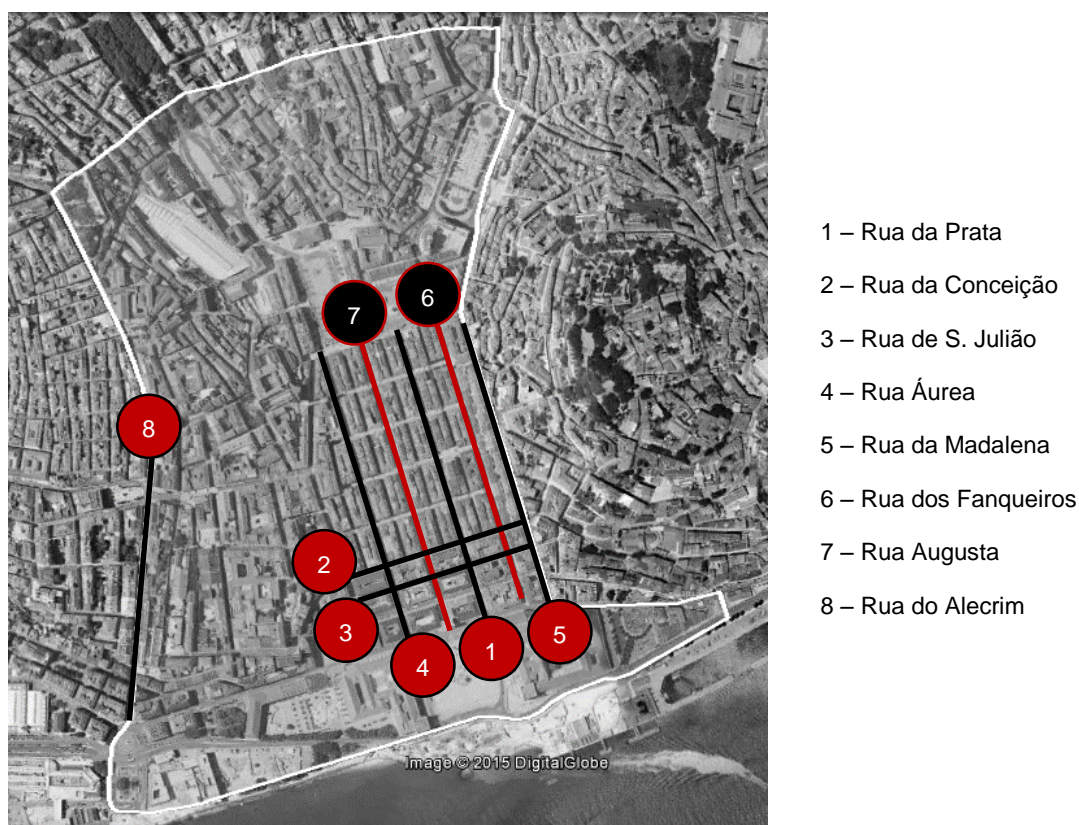


Figura 4 - Ruas principais para o caso de estudo (Imagem adaptada pelo autor)

3.2.1. VIAS MISTAS - RUA DA PRATA

Os dados de base deste trabalho foram obtidos no âmbito de uma parceria de investigação entre a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) e a Câmara Municipal de Lisboa (CML). O objetivo do protocolo de investigação entre as duas entidades era a quantificação dos impactos de soluções de logística urbana para a Baixa Pombalina de Lisboa.

A “baixa pombalina” é uma área com diversos problemas em diferentes pontos. Identificou-se junto da CML no âmbito da parceria de investigação que uma das ruas mais movimentadas e com mais constrangimentos, principalmente nas horas de ponta e onde se registam mais conflitos devido às operações de carga e descarga de mercadorias seria a rua da Prata.

Esta rua tem características muito variadas. É uma rua com duas vias no mesmo sentido (sul-norte), sem vias exclusivas, o que leva à partilha do espaço por todo o tipo de veículos, desde veículos de passageiros a veículos de mercadorias, desde transporte público rodoviário a elétricos. É uma rua com bastante comércio e restauração, sem lugares de estacionamento, principalmente sem locais de carga e descarga.

Para além das características referidas, é de salientar a existência de cruzamentos controlados por semáforos, com passadeiras associados, o que é bastante relevante uma vez que não é uma faixa de rodagem aberta, livre de circulação, mas tem paragens periódicas, com variações da velocidade.

Considerou-se como ponto crítico do estudo, a seção média da rua da Prata, a seguir ao cruzamento com a rua da Vitória.

As figuras seguintes apresentam a rua da Prata.



Figura 5 - Rua da Prata, sentido norte-sul



Figura 6 - Rua da Prata, sentido sul-norte

3.2.2. VIAS PEDONAIS – RUA AUGUSTA

A rede pedonal tem uma presença bastante marcante na malha urbana da baixa Lisboa e encontra-se delimitada entre a rua da Conceição, as praças do Rossio e Figueira, a rua da Prata e a rua Áurea.

Constituída por ruas de elevada importância ao nível da restauração e comércio, como a rua de Santa Justa, rua da Assunção, rua da Vitória, rua de S. Nicolau e rua dos Correeiros, especial enfoque na rua Augusta, não só pelo papel fulcral no contexto turístico da cidade, mas também por se tratar de uma das ruas mais movimentadas, com diversos estabelecimentos comerciais e pela sua extensão. É certamente

a rua pedonal mais extensa da baixa, permitindo a ligação desde a praça da Figueira até à praça do Comércio.

As figuras 7 e 8 apresentam a rua Augusta, em ambos os sentidos.



Figura 7 - Rua Augusta, sentido sul-norte (fonte: Google Earth: StreetView)



Figura 8 - Rua Augusta, sentido norte-sul (fonte: Google Earth: StreetView)

3.2.3. VIAS EXCLUSIVAS PARA TRANSPORTES PÚBLICOS – RUA DA CONCEIÇÃO

No centro de Lisboa encontram-se algumas ruas com vias exclusivas para transportes públicos, como a rua do Arsenal, o início da rua da Prata, a última secção da rua Áurea e a rua da Conceição, no sentido oeste-este. Nesta rua irá ser estudada a hipótese de via partilhada com veículos de transporte de mercadorias, pois para além de ter estabelecimentos que requerem a entrega de bens para o seu funcionamento, trata-se de uma importante ligação entre a rua Áurea e a rua da Prata, bem como entre a zona central do Chiado, através da calçada de S. Francisco e a rua da Prata.

As figuras 9 e 10 apresentam a rua da Conceição, em ambos os sentidos.



Figura 9 - Rua da Conceição, sentido oeste-este

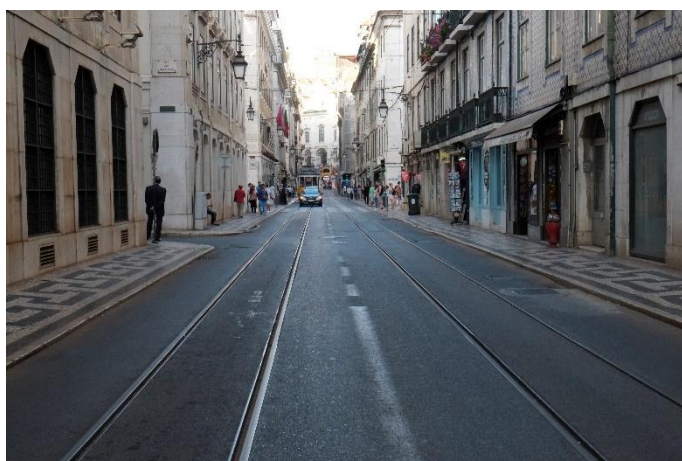


Figura 10 - Rua da Conceição, sentido este-oeste

3.3. REGULAMENTAÇÃO RELEVANTE

3.3.1. REGULAMENTO GERAL DE ESTACIONAMENTO NA VIA PÚBLICA DA CIDADE DE LISBOA

Segundo o código de estrada de 1954 aprovado pelo Decreto 39672 de 20 de Maio, a regulamentação e ordenamento do trânsito no interior das localidades competia à Câmara Municipal e a fiscalização à polícia municipal (artigo 2^a). As cargas e descargas de veículos na via pública deveria fazer-se pela direita, tão rapidamente quanto possível de forma a causar o menor ruído (artigo 16).

Com a aprovação do novo Código de Estrada, pelo D. L. 114/94 de 03.05, na redação atualizada, o ordenamento do trânsito no interior das localidades é efetuado pela entidade gestora da via pública ou Direção Geral de Viação e a fiscalização compete à Câmara Municipal assim como a regulamentação, não obstante as restrições previstas no n.º 3 do artigo 4.º do D.L. 44/2005 de 23.02, conforme guia para elaboração de regulamentos municipais de trânsito, emitido em 2012, pela autoridade nacional de segurança rodoviária. As cargas e descargas estão previstas, dentro das localidades, como paragem, já

que se considera paragem a imobilização de um veículo pelo tempo estritamente necessário para a entrada ou saída de passageiros ou para breves operações de carga ou descarga, desde que o condutor esteja pronto a retomar a marcha e o faça sempre que estiver a impedir ou a dificultar a passagem de outros veículos. Deve fazer-se nos locais especialmente destinados a esse efeito e pela forma indicada ou na faixa de rodagem, o mais próximo possível do respetivo limite direito, paralelamente a este e no sentido da marcha. Ao estacionar o veículo, o condutor deve deixar os intervalos indispensáveis à saída de outros veículos, à ocupação dos espaços vagos e ao fácil acesso aos prédios, bem como tomar as precauções indispensáveis para evitar que aquele se ponha em movimento.

Competindo a regulamentação do trânsito no interior das cidades à autarquia, a Câmara Municipal de Lisboa, ao abrigo do disposto nos artigos 66º e nº 2 do 70º do Código de Estrada, aprovou e publicou no Boletim Municipal de 16 de maio de 2013, o Regulamento Geral de Estacionamento na via pública da cidade de Lisboa, com entrada em vigor a 16 de junho do mesmo ano. Este regulamento revogou o Regulamento de Cargas e Descargas e das Bolsas de Estacionamento para Atividades Comerciais cuja principal preocupação foi a de adequar os espaços dedicados a cargas/descargas às necessidades reais de abastecimento dos estabelecimentos comerciais e outros estabelecimentos, nas diferentes zonas da cidade de Lisboa, com a implantação das bolsas de estacionamento na via pública. Já em 1991 no regulamento aprovado e publicado pelo edital 183/91, se tinha procedido à introdução de medidas especiais de ordenamento de trânsito, englobando limitações horárias e justificando a provisão de espaços adaptados a essas operações.

As principais novidades do regulamento em vigor dizem respeito: à unificação e uniformização das normas vigentes em matéria de estacionamento constantes de vários diplomas, como é o caso do Regulamento Geral de Estacionamento na Cidade de Lisboa, dos Regulamentos das Coroas Tarifadas e dos Regulamentos das Zonas de Acesso Automóvel Condicionado, do Regulamento de Cargas e descargas e das bolsas de estacionamento para comerciantes, bem como do Edital 81/90 de 11 de abril quanto à atribuição e utilização de lugares de estacionamento privativo na via pública e da Postura de estacionamento na via pública reservado a pessoas com deficiência motora e à organização da cidade em coroas e eixos tarifados (eixos tarifados vermelhos, coroa tarifada amarela e coroa tarifada verde), zonas de acesso automóvel condicionado (Bairro Alto, Alfama, Santa Catarina/Bica, Castelo ou Madragoa) e de estacionamento de duração limitada e rede rodoviária com cinco níveis.

No que concerne às cargas e descargas, as novidades respeitam à definição de regras de circulação e paragem para realização destas operações, com o objetivo de disciplinar o funcionamento das bolsas de carga e descarga, os respetivos horários e o regime de fiscalização. É novidade também a criação de um novo dístico de carga e descarga sujeito a regras de atribuição e de utilização das bolsas. Este dístico concede a faculdade de circulação e realização de operações de carga e descarga, por titulares de alvará de empresas de transporte público de mercadorias, nas bolsas devidamente assinaladas.

As bolsas de carga e descarga são espaços da via pública compostos por um ou vários alvéolos contíguos, especialmente destinados, por construção ou sinalização, à paragem de veículos automóveis para a realização de operações de carga e descarga e funcionam todos os dias. A delimitação e horários são estabelecidos através de sinalização em conformidade com o Regulamento de Sinalização do Trânsito. Cada operação de carga e descarga não pode exceder as duas horas de duração e tanto podem ser efetuadas por veículos de grande, média ou pequena dimensão desde que titulares do dístico de carga e descarga, dístico de empresa ou mediante autorização extraordinária equivalente.

Por exemplo, um veículo de grande dimensão pode circular e efetuar cargas e descargas, sem limitação horária, na rede rodoviária de 1ª nível (rede estruturante). Podem ainda circular e efetuar cargas e

descargas nos restantes níveis da rede rodoviária bem como em vias pedonais das 10 às 12 horas e das 21 às 23 horas quando a circulação visar o abastecimento de hipermercados localizados em centros comerciais ou mediante autorização especial.

Os veículos de média e pequena dimensão podem circular em toda a rede rodoviária, sem qualquer limitação horária. Os veículos de média dimensão podem realizar operações de carga e descarga entre as 6 e as 8 horas e entre as 19 e 21 horas e os de pequena dimensão entre as 8 e as 20 horas. Nas vias pedonais, quer uns quer os outros só podem efetuar operações de cargas e descargas entre as 8 e as 10.30 horas.

A fiscalização destas operações está a cargo da EMEL ou dos agentes policiares consoante a área onde ocorra a infração.

3.3.2. ZONA DE EMISSÕES REDUZIDAS – ZER

Para além do Regulamento Geral de Estacionamento na via pública da cidade de Lisboa também o Decreto-Lei 102/2010 de 23 de setembro, atualizado pelo Decreto-Lei 43/2015 de 27.03 que estabelece o regime da avaliação e gestão da qualidade do ar ambiente, transpondo as Diretivas n.º 2008/50/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 21 de maio, e 2004/107/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de dezembro, impõe restrições à circulação automóvel na cidade de Lisboa com introdução de uma Zona de Emissão Reduzida (ZER) a implementar em três fases, a última com início em Janeiro do corrente ano. A ZER compreende dois eixos: eixo da Av. da Liberdade/Baixa (limitado a norte pela rua Alexandre Herculano e a sul pela Praça do Comércio) – onde apenas circulam veículos com matrículas posteriores a 2000, ou seja, que respeitem as normas de emissão EURO 3 (em geral, veículos ligeiros fabricados depois de Janeiro de 2000 e pesados depois de Outubro de 2000); e limitada a sul da Av. de Ceuta | Eixo Norte-Sul | Av. das Forças Armadas | Av. dos Estados Unidos da América | Av. Marechal António Spínola | Av. Infante Dom Henrique – onde apenas circulam veículos posteriores a 1996, ou seja, que respeitem as normas de emissão EURO 2 (em geral, veículos ligeiros fabricados depois de janeiro de 1996 e pesados depois de outubro de 1996). Estas restrições vigoram nos dias úteis, das 7h00 às 21h00.

De forma resumida, a zona de emissões reduzidas é uma zona da cidade onde existem certas restrições de circulação para alguns tipos de veículos, considerados mais poluentes, identificando-os pelo ano de produção. A implementação destas restrições foram realizadas em três fases.

Na 1ª fase, implementada a 4 de Julho de 2011, foi estabelecido que o impedimento de circulação destas viaturas seria feito em dias úteis, das 8h às 20h, em que apenas estavam autorizados a circular os veículos cujo ano de construção é posterior a Julho de 1992 (norma de emissões Euro 1), com exceções para residentes, transportes públicos, veículos de emergência e veículos de interesse histórico. A zona onde foram instauradas estas restrições foi o eixo da Avenida da Liberdade e a Baixa.

A 2ª fase, aprovada a 29 de Fevereiro de 2012, mas que apenas entrou em vigor a 1 de Abril de 2012, teve como objetivo o alargamento da área afeta à ZER, dando origem a duas zonas distintas: a zona 1, em que só estavam autorizados a circular os veículos cujo ano de construção fosse posterior a 1996 ou que tivessem em sua posse os dispositivos que permitiam o cumprimento da legislação (norma de emissões Euro 2); e a zona 2, em que só poderiam circular os veículos cujo ano de construção fosse posterior a Julho de 1992 ou que tivessem em sua posse os dispositivos que permitiam o cumprimento da legislação (norma de emissões Euro 1). Estas duas zonas localizavam-se no eixo da Avenida da

Liberdade e Baixa (zona 1) e zona delimitada pela Avenida de Ceuta, Eixo norte/sul, Avenida das Forças Armadas, Avenida dos EUA, Avenida General Spínola e Avenida Infante D. Henrique (zona 2). Em comparação com a fase 1, foi alargado o período horário de restrição da circulação de certos veículos, passando a ser das 7h às 21h.

A 3º fase, que foi a que entrou em vigor no presente ano, a 15 de Janeiro. Em relação à fase anterior, alteram-se os veículos permitidos a circular em cada uma das zonas. Na zona 1, estão permitidos circular apenas os veículos de 2000 e posteriores ou com emissões similares. Na zona 2, apenas podem circular os veículos de 1996 e posteriores ou com emissões similares.

Tendo em conta estas restrições crescentes no acesso a esta zona, a ideia de abordar soluções de logística urbana com recurso a veículos elétricos é reforçada pois estes veículos estão permitidos a circular nestas zonas sensíveis.

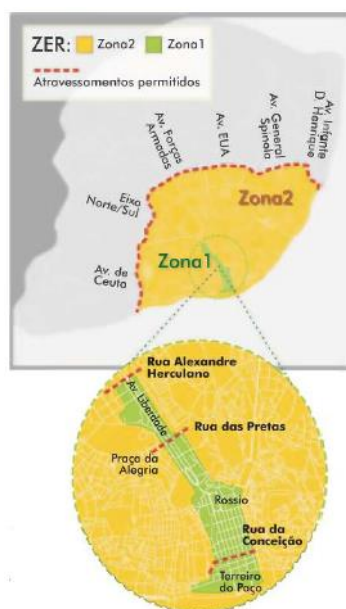


Figura 11 - Zonas da ZER na cidade de Lisboa (fonte: CML)

3.4. DADOS FORNECIDOS E UTILIZADOS NAS SIMULAÇÕES

3.4.1. TIPOLOGIA DE VEÍCULOS

Com base nos dados dos relatórios que foram facultados para este trabalho, consideraram-se cinco tipos de veículos, sendo que quatro são veículos de transporte de mercadorias.

A primeira categoria definida foi a de ligeiros de passageiros. Estes veículos representam 78% dos veículos introduzidos na rede e tem um comprimento máximo de 4,5 m.

A segunda categoria, pertencente ao grupo dos transportes de mercadorias é denominada por veículo comercial e representa 13% do volume de tráfego no estudo. Com as mesmas dimensões dos veículos de ligeiros, são caracterizados por um peso inferior a 3,5 toneladas.

A terceira categoria é designada por veículos de pequenas dimensões, com um peso entre os 3,5 e 6,5 toneladas, com dimensões inferiores a 6,5 m. Tem uma representatividade de 8% do tráfego na rede simulada.

A categoria seguinte, de veículos de médias dimensões, com um peso entre as 6,5 e 19 toneladas, representam 1% da rede.

Por último foi definida a categoria de veículos elétricos de pequenas dimensões para serem testados num dos cenários. Estes veículos, que irão substituir nos cenários de simulação de tráfego os veículos comerciais, são caracterizados pelas suas dimensões, de comprimento máximo de 2,2 m e com velocidade máxima de circulação de 30 km/h de acordo com dados reais de monitorização fornecidos pelo IDMEC (IST)

Os dados dinâmicos dos veículos utilizados neste trabalho foram facultados pelo IDMEC (Instituto de Engenharia Mecânica), com valores já monitorizados que incluem parâmetros como a velocidade mínima e máxima admissível de circulação, dimensões do veículo e valores medidos dos consumos deste tipo de veículo.

3.4.2. FLUXOS DE TRÁFEGO

Como foi referido anteriormente, os dados fornecidos para este trabalho foram obtidos no âmbito de uma parceria de investigação entre a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) e a Câmara Municipal de Lisboa (CML). Num dos estudos facultados pela CML para o desenvolvimento deste trabalho, foram realizadas contagens na baixa da cidade, nos dias 1 e 4 de Junho de 2012, respetivamente a uma sexta e segunda-feira, onde se identificaram as ruas que destacam os maiores fluxos de entrada. Essas ruas, consideradas as portas mais importantes de entrada e saída da área de estudo são: os Restauradores, Martim Moniz, Cais do Sodré, Alfândega, rua São Pedro de Alcântara, Portas de Santo Antão e Largo de Camões.

A figura 12 apresenta a área de estudo evidenciada bem como as entradas referidas.

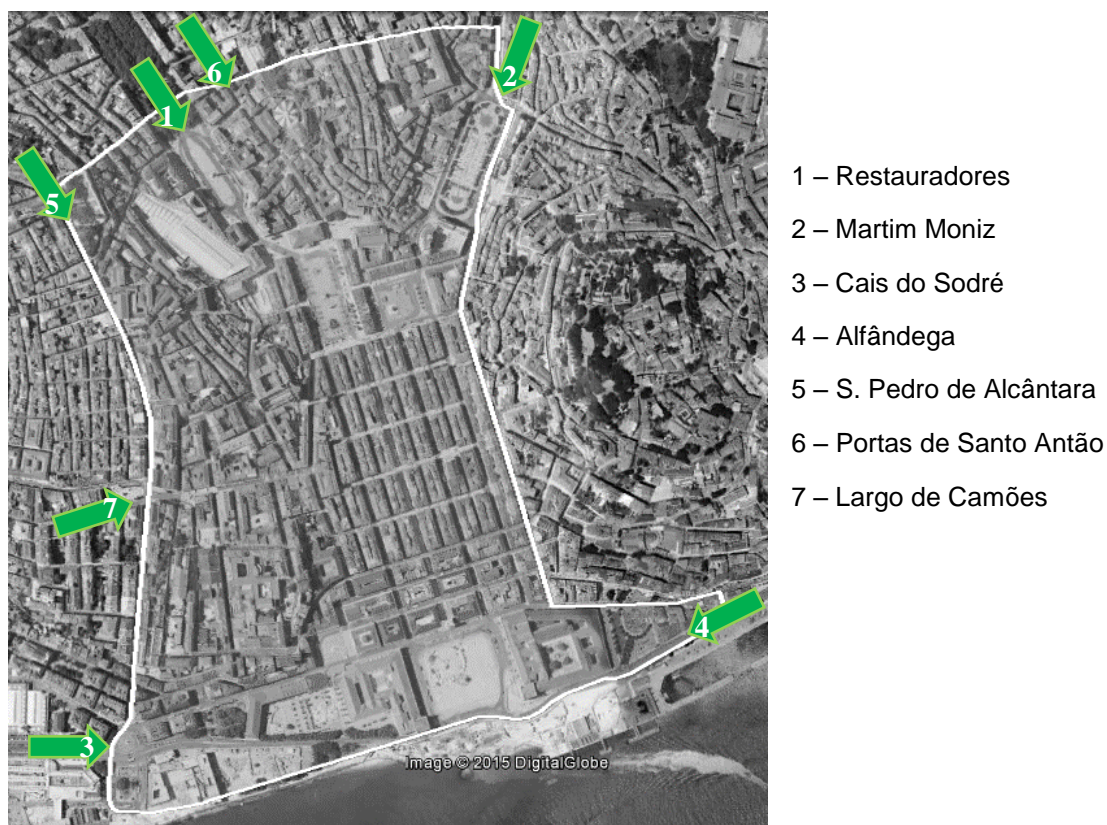


Figura 12 - Esquema das entradas da baixa de Lisboa (Imagem adaptada pelo autor)

Das sete entradas representadas na figura 12, Restauradores e Martim Moniz introduzem nesta rede quase 50% do tráfego que ela suporta, seguindo do Cais do Sodré, S. Pedro de Alcântara e Alfândega, que perfazem 90% do total dos veículos que circulam na rede, ficando os restantes 10% a cargo das Portas de Santo Antão e Largo de Camões.

Com base em estudos de tráfego realizados na área de estudo e gentilmente cedidos pela CML, introduziram-se na rede do caso de estudo um total de 6317 veículos por hora no pico da manhã das 8h30 as 9h30 de todas as tipologias de veículos anteriormente apresentadas, sendo que, de transporte de mercadorias, foram 1380 veículos por hora. O pico da manhã identificado nas contagens para os veículos de mercadorias foi das 11h00 às 12h00.

3.4.3. LOCALIZAÇÃO DOS LUGARES DE CARGA E DESCARGA

Foram também utilizados dados relativamente à localização de lugares de estacionamento permitido para cargas e descargas, onde serão introduzidos nestes pontos constrangimentos periódicos na circulação.

Pelo facto de nestes locais se assistir muitas vezes a demoras nas manobras dos veículos de mercadorias, mas principalmente estes lugares estando ocupados indevidamente por veículos de outras categorias, obrigam a estacionamentos em segunda fila, o que representa constrangimentos pontuais na rede viária.

Chama-se à atenção para o facto da rua da Prata, definida como rua principal de problemas ao nível das operações de carga e descarga no caso de estudo desta tese, não ter um único lugar de estacionamento exclusivo destinado aos veículos de mercadorias, apesar de existirem estabelecimentos comerciais e de restauração.

A figura 13 representa a localização dos lugares de estacionamento para as operações de carga e descarga na área de estudo.



Figura 13 - Localização dos lugares de estacionamento para as operações de carga e descarga (Imagem adaptada pelo autor)

3.5. MICRO-SIMULAÇÃO

Para construir um modelo que simule as condições atuais da rede da baixa Pombalina, é necessário incluir o máximo de informação possível, tendo em consideração não só o volume de tráfego o máximo de características possíveis do sistema viário.

Dada a complexidade do sistema que se pretendia replicar, optou-se por recorrer à micro-simulação de tráfego, uma metodologia validada na investigação de logística urbana para a avaliação de soluções no apoio à tomada de decisão (ex. Hosoya et al. (2003), Barceló et al. (2005), Melo et al. (2014)).

Com o intuito de simular um modelo de tráfego que permita replicar a situação atual e construir vários cenários com diferentes soluções para a rede de transporte de mercadorias, recorreu-se ao software comercial de modelação de tráfego AIMSUN (Advanced Interactive Microscopic Simulator for Urban and Non-Urban Networks), versão 8.0. Este software permite reproduzir as condições de tráfego numa rede urbana, com indicação do volume de tráfego, diferenciado por categoria de veículos, gerando e permitindo a identificação dos pontos críticos da rede viária, levando a uma análise detalhada dos impactos das soluções de logística urbana.

O modelo permite acompanhar os veículos individualmente, bem como monitorizar o comportamento de cada uma das categorias de veículos estabelecidas, obtendo dessa forma dados relativos aos percursos, distâncias, velocidades percorridas e tempos de atraso. Uma das grandes vantagens do modelo é a possibilidade de selecionar um veículo e fazer o acompanhamento, de toda a viagem, desde que entra até quando sai da rede, como se fosse um carro equipado com um sistema de aquisição de dados em tempo real.

Podem ser testados diferentes cenários, permitindo a leitura dos resultados, de uma forma global da rede, através de dados estatísticos e/ou representações gráficas dos diversos parâmetros e/ou permitindo a obtenção de resultados por secção, como é o caso dos resultados dos fluxos, das velocidades e dos comprimentos de fila através da colocação de detetores na rede. Esta flexibilidade na construção de vários cenários permite posterior comparação entre várias soluções.

Os elementos que funcionam como inputs da rede de tráfego são as secções (ruas ou estradas), especificações de geometria, nós, cruzamentos, viragens, sentidos de prioridade e stop, passagens de peões, planos de controlo de sinais semaforizados, volumes de tráfego por secção, matrizes de O/D, detetores ou contadores de veículos, paragens de transporte público, linhas de transporte público e tipos de veículos. É com estes inputs que se desenha a rede, primeiro passo para a elaboração do modelo pretendido a simular no software. A construção da rede requer um grande esforço na recolha de informação, pois todos os dados introduzidos têm um impacto relevante no funcionamento da rede e dos resultados que daí provêm.

O software de modelação de tráfego AIMSUN, à semelhança a outros simuladores de tráfego, tem indicadores de output que permitem que seja medida a eficiência operacional e os indicadores ambientais (Melo, S., 2010).

Para além da dimensão e volume de tráfego da rede da área de estudo, é importante salientar que foram realizadas 10 replicações para cada cenário estudado, de forma a obter dados mais equilibrados e com uma evolução mais coerente.

3.5.1. CONSTRUÇÃO DO MODELO

Após a definição da área de estudo, foi realizado um reconhecimento da rede viária no sentido de identificar que tipo de vias é que faziam parte da área, bem como que características é que cada uma apresenta, no sentido de recolher informação para a construção do modelo.

Até o modelo estar pronto para a realização da simulação há um conjunto de passos que é necessário efetuar. Através da informação obtida pelo OpenStreetMap (OSM), inicia-se o processo de construção pelo desenho da rede viária. O modelo apresentado neste trabalho inclui 382 secções desenhadas, resultando em 23 km de via. Ao mesmo tempo que se desenharam as secções, estas foram sendo interligadas por meio de nós, onde são estabelecidos os movimentos permitidos pelas secções que se cruzam, bem como os níveis de prioridade ou os grupos de semáforos que existam no cruzamento. Na ausência de tempos reais de semaforização e respetivas fases, o modelo efetuou simplificações e homogeneizações nos nós que conduzem a velocidades simuladas de circulação superiores às expectáveis num contexto real de condução. Para este modelo, foram definidos 151 nós.

O passo que foi realizado a seguir ao desenho da rede foi definir os tipos das vias já existentes no modelo. Como referido anteriormente, existem três tipos de modelo nesta área de estudo e foi com base nesses tipos que se definiu no modelo as vias mistas como arterial, com uma velocidade máxima de 50 km/h,

uma capacidade de 900 veículos/hora/via e 3,00 metros de largura de via. 282 secções do modelo têm esta tipologia.

O segundo tipo de via definido foi a via pedonal, onde não é autorizada a circulação de veículos. Este tipo de via apresenta uma largura de 3,00 metros, como as vias arteriais. Existem 70 secções deste tipo no modelo.

Na figura 14 representam-se as vias pedonais (a verde) da baixa pombalina de Lisboa, consideradas para o estudo.



Figura 14 - Rede pedonal desenhada no modelo

Por fim, as vias exclusivas para transportes públicos, em que fazem parte 30 secções, são semelhantes às vias arteriais, com a mesma velocidade, capacidade e largura de via, destacando-se a proibição de veículos ligeiros de passageiros e veículos de mercadorias de circularem nestas vias.

Na figura 15 evidenciaram-se as vias exclusivas (a amarelo) para o transporte público mais relevantes no caso de estudo.

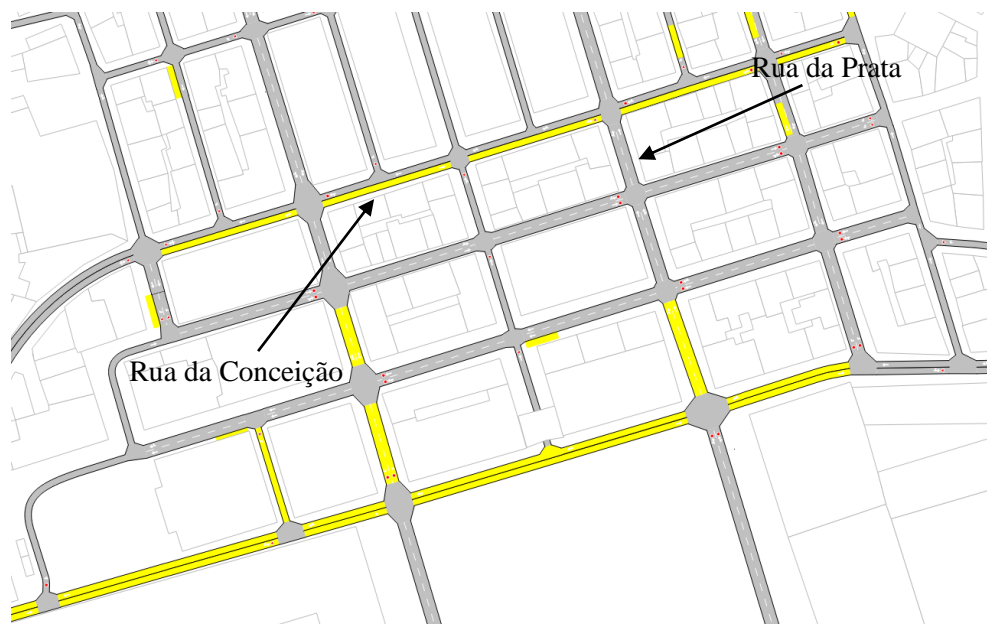


Figura 15 - Vias exclusivas para o transporte público na área de estudo

Com a rede desenhada e utilizando os dados fornecidos sobre os veículos descritos no capítulo anterior definiram-se os veículos com as diferentes características e definiram-se os estados de tráfego com base nos fluxos de tráfego facultados. De modo a que a rede se comporte o mais próximo da realidade e que o modelo se comporte de uma forma equilibrada, respeitando as restrições das vias e veículos que se foram descrevendo anteriormente, é necessário que exista uma calibração na distribuição do tráfego. Feito isto, foi definida a procura de tráfego, incluindo todos os estados de tráfego.

A construção do modelo terminou com a introdução de incidentes na rua da Prata, nas secções a norte da rua da Conceição, por forma a simular as operações de carga e descarga realizada pelos transportes de mercadorias.

A figura seguinte apresenta a rede vária desenhada no cenário base.



Figura 16 - Rede viária desenhada da área de estudo

3.6. CENÁRIOS

O caso de estudo testará diferentes soluções, viáveis de implementação, no âmbito do transporte de mercadorias em espaço urbano.

Neste sentido, optou-se por, a partir do cenário da situação atual (cenário base), testar a aplicação de três soluções em separado, de forma a medir o impacto das mesmas em escalas diferentes. As soluções testadas foram o planeamento de rotas alternativas, a introdução de veículos elétricos e a introdução de vias partilhadas para uso exclusivo de veículos de transporte público e veículos de mercadorias. Devido ao contexto atual estas destacam-se das restantes e não dependem de alterações do desenho das infraestruturas rodoviárias na promoção de uma mobilidade sustentável em espaço urbano e a perceção que os operadores e as autarquias tem acerca dos mesmos.

Para além de uma análise de vários indicadores, para cada uma das soluções consideradas, à escala espacial que a área de estudo engloba (figura 16), foram realizadas análises em microescala para as diferentes soluções, de modo a perceber se os resultados obtidos para cada solução são influenciados pela escala geográfica a que são aplicados e estimados. No caso do planeamento de rotas alternativas foi realizada uma análise ao nível de percurso entre os Restauradores e a Rua da Prata. Para os cenários da introdução de veículos elétricos no sistema e de ruas partilhadas, foi realizada uma análise ao nível do quarteirão.

Para as diferentes análises de microescala em cada uma das soluções apresentadas, foram analisados os fluxos, os tempos de atraso e os consumos de combustível no sentido de procurar resultados que justifiquem a implementação das soluções na área de estudo.

3.6.1. PLANEAMENTO DE ROTAS ALTERNATIVAS

De forma a perceber quais os impactos do planeamento de rotas, identificou-se um percurso muito utilizado pelos operadores desde o momento que entram na rede da área selecionada até chegarem à rua da Prata, onde efetuam as operações de carga e descarga e simularam-se três percursos distintos para o mesmo destino. O destino é a Rua da Prata, tal como já foi referido anteriormente. A rota escolhida para o percurso base foi selecionada com recurso ao traçado de isócronas do indicador tempo de viagem em relação ao ponto de destino e de entre essas isócronas foi selecionado o percurso com maior volume de tráfego de passageiros e mercadorias. Esta metodologia identificou os Restauradores como origem dos percursos a simular.

Para além do cenário base, em que é retratado a situação atual, elaboraram-se cenários para três alternativas diferentes. Foi assumido que potencialmente 10% do tráfego total (veículos ligeiros e veículos de transportes de mercadorias) aceitaria as orientações para alternar pelos percursos alternativos; este valor foi adotado seguindo o que é considerada uma aceitação média de acordo com Morfoulaki, M. et al. (2011). A inclusão dos veículos de transporte de passageiros na reorientação segue os princípios de equidade entre utilizadores da infraestrutura e simula o que potencialmente ocorrerá numa situação de gestão de tráfego em tempo real no futuro.

O percurso do cenário base inicia nos Restauradores, dirigindo-se para sul pela praça D. Pedro IV, seguindo pela rua Áurea até à rua de S. Julião, onde daqui o percurso é direcionado até a meio da rua da Prata. Este percurso tem a extensão de 1.180 metros.



Figura 17 - Planeamento de rotas alternativas - percurso base

A alternativa A é muito semelhante ao percurso do cenário base, com a particularidade de na rua de S. Julião o percurso virar para a rua da Augusta e percorrer a rua da Conceição até ao cruzamento com a rua da Prata, dirigindo até meio da rua, onde se definiu o destino deste grupo de cenários simulados. Este percurso tem a mesma extensão que o percurso base.

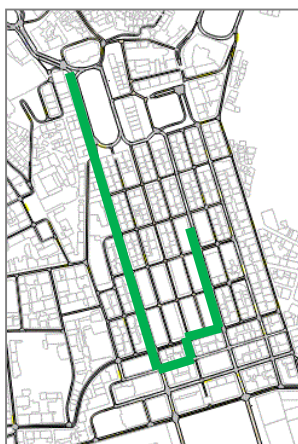


Figura 18 - Planeamento de rotas alternativas – Alternativa A

A alternativa B é idêntico aos anteriores até ao final da rua da Áurea, em que, em vez de virar para a rua de S. Julião, vira para a rua da Conceição, onde continuará até ao cruzamento com a rua da Prata, dirigindo-se até o ponto intermédio da rua. Este percurso tem uma extensão de 1100 metros.



Figura 19 - Planeamento de rotas alternativas – Alternativa B

Por fim, a alternativa C percorre apenas metade da rua da Áurea, virando e percorrendo a Rua da Vitória, até ao cruzamento com a rua da Prata, chegando ao ponto de destino, igual para todos os percursos. Este percurso é o mais curto e tem uma extensão de 780 metros.



Figura 20 - Planeamento de rotas alternativas – Alternativa C

Apesar de em alguns cenários terem sido utilizadas ruas pedonais como a rua Augusta e a rua da Vitória, é importante perceber que neste trabalho não é sugerida uma redução da rede pedonal da baixa Pombalina, mas tentar estimar o impacto que a escolha de diferentes rotas tem em termos ambientais e de eficiência do sistema de tráfego.

Neste estudo foram realizadas duas análises com diferentes escalas para os cenários simulados, de forma a conhecer os impactos sob uma perspetiva da rede geral e os impactos apenas ao nível do percurso do cenário base.

Na análise efetuada ao nível do quarteirão, a uma microescala, é importante realçar que as rotas alternativas foram testadas separadamente, não tendo sido realizado uma análise com as três rotas a funcionar em simultâneo.

Testaram-se três cenários alternativos ao cenário atual para partir dos Restauradores em direção à Rua da Prata. A tabela 3 apresenta os impactos na rede geral viária (que inclui 382 secções) provocados pela orientação dada aos condutores (e aceite por potencialmente 10% dos condutores que efetuavam o percurso inicial) de seguirem pelas alternativas A, B e C.

Tabela 3 - Resultados no planeamento de rotas alternativas para a rede

	Categorias de veículos	Fluxos		Velocidade		Total da distância percorrida	
		(veic./h)	(%)	(km/h)	(%)	(km)	(%)
Alternativa A	Ligeiros	-203	-4%	-0,3	-1%	-720,2	-10%
	Comercial	-39	-5%	-0,1	0%	-141,5	-12%
	Pequenas dimensões	-23	-5%	-0,6	-2%	-73,8	-10%
	Médias dimensões	-2	-3%	-0,3	-1%	-8,5	-9%
Alternativa B	Ligeiros	176	4%	-1,4	-4%	651,9	9%
	Comercial	37	5%	-1,2	-3%	106,3	9%
	Pequenas dimensões	20	4%	-1,4	-4%	71,7	10%
	Médias dimensões	-8	-11%	-1,1	-3%	0,8	1%
Alternativa C	Ligeiros	61	1%	-0,1	0%	189,3	3%
	Comercial	4	1%	-0,1	0%	8,8	1%
	Pequenas dimensões	9	2%	-0,5	-1%	35,4	5%
	Médias dimensões	4	7%	0,0	0%	8,7	9%

É de salientar que os efeitos de alterar o percurso de potencialmente 10% dos veículos que efetuam o percurso específico do cenário base na rede geral são pouco significativos em termos absolutos. Apenas 87 dos 6317 veículos que circulam em toda a rede efetuam o percurso do cenário base. Assim, seria pouco rigoroso estabelecer uma relação casual direta entre as rotas alternativas e as variações dos valores da rede geral. Contudo, a tabela acima é relevante no sentido de explicitar a dimensão absoluta das variações que se podem esperar a nível de cidade quando se implementam alterações à microescala de redirecionamento de rotas. Como é possível de verificar pela tabela anterior, com a introdução alternativa A, há uma redução na distância percorrida, acompanhada de uma diminuição ligeira dos fluxos em toda a rede, indicando que houve um aumento de congestionamento ligeiro na rede, provavelmente causado pelo novo cruzamento desta alternativa (rua da Conceição com a rua da Prata). No cenário da alternativa B, um ligeiro aumento de fluxos acompanha um aumento por volta dos 10% no total da distância percorrida, havendo uma pequena diminuição na velocidade, aproximadamente 1,5 km/h, o que leva a concluir que esta alternativa trouxe à rede condições para receber mais veículos, o que leva a um aumento na distância percorrida e uma redução da velocidade. Por último, no cenário onde foi considerada a alternativa C, os indicadores são reduzidos, mas têm um comportamento semelhante ao cenário B, o que permite concluir que as alternativas B e C são favoráveis para um maior aproveitamento da rede viária, sem afetarem a circulação na mesma.

A figura seguinte apresenta os valores à microescala do percurso. Note-se que nesta escala, os resultados devem ser interpretados da seguinte forma: 87 veículos/hora circulavam no percurso entre os Restauradores e a Rua da Prata no cenário base, considerando todas as categorias de veículos. A figura 21 explicita as alterações sentidas nesse mesmo percurso quando os veículos são direcionados para um percurso alternativo. Assim, no cenário da alternativa A, o percurso do cenário base perderia 21 veículos/hora passando a registar apenas 66 veículos/hora (soma dos veículos das diferentes categorias). Esta diferença não corresponde ao valor exato de 10% de 87 veículos porque o sistema de tráfego é dinâmico e quando há um redirecionamento de uma parte de veículos, ocorre um reajustamento da restante rede que se adapta às primeiras alterações procurando a cada momento para cada veículo,

percursos que minimizem o custo e a distancia até ao destino final. Neste caso em particular, o reequilíbrio leva a um redireccionamento de 21 veículos/hora no percurso base.

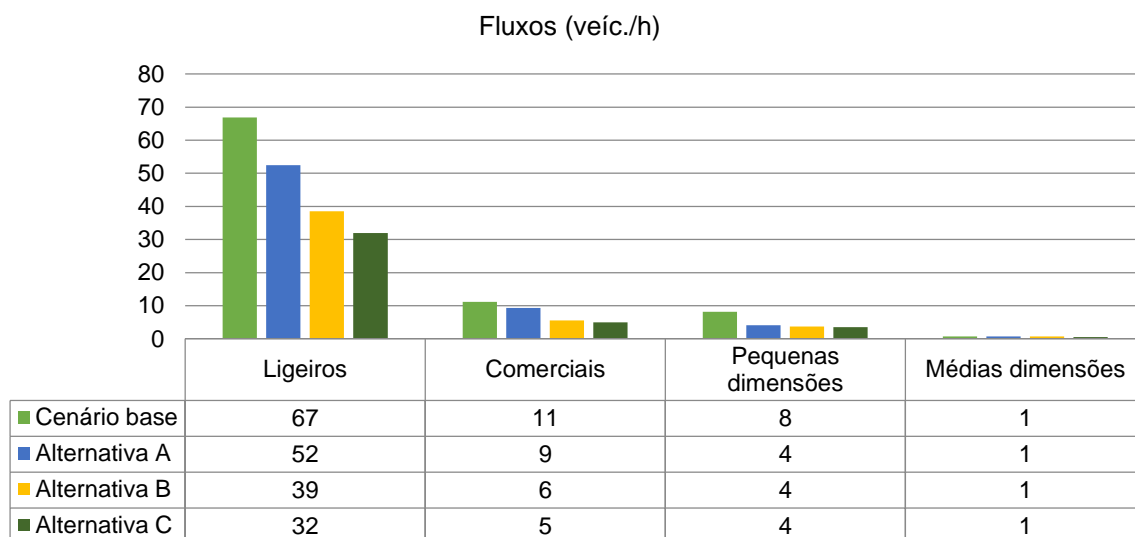


Figura 21 - Alterações nos fluxos do percurso base associados ao planeamento de rotas alternativas

Analisando a variação dos fluxos para cada percurso, mediante cada categoria de veículos, nota-se que em resultado do aconselhamento da alternativa A, ocorreria uma diminuição abrupta em todas as categorias, exceto nos veículos comerciais, em que o percurso do cenário base perde 2 veículos/hora. Na alternativa B verifica-se uma diminuição superior à da alternativa A, nas categorias de ligeiros e comerciais, enquanto que nas restantes não há diferença entre os cenários. Na alternativa C a diminuição nos veículos ligeiros mantém-se, a dos comerciais revela-se apenas de 1 veículo/hora e nas outras categorias continua a não existir diferença.

Realça-se o facto de que os 10% de veículos aceitariam ser direcionados para um percurso alternativo não foi uma condição obrigatória. Quer isto dizer, que ao longo da simulação horária, se a relação tempo/custo de viagem o justificar, os veículos assumirão outro percurso que não o aconselhado. Por esta razão, as variações de fluxo não são exatamente de 10% de 87 veículos/hora, mas neste caso são até superiores.

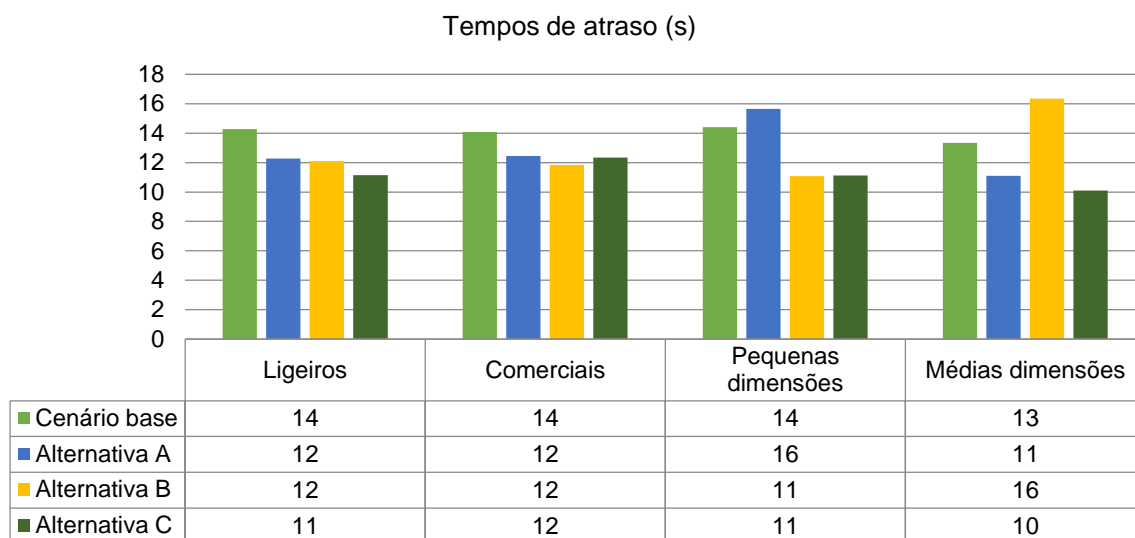


Figura 22 - Alterações do tempo de atraso do percurso base associados ao planeamento de rotas alternativas

Em relação aos tempos médios de atraso, os cenários das três alternativas revelam praticamente diminuições semelhantes nas categorias dos veículos ligeiros e veículos comerciais. No caso da categoria de veículos de mercadorias de pequenas dimensões, há um aumento do tempo médio de atraso no percurso do cenário A, podendo ser justificado por um constrangimento mais demorado na rede analisada. O mesmo acontece na categoria de veículos de médias dimensões, mas neste caso é no cenário da alternativa B.

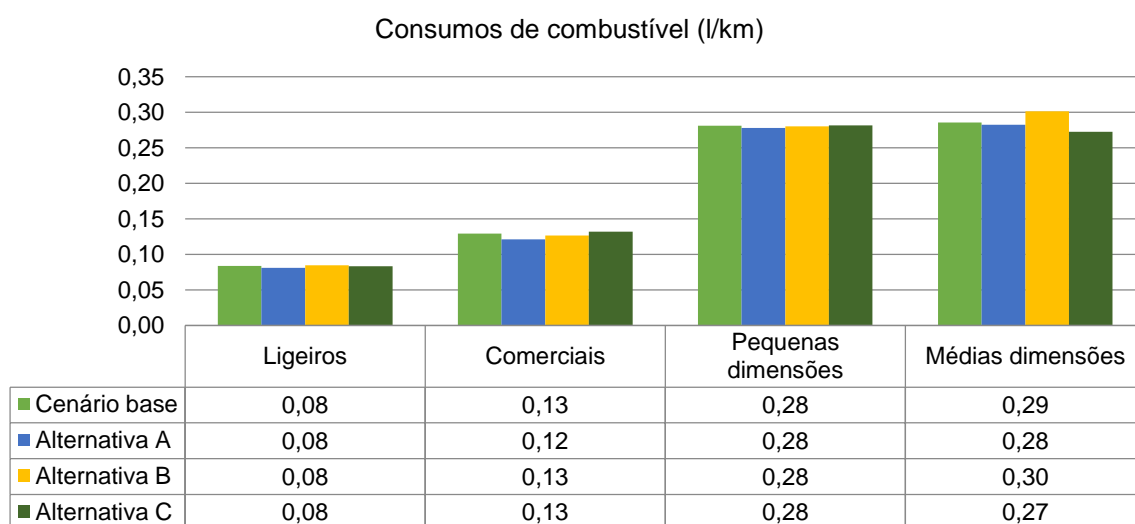


Figura 23 - Alterações nos consumos de combustível do percurso base associados ao planeamento de rotas alternativas

Por fim, ao nível dos consumos de combustível, há um comportamento muito semelhante ao primeiro indicador, ao nível dos fluxos. Com a sugestão da rota da alternativa A, o percurso do cenário base apresenta consumos muito baixos, tendo em conta que tem muito menos veículos a realizarem esse percurso. Com a sugestão da rota da alternativa B, apesar de algumas variações, no seu conjunto assemelha-se ao percurso base, notando uma redução mais significativa nos veículos de pequenas e médias dimensões. Com a sugestão da rota da alternativa C consegue ter resultados ao nível dos consumos ainda ligeiramente mais baixos.

O redireccionamento do tráfego para outras vias não provocou congestionamento nas mesmas, facto que não é estimado com recurso à micro-simulação neste trabalho. O motivo pelo qual se dispensou essa análise foi o facto das vias que recebem o tráfego serem ruas pedonais com volumes de tráfego muito abaixo da capacidade da tipologia da rua arterial. Desta forma, demonstra-se que a uma micro escala, o planeamento de rotas tem um impacto positivo.

Esta análise a diferentes escalas geográficas revela que as alterações que seriam sentidas a nível da área total de estudo por introdução de planeamento de rotas alternativas em tempo real num percurso teriam uma dimensão pouco significativa e que a esta escala de análise não é possível afirmar se seria positiva ou negativa para a cidade. Apenas se conclui que os efeitos teriam uma variação absoluta muito reduzida. A uma escala micro, ao longo do percurso que se pretendia aliviar de tráfego registam-se melhorias significativas com qualquer uma das alternativas, confirmando o potencial desta solução para a sustentabilidade local.

3.6.2. SEV

Neste cenário foram introduzidos veículos alternativos de mercadorias, designados por SEV na matriz de procura. Com este cenário pretende-se estudar o impacto na rede pela adoção de veículos elétricos de pequenas dimensões em substituição dos veículos convencionais no transporte de mercadorias. Ao longo deste trabalho, assume-se que um veículo SEV substitui um veículo comercial numa relação de 1:1.

Com a introdução dos SEV a preocupação não é só o comportamento da rede perante um novo tipo de veículo, mas também o impacto a nível ambiental que este tem no contexto urbano, indo de encontro com as medidas aplicadas no centro de Lisboa descritas no capítulo 3.3.

A simulação para este caso foi prudente no sentido de não substituir todas as categorias de veículos de transporte de mercadorias pelos quatro cenários diferentes de substituição por SEV, simulando uma taxa de substituição de 1,2,3 e 4% apenas nos fluxos dos veículos comerciais. A escolha destes valores baseou-se nos limites de taxas de substituição de mercado identificados como aceitáveis na literatura (Melo, S. et al., 2014).

A tabela seguinte apresenta essa redução nos fluxos das secções de entrada nos veículos comerciais, que deram origem aos fluxos de entrada dos SEV. É de salientar que se utilizaram os mesmos estados de tráfego para os dois tipos de veículos, de forma a que tivessem o mesmo comportamento na rede no que respeita à distribuição de tráfego.

Tabela 4 - Distribuição dos fluxos dos SEV

Ruas	Distribuição de fluxos									
	veículos comerciais					SEV				
	base	-1%	-2%	-3%	-4%	+1%	+2%	+3%	+4%	
Rua S. Pedro de Alcântara	64	63	62	62	61	0	1	1	2	3
Praça Luís de Camões	64	63	62	62	61	0	1	1	2	3
Rua da Oliveira do Carmo	24	24	23	23	23	0	0	1	1	1
Rua da Condessa	48	47	47	46	46	0	1	1	2	2
Rua Nova da Trindade	32	32	31	31	31	0	0	1	1	1
Rua de São Lázaro	96	95	94	93	92	0	1	2	3	4
Rua da Palma	64	63	62	62	61	0	1	2	2	3
Avenida da Liberdade	48	47	47	46	46	0	1	1	2	2
Avenida 24 de Julho	96	95	94	93	92	0	1	2	3	4
Rua de São Paulo	32	32	31	31	31	0	0	1	1	1
Avenida da Liberdade	78	77	76	75	74	0	1	2	3	4
Rua do Cais de Santarém	48	47	47	46	46	0	1	1	2	2
Avenida Infante D. Henrique	96	95	94	93	92	0	1	2	3	4
	790	780	770	763	756	0	10	18	27	34

Tal como no caso do planeamento de rotas alternativas, duas análises espaciais distintas foram realizadas: rede geral e quarteirão para diferentes percentagens de veículos elétricos.

Na tabela 5 reuniram-se os quatro cenários que foram testados, e revelam-se os resultados obtidos para cada indicador, numa visão global da rede geral em comparação de veículos absolutos com o cenário base (no qual não existiam SEV's).

Tabela 5 - Resultados dos SEV na rede geral

	Categorias de veículos	Fluxos		Velocidade		Total da distância percorrida		Total de tempo de viagem	
		(veic./h)		(km/h)		(km)		(h)	
SEV – 1%	Ligeiros	17	0%	-1,3	-3%	77,2	1%	14,7	7%
	Comercial	-7	-1%	-1,5	-4%	-23,3	-2%	1,4	4%
	Pequenas dimensões	-6	-1%	-1,4	-4%	-4,6	-1%	1,3	6%
	SEV	7	-	26	-	9	-	0	-
SEV – 2%	Ligeiros	-20	0%	-1,2	-3%	81,8	1%	14,0	7%
	Comercial	-23	-3%	-1,3	-3%	-45,4	-4%	0,6	2%
	Pequenas dimensões	-10	-2%	-1,3	-3%	-2,9	0%	1,1	5%
	SEV	14	-	26	-	23	-	1	-
SEV – 3%	Ligeiros	-1	0%	-1,8	-5%	82,5	1%	19,6	9%
	Comercial	-21	-3%	-1,7	-4%	-65,7	-5%	0,6	2%
	Pequenas dimensões	-6	-1%	-2,0	-5%	-4,3	-1%	1,7	8%
	SEV	22	-	25	-	34	-	1	-
SEV – 4%	Ligeiros	-169	-4%	-1,6	-4%	-280,4	-4%	5,0	2%
	Comercial	-68	-9%	-1,8	-5%	-155,7	-12%	-2,3	-7%
	Pequenas dimensões	-20	-4%	-1,8	-5%	-25,5	-3%	0,7	3%
	SEV	28	-	26	-	46	-	2	-

Com a introdução dos SEV's, a rede geral tem uma diminuição ligeira nas velocidades de circulação nos diferentes cenários demonstrando o seu impacto suave na rede da área de estudo. Os veículos utilizados para estes cenários foram veículos elétricos de dimensões reduzidas e são veículos com velocidades inferiores de circulação, o que poder justificar as variações nos indicadores em todas as categorias de veículos analisadas.

Com a introdução dos SEV há uma degradação generalizada das condições de circulação para o transporte de mercadorias e passageiros. O fato de constituírem obstáculos a moverem-se lentamente nas vias leva a que os SEV degradem as condições de circulação dos outros veículos.

Analisando a tabela anterior, nota-se uma ligeira variação nos fluxos, quase insignificante por se estar a analisar uma rede com 6317 veículos, verificando apenas o aumento gradual dos SEV, conforme a introdução dos mesmos no modelo. Chama-se a atenção que até ao cenário de 3% não há grande variação nos indicadores apresentados, realçando a diminuição do número de veículos a entrar e sair da rede no cenário de 4%, bem como o total das distâncias percorridas e o tempo de viagem.

Enquanto que para o tráfego de passageiros, o limite de substituição para esta rede é de 1%, para o transporte de mercadorias nem mesmo este cenário é positivo.

Não sendo essa situação conclusiva, faz-se a análise do quarteirão, de forma a ter resultados mais concretos e permitindo uma análise mais minuciosa.

A análise do quarteirão iniciou-se pela definição do mesmo. O quarteirão foi definido de forma a incluir todas as ruas relevantes neste caso de estudo, nomeadamente a rua da Prata e a rua da Conceição. O mesmo quarteirão será utilizado para a análise de vias partilhadas.

A figura 24 apresenta o quarteirão definido para esta análise:

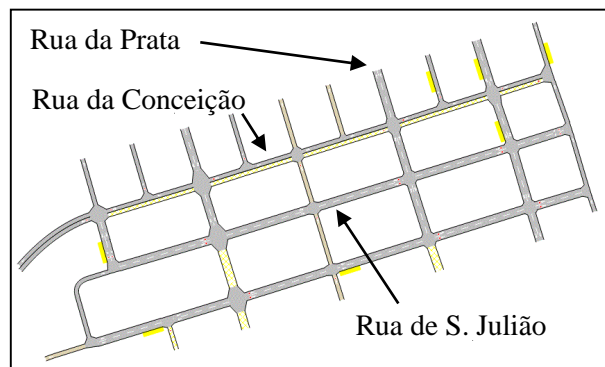


Figura 24 - Quarteirão definido para a análise dos SEV e vias partilhadas

De seguida apresentam-se os gráficos referentes aos parâmetros assumidos para a análise da introdução dos veículos elétricos, ao nível do quarteirão, seguindo-se uma breve análise de cada um. Devido ao facto de os volumes de veículos ligeiros serem muito superiores em relação às outras categorias e por ser a menos relevante para a análise que se pretende realizar à micro escala, optou-se por omitir esta categoria no gráfico dos fluxos, de modo a ser possível visualizar a evolução dos veículos de mercadorias.

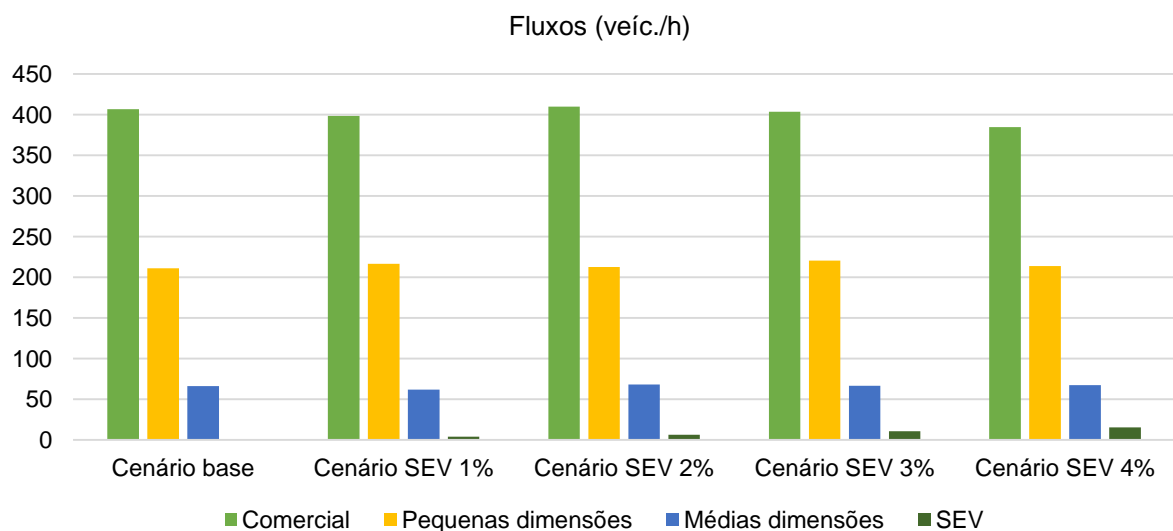


Figura 25 - SEV - Fluxos para os diferentes cenários ao nível do quarteirão

Em relação aos fluxos, as variações são mínimas nas categorias dos veículos convencionais de mercadorias, exceto o crescimento dos veículos elétricos, segundo os cenários que correspondem a um aumento de 1% destes veículos.

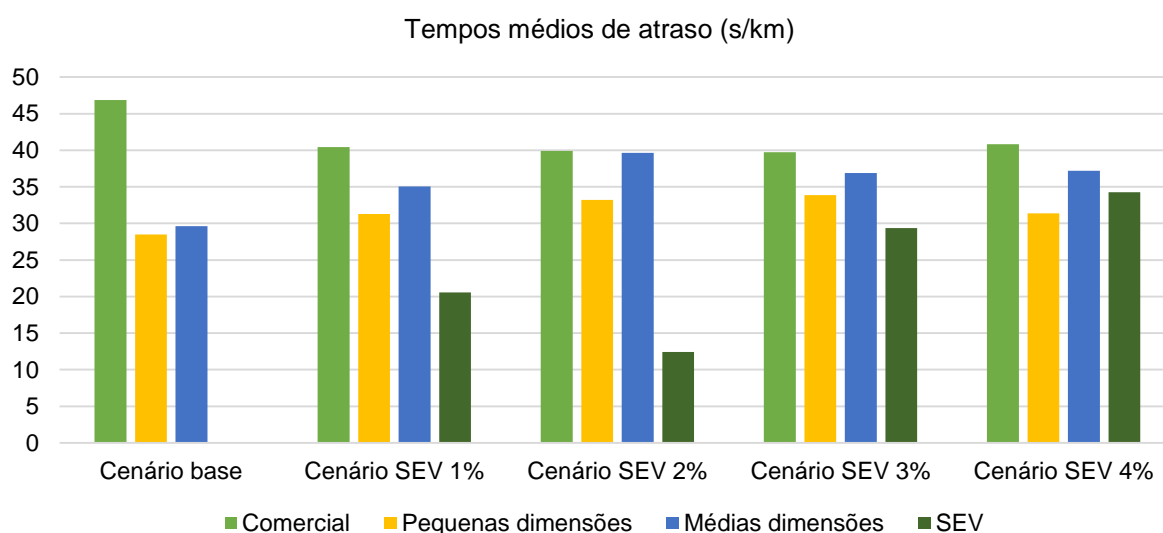


Figura 26 - SEV - Tempos médios de atraso para os diferentes cenários ao nível do quarteirão

Analisando o indicador dos tempos médios de atraso, verifica-se que na categoria dos veículos comerciais o indicador mantém-se abaixo do valor atingido no cenário base. Em relação às categorias dos veículos de pequenas e médias dimensões, os tempos de atraso nos diferentes cenários alternativos são superiores ao cenário base, apresentando tempos próximos de atraso, independentemente do crescimento do número de SEV na rede. Já na categoria dos veículos elétricos, verifica-se que a entrada de 1% de SEV na rede acompanha um aumento dos tempos de atraso nas duas categorias anteriores.

Estas variações irregulares justificam-se pelo facto das taxas de substituição dos veículos elétricos terem sido introduzidos na rede geral e só posteriormente é que foram extraídos os resultados ao nível do quarteirão. Segundo a análise da rede geral, os indicadores analisados têm um desenvolvimento proporcional consoante a variação percentual de entrada dos SEV. Ao nível do quarteirão, como a presença dos SEV já não é correspondente ao que foi introduzido na rede geral, há oscilações nos resultados.

Quer isto dizer que pelo facto de num determinado cenário existir uma percentagem x de substituição de veículos convencionais por SEV's, isso não implica que ao nível do quarteirão essa percentagem seja igual. A percentagem ao nível do quarteirão será o resultado dos percursos que incluem as ruas da figura 24, integrantes de um sistema dinâmico de tráfego.

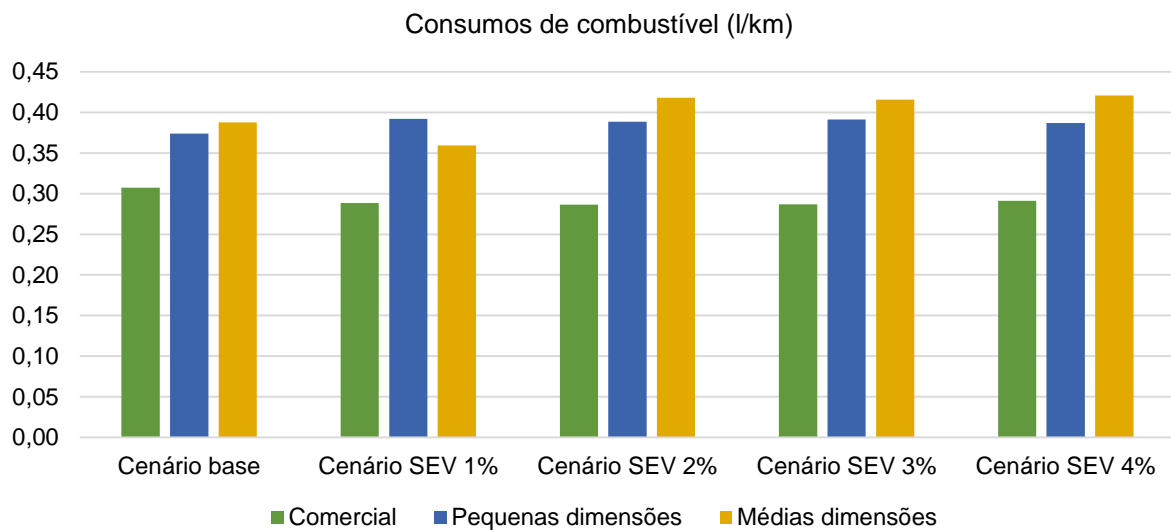


Figura 27 - SEV - Consumos de combustível para os diferentes cenários ao nível do quarteirão

Em relação aos consumos de combustível nota-se um ligeiro aumento nas categorias de pequenas e médias dimensões. No caso dos veículos comerciais, há uma ligeira diminuição nos consumos, que está relacionada com a introdução na rede de uma percentagem de SEV equivalente ao que se retirou de veículos comerciais, sendo previsível que os consumos sejam ligeiramente inferiores. As restantes categorias apresentam um crescimento gradual, tal como foi verificado na análise do indicador dos fluxos. Este comportamento por parte destas duas categorias (pequenas e médias dimensões) permite que se identifique que a introdução de SEV tem efetivamente um impacto imediato na rede viária e neste caso, nos consumos de combustível das outras categorias de veículos.

3.6.3. VIAS PARTILHADAS

Dando continuação a um dos temas abordados no Estado da Arte, propõe-se analisar uma via partilhada por veículos de mercadorias, sendo esta atualmente utilizada apenas por veículos de transporte público. A rua escolhida para esta análise foi a rua da Conceição, localizada em Lisboa. Conforme descrito no ponto 3.2.3, esta rua é constituída por 2 vias, uma em cada sentido, sendo que a via no sentido oeste-este é exclusiva para transporte público. Reduzindo à partida o percurso para quem se dirige para a rua da Prata, trajeto este que atualmente é realizado pela rua de s. Julião, paralela à rua da Conceição, optou-se por simular o uso desta via assumindo a aceitação de ser guiado por parte dos veículos é de 10% que se dirigem para a rua da Prata, admitindo o mesmo valor de aceitação da solução de rotas alternativas, valor este sugerido na literatura como sendo o valor correspondente a uma aceitação média (Morfoulaki, M. et al., 2011).



Figura 28 - Esquema da distribuição de tráfego para a via partilhada

De modo a simular os impactos de partilhar a faixa bus com as operações de carga e descarga nesta rua, podendo de certa forma medir o impacto que essas poderão ter na rua da Conceição, foram considerados cenários com paragens ilegais para cargas e descargas com duração de 1, 2, 3 e 4 minutos, respetivamente. Estes tempos de cargas e descargas permitem aferir em que condições seria possível coexistir mercadorias e transporte pública numa mesma via dedicada.

Na tabela seguinte apresenta-se a análise para a rede geral, com base nos fluxos, distância percorrida, tempos de paragem e consumos, para cada um dos cenários.

Tabela 6 - Resultados das vias partilhadas para a rede geral

	Categorias de veículos	Fluxos		Total da distância percorrida		Tempos de paragem		Consumos de combustível	
		(veic./h)		(km)		(s)		(l)	
Via partilhada com incidentes de 1 min	Ligeiros	-246	-5%	-418	-6%	4	23%	-35	-5%
	Comercial	-50	-7%	-106	-8%	6	38%	-10	-6%
	Pequenas dimensões	-36	-7%	-61	-8%	3	16%	-14	-6%
Via partilhada com incidentes de 2 min	Ligeiros	-395	-9%	-654	-9%	6	32%	-55	-8%
	Comercial	-71	-10%	-148	-12%	8	44%	-16	-9%
	Pequenas dimensões	-52	-11%	-95	-12%	4	18%	-24	-11%
Via partilhada com incidentes de 3 min	Ligeiros	-71	-2%	-44	-1%	4	20%	4	1%
	Comercial	-8	-1%	-43	-3%	6	32%	0	0%
	Pequenas dimensões	-2	0%	3	0%	2	12%	5	2%
Via partilhada com incidentes de 4 min	Ligeiros	-245	-5%	-381	-5%	10	52%	-21	-3%
	Comercial	-42	-6%	-87	-7%	11	64%	-4	-2%
	Pequenas dimensões	-30	-6%	-59	-7%	9	46%	-10	-4%

Analisando os resultados percebe-se que os incidentes introduzidos na via partilhada para simularem as operações de carga e descarga, independentemente do tempo, têm um ligeiro impacto na rede geral (6%). Assistem-se a algumas variações dos indicadores entre os diferentes cenários, verificando-se que com as vias partilhadas, ocorre uma degradação global da rede viária. Aumentam os tempos de paragem, o que reflete o tempo em que os veículos estão parados em fila; a distância percorrida por esses mesmos veículos é menor no período horário em estudo, logo o número de veículos que entra e sai da rede é menor e portanto, é consumido menor combustível na rede em análise. Esta degradação global da rede advirá de essencialmente da paragem de veículos de mercadorias na faixa bus que conduz a atrasos e congestionamento na rede. Como o fenómeno é observado para todos os cenários de forma consistente, é possível apontar esta relação causal. Contudo, mais uma vez, para uma análise com mais pormenor, apresentam-se os resultados ao nível do quarteirão.

Segue-se assim, para a análise dos resultados dos diferentes indicadores para os diferentes cenários alternativos.

Utilizando o mesmo método anterior, revelam-se os gráficos resultantes dos dados dos indicadores para cada cenário, seguindo-se de uma avaliação para cada um deles.

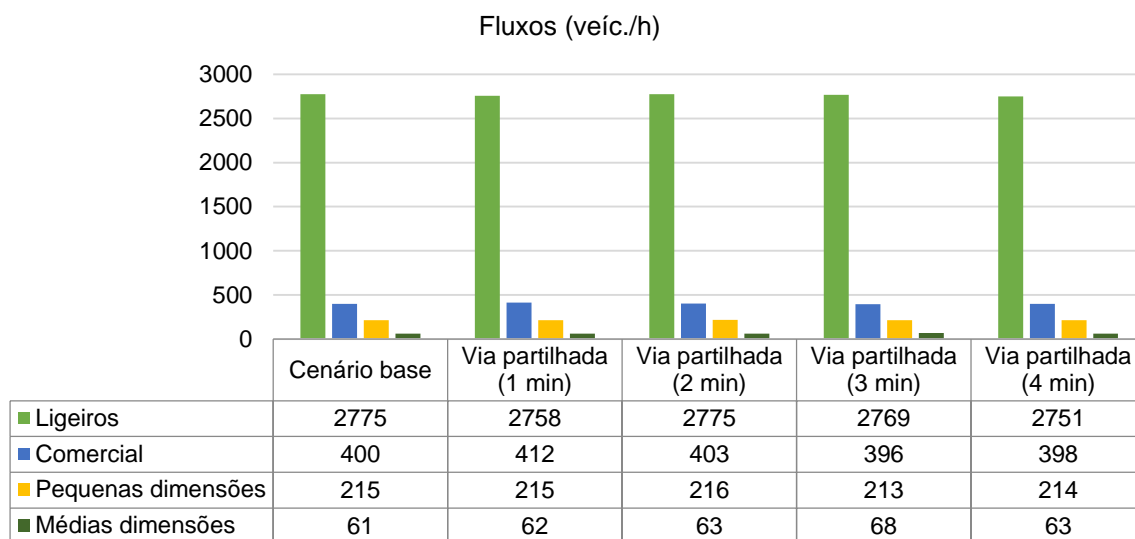


Figura 29 - Vias partilhadas - Fluxos ao nível do quarteirão

Evidencia-se a presença de um número elevado de veículos de ligeiros, situação à qual não se assistiu nas análises dos fluxos das soluções anteriores. Esta presença deve-se ao facto de o quarteirão em análise se localizar no centro da cidade de Lisboa, por onde circulam veículos de diferentes categorias. Independentemente da entrada na área de estudo admitida neste trabalho, os veículos que procuram uma saída passam geralmente por vias integrantes do quarteirão analisado, justificando os números elevados da categoria de veículos com mais presença na rede viária.

Verifica-se que os fluxos não variam praticamente, o que revela que a introdução de uma via partilhada pouco interfere nos fluxos de tráfego nas diferentes categorias, principalmente na categoria de ligeiros, pois o movimento pela rua partilhada está impedido a este tipo de veículo.

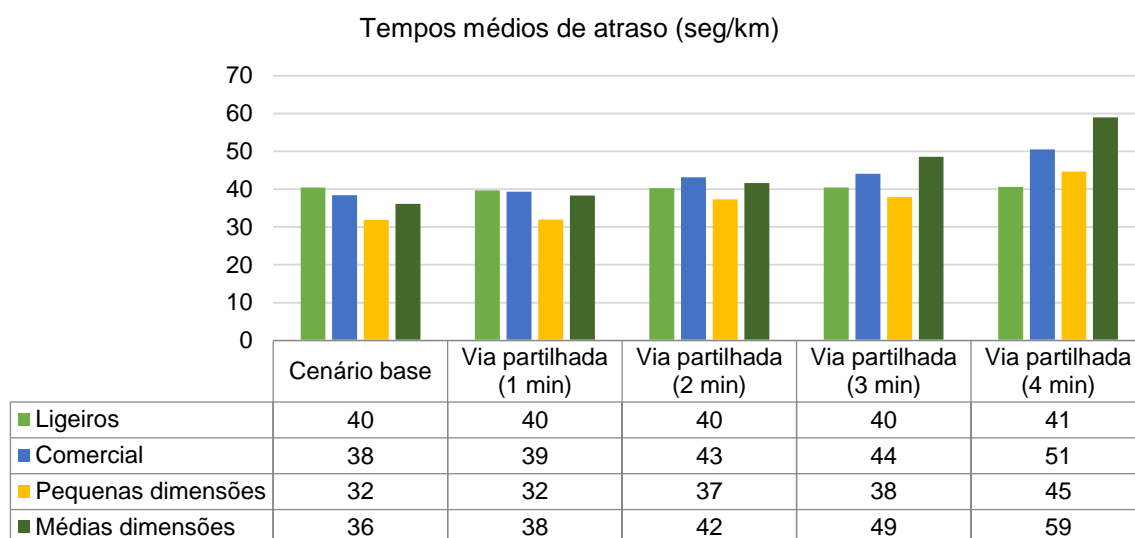


Figura 30 - Vias partilhadas - Tempos médios de atraso ao nível do quarteirão

Quanto maior o tempo de paragem na via exclusiva para transporte público, maior é a perturbação no quarteirão, sendo que todos os cenários são piores do que o cenário base, em particular para os transportadores de mercadorias, ou seja a partilha de tipologia neste tipo de via não apresenta qualquer mais valia ao nível de tráfego da cidade, nem mesmo à microescala. Em relação aos tempos médios de atraso, nota-se que em relação ao cenário base, o cenário de 1 min têm uma variação semelhante no conjunto dos veículos analisados, apresentando uma ligeira subida dos veículos de médias dimensões. O cenário de 2 min já apresenta um ligeiro aumento nos tempos de atraso, situação que se mantém crescente nos cenários seguintes. No cenário de 4 min, para a categoria de médias dimensões, chega a haver um aumento de quase 50%. Este indicador apresenta indícios de que, ao assumir-se 1,2,3 ou 4 minutos como tempo de paragem do veículo de mercadorias, há perturbações na rede.

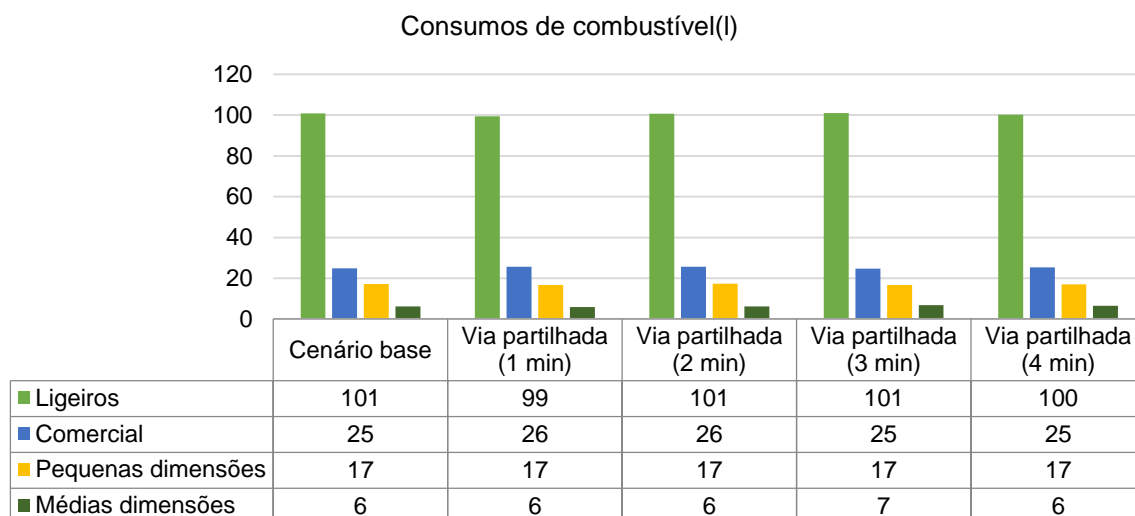


Figura 31 - Vias partilhadas - Consumos de combustível ao nível do quarteirão

Por fim, os resultados do indicador dos consumos de combustível apresentam diferenças mínimas, permitindo que se conclua a partir deste indicador que o uso partilhado desta via entre veículos de mercadorias e transporte público não revela impactos relevantes ao nível dos consumos de combustível, numa perspetiva de quarteirão.

3.6.4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Após a apresentação e análise de resultados para cada cenário, é necessário analisar as diferentes soluções ao nível da rede geral e a uma microescala. Nesse sentido, elaborou-se um resumo que pode permitir uma leitura fácil na tabela 7.

Tabela 7 - Tabela resumo das soluções simuladas

	Rede geral			Microescala		
Passageiros						
Mercadorias						
	Planeamento de rotas alternativas	Introdução de SEV	Utilização de vias partilhadas	Planeamento de rotas alternativas	Introdução de SEV	Utilização de vias partilhadas
Legenda	Impacto positivo		Impacto inconclusivo		Impacto negativo	

Analisaram-se três indicadores para cada cenário alternativo, para cada solução considerada. Os fluxos entende-se que sejam necessários de avaliar pois representam a eficácia da solução, isto é, uma solução é bem aceite se garantir mais fluxo e iguais ou melhores resultados nos outros indicadores. O tempo de atraso representa o desempenho da solução, pois é por este indicador que se conclui que o que se propõem é mais benéfico do que está em funcionamento atualmente. Os consumos de combustível representam a preocupação que foi referida várias vezes ao longo do trabalho, preocupação esta que marca presença assídua nos estudos relacionados com a logística urbana e no caso de Lisboa, é uma preocupação da própria cidade, segundo a regulamentação apresentada no início deste trabalho.

Segundo a análise que foi realizada para os três cenários ao nível da rede geral chegou-se à conclusão que pelo facto de se tratarem de soluções localizadas de logística urbana, no caso do planeamento de rotas alternativas e das vias partilhadas, os resultados têm poucas variações em valor absoluto na rede geral na sua extensão de 23 km. Também no caso da introdução dos SEV's, pelas baixas percentagens que se consideraram, o que numa rede onde são assumidos 6317 veículos nas secções de entrada, a substituição de 1,2,3 e 4% de veículos comerciais (que no pior cenário corresponde a 34 veículos) por veículos elétricos não tem um impacto relevante, do qual se possa fazer uma leitura coerente e retirar conclusões assertivas a nível da cidade.

Dito isto, para soluções como as que foram examinadas, a análise mais explícita de impactos a ser efetuada é em microescala, seja ao nível do percurso ou quarteirão, como foi apresentado para as soluções de planeamento de rotas alternativas, introdução de SEV e vias partilhadas, respetivamente. A estas escalas de análise, os resultados e suas relações causais são explícitos e revelam o potencial de aplicabilidade e relevância das soluções analisadas, com auxílio da micro-simulação de tráfego.

O cenário do planeamento de rotas à micro escala revelou que o percurso do cenário base, considerado o percurso mais atrativo a percorrer, fica menos congestionado com qualquer uma das rotas alternativas que se consideraram. Verificando os resultados dos indicadores que se obtiveram, todos revelam que as três rotas são favoráveis, libertando o percurso inicial ao nível dos fluxos, em todas as categorias de veículos consideradas. Em relação aos tempos de atraso, há uma ligeira redução associada às diversas rotas analisadas, assim como ao nível dos consumos de combustível, permitindo concluir que, juntamente com o apoio tecnológico de aviso prévio das alternativas junto dos condutores, a solução de planeamento de rotas alternativas é uma solução que potencialmente contribui para o melhoramento da circulação e impactos ambientais na cidade.

Em relação à solução da introdução de SEV na micro escala (e conseqüentemente a substituição por veículos comerciais), é importante realçar, tal como foi referido na análise dos SEV, que os veículos elétricos foram introduzidos na rede geral e só posteriormente é que foram retirados os resultados ao nível do quarteirão. Isto quer dizer que, pelas características associadas ao veículo elétrico que foi utilizado para este trabalho, como a velocidade reduzida de circulação e as dimensões inferiores comparando com os outros veículos da simulação, a rede é afetada no seu conjunto, com as restantes categorias de veículos utilizadas para a simulação. Os indicadores apresentados demonstram essa situação, pois há um agravamento aquando da introdução de 1% dos SEV no cenário atual, seguindo-se de um patamar de estabilidade por parte dos SEV no segundo cenário (2%). A partir do cenário de 3% SEV, os veículos elétricos apresentam aumentos nos tempos de atraso e consumos, bem como os veículos comerciais, que apesar de serem substituídos, ou seja, diminuir o número destes veículos na rede, apresentam um aumento nos tempos de atraso e nos consumos de combustível. Estes resultados são coerentes com outras estimativas da literatura, como os valores de 5% apresentados para a cidade do Porto por Melo et al. (2014) que alertam para o potencial contraproducente que os SEV podem ter

na cidade. Em vez de contribuírem para uma redução dos impactos ambientais e melhoria na qualidade de vida e circulação, podem em situações específicas de implementação induzir o efeito oposto.

No caso da solução da implementação de vias partilhadas entre transporte público e transporte de mercadorias, analisada ao nível do quarteirão, verifica-se, que ao ser permitida a paragem de certos veículos numa via antes exclusiva a transporte público tem um impacto negativo na rede, pois obriga a paragens e acumulação de tráfego nesses pontos, independentemente do tempo curto permitido para as operações de carga e descarga. Como tal, os consumos de combustível aumentam na envolvente, tendo um impacto ambiental negativo no centro da cidade, sendo esta uma das situações que se procura evitar e provoca constrangimentos na via de sentido oposto, pois com as paragens numa via, os condutores irão procurar forma de ultrapassar esse obstáculo, prosseguindo com a circulação.

Verificando as três soluções que se apresentaram neste trabalho, juntamente com os resultados provenientes das simulações que se procuraram aproximar o mais possível da realidade, conclui-se que, a solução do planeamento de rotas alternativas, com o apoio necessário de meios tecnológicos de informação e comunicação, poderá trazer vantagens quer para o para o transporte de passageiros quer para o transporte de mercadorias, ao encaminhar os veículos por novos percursos, chegando mais rápido ao seu destino, sem enfrentar barreiras de congestionamento que caracterizam os centros das cidades, acabando por aligeirar a circulação de todos os outros veículos e contribuindo para uma maior fluidez do tráfego.

No caso da introdução dos SEV, é considerada à partida como uma vantagem a utilização de veículos elétricos ao nível do ambiente. Contudo, é necessário que haja uma certa sensibilidade nesta solução. Conforme foi possível verificar nos resultados obtidos, a introdução destes veículos na rede deve ser realizada de forma gradual, para que seja possível analisar o primeiro impacto e os comportamentos de todos os utilizadores da rede. Esta introdução gradual ocorrerá de forma natural num contexto real, uma vez que a adesão de utilizadores de veículos elétricos está atualmente a ocorrer a um ritmo lento no mercado. Utilizando reduzidas percentagens de veículos elétricos que já tinham sido testadas no caso prático do Porto referido no Estado da Arte, procurou-se perceber qual o potencial de efetuar a substituição de veículos elétricos por convencionais. Como se tratam de veículos mais lentos e com uma capacidade menor do que os transportes convencionais, este tipo de solução poderá não ser totalmente benéfica para o setor privado, exceto quando se exige distribuições frequentes, de bens de pequena dimensão, com um centro de distribuição próximo do centro da cidade. Para o setor público, mais sensível às questões ambientais e não tão preocupado com a eficácia do serviço de distribuição, esta solução é vantajosa.

Por fim, a solução das vias partilhadas poderá ser mais vantajosa para o setor privado do que para o público. Esta solução permite que os veículos de mercadorias tenham prioridade sob a maior parte do veículos que circula numa rede viária num centro urbano, apesar de ter um período mais apertado para estacionar o veículo no local correspondente. Claro que, há sempre o problema de uma via partilhada ficar congestionada rapidamente com paragens sucessivas de veículos de mercadorias e estes ficarem bloqueados na própria via. Este é um problema comum com o setor público, para além de ver o seu serviço de transporte público de passageiros a ser condicionado pelo tráfego gerado pelas interrupções causadas pelas operações de carga e descarga.

Está atualmente a surgir uma corrente de que as infraestruturas viárias devem ter um uso partilhado, mas além de questões não negligenciáveis como a segurança, no caso particular do uso partilhado da faixa bus com operadores logísticos, esta pode ser uma solução com impactos negativos para o tráfego, ambiente e qualidade de vida.

4

INQUÉRITO

4.1. CONTEÚDO

O inquérito foi realizado no âmbito dos trabalhos do projeto europeu DOROTHY, elaborado com o objetivo de avaliar diferentes soluções para melhorar o funcionamento das operações de logística urbana, por diferentes stakeholders com intervenção na área da baixa de Lisboa. A elaboração deste inquérito foi preparada pelo autor desta tese em parceria com a EMEL e IST-IDMEC (membros do DOROTHY).

Neste inquérito foram colocadas nove questões, sendo que duas não tratam de soluções para a logística urbana simuladas no estudo. O objetivo deste inquérito é conhecer as opiniões dos diferentes stakeholders, diferenciando o público do privado, e perceber quais as suas ideias no sentido do reconhecimento do problema e de como resolver o mesmo. É importante realçar que o setor público representa o Estado e tem como função administrar e planear em nome do Estado e do interesse público e o setor privado representa os operadores e transportadores que não tem qualquer ligação governamental, sendo as suas iniciativas e ações exercidas sem a participação do Estado. Segundo Melo et al., 2014, os interesses do setor público são a qualidade de vida, a mobilidade e as questões ambientais enquanto que os interesses do setor privado estão mais relacionados com os níveis de rentabilidade económica e as questões relacionadas com a operação de distribuição. Neste sentido, a tipologia dos veículos de passageiros reflete num indicador relativo a mobilidade dos utentes da cidade, logo um indicador de como pode variar o bem público e por consequência reflete o que podem ser os interesses da autarquia. A tipologia dos veículos de mercadorias refletem os interesses dos operadores, aqui designado de sector privado, por oposição ao anterior.

De seguida apresentam os gráficos referentes às respostas obtidas para cada questão colocada. O modelo do inquérito é apresentado nos anexos deste trabalho.

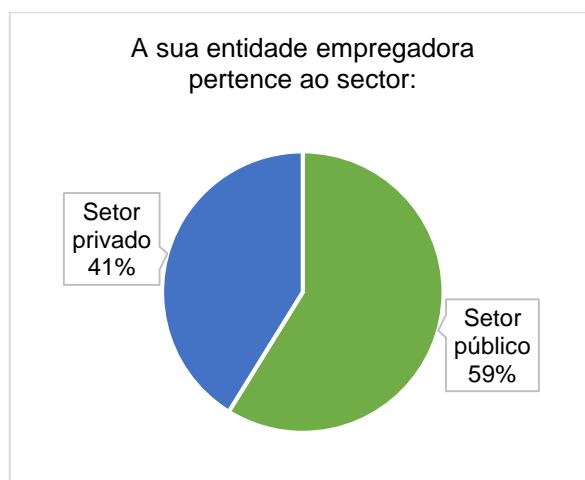


Figura 32 - Inquérito – Resultados da questão 1

Conforme a leitura do gráfico, responderam 59% entidades do sector público e 41% do sector privado, resultantes de um total de 17 respostas obtidas ao inquérito divulgado pelos parceiros e membros da LVT do projeto DOROTHY (17% de taxa de resposta).

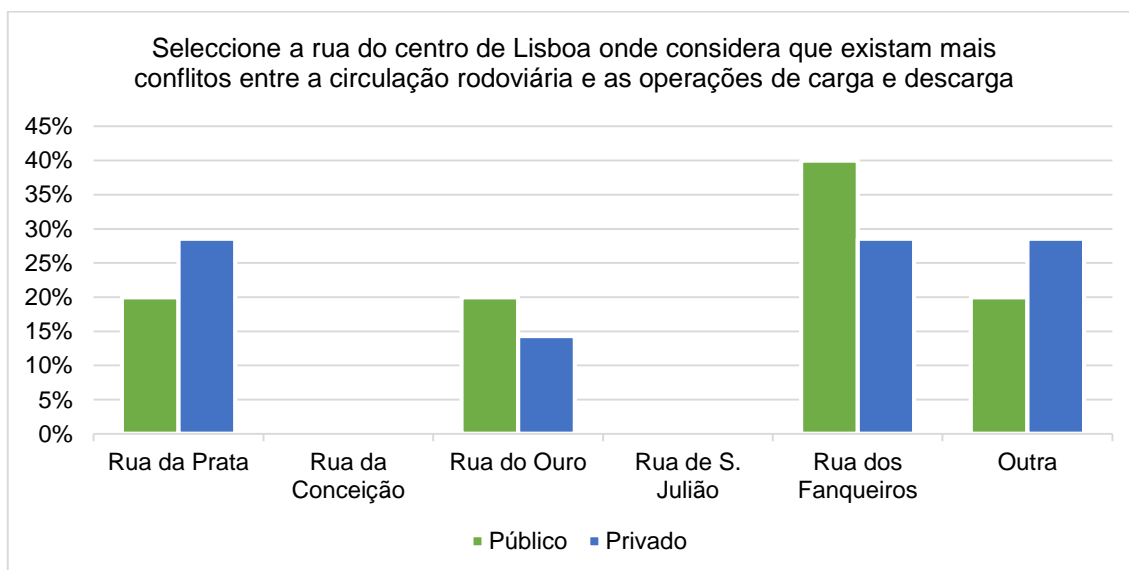


Figura 33 - Inquérito – Resultados da questão 2

No âmbito da parceria de investigação com a CML, a rua da Prata foi referenciada como sendo das mais problemáticas para as operações de carga e descarga principalmente pelo facto de não ter lugares de estacionamento próprios para o efeito, o que obriga a que os operadores estacionem em cima do passeio ou porem no meio da via pública.

Contudo, segundo o inquérito, a opinião do sector público reverte para a rua dos Franqueiros, rua esta que é paralela à rua da Prata, mas tem a direção contrária (norte-sul). É uma rua com duas vias no mesmo

sentido, com estacionamento para veículos de passageiros e com lugares para as operações de carga e descarga.

O sector privado já se divide entre a rua da Prata e a rua dos Fanqueiros, concluindo que estas são as duas ruas mais problemáticas da rede da baixa de Lisboa para as operações de carga e descarga.

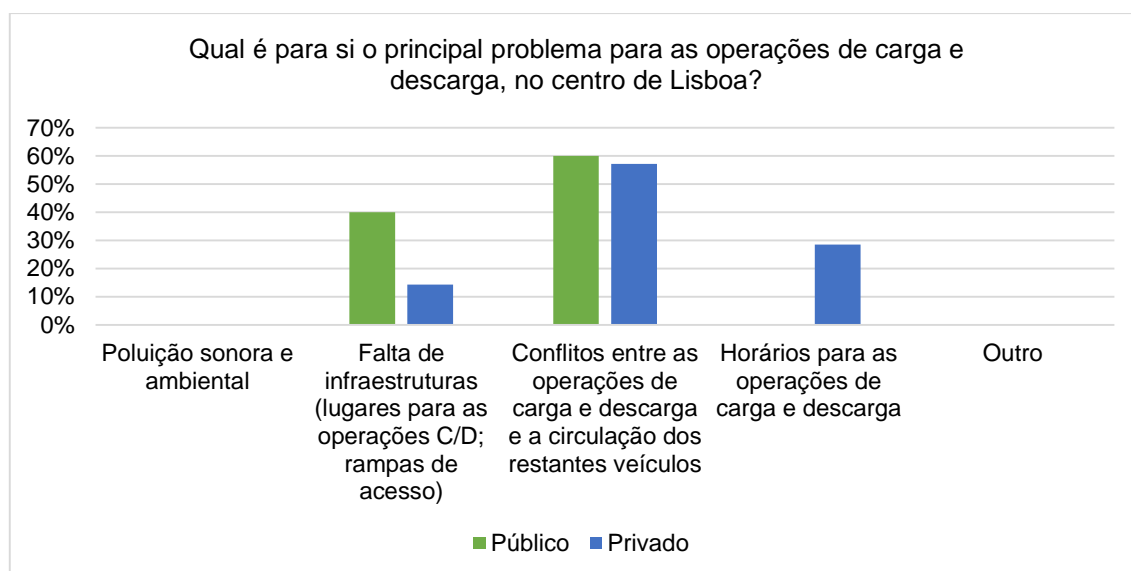


Figura 34 - Inquérito - Resultados da questão 3

Quando confrontado com a questão de qual é o principal problema das operações de carga e descarga no centro de Lisboa, ambos defendem que são os conflitos permanentes que existem entre os veículos de transporte de mercadorias durante as operações e os restantes veículos que circulam na via pública. Contudo, uma percentagem significativa (40%) do sector público apontou a falta de infraestruturas para as operações como o principal problema, enquanto que cerca de 30% dos inquiridos do sector privado respondeu que o problema reside nos horários que estão estabelecidos atualmente para o serviço distribuição e entrega. Esta despreocupação da falta de infraestruturas por parte do setor privado pode dever-se ao fato de estes não se preocuparem em realizar estacionamentos ilegais para exercerem as operações de carga e descarga, não valorizando a existência de infraestrutura para o efeito.

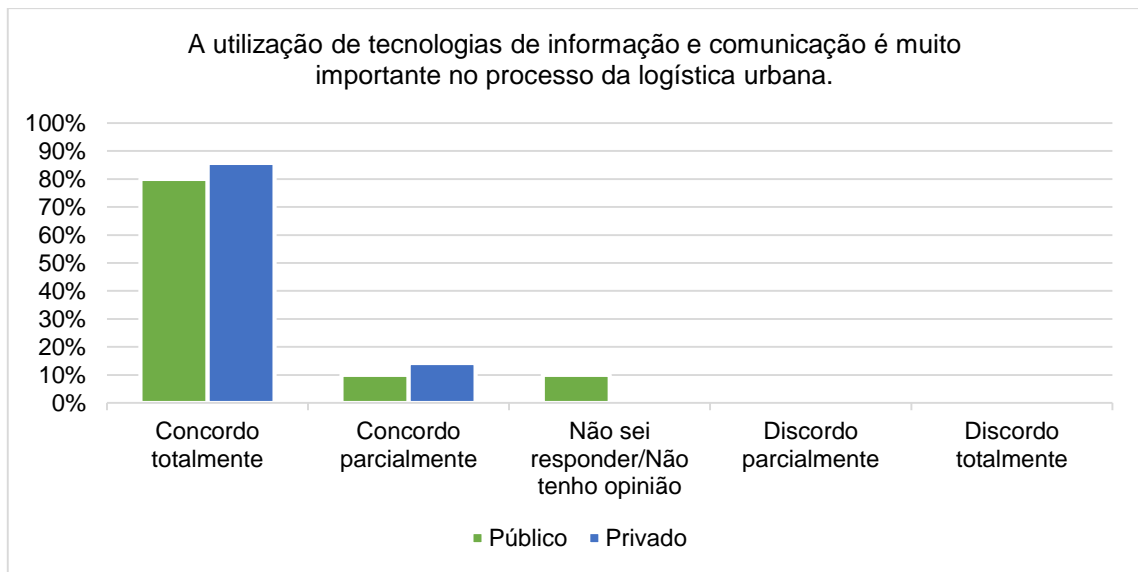


Figura 35 - Inquérito - Resultados da questão 4

Em relação à questão que afirma a importância da utilização de tecnologias de informação e comunicação no processo de logística urbana, ambos os sectores responderam que concordam totalmente, havendo uma pequena percentagem de ambos que respondeu que concorda parcialmente. Assim concluiu-se que esta é uma das medidas bem aceite por ambos os sectores.

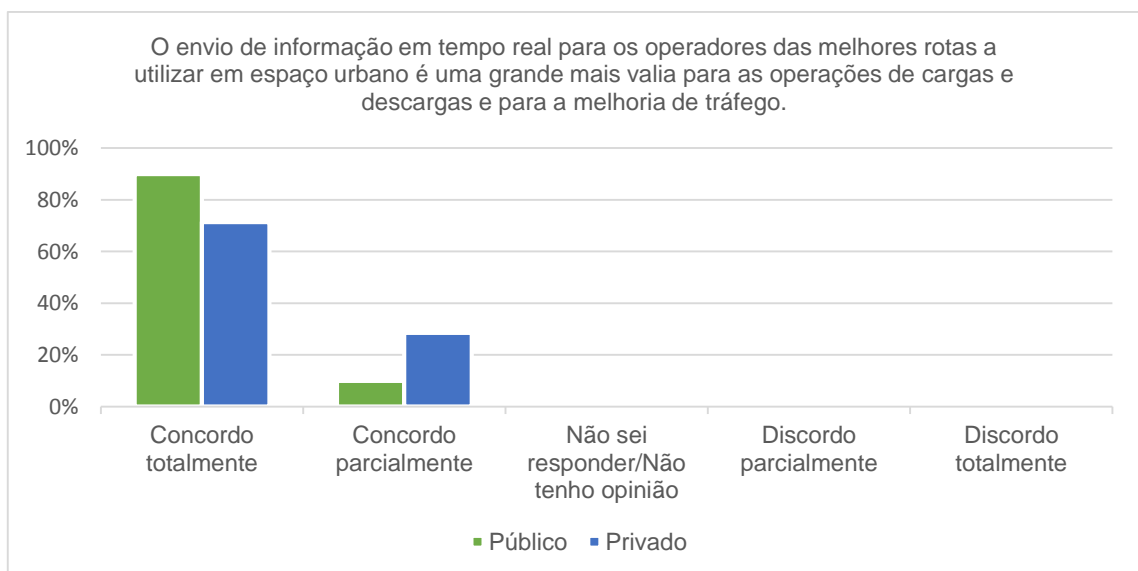


Figura 36 - Inquérito - Resultados da questão 5

Complementando a questão anterior, aqui questiona-se se o envio de informação das melhores rotas em tempo real para os operadores é uma mais valia para operações de carga e descarga e para a melhoria da circulação no espaço urbano. Os resultados são parecidos com os da questão anterior, embora tenho

havido um ligeiro aumento nos inquiridos do sector público que concordam totalmente com esta afirmação, que poderá estar relacionada com a tendência atual do conceito das cidades analíticas para as quais o sector público está particularmente sensível. Já no sector privado assiste-se a uma ligeira redução da opção concordo totalmente para concordo parcialmente.

Apesar de haver estas pequenas oscilações é consensual que a utilização de tecnologias de informação e comunicação, bem como o envio de informação das melhores rotas em tempo real para os operadores, é bem vista pelos sectores público e privado.

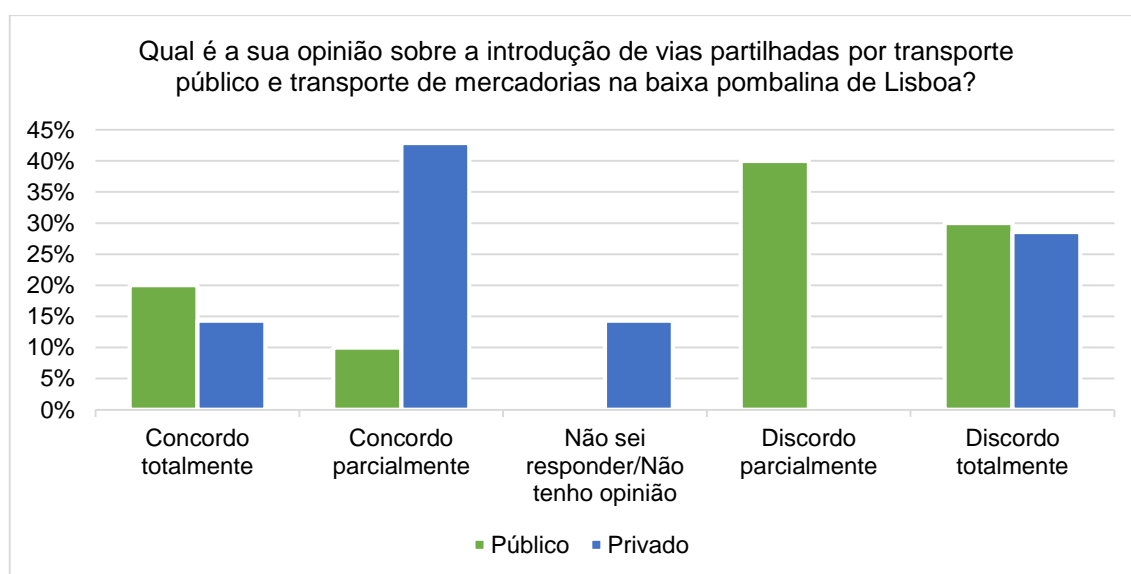


Figura 37 - Inquérito - Resultados da questão 6

Enquanto que a utilização de TIC é uma solução bem recebida por ambos os sectores questionados, a introdução de vias partilhadas por transporte público e transporte de mercadorias já é vista de forma diferente. O sector público tem uma opinião mais negativa sobre esta medida como solução para os problemas da logística urbana enquanto que o sector privado já admite que a introdução de vias partilhadas pode ser vantajosa para as operações dos operadores logísticos. Segundo os resultados obtidos, 70% do sector público não concorda com a introdução desta solução, enquanto que cerca de 55% do sector privado responde afirmativamente à implementação das vias partilhadas na rede viária da baixa pombalina. Mais uma vez é possível de verificar que há uma diferença entre os setores público e privado no que toca à sensibilidade para com os transportes públicos, que são os principais prejudicados nesta solução.

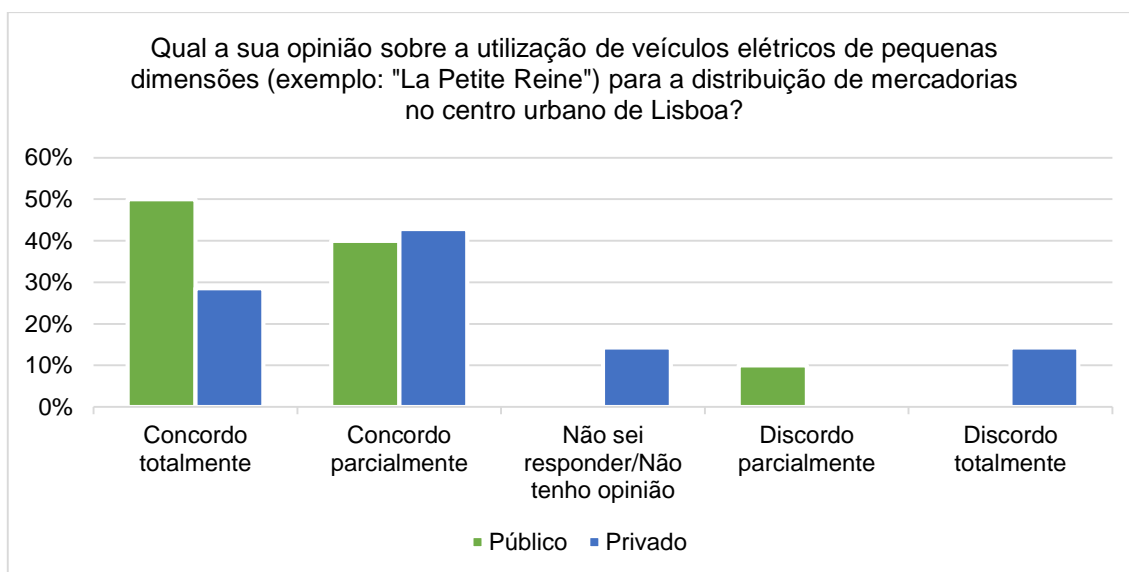


Figura 38 - Inquérito - Resultados da questão 7

Uma das questões colocadas foi sobre a utilização de veículos elétricos de pequenas dimensões (SEV) para a distribuição de mercadorias no centro urbano de Lisboa, dando como exemplo o caso de sucesso de “La Petite Reine”, referido no capítulo 2.1. Ambos os sectores público e privado concordam que esta pode ser uma medida importante como solução para alguns problemas nas operações de distribuição de mercadorias, tendo respondido positivamente 90% dos inquiridos do sector público e cerca de 70% dos inquiridos do sector privado.

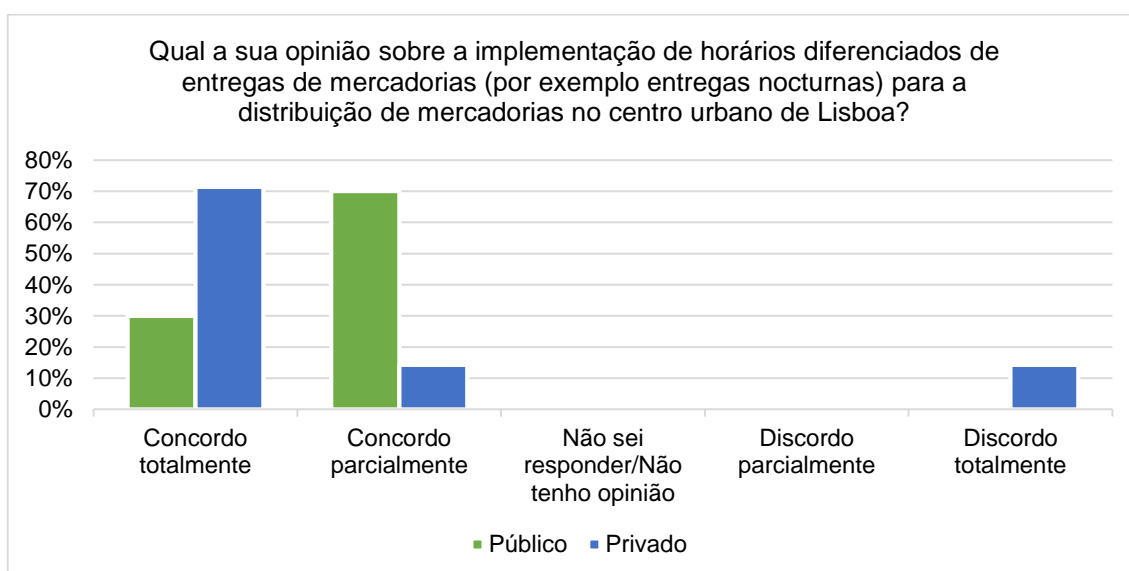


Figura 39 - Inquérito - Resultados da questão 8

Como dito anteriormente, algumas questões não estão relacionadas diretamente com este trabalho, nomeadamente saber a opinião sobre a implementação de horários diferenciados para a distribuição de mercadorias no centro de Lisboa. Contudo, o objetivo do inquérito é conhecer as perspetivas de ambos os sectores em relação às soluções desenvolvidas ao longo do trabalho, mas também em relação a outras soluções possíveis e consideradas e aplicadas a nível internacional.

Dito isto, verifica-se respostas positivas da parte dos sectores público e privado, tendo apenas 14% dos inquiridos do sector privado respondido negativamente, o que leva a concluir que a alteração de horários é uma medida bem aceite por ambos os sectores. Apesar de ambos concordarem, há uma maior preferência por esta medida da parte do sector público do que do sector privado (horários noturnos têm implicações nas operações e custos adicionais).

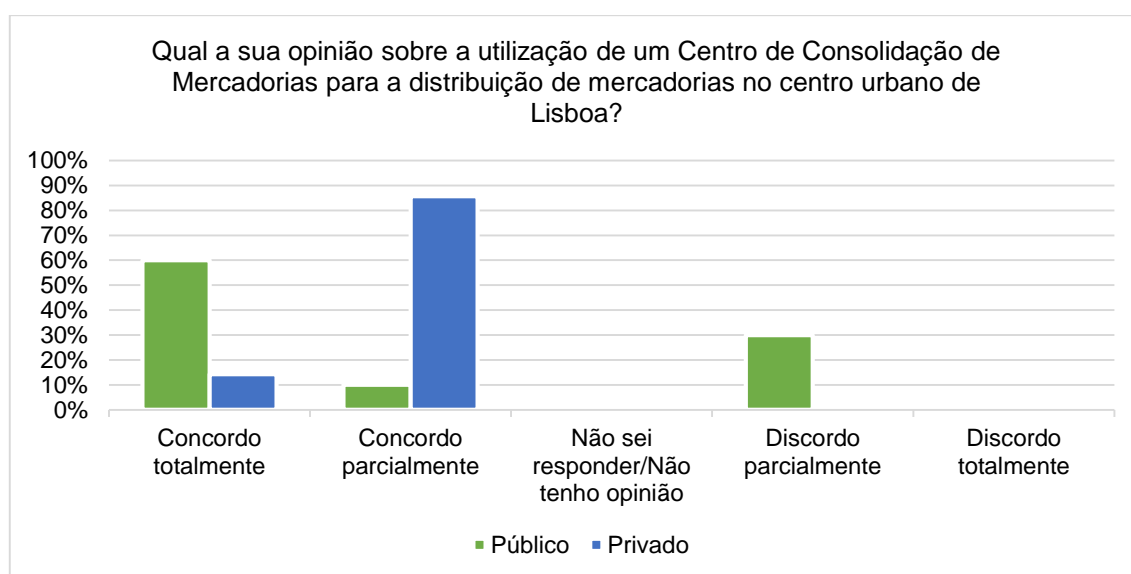


Figura 40 - Inquérito - Resultados da questão 9

A outra questão fora do âmbito deste trabalho mas importante para uma análise geral sobre os problemas e soluções na perspetiva dos sectores público e privado, é sobre a utilização de um centro de consolidação de mercadorias para a distribuição de mercadorias no centro de Lisboa. Segundo o BESTUFS¹, “um centro de consolidação urbano oferece às empresas de transporte de mercadorias a oportunidade para entregar mercadorias, destinadas a uma área urbana, a um centro especializado que se encarregará da entrega final, em vez de serem eles próprios a fazer a entrega ao cliente final numa área congestionada da cidade”.

¹ BESTUFS (Best Urban Freight Solutions) foi uma ação financiada pela Comissão Europeia e decorreu durante o período entre 2000 e 2008. Surgiu com o objetivo de identificar e descrever as melhores práticas e soluções para os problemas relacionados com o transporte urbano de mercadorias.

Sobre esta questão, 70% do sector público concorda com a utilização de um centro de consolidação no meio urbano, enquanto que todos os inquiridos do sector privado concordam parcialmente com essa solução. O facto de ser apenas parcialmente poderá estar relacionado com aspetos práticos de quem financiara a infraestrutura, como será gerida, como interagem os utilizadores da mesma, etc.

4.2. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Indo de encontro ao objetivo do trabalho, que é conhecer as perspetivas dos sectores público e privado perante a situação atual da logística no centro de Lisboa e conhecer e analisar novas soluções que contribuam para um melhor desempenho na distribuição de mercadorias, foi solicitado aos inquiridos, como última questão do inquérito, que classificassem as soluções de logística urbana apresentadas no inquérito, por ordem de preferência e de viabilidade.

O resultado dessa classificação por parte do sector público apresenta-se na figura 41.

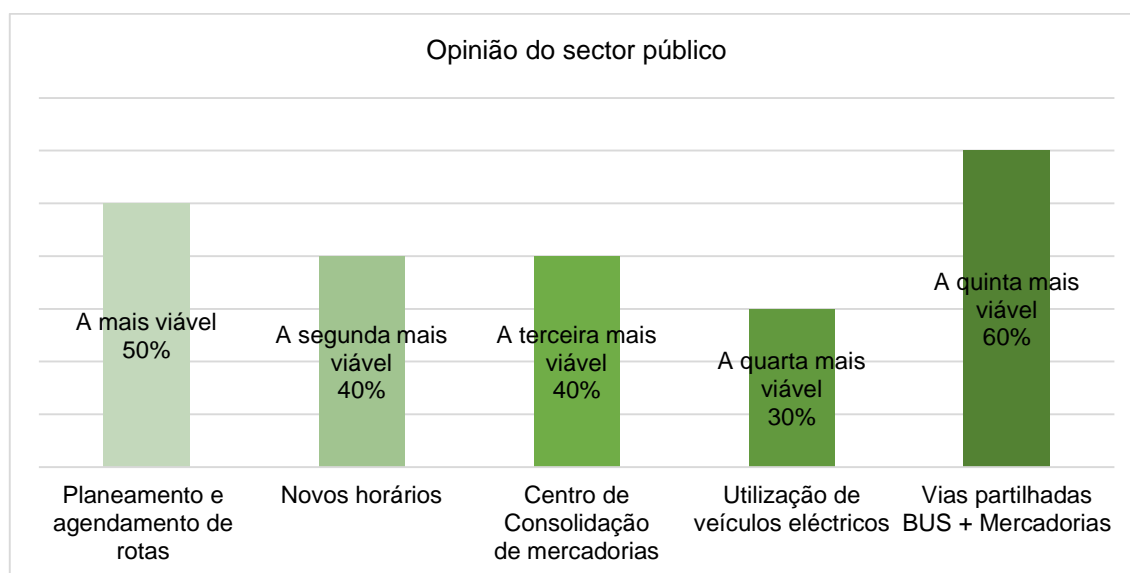


Figura 41 - Inquérito - Opinião do setor público

Verifica-se que, pela leitura do gráfico, 50% dos inquiridos do sector público considera, como solução mais viável para introduzir no centro de Lisboa para ajudar na minimização dos constrangimentos e melhoramentos da circulação rodoviária, o planeamento e agendamento de novas rotas. Esta preferência estará muito associada às cidades analíticas, fortemente impulsionadas atualmente. Os resultados indicam que o mesmo número de inquiridos são da opinião que os novos horários e o centro de consolidação de mercadorias são as segunda e terceira soluções mais viáveis, respetivamente. Já a utilização dos veículos eléctricos para a distribuição de mercadorias é vista por 30% de entidades públicas como a quarta solução mais viável a adotar na baixa de Lisboa. Por fim, as vias partilhadas BUS+ Mercadorias reúnem um número elevado de inquiridos que a consideram como a solução menos viável das que foram apresentadas.

Conclui-se que o sector público, identificando como principais problemas os conflitos entre as operações de carga e descarga e os restantes veículos e a falta de infraestruturas, considera a utilização de tecnologias de informação e comunicação benéfica para resolver parte dos problemas, bem como as vantagens económicas associadas aos custos indiretos e refere-se ao planeamento e agendamento de rotas como a solução mais viável. Nota-se uma opinião dividida entre a elaboração de novos horários e o centro de consolidação de mercadorias, mas consideram ambas boas soluções a serem implementadas. No caso da introdução dos veículos eléctricos, apesar de apenas 10% dos inquiridos não concordar com a utilização destes veículos, consideram que entre todas as soluções apresentadas, não é escolhida como uma das primeiras mais viáveis para o centro de Lisboa. Na análise da questão sobre as vias partilhadas, apenas 30% dos inquiridos concordavam que pode ser uma boa solução para a resolução dos problemas da logística urbana na baixa pombalina, mas quando confrontados com todas as soluções em conjunto, é seleccionada inequivocamente como a menos viável.

De seguida, na figura 42, analisa-se a opinião do setor privado perante a classificação de viabilidade de implementação na baixa lisboeta.

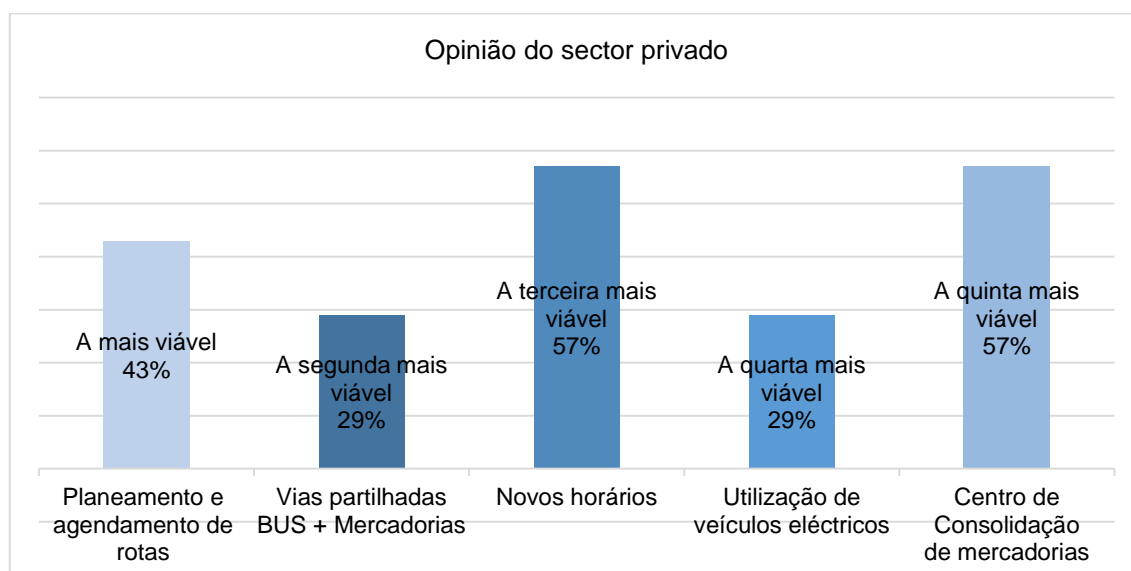


Figura 42 - Inquérito - Opinião do setor privado

Analisando a opinião do setor privado, verifica-se que, assim como o setor público, 43% consideram o planeamento e agendamento de rotas a solução mais viável. No caso da segunda mais viável, 29% dos inquiridos considera que a partilha das vias BUS com os veículos de transporte de mercadorias é uma das soluções com mais garantias para melhorar o serviço prestado. A elaboração de novos horários para as operações de carga e descarga foi considerada a terceira solução mais viável por 57% dos inquiridos do setor privado, enquanto que a utilização de veículos eléctricos foi considerada a quarta solução mais viável entre as soluções analisadas. Como a solução menos viável, segundo 57% das respostas recebidas, está o centro de consolidação de mercadorias, o que é quase contraditório com percentagem elevada que havia respondido que o centro de consolidação de mercadorias poderia ser uma solução para a distribuição de mercadorias no centro de Lisboa (figura 42).

Conclui-se que o setor privado, sendo da opinião que os principais problemas da logística urbana no centro da cidade de Lisboa reside não só nos conflitos entre as operações dos veículos de mercadorias com os restantes veículos, mas também nos horários das operações de carga e descarga, identifica como solução mais viável o planeamento e agendamento de rotas e partilham da mesma opinião com o setor público, sobre a utilização de tecnologias de informação e comunicação, considerando que este é o melhor caminho para a resolução dos problemas identificados. Ao contrário do setor público, que vê nas vias partilhadas a solução menos viável de todas as analisadas, considera que a partilha do espaço entre os veículos de maiores dimensões que circulam nos centros das cidades é uma solução bastante viável. Em relação aos novos horários, verificou-se na análise individual das soluções que era uma das soluções com mais consenso na opinião de ser uma boa solução e necessária a sua introdução, mas na análise do conjunto das soluções, foi ultrapassada pelas vias partilhadas. Sobre a utilização de veículos elétricos, a opinião não é consensual conforme se verificou no gráfico de análise individual e é classificada como a quarta mais viável no conjunto das soluções analisadas. Esta observação associa-se à ausência de inquiridos que identificam a poluição ambiental como o principal problema do centro de Lisboa. Para concluir, enquanto que o centro de consolidação de mercadorias foi considerado pelo setor público como a terceira solução mais viável entre todas, segundo as opiniões recolhidas junto do setor privado, é considerado por mais de metade dos inquiridos como a menos viável.

5

CONCLUSÕES

Os centros urbanos, locais geralmente sobrelotados de veículos das diversas categorias, dificilmente acompanham o crescimento do número de veículos que circulam nas cidades, bem como a necessidade cada vez mais eminente de bens para acompanhar a procura por parte dos consumidores. A atividade de logística urbana está cada vez mais a ser solicitada levando a que o número de problemas apareça e cresça de uma forma descontrolada. Os congestionamentos são frequentes nas cidades derivado muitas vezes do acontecimento de operações de carga e descarga em via pública, situações normalmente geradas pelo estacionamento ilegal em lugares para transporte de mercadorias ou pela própria morfologia do centro urbano.

Desta forma, é necessário que a atividade logística funcione corretamente nas cidades, para que o processo seja rápido, eficaz e com os menores custos possíveis. Para que ela funcione, é necessário que se analise de forma criteriosa os problemas que esta encontra durante o seu processo para que, após a sua identificação, se analise as soluções mais adequadas para a sua resolução antes da sua implementação no espaço urbano.

Foram apresentadas neste trabalho soluções que possam ser introduzidas num contexto real e que sirvam de alavanca de forma a combater os problemas que se identificaram na área de estudo. O planeamento de rotas alternativas, através de tecnologias de informação e comunicação que permitem ao veículo de transporte de mercadorias receber informação em tempo real, apresenta cada vez mais estudos de comprovam que é possível tornar a rede de distribuição mais eficiente e menos poluente, dada a sua diminuição nos consumos de combustíveis (Campagna e Filippi, 2009). A utilização de veículos elétricos, nomeadamente SEV's, tem sido muito divulgada e com casos práticos de sucesso, mais concretamente ao nível ambiental e dos custos de operação (Melo et al., 2014). Por fim, a utilização de vias partilhadas nas cidades tem sido uma solução pouco analisada, mas que já apresentou em alguns casos resultados prometedores (Civitas-Miracles).

Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de quantificar o impacto a montante da decisão de políticas de logística urbana e de confrontar essa quantificação com as perspetivas dos setores público e privado sobre os problemas da logística urbana no caso da baixa da cidade de Lisboa através de um inquérito, de forma a aferir se as três soluções (Planeamento de rotas, SEV e Vias Partilhadas) são efetivamente boas praticas no que concerne a sustentabilidade do espaço urbano.

No caso de estudo analisaram-se as três soluções para a baixa pombalina da cidade de Lisboa e verificou-se que a análise efetuada para a rede geral pode não ser determinante para suportar devidamente a tomada

de decisão, quando se pretende obter informação sobre o impacto de uma solução aplicada num ponto da rede. Adicionalmente, é de salientar que os impactos a nível de rede geral são de dimensão absoluta reduzida e de que se tratam de impactos esperados no imediato. A curto prazo, a procura tende a adaptar-se e essa adaptação é potencialmente positiva, pois segue tendencialmente uma redução dos custos e distância para a nova realidade com que se depara.

Por esse motivo foram efetuadas análises dos cenários a microescala, ao nível do quarteirão, analisando o impacto de cada solução, obtendo dados mais concretos sobre o comportamento da rede e a resposta desta face às alterações impostas pelas soluções introduzidas. Assim sendo, verificou-se que entre as soluções analisadas, o planeamento de rotas alternativas foi o que apresentou resultados positivos mais evidentes. Esta solução poderá trazer vantagens quer para o transporte de passageiros quer para o transporte de mercadorias, ao encaminhar os veículos de mercadorias por novos percursos, chegando mais rápido ao seu destino, sem enfrentar barreiras de congestionamento que caracterizam os centros das cidades, acabando por aligeirar a circulação de todos os outros veículos e contribuindo para uma maior fluidez do tráfego.

Através do inquérito e dando resposta a um dos objetivos deste trabalho, concluiu-se que ambos os sectores estão recetivos quanto à introdução de tecnologias de informação e comunicação no âmbito da logística urbana e ambos concordam que a melhor solução a ser introduzida na baixa pombalina no sentido de auxiliar as operações e melhorar a circulação de todos os veículos, é o planeamento de rotas alternativas, reforçando a conclusão retirada pelos resultados da micro-simulação.

O inquérito ainda permitiu o confronto das opiniões dos setores público e privado perante os resultados da micro-simulação, onde se verificou que a introdução de SEV, apesar de ser uma boa solução para ambos os setores numa escala micro, é vista por ambos os setores como uma solução pouco funcional e com poucas vantagens em relação a outras incluídas no estudo. Para além disso, ambos são da opinião de que o principal problema da logística urbana são os conflitos entre as operações de carga e descarga e os restantes veículos, havendo um “esquecimento” geral da poluição ambiental, mesmo quando estão em vigor restrições quanto à circulação na área de estudo. Mas os setores público e privado não veem tudo da mesma forma. Enquanto que o setor público está mais interessado em soluções relacionadas com a sustentabilidade urbana, o setor privado, foca-se em soluções que podem melhorar a sua performance.

Com base na revisão de literatura, esta tese acrescentou ainda um contributo positivo relativamente à metodologia de análise e estimativa de resultados de soluções de logística urbana. Através do uso de micro-simulação, foi possível analisar em diferentes escalas e criar cenários próximos do que acontece na realidade, considerando a heterogeneidade dos veículos, o que permite ter a perceção do comportamento diferenciado de cada tipologia. Neste trabalho, concluiu-se que as características dos veículos (por exemplo: velocidade, capacidade, dimensão) são determinantes para a eficiência da rede viária.

Concluindo, a importância deste trabalho reside na sua utilização como ferramenta para quem pretende entender o que é a logística urbana, quais os seus problemas, que soluções têm vindo a ser discutidas recentemente, qual o impacto que se podem esperar das mesmas e qual a perspetiva que o setor público e privado têm acerca dessas soluções. Embora existam atualmente muitas soluções apresentadas como boas práticas de logística urbana, os técnicos municipais que dão apoio à tomada de decisão nesta temática, não têm sido munidos de instrumentos de avaliação das mesmas ou de ferramentas que lhes permitam selecionar as iniciativas mais adequadas à problemática da sua cidade. Os setores público e

privado estão abertos à introdução de tecnologias no planeamento e logística urbana, sendo necessário mais meios para que se assista a uma maior evolução de plataformas de gestão de tráfego em tempo real, um trabalho de consciencialização junto dos stakeholders no que respeita a questões ambientais e cívicas e uma cooperação entre todos para que se resolvam os problemas que vão surgindo e que melhorem as condições de vida nas cidades.

Futuramente, e com base no trabalho desenvolvido nesta dissertação, bem como com os estudos desenvolvidos no âmbito da logística urbana, é necessário munir as autarquias das ferramentas adequadas que irão apoiar as decisões a tomar nas alterações e implementação de soluções inovadoras para as operações de logística nos centros urbanos. Para além disso, é necessário dar continuidade ao estudo que aqui se desenvolveu, simulando com outras taxas de aceitação para o planeamento de rotas alternativas e vias partilhadas, analisar os níveis de capacidade de transporte dos veículos elétricos de dimensões reduzidas e simular a utilização de vias partilhadas para diferentes tempos de operação de carga e descarga.

6

BIBLIOGRAFIA

- Ahn, Kyoung-ho; Rakha, Hesham - *The effects of route choice decisions on vehicle energy consumption and emissions*. Transportation Research Part D: Transport and Environment. Vol. 13. n.º 3 (2008). p. 151-167. 1361-9209
- Anderson, Stephen; Allen, Julian; Browne, Michael - *Urban logistics– how can it meet policy makers' sustainability objectives?* Journal of Transport Geography. Vol. 13. n.º 1 (2005). p. 71-81. 0966-6923
- Barceló, Jaume; Grzybowska, Hanna; Pardo, Sara. *Combining vehicle routing models and microscopic traffic simulation to model and evaluating city logistics applications*. In: The Proceedings of the 16th Mini-EURO Conference and 10th Meeting of EWGT, Italy. 2005.
- Bertolini, Luca; le Clercq, Frank; Straatemeier, Thomas - *Urban transportation planning in transition*. Transport Policy. Vol. 15. n.º 2 (2008). p. 69-72. 0967-070X
- Boscacci, Flavio; Maggi, Elena - *La logistica urbana: gli elementi conoscitivi per una governance del processo*. Polipress, 2004. 8873980104
- Browne, Michael; Allen, Julian; Leonardi, Jacques - *Evaluating the use of an urban consolidation centre and electric vehicles in central London*. IATSS Research. Vol. 35. n.º 1 (2011). p. 1-6. 0386-1112
- Campagna, Andrea; Filippi, Francesco - *An ICT platform for urban freight distribution management*. International Journal of Services Sciences. Vol. 2. n.º 3-4 (2009). p. 303-320. 1753-1446
- Carvalho, José Mexia - Texto Editora, 1993. Cap. 1 - *Logística Comercial*.
- Comi, Antonio; Delle Site, Paolo; Filippi, Francesco; Marcucci, Edoardo; Nuzzolo, Agostino - *Differentiated regulation of urban freight traffic: conceptual framework and examples from Italy*. 2008.
- Dablanc, Laetitia; Rodrigue, Jean Paul - *City Logistics: Towards a Global Typology*. 2014.

- Davis, Brian; Figliozzi, Miguel - *A methodology to evaluate the competitiveness of electric delivery trucks*. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. Vol. 49. n.º 1 (2013). p. 8-23. 1366-5545
- Feng, Wei; Figliozzi, Miguel - *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. (2013). p. 135-145. 0968-090X
- Harris, Irina; Wang, Yingli; Wang, Haiyang - *ICT in multimodal transport and technological trends: Unleashing potential for the future*. International Journal of Production Economics. Vol. 159. (2014). p. 88-103. 0925-5273
- Hosoya, R., et al. *Evaluation of logistics policies in the Tokyo metropolitan area using a micro-simulation model for urban goods movement*. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2003, 5: 3097-3110.
- Huschebeck, Marcel - 2001. - Recommendations for further activities I.
- Kramers, Anna; Höjer, Mattias; Lövehagen, Nina; Wang, Josefina - *Smart sustainable cities – Exploring ICT solutions for reduced energy use in cities*. Environmental Modelling & Software. Vol. 56. (2014). p. 52-62. 1364-8152
- Lin, Canhong; Choy, K.; Ho, G.; Chung, S.; Lam, H. - *Survey of Green Vehicle Routing Problem: Past and future trends*. Expert Systems with Applications. Vol. 41. n.º 4, Part 1 (2014). p. 1118-1138. 0957-4174
- Marchau, Vincent; Walker, Warren; van Duin, Ron - *An adaptive approach to implementing innovative urban transport solutions*. Transport Policy. Vol. 15. n.º 6 (2008). p. 405-412. 0967-070X
- Melo, Sandra - *Uma logística colaborativa para a cidade*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2002.
- Melo, Sandra - *Evaluation of urban goods distribution initiatives towards mobility and sustainability: indicators, stakeholders and assessment tools*. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010.
- Melo, Sandra; Baptista, Patrícia; Costa, Álvaro - Sustainable Logistics. Emerald Group Publishing Limited, 2014. - *The Cost and Effectiveness of Sustainable City Logistics Policies Using Small Electric Vehicles*.

- Melo, Sandra, Patricia Baptista, and Álvaro Costa. *Comparing the use of small sized electric vehicles with diesel vans on city logistics*. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 111 (2014): 1265-1274.
- Melo, Sandra; Coimbra, Ricardo; Baptista, Patrícia; Alvaro, Costa - *Innovative urban logistics solutions: how can municipalities cope with it?* (2015).
- Melo, Sandra; Costa, Alvaro; Teixeira, Eric - *The importance of regulation of access of goods vehicles*. 2007.
- Morfoulaki, Maria; Mitsakis, Evangelos; Chrysostomou, Katerina; Stamos, Iraklis - *The contribution of urban mobility management to trip planning and the environmental upgrade of urban areas*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. Vol. 20. (2011). p. 162-170. 1877-0428
- Muñuzuri, Jesús; Larrañeta, Juan; Onieva, Luis; Cortés, Pablo - *Solutions applicable by local administrations for urban logistics improvement*. *Cities*. Vol. 22. n.º 1 (2005). p. 15-28. 0264-2751
- Perego, Alessandro; Perotti, Sara; Mangiaracina, Riccardo - *ICT for logistics and freight transportation: a literature review and research agenda*. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. Vol. 41. n.º 5 (2011). p. 457-483. 0960-0035
- Pereira, Margarida; Teixeira, José - *Logística urbana – conceito inovador na gestão dos fluxos de bens e serviços*. *Geolnova*. Vol. 5. (2002). p. 168-185.
- Taniguchi, Eiichi; Heijden, Rob - *An evaluation methodology for city logistics*. *Transport Reviews*. Vol. 20. n.º 1 (2000). p. 65-90. 0144-1647
- Taniguchi, Eiichi; Thompson, Russell; Yamada, Tadashi; Van Duin, Ron - *City Logistics. Network modelling and intelligent transport systems*. 2001. 0080439039
- Ubeda, S.; Arcelus, F. J.; Faulin, J. - *Green logistics at Eroski: A case study*. *International Journal of Production Economics*. Vol. 131. n.º 1 (2011). p. 44-51. 0925-5273
- Van Geenhuizen, M.; Reggiani, A.; Rietveld, P. - *Policy Analysis of Transport Networks*. Aldershot: Ashgate, 2007. - *New trends in policymaking for transport and regional network integration*.
- Disponível em WWW: <<http://www.veiculoselectricospt.com/pros-e-contras>>
- Witkowski, Jarosław; Kiba-Janiak, Maja - *The Role of Local Governments in the Development of City Logistics*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. Vol. 125. (2014). p. 373-385. 1877-0428

Yoshimoto, Ryuichi; Nemoto, Toshinori - *the impact of information and communication technology on road freight transportation*. IATSS Research. Vol. 29. n.º 1 (2005). p. 16-21. 0386-1112

Zanni, Alberto; Bristow, Abigail - *Emissions of CO₂ from road freight transport in London: Trends and policies for long run reductions*. Energy Policy. Vol. 38. n.º 4 (2010). p. 1774-1786. 0301-4215

ANEXO A

Modelo do inquérito realizado

Avaliação de soluções de logística urbana na baixa da cidade de Lisboa: as perspetivas dos setores público e privado

Este inquérito é realizado no âmbito dos trabalhos do Projeto Europeu DOROTHY - Development of regional clusters for research and implementation of environmental friendly urban logistics, com o objetivo de avaliar diferentes soluções para melhorar o funcionamento das operações de logística urbana, por diferentes stakeholders com intervenção na área.

A elaboração deste inquérito foi preparada pela EMEL em parceria com o IST-IDMEC e a FEUP.

Após avaliação dos resultados, pretende-se desenvolver um catálogo de soluções políticas, regulamentos e tecnologias, com o objectivo de apoiar os Municípios, Autoridades Regionais e Nacionais, na tomada de decisão de medidas que visem alcançar uma logística urbana sustentável.

1. A sua entidade empregadora pertence ao sector:

Mark only one oval.

- Público
- Privado
- Other:

2. Identifique a sua entidade. (facultativo)

.....

3. Seleccione a rua do centro de Lisboa onde considera que existam mais conflitos entre a circulação rodoviária e as operações de carga e descarga.

Mark only one oval.

- Rua da Prata
- Rua da Conceição
- Rua do Ouro
- Rua de S. Julião
- Rua dos Fanqueiros
- Other:

4. **Qual é para si o principal problema para as operações de carga e descarga, no centro de Lisboa?**

Mark only one oval.

- Poluição sonora e ambiental
- Falta de infraestruturas (lugares para as operações C/D; rampas de acesso)
- Conflitos entre as operações de carga e descarga e a circulação dos restantes veículos
- Horários para as operações de carga e descarga
- Other:

5. **A utilização de tecnologias de informação e comunicação é muito importante no processo da logística urbana.**

Mark only one oval.

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Não sei responder/Não tenho opinião
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente

6. **O envio de informação em tempo real para os operadores das melhores rotas a utilizar em espaço urbano é uma grande mais valia para as operações de cargas e descargas e para a melhoria de tráfego.**

Mark only one oval.

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Não sei responder/Não tenho opinião
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente

7. **Qual é a sua opinião sobre a introdução de vias partilhadas por transporte público e transporte de mercadorias na baixa pombalina de Lisboa?**

(as faixas bus permitiriam a circulação de veículos de transporte de mercadorias)

Mark only one oval.

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Não sei responder/Não tenho opinião
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente

8. **Qual a sua opinião sobre a utilização de veículos elétricos de pequenas dimensões (exemplo: "La Petite Reine") para a distribuição de mercadorias no centro urbano de Lisboa?**

Mark only one oval.

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Não sei responder/Não tenho opinião
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente



9. **Qual a sua opinião sobre a utilização de um Centro de Consolidação de Mercadorias para a distribuição de mercadorias no centro urbano de Lisboa?**

Mark only one oval.

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Não sei responder/Não tenho opinião
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente

10. **Qual a sua opinião sobre a implementação de horários diferenciados de entregas de mercadorias (por exemplo entregas nocturnas) para a distribuição de mercadorias no centro urbano de Lisboa?**

Mark only one oval.

- Concordo totalmente
- Concordo parcialmente
- Não sei responder/Não tenho opinião
- Discordo parcialmente
- Discordo totalmente

11. **Entre as cinco iniciativas descritas nas questões anteriores, selecione entre as diferentes hierarquias das soluções, a mais viável de introduzir na rede urbana do centro de Lisboa?**

Mark only one oval per row.

	A mais viável	A segunda mais viável	A terceira mais viável	A quarta mais viável	A quinta mais viável
Planeamento e agendamento de rotas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vias partilhadas BUS + Mercadorias	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Utilização de veículos elétricos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Centro de Consolidação de Mercadorias	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Novos horários	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Agradecemos pela sua disponibilidade.

Nuno Sardinha - n.sardinha@emel.pt

Sandra Melo - sandra.melo@tecnico.ulisboa.pt

Ricardo Coimbra - up201208169@fe.up.pt

