



**Universidade de
Aveiro**

Ano 2013

Departamento de Engenharia Mecânica

**Rui Gabriel
Ribeiro Margarido**

**O papel da mobilidade pedonal na eficiência
energética**



**Universidade de
Aveiro**

Ano 2013

Departamento de Engenharia Mecânica

**Rui Gabriel
Ribeiro Margarido**

**O papel da mobilidade pedonal na eficiência
energética**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Margarida Isabel Cabrita Marques Coelho, Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

O júri

Presidente

Professor Doutor José Paulo Oliveira Santos

Professor auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

Orientadora

Professora Doutora Margarida Isabel Cabrita Marques Coelho

Professora auxiliar do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro

O Arguente

Professor Doutor Joaquim Miguel Gonçalves Macedo

Professor auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

Este trabalho não estaria devidamente concluído sem que expressasse os meus sinceros agradecimentos e enorme reconhecimento às pessoas que, de alguma forma, colaboraram no decurso da sua elaboração.

Assim, começaria por agradecer à Professora Doutora Margarida Coelho, pela partilha de conhecimentos, disponibilidade e auxílio prestado ao longo desta Dissertação.

Aos Engenheiros Paulo Fernandes e Sérgio Pereira assim como à Doutora Tânia Fontes pelo apoio na recolha de dados e desenvolvimento do trabalho.

À Engenheira Arminda Soares da Câmara Municipal de Aveiro, ao Dr. Jorge Silva presidente da Associação Comercial de Aveiro, e aos professores Frederico Sá e José Carlos Mota do Departamento de Ciências Sociais, Políticas e do Território pelos recursos disponibilizados.

Às escolas Homem Cristo, Mário Sacramento, Jaime Magalhães Lima e Profissional de Aveiro pelas várias dezenas de alunos que mobilizaram a participar no estudo de fluxos pedonais.

Aos meus amigos pela colaboração e acompanhamento dados durante a elaboração deste trabalho.

Por fim, uma palavra muito especial de agradecimento à minha mãe Clarinda, ao meu pai Amândio, ao meu avô Manuel e aos meus irmãos Daniel, Mónica e Maria por toda a motivação que me conseguiram transmitir e pela paciência que tiveram para comigo não apenas no desenvolvimento desta Dissertação mas ao longo de todo o meu percurso académico.

palavras-chave

Peão, VISSIM, emissões, padrões de mobilidade, tráfego, veículos.

resumo

Os transportes garantem liberdade de ação à população facilitando o desenvolvimento eficaz das mais variadas atividades. Devido à importância assumida por estes meios no quotidiano pessoal e social, é imperativo perceber a complexidade dos vários sistemas de transportes viários e os múltiplos fatores que neles intervêm, como os modelos habitacionais humanos e de consumo, a organização da produção e a disponibilidade de infraestruturas. De um ponto de vista utilitarista e no que concerne ao planeamento de transportes urge perceber como melhorar o transporte viário através de uma mais eficaz gestão do tráfego rodoviário e pedonal. Isto pode ser realizado através de três formas: melhoria dos sistemas de transporte público, planeamento para promover a mobilidade ciclável e a mobilidade pedonal.

Como tal, o trabalho realizado nesta Dissertação de Mestrado pretendeu analisar a resposta comportamental, ao nível de emissões, dos vários intervenientes da Avenida Dr. Lourenço Peixinho à aplicação de políticas de estímulo ao movimento pedonal. A modelação microscópica de tráfego e peões foi realizada através do *software* VISSIM. Para a estimativa das emissões utilizou-se uma metodologia baseada na potência específica do veículo (VSP) e que tem como finalidade estimar as emissões segundo-a-segundo. Como medidas de desempenho a comparar foram utilizados os tempos de atravessamento da Avenida, os atrasos, paragens e emissões, tanto desta artéria como da rede geral. Os cenários estabelecidos passaram por analisar os resultados da supressão de uma via por faixa (sendo utilizado esse espaço para aumento dos passeios e conseqüente conforto do peão), criação de parques de estacionamento (que visam retirar veículos, atravessando as pessoas a Avenida a caminhar) e diminuição da velocidade de circulação para 30km/h (com o objetivo de promover a acalmia de tráfego).

Os resultados obtidos, quando aplicado o primeiro cenário, demonstram um aumento do tempo de atravessamento e de conflitos, mais preocupantes no sentido rotunda das pontes – estação de comboios, em relação às emissões existe um aumento de 10% na ALP.

A implementação de parques de estacionamento fora do centro (o que conduziria a uma redução de 23% da totalidade do tráfego na ALP) aconteceu apenas no sentido Estação de comboios – Rotunda das pontes e levou a uma diminuição, em relação ao cenário anterior, do tempo de atravessamento assim como de atrasos e paragens. No sentido inverso não existiram alterações. Mesmo assim, na ALP, o nível de emissões diminuiu em 10%, quando comparado com o cenário base.

No terceiro e último cenário, com a limitação da velocidade para 30km/h aumentou o tempo de atravessamento em cerca de 60s em ambos os sentidos, tendo o número de paragens e atrasos também aumentado. No que às emissões diz respeito, comparando com o cenário base, o CO₂ diminuiu 10% (mantém o mesmo valor do cenário anterior), o CO e o NO_x diminuem para 75% enquanto os hidrocarbonetos aumentam atingindo os valores iniciais.

keywords

Pedestrian, VISSIM, emissions, mobility patterns, traffic, vehicle.

abstract

Transportation facilitates the effective development of various activities. Due to the importance assumed by these means in everyday personal and social activities, it is imperative to understand the complexity of the various systems of road transportation and the multiple factors that are involved in them, such as housing models and human consumption, the organization of production and the availability of infrastructure. From a utilitarian point of view, and regarding transportation planning, it is urgent to realize how to improve road transportation through a more effective road traffic and pedestrian management. This can be done through three ways: improvement of public transportation, cycling and pedestrian planning.

The main objective of this Master's Dissertation was to analyse the behavioural response, in terms of emissions, of various stakeholders of the city of Aveiro with the implementation of policies to stimulate pedestrian mobility. VISSIM microscopic simulation model was used to simulate both vehicles and pedestrians. To estimate emissions methodology based on vehicle specific power (VSP) was used, which aims to estimate emissions second-by-second. Times of crossing the Avenida Lourenço Peixinho (ALP), delays, stops and emissions were used as performance measures. The scenarios established were focused in a lane suppression (this space being used to increase pedestrian sidewalks), creation of parking lots outside the centre (with the purpose of removing vehicles in the centre of the city and to emphasize pedestrian mobility) and speed decrease to 30km/h (with the objective to promote traffic calming). The results of the first scenario show an increase of ALP crossing time and conflicts in the direction "Rotunda das Pontes" - railway station. Regarding emissions there is an increase of 10% in ALP.

The construction of parking lots outside the city centre (which would lead to a 23% reduction of the total traffic on ALP) occurred only in the direction Railway station - *Rotunda das Pontes* and led to a decrease in the time, delays and stops, comparing to the previous scenario. In the opposite direction there were no changes. In ALP the level of emissions decreased 10% when compared to the baseline scenario.

In the third and last scenario, with the speed limitation of 30km/h, time increased about 60s in both directions, and the stops and delays also increased. Regarding emissions, comparing with baseline scenario, CO₂ decreased 10% (has the same value of the previous scenario), CO and NO_x decreases to 75% and HC increases to initial values.

Índice

ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS.....	XIII
NOMENCLATURAS.....	XIV
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 MOTIVAÇÃO.....	1
1.2 OBJETIVOS	6
1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1 SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO E EMISSÕES	9
2.2 MOBILIDADE PEDONAL.....	10
3. METODOLOGIA	13
3.1 CASO DE ESTUDO	14
3.2 PADRÕES DE MOBILIDADE PEDONAL	17
3.3 RECOLHA DE VOLUMES DE TRÁFEGO.....	23
3.4 MODELO DE SIMULAÇÃO DE TRÁFEGO VISSIM	24
3.4.1 Modelos de simulação de tráfego	24
3.4.2 Modelo de simulação VISSIM.....	25
3.4.3 Construção do modelo	27
3.5 ROTAS.....	31
3.6 MODELAÇÃO DE EMISSÕES	33
3.7 CALIBRAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO.....	34
3.8 DEFINIÇÃO DE CENÁRIOS	37
4. RESULTADOS	39
4.1 CENÁRIO BASE	39
4.1.1 Calibração	39
4.1.2 Avenida	46
4.2 CENÁRIO 1	47
4.3 CENÁRIO 2.....	49
4.4 CENÁRIO 3.....	50
4.5 RESUMO.....	51
5. CONCLUSOES E TRABALHO FUTURO	55
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
ANEXO I - SIMULAÇÕES PEÕES	63
ANEXO II – SIMULAÇÕES VEÍCULOS.....	77
ANEXO III – TEMPORIZAÇÃO DOS SINAIS LUMINOSOS	78
ANEXO IV – EMISSÕES	79
ANEXO V – AMOSTRA DE GRELHA DE CONTAGEM E FOTOS	83
ANEXO VI – CONTAGENS DE PEÕES COM ILUSTRAÇÃO DE SENTIDO	84

ANEXO VII – COMPARAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DOS FLUXOS DE PEÕES.....	110
ANEXO VIII - PERFIS DE VELOCIDADES.....	111

Índice de figuras

Figura 1: Principais emissões de GEE (CO ₂ ,CH ₄ e N ₂ O) e compromissos para o período 2008-2012. Fonte: (Agência portuguesa do ambiente 2012).....	2
Figura 2: Principais emissões de GEE, por poluente e por setor de atividade. Fonte: (Agência portuguesa do ambiente 2012)	3
Figura 3: Emissões de GEE em 2010 no setor da energia. Fonte: (Agência portuguesa do ambiente 2012)	3
Figura 4: Fluxograma da metodologia	14
Figura 5: Aveiro no mapa de Portugal. Fonte:Google.	15
Figura 6: Rua de Coimbra e Combatentes da Grande Guerra	15
Figura 7: Avenida Dr. Lourenço Peixinho. Fonte:(Noticias de Aveiro 2013)	16
Figura 8: Zonas de peões estudadas	17
Figura 9: Efeitos causados pelo aumento do transporte individual. Fonte: (Morar and Bertolini 2013)	18
Figura 10: Pontos de contagem de peões na ALP, Rotunda das pontes e Rua de Coimbra e Combatentes.....	19
Figura 11: Volumes de peões no período 9h30 – 10h30.....	20
Figura 12: Volumes de peões no horário 11h30 - 12h30	21
Figura 13: Volumes de peões no horário 17h30 - 18h30	21
Figura 14: Esquema de pontos e sentidos dos volumes de veículos	23
Figura 15: Lógica do "Car following" de Wiedemann, Fonte: (PTV Planung Transport Verkehr AG 2011)	26
Figura 16: Representação do ambiente 3D do VISSIM	27
Figura 17: Ambiente VISSIM.....	27
Figura 18: Representação "display type"	28
Figura 19: Representação da definição de velocidades no VISSIM	29
Figura 20: Zona de redução de velocidades	29
Figura 21: Representação da definição das prioridades (verde escuro e vermelho)	30
Figura 22: Introdução de veículos no modelo.....	30
Figura 23: Definição de rotas no modelo	31
Figura 24: Rota nº1, Fonte: Google.....	32
Figura 25: Rota nº2, Fonte: Google.....	32
Figura 26: Rota nº3, Fonte: Google.....	32
Figura 27: Rota A e Rota B, Fonte Google	37
Figura 28: Modos VSP Rota 1	45
Figura 29: Modos VSP Rota 2	46
Figura 30: Modos VSP Rota 3	46
Figura 31: Representação parques de estacionamento	49
Figura 32: Comparação do tempo por cenário	51
Figura 33: Comparação de atrasos por cenário	51
Figura 34: Comparação de paragens por cenário	52

Figura 35: Comportamento das emissões na ALP	53
Figura 36: Comportamento das emissões na rede geral	53
Figura 37: Exemplo folha de registo de peões	83
Figura 38: Fotografias das contagens.....	83
Figura 39: Sentido CP- Casa Branca, Fonte: Google.....	84
Figura 40: Sentido Casa Branca - CP, Fonte:Google.....	84
Figura 41: Variação temporal do Ponto 1	84
Figura 42: Sentido CP, Fonte: Google	85
Figura 43: Sentido Rotunda das Pontes, Fonte: Google.....	85
Figura 44: Variação temporal do ponto 2.....	85
Figura 45: Variação temporal do ponto 3.....	86
Figura 46: Sentido CP - Rotunda Pontes, Fonte: Google.....	86
Figura 47: Sentido Rotunda Pontes - CP, Fonte: Google.....	86
Figura 48: Variação temporal do ponto 4.....	87
Figura 49: Sentido Rotunda Pontes - CP, Fonte: Google.....	87
Figura 50: Sentido CP - Rotunda Pontes, Fonte: Google.....	87
Figura 51: Variação temporal do ponto 5.....	88
Figura 52: Sentido Rotunda Pontes - CP, Fonte: Google.....	88
Figura 53: Sentido CP - Rotunda Pontes, Fonte: Google.....	88
Figura 54: Sentido Rotunda Pontes - Câmara, Fonte: Google	89
Figura 55: Variação temporal do ponto 6.....	89
Figura 56: Sentido Câmara- Rotunda Pontes	89
Figura 57: Sentido Câmara - Pingo Doce.....	90
Figura 58: Sentido Pingo Doce - Câmara, Fonte: Google.....	90
Figura 59: Variação temporal do ponto 7.....	90
Figura 60: Variação temporal do ponto 8.....	91
Figura 61: Sentido Avenida - Fórum, Fonte: Google.....	91
Figura 62: Sentido Fórum - Avenida, Fonte: Google.....	91
Figura 63: Variação temporal do ponto 9.....	92
Figura 64: Sentido Avenida - Rotunda, Fonte: Google.....	92
Figura 65: Sentido Rotunda - Avenida, Fonte: Google.....	92
Figura 66: Variação temporal do ponto 10.....	93
Figura 67: Sentido Rotunda Pontes - CP, Fonte: Google.....	93
Figura 68: Sentido CP - Rotunda das Pontes, Fonte: Google	93
Figura 69: Variação temporal do ponto 11.....	94
Figura 70: Sentido Rotunda Pontes - CP, Fonte: Google.....	94
Figura 71: Sentido CP - Rotunda Pontes, Fonte: Google.....	94
Figura 72: Sentido Avenida - Fórum, Fonte: Google.....	95
Figura 73: Sentido Fórum - Avenida, Fonte: Google.....	95
Figura 74: Sentido El Corte Inglés - CP, Fonte: Google.....	95
Figura 75: Sentido CP - El Corte Inglés, Fonte: Google.....	95
Figura 76: Sentido Hotel Veneza - Avenida, Fonte: Google	96

Figura 77: Sentido Avenida - Hotel Veneza, Fonte: Google	96
Figura 78: Sentido Von Hafe - Avenida, Fonte: Google.....	96
Figura 79: Sentido Avenida - Von Hafe, Fonte: Google.....	96
Figura 80: Sentido Avenida - Farmácia, Fonte: Google	97
Figura 81: Sentido Farmácia - Avenida, Fonte: Google	97
Figura 82: Sentido Segurança Social - Avenida, Fonte: Google.....	97
Figura 83: Sentido Avenida - Segurança Social, Fonte: Google.....	97
Figura 84: Sentido Rossio - Rotunda Pontes, Fonte: Google.....	98
Figura 85: Sentido Rotunda Pontes - Rossio, Fonte: Google.....	98
Figura 86: Sentido CGD - Natura, Fonte: Google.....	98
Figura 87: Sentido Natura - CGD	98
Figura 88: Saída do túnel junto à pastelaria, Fonte: Google	99
Figura 89: Saída do túnel junto ao Fórum, Fonte: Google.....	99
Figura 90: Passadeira sentido Ourivesaria - Fórum, Fonte: Google	99
Figura 91: Passadeira sentido Fórum - Ourivesaria, Fonte: Google	99
Figura 92: Sentido Santander-Banif, Fonte: Google.....	100
Figura 93: Sentido Banif - Santander, Fonte: Google.....	100
Figura 94: No sentido do atravessamento o BES encontra-se à direita e a Ria à esquerda, Fonte: Google.....	100
Figura 95: Passadeira Junto à Casa Alvarinho, Fonte: Google.....	101
Figura 96: Passadeira Junto ao edifício Avenida, Fonte: Google.....	101
Figura 97: Sentido Optometria - Oxigénio, Fonte: Google.....	101
Figura 98: Sentido Oxigénio - Optometria, Fonte: Google.....	101
Figura 99: Sentido Oita - BCP, Fonte: Google.....	102
Figura 100: Sentido BCP - Oita, Fonte: Google.....	102
Figura 101: Sentido Correios - Ourivesaria, Fonte: Google.....	102
Figura 102: Sentido Ourivesaria - Correios, Fonte: Google.....	102
Figura 103: Sentido Loja Indiana - Chico (da esquerda para a direita na figura), Fonte: Google. .	103
Figura 104: Sentido Chico - Loja Indiana, Fonte: Google.....	103
Figura 105: À esquerda da figura encontra-se a Praça e à direita o Canal da Ria (Ria Canal), Fonte: Google.....	103
Figura 106: À esquerda da figura encontra-se o Ria Café enquanto à direita se encontra o Canal da Ria (Ria Canal), Fonte: Google.....	104
Figura 107: Ao fundo da figura encontra-se a paragem enquanto á direita se encontra a loja de revistas (Quiosque), Fonte: Google.....	104
Figura 108: Sentido GNR - CP, Fonte: Google.....	105
Figura 109: Sentido CP - GNR, Fonte: Google.....	105
Figura 110: Sentido Hotel - Chocolate.....	105
Figura 111: Sentido Chocolate - Hotel.....	105
Figura 112: Sentido Praça do Marquês - Câmara.....	106
Figura 113: Sentido Câmara - Praça do Marquês.....	106

Figura 114: À esquerda da figura encontra-se o Pingo Doce enquanto o passeio à direita liga à Camara Municipal, Fonte:Google.	106
Figura 115: Sentido Casa Alvarinho - Shopping, Fonte: Google.....	107
Figura 116: Sentido Shopping - Casa Alvarinho, Fonte: Google.....	107
Figura 117: Sentido CP - Rotunda Pontes, Fonte: Google.....	107
Figura 118: Sentido Rotunda Pontes - CP, Fonte: Google.....	107
Figura 119: Sentido Rotunda Pontes - CP, Fonte: Google.....	108
Figura 120: Sentido CP - Rotunda Pontes, Fonte: Google.....	108
Figura 121: Sentido Compra ouro - Residencial (da direita para a esquerda na figura), Fonte: Google.....	108
Figura 122: Sentido Residencial - Compra ouro (da direita para a esquerda na figura), Fonte: Google.....	108
Figura 123: Sentido Nanzor - Tricana, Fonte: Google.....	109
Figura 124: Sentido Tricana - Nanzor, Fonte: Google.....	109

Índice de tabelas

Tabela 1: Volumes de veículos em cada ponto (vph)	23
Tabela 2: Modos VSP e fatores de emissão (NO _x , HC, CO e CO ₂) para veículos ligeiros de passageiros a gasolina. Fonte: (USEPA 2002).....	33
Tabela 3: Modos VSP e fatores de emissão (NO _x , HC, CO e CO ₂) para veículos ligeiros de passageiros a diesel. Fonte:(USEPA 2002).....	34
Tabela 4: Validação dos Peões.....	40
Tabela 5: Validação dos veículos.....	44
Tabela 6: Validação das rotas 1,2 e 3.....	45
Tabela 7: Tempos, atrasos e paragens do cenário base	47
Tabela 8: Emissões do cenário base.....	47
Tabela 9: Tempos, atrasos e paragens do cenário 1	48
Tabela 10: Emissões do cenário 1 em kg	48
Tabela 11: Tempos, atrasos e paragens do cenário 2	49
Tabela 12: Emissões do cenário 2	50
Tabela 13: Tempos, atrasos e paragens do cenário 3	50
Tabela 14: Emissões do cenário 3	50

Nomenclaturas

ALP – Avenida Dr. Lourenço Peixinho

CMEM - *Comprehensive Modal Emission Model*

CO - Monóxido de carbono

CO₂ – Dióxido de carbono

CP - Estação de Comboios

EU – União Europeia

GEE – Gases de efeito de estufa

GEH - Coeficiente de Geoffrey E. Havers

GPL – Gás de petróleo liquefeito

HC – Hidrocarbonetos

HOV – Veículos de alta ocupação

HK – Hong Kong

IMTT – Instituto da mobilidade e transportes terrestres

NO_x – Óxido de azoto

NYC – New York City

PIB – Produto interno Bruto

PM₁₀ – Partículas inaláveis com diâmetro inferiora dez micrómetros

RMSE – Erro quadrático médio

VOC – Compostos orgânicos voláteis

VPH – Veículos por hora

VSP - *Vehicle Specific Power*

1. INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

Os transportes garantem uma liberdade de ação à população, que lhes permite desenvolverem de maneira mais eficaz as suas atividades. Porém, os transportes são um sistema complexo que depende de múltiplos fatores, designadamente os modelos de habitats humanos e de consumo, a organização da produção e a disponibilidade de infraestruturas. Devido a esta complexidade, qualquer intervenção no setor dos transportes deve basear-se numa visão a médio e longo prazo da mobilidade sustentável das pessoas e dos bens, tanto mais que as políticas estruturais levam tempo a ser aplicadas e devem ser planeadas com a devida antecedência (Comissão Europeia 2009).

Os transportes são igualmente uma componente essencial da economia europeia. Este setor, no seu conjunto, equivale a cerca de 7% do produto interno bruto (PIB) e mais de 5% do emprego total na União Europeia (UE). A política Europeia de transportes contribuiu para um sistema de mobilidade equiparável, em termos de eficiência e de eficácia, ao das regiões do mundo economicamente mais avançadas (nomeadamente os Estados Unidos da América) (Comissão Europeia 2009).

De dia para dia, os transportes têm vindo a assumir uma importância crescente no modo de vida da sociedade atual, evidenciada pelo grande aumento do volume de tráfego rodoviário. Com especial relevo nos grandes centros urbanos, sendo esse ritmo de crescimento mais rápido do que os progressos realizados na eficiência energética dos diversos meios disponíveis. Este facto tem contribuído para um aumento das emissões de gases de efeito de estufa (GEE) e para o agravamento do fenómeno das alterações climáticas (Agência portuguesa do ambiente 2012).

De forma a garantir o cumprimento das obrigações de Portugal no âmbito da União Europeia, do Protocolo de Quioto, da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Alterações Climáticas e das negociações em curso sobre o regime climático pós-2012; é necessário implementar as medidas preconizadas a nível nacional que contribuem para a redução de emissões de GEE e promovem o combate às alterações climáticas (Agência portuguesa do ambiente 2012).

No final de 2009 foi aprovado pela União Europeia o Pacote Energia-Clima, que estabeleceu como objetivo comunitário uma redução até 2020 de pelo menos 20% das emissões de GEE na Comunidade, em relação a 1990. A nível europeu, os setores abrangidos pelo Comércio Europeu de Licenças de Emissão, em particular, devem reduzir 21% das emissões face a 2005 e os restantes setores 10% em relação ao mesmo ano (Agência portuguesa do ambiente 2012).

A partilha de esforços entre os Estados-membros foi fixada através da Decisão n.º 406/2009/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de abril. Neste contexto, Portugal deverá limitar entre 2013 e 2020, o aumento das emissões de GEE dos setores não abrangidos

pelo Comércio Europeu de Licenças de Emissão em 1% em relação a 2005. Para esse efeito, será estabelecida uma trajetória linear, com início em 2013, de emissões anuais de GEE que não podem ser excedidas (Agência portuguesa do ambiente 2012).

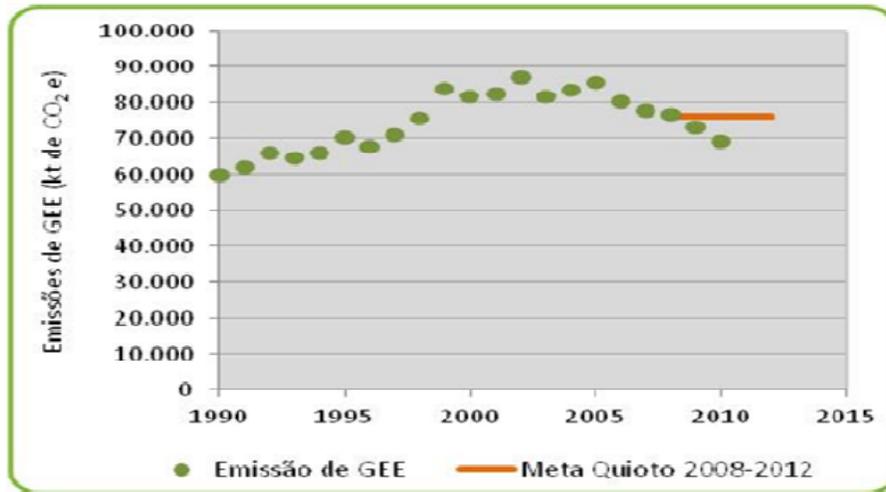


Figura 1: Principais emissões de GEE (CO₂, CH₄ e N₂O) e compromissos para o período 2008-2012. Fonte: (Agência portuguesa do ambiente 2012)

No período 1990-2010 a emissão de gases com efeito de estufa (GEE) cresceu a um ritmo médio de 1% por ano. Em 2010 o total das emissões nacionais (excluindo o setor florestal e alteração de uso do solo (LULUCF, na sigla inglesa) foi estimado em 70,6 Mt CO₂ eq. e, situando-se cerca de 1% abaixo da meta nacional de cumprimento no âmbito do Protocolo de Quioto e representando um aumento de 15% face a 1990, valor este que se encontra abaixo da meta nacional de cumprimento de Quioto (+27%) (Agência portuguesa do ambiente 2012).

No ano de 2010 o CO₂ foi o principal gás responsável pelos GEE, representando cerca de 75% do total de emissões, seguido do CH₄ (17%) e do N₂O (6%). O setor da energia (produção e consumo) foi o principal responsável pelas emissões de CO₂, o setor agrícola e os resíduos pelas emissões de CH₄ e o setor agrícola pelas emissões de N₂O. O setor da energia incluindo transportes representou, em 2010, 70% do total das emissões nacionais (Agência portuguesa do ambiente 2012).

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética

Rui Gabriel Ribeiro Margarido

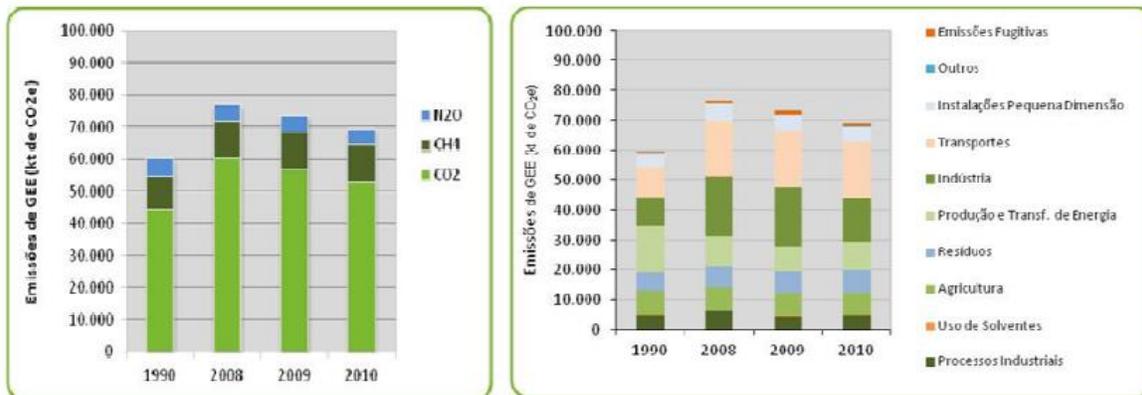


Figura 2: Principais emissões de GEE, por poluente e por setor de atividade. Fonte: (Agência portuguesa do ambiente 2012)

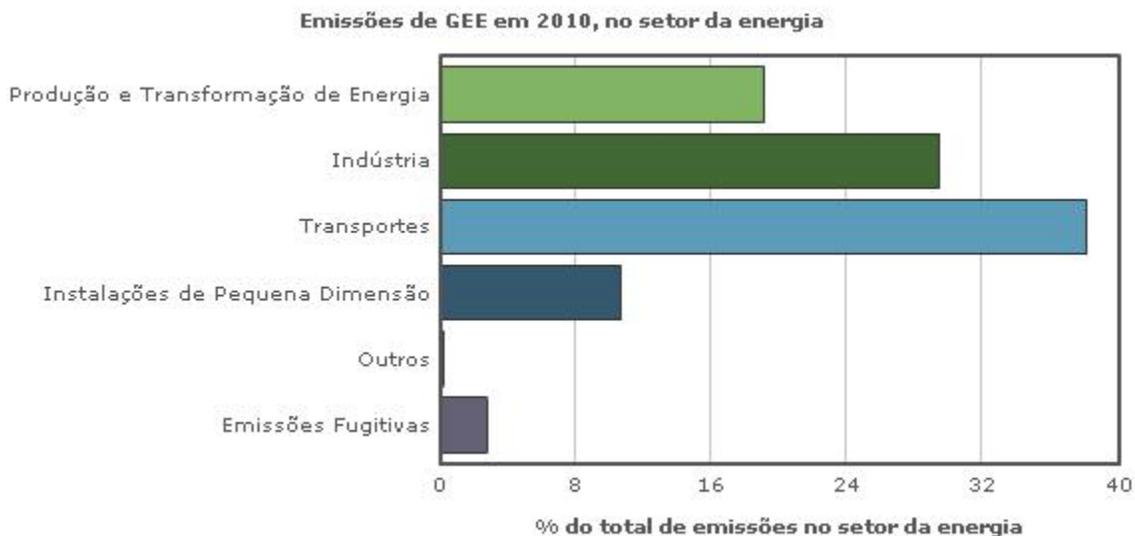


Figura 3: Emissões de GEE em 2010 no setor da energia. Fonte: (Agência portuguesa do ambiente 2012)

A eficiência da rede de transportes é um assunto que preocupa governos e outros setores da sociedade, seja por motivações económicas ou ambientais. Além do elevado preço dos combustíveis, as externalidades associadas à emissão de poluentes são, cada vez mais, uma fonte de preocupação global. Os congestionamentos frequentes no acesso a cidades de média/grande dimensão são origem de fenómenos de ineficiência energética e aumento das emissões de poluentes, além de causarem prejuízos económicos significativos.

Na União Europeia 30% das deslocações diárias efetuadas de carro são inferiores a 3 km e 50% são inferiores a 5 km: para muitas destas viagens, andar a pé e de bicicleta pode ser uma alternativa realista (Viegas 2008).

Desta forma, e numa época de crise económica, a mobilidade pedonal torna-se uma opção cada vez mais interessante, principalmente para distâncias curtas. No entanto, o atual modelo citadino prioriza a circulação de veículos particulares e, muitas vezes, não se mostra adaptado aos modos suaves. Este tipo de mobilidade carece de um planeamento cuidado e de um lugar de destaque na estruturação das cidades. Para colmatar estas lacunas é necessária a realização de um estudo que identifique os problemas, as correções e as potencialidades que podem ser promovidas de forma a tornar o espaço público mais agradável, seguro e confortável para a praticabilidade das atividades urbanas diárias.

A promoção de meios de transporte mais sustentáveis constitui a grande motivação e o principal desafio do “Plano de Promoção da Bicicleta e Outros Modos Suaves 2013-2020” coordenado pelo Instituto da Mobilidade e dos Transportes Terrestres (IMTT). Este inscreve-se num novo paradigma de mobilidade que tem em vista combinar o desenvolvimento económico das cidades e vilas e a acessibilidade com a melhoria da qualidade de vida, uma prática de vida saudável, a defesa do ambiente e a redução da dependência energética, nos termos expostos pelo Livro Verde da Comissão Europeia “Por uma Nova Cultura de Mobilidade Urbana”, e nos termos, oficialmente adotados, em Março de 2011, pela Comissão Europeia no Livro Branco - Roteiro do espaço único europeu dos transportes - Rumo a um sistema de transportes competitivo e económico em recursos (IMTT 2012).

O nosso país apresenta uma repartição de modos de transporte que não difere do padrão da União Europeia onde o automóvel é o meio de transporte mais utilizado (52,9% na União Europeia a 27). No entanto, nas deslocações usando modos suaves, o panorama nacional é bem menos animador: as deslocações a pé registavam, em 2010, um peso de 17,7%, uma utilização superior à média europeia (12,6%), enquanto as deslocações em bicicleta, tendo aumentado de 1 para 1,6% entre 2007 e 2010, mantinham-se distantes do desempenho médio Europeu (7,4%). As deslocações em modos suaves expressam a sua importância crescente e a evolução europeia para padrões de mobilidade mais sustentáveis que contribuam para reduzir os impactos negativos dos transportes e para melhorar os níveis de bem-estar e a saúde dos cidadãos (IMTT 2012). Esta progressão depara-se, todavia, com dificuldades objetivas bem presentes nas cidades e vilas portuguesas, das quais são exemplo a dispersão urbana, a segregação dos usos do solo, as estruturas urbanas inadequadas e inseguras que desincentivam o uso de modos não motorizados (IMTT 2012).

Não obstante os constrangimentos urbanos assinalados, um número significativo de Municípios tem desenvolvido iniciativas que estimulam o uso da bicicleta e outros modos suaves, com destaque para a criação de ecovias e percursos cicláveis e para projetos que disponibilizam bicicletas para utilização partilhada em espaço urbano.

O Livro Branco, publicado em 2011, propõe uma estratégia até 2050 refletida em 10 metas. O desafio é tornar o sistema de transportes menos dependente do petróleo, mantendo a sua eficiência e mobilidade. O objetivo central da política europeia consiste em promover

um sistema de transportes que sustente o progresso económico, fortaleça a competitividade e proporcione serviços de mobilidade de alta qualidade na Europa através de uma utilização mais eficiente dos recursos disponíveis. A Comissão pretende conceber um setor para o futuro que assente na competitividade e na sustentabilidade, pretendendo: o crescimento do setor e a salvaguarda da mobilidade cumprindo a meta de reduzir em 60% as emissões de GEE, até 2050; a elaboração de uma rede de base eficiente para o tráfego e os transportes interurbanos multimodais; a existência de condições de concorrência equitativa no tráfego de longo curso de passageiros e no tráfego intercontinental de mercadorias; a promoção de transportes urbanos e suburbanos ecológicos. No âmbito da conceção da mobilidade urbana e das infraestruturas, o documento refere a importância de facilitar as deslocações a pé e de bicicleta (Comissão Europeia 2011).

Em Aveiro foram concretizados vários projetos tanto de qualificação de espaço público como de incentivo à mobilidade sustentável. Em 2000 lançou-se o projeto BUGA, sendo o primeiro do género em Portugal e dos primeiros na Europa, que consiste em bicicletas urbanas partilhadas sem custos para o utilizador. Em 2008 aderiu-se ao projeto europeu *LifeCycle – Bicicleta é Vida* que convidava a experimentação da bicicleta. Em Agosto de 2009 iniciou-se o *Active Access – A Cidade a Pé* que pretende promover a circulação pedonal colocando à disposição dos cidadãos mapas que promovem as hipóteses de compra, serviços e lazer na sua vizinhança (Quintão et al. 2012). Em 2012 arrancou o programa RAMPA – Regime de Apoio aos Municípios para a Acessibilidade que visa apoiar as autarquias na elaboração de planos locais ou regionais que promovam as acessibilidades físicas e arquitetónicas do espaço público (Câmara Municipal de Aveiro 2013).

Todos os fatores referidos conjugados estimulam uma análise mais aprofundada do tema desta dissertação, através da promoção da mobilidade pedonal e qual o impacte das alterações propostas na rede viária e emissões de poluentes.

1.2 Objetivos

A presente Dissertação de Mestrado tem dois objetivos principais: o primeiro, proposto pela Associação Comercial de Aveiro devido a quebras de vendas que se tem verificado nos estabelecimentos da ALP, visa caracterizar a atividade pedonal na cidade, enquanto o segundo consistiu no estudo do desempenho do tráfego e potencial redução de emissões na rede viária de Aveiro, decorrentes de medidas de restrição de tráfego que visam incentivar a mobilidade pedonal no centro. Estes cenários foram simulados recorrendo ao *software* VISSIM. Para a estimativa das emissões de poluentes atmosféricas recorreu-se à metodologia de cálculo *Vehicle Specific Power* (VSP).

Como forma de iniciar este estudo, foram necessárias desenvolver as seguintes fases:

- Recolher dados para caracterizar o cenário base;
- Modelar e implementar a rede gráfica no VISSIM;
- Definir cenários a serem avaliados no simulador;
- Configurar os parâmetros de modelação e simulação para os mesmos;
- Executar simulações de modo a avaliar os resultados e comprovar a aplicabilidade da ferramenta proposta.

1.3 Estrutura da Dissertação

A Dissertação de Mestrado proposta está organizada em 5 capítulos:

No capítulo 1 é analisado o setor dos transportes, estudando-se o perfil ambiental com especial atenção ao consumo energético e às emissões de GEE. São também abordadas as apostas nos modos suaves.

Seguidamente, no capítulo 2, é efetuada uma revisão bibliográfica detalhada acerca da modelação de veículos e peões, nomeadamente com a utilização do modelo de microsimulação VISSIM e do modelo de emissões VSP.

No capítulo 3 é descrita a metodologia utilizada na realização do trabalho. Começando pela descrição da zona de estudo, estudo dos padrões de mobilidade (pedonal e de veículos), segue-se para a descrição do modelo de simulação, rotas, cálculo de emissões, calibração e validação do modelo e por fim cenários a avaliar.

A apresentação e discussão dos resultados é feita no capítulo 4. O cenário base inicia-se pelos resultados da calibração seguindo-se os das medidas de desempenho (tempo de atravessamento da avenida, número de paragens e arranques sucessivos - “para-arrancas”, atrasos e emissões). Nos cenários alternativos as avaliações também seguem estas medidas.

Por último, no capítulo 5 são retiradas as principais conclusões e feitas sugestões para possíveis trabalhos futuros.

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica encontra-se dividida em duas secções. A primeira foca o veículo e as suas emissões (padrões de mobilidade, tecnologia, diferentes volumes de veículos e incidentes) enquanto a segunda refere o peão (aquisição de dados de circulação, ambiente envolvente, emissões a que está sujeito).

2.1 Simulação de tráfego e emissões

Bandeira (Bandeira et al. 2011) conduziu um estudo com o objetivo de avaliar o impacto dos padrões de mobilidade nas tendências de desenvolvimento urbano numa cidade portuguesa de média dimensão (Aveiro), e as respetivas consequências para a qualidade do ar. Efetuou-se a modelação através de um processo sequencial, compreendendo: i) Uso do solo e transporte, modelo TRANUS; ii) emissões de poluentes atmosféricos, modelo TREM e, iii) a qualidade do ar, modelo TAPM. A fim de avaliar a implementação da metodologia foi realizada a comparação das concentrações de CO e PM10 nos padrões de mobilidade modelados com dados medidos utilizados na definição do cenário real. Foram observadas reduções de 54% e 83% para o CO, 44% e 95% para PM10, 44% e 87% para o VOC e 44% e 79% das emissões de NO_x, para os dois cenários estudados. No que diz respeito à qualidade do ar foi observada, em ambos os cenários, uma redução de cerca de 100 µg/m³ de concentração de CO médio anual. Os resultados de concentrações de PM10 anuais mostraram uma redução de 1,35 µg/m³ e de 2,7 µg / m³ para os cenários 1 e 2, respetivamente.

Zhang (Zhang et al. 2011) comparou as emissões de veículos leves e pesados na hora de ponta (onde existe congestionamento), com as emissões em condições de livre fluxo de tráfego (dias de pouco tráfego). Os valores da velocidade e aceleração dos veículos foram recolhidos segundo a segundo e posteriormente utilizados no modelo CMEM (*Comprehensive Modal Emission Model*) que realiza simulação das emissões também segundo a segundo.

Zhang (Zhang et al. 2009) realizou um estudo com o objetivo de comparar o impacto, ao nível das emissões, de duas estratégias de controlo de tráfego em Pequim. Verificou-se que, em comparação com os fatores de emissão de estrada não coordenada, na estrada com sinalização coordenada as emissões de HC e CO diminuíram em 50 % e 30%, respetivamente, mas o NO_x aumentou 10%. O resultado mostra que o uso de sinalização coordenada pode efetivamente reduzir as emissões de HC e CO, mas aumenta a poluição de NO_x. Durante o período de aceleração todas as taxas de emissão são muito elevadas portanto devem ser rigorosamente controladas. Portanto, ao selecionar o modo de gestão do tráfego e estratégias de controlo das emissões nas estradas, os gestores de tráfego podem considerar a implementação da otimização do tempo do sinal, e ao mesmo tempo tentar controlar volumes de tráfego.

O congestionamento urbano é uma fonte de custos elevados em termos de atrasos e de aumentos do consumo de combustíveis, e além disso, também exerce sobre os transportes coletivos de passageiros uma ineficiência na sua qualidade de serviço. Os incidentes de tráfego são uma das principais causas destes congestionamentos, sendo eventos que interrompem o fluxo normal de tráfego rodoviário, como por exemplo, acidentes, estacionamento em segunda fila, entre outros, podendo influenciar os modos de condução. Coelho (Márcio Coelho 2010) efetuou um estudo que visa prever o desempenho do tráfego

e respetivas emissões poluentes e consumos de combustível decorrentes da ocorrência de incidentes. A zona de estudo consistiu na Avenida Dr. Lourenço Peixinho, em Aveiro. Além desta previsão, ainda foram estudadas alternativas para evitar estes incidentes. A metodologia utilizada foi baseada num modelo de simulação microscópica de tráfego rodoviário, designado por VISSIM, onde se efetuaram as simulações de tráfego dos diversos cenários realizados. Os resultados obtidos através das simulações demonstram que os incidentes são geradores naturais de emissões e de consumos de combustível, além de criarem modos de condução mais agressivos. Os resultados obtidos foram positivos, tendo reduções nas emissões na ordem dos 18 a 24% na hora de vazio e de 4 a 6% na hora de ponta.

São necessárias medidas inovadoras de gestão de tráfego para reduzir as emissões nas principais artérias e autoestradas. Enquanto na Europa, a gestão de estradas se tem concentrado principalmente na introdução de corredores “bus”, de faixas de alta ocupação (HOV) e eco-vias (faixas exclusivas para veículos movidos a combustíveis alternativos) não foram estudados de forma abrangente. Fontes et al. (Fontes et al. 2013) desenvolveram uma plataforma integrada para modelação de tráfego e as emissões utilizando o modelo VISSIM e metodologia VSP e CORINAIR. Depois de um rigoroso processo de calibração o modelo foi validado em termos de velocidades, volumes, tempo de viagem e de distribuição dos modos VSP. Esta plataforma foi então utilizado para simular a inclusão de HOV e eco-pistas numa área urbana. A metodologia aplicada mostra que HOV e eco-pistas numa cidade europeia de média dimensão são viáveis. Verificou-se que, em autoestrada a maior parte dos passageiros pode reduzir o seu tempo de viagem em cerca de 5 %, com um impacto positivo em termos do total de emissões (-3 % de CO₂, 14% de CO, -8 % NO_x). No corredor urbano, a redução de emissões pode ser atingida apenas se a ocupação média por veículo for aumentada para 1,50 passageiros / veículo. Nesta situação, as emissões totais do corredor podem ser reduzidas até 20%.

2.2 Mobilidade Pedonal

Ishaque e Noland (Ishaque and Noland 2008) analisaram a exposição de peões às emissões dos veículos e o papel desempenhado pelos tempos dos sinais de travessia. Foi elaborado um modelo de micro-simulação da “Marylebone Road in London” que possibilita a identificação dos movimentos de veículos e de peões e está ligada a uma base de dados de emissões. Os efeitos dessas emissões sobre os caminhos de peões e cruzamentos são então estimados através de um modelo de dispersão de poluentes. As simulações da exposição dos peões às emissões dos veículos, tendo em conta a duração da exposição, demonstraram que há claramente um compromisso entre a exposição dos peões e a redução das emissões. Neste estudo foi igualmente comparada a exposição de diferentes tipos de peões, nomeadamente, idosos e outras pessoas com mobilidade reduzida, bem como crianças. A exposição de peões para CO e PM₁₀ em passeadeiras sugerem que atrasar os peões em favor da fluidez do tráfego rodoviário pode ser um problema.

A avaliação do ambiente pedonal é fundamental para a formulação de políticas pró-ativas para melhorar as alternativas de passeio e incentivar atividades de caminhada. Os métodos de avaliação atuais ignoram a quantificação da utilidade dos recursos ambientais ou dependem das preferências subjetivas dos peões. O estudo realizado por Guo e Loo (Guo and Loo 2013) propõe um método de avaliação capaz de quantificar a utilidade do ambiente pedonal, baseando-se em preferências na escolha da rota. Foram realizadas entrevistas em dois bairros (um em Nova York e um em Hong Kong) para identificar percursos reais. Eles compartilham algumas características comuns em termos de elevada densidade, tráfego pedonal elevado e diversos ambientes de peões, embora sejam realidades distintas em termos de formação cultural, estilo de vida residente e design da paisagem urbana. Os resultados indicam que os peões consideram uma variedade de fatores ambientais, e não apenas a distância, na escolha da melhor rota entre a origem e destino.

O trabalho desenvolvido por Kelly (Kelly et al. 2011) avaliou três métodos diferentes que, juntos, ajudam a obter uma completa compreensão de como o ambiente pedonal pode ser melhorado:

- Uma ferramenta desenvolvida computacionalmente com a utilização de questionários entregues a pessoas previamente escolhidas para obter os valores relativos de uma série de fatores relevantes no ambiente pedonal. O resultado pode ser usado como um método para priorização dum regime em que se podem comparar rotas com base em avaliações relativas do peão, desde observação do parâmetro mais alto como a verificação do valor mais baixo, considerado como o mais problemático;

- Inquéritos em papel concebidos para investigar os valores e atitudes para diferentes atributos do ambiente pedonal ao longo de uma rota em que as pessoas estão paradas num determinado ponto. Este método tem como vantagens a obtenção, num curto período de tempo, de uma grande amostra de visualizações sobre um grande número de atributos que foram recolhidos num ponto da rota assim como vários fatores-chave que necessitam ser melhorados;

- Um "inquérito em movimento" onde os peões foram entrevistados enquanto caminhavam ao longo do percurso, a fim de obter uma perspetiva real das suas experiências e interações enquanto caminham. Como vantagens podem-se apontar as interações específicas com o ambiente onde a entrevista estava a ocorrer (por exemplo, o impacto da estrada e do respetivo volume de tráfego sobre a capacidade dos participantes enquanto estão a atravessá-la).

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

3. METODOLOGIA

A metodologia seguida no trabalho será explicada neste capítulo recorrendo ao fluxograma representado na Figura 4. Após recolha de informação e revisão da literatura que se encontram descritos no capítulo 2, efetuou-se a planificação dos trabalhos necessários para a elaboração da dissertação.

Numa primeira fase recolheram-se as características da via, desde dimensões a velocidades máximas permitidas e à existência de sinalização vertical. Relativamente à temporização dos semáforos existentes na Avenida Lourenço Peixinho, recorreu-se aos valores quantificados na Dissertação de Mestrado de Márcio Coelho (Márcio Coelho 2010), que estudou incidentes de tráfego rodoviário nesta mesma avenida. Nesta fase também foram recolhidos os volumes tanto de veículos como peões. Serão explicadas a seguir as metodologias e limitações encontradas.

Na segunda parte são apresentados alguns *softwares* de microsimulação expondo-se as vantagens e limitações de cada um. A escolha acabou por recair sobre o *software* VISSIM.

Na terceira parte é descrita a metodologia VSP que se baseia na potência específica do veículo para estimar as suas emissões.

Na quarta é demonstrada como se faz a validação do modelo, recolhendo ao erro quadrático médio (RMSE) e ao coeficiente de Geoffrey E. Havers (GEH).

Finalmente, na última parte são descritos os cenários alternativos a serem implementados e avaliados.

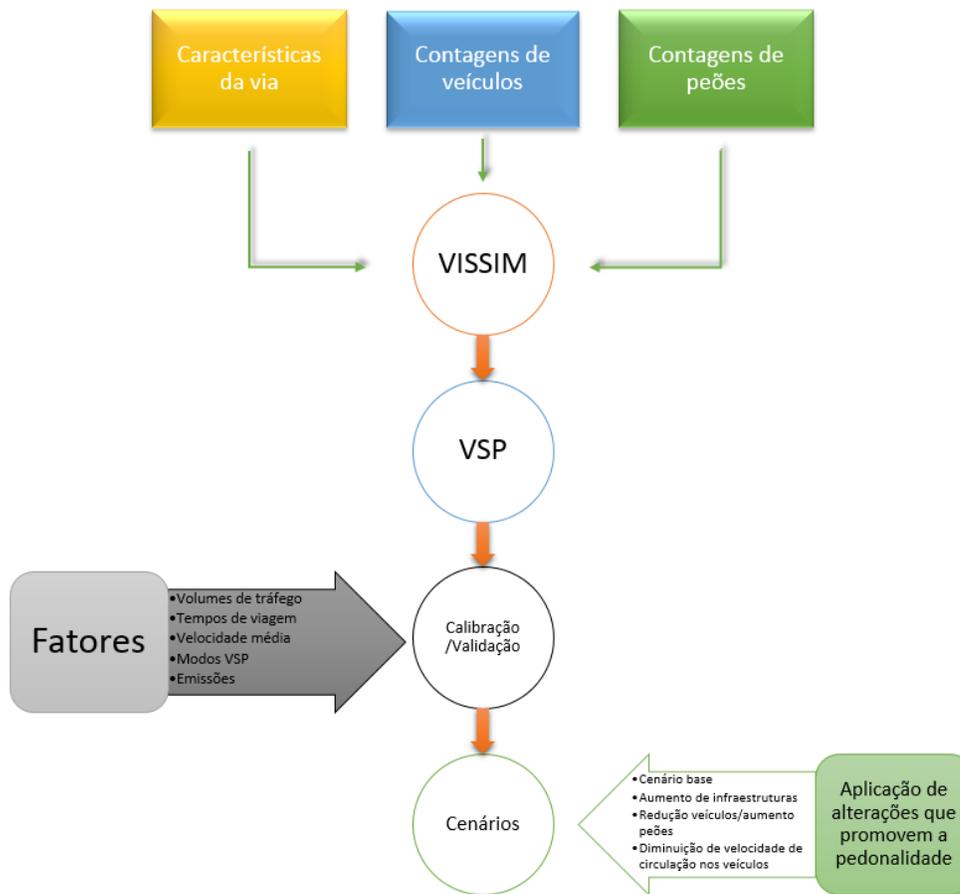


Figura 4: Fluxograma da metodologia

3.1 Caso de estudo

Aveiro é uma cidade com importante área industrial e comercial e um ponto estratégico para o comércio internacional, beneficiando de várias redes de transporte, incluindo o transporte rodoviário, ferroviário e das ligações marítimas. Está localizada na costa noroeste de Portugal a 78 Km do Porto e a 275 Km da capital (Figura 5) (Amorim et al. 2010).

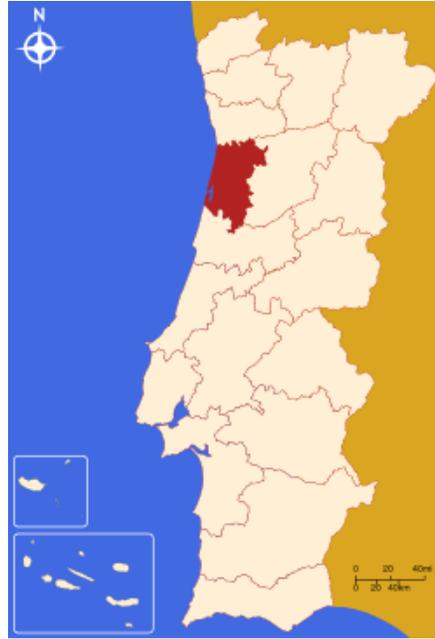


Figura 5: Aveiro no mapa de Portugal. Fonte:Google.

O município de Aveiro tem uma área de 200 km², possui uma população de 75.000 habitantes e um campus universitário, com cerca de 15.000 estudantes (Amorim et al. 2010).

O caso de estudo escolhido encontra-se localizado na avenida principal da cidade de Aveiro, a Avenida Dr. Lourenço Peixinho (ALP) (Figura 7). Esta ocupa lugar de destaque na cidade, no entanto tem vindo a esmorecer dadas as mudanças económicas dos últimos tempos. A preocupação da Associação Comercial de Aveiro pela diminuição de clientes e a necessidade de aplicação de políticas de revitalização do comércio, coerentes e sustentáveis, levou a um desafio que foi o ponto inicial desta Dissertação, caracterizar a mobilidade pedonal na ALP e Rua de Coimbra e Combatentes da Grande Guerra (Figura 6)



Figura 6: Rua de Coimbra e Combatentes da Grande Guerra



Figura 7: Avenida Dr. Lourenço Peixinho. Fonte:(Notícias de Aveiro 2013)

A escolha desta avenida para caso de estudo deve-se também outros fatores, de que são exemplo, as deficientes condições de circulação dos peões, o ambiente agressivo do ponto de vista de circulação (passeios pequenos para os peões e diminuição da capacidade da via para circulação de veículos devido a estacionamento irregular), uso intensivo do transporte particular em detrimento do transporte coletivo.

A Avenida Dr. Lourenço Peixinho assumiu-se como o centro urbano da cidade, devido à localização de atividades económicas, como por exemplo, estabelecimentos de comércio e serviços, além das zonas residenciais (Câmara Municipal de Aveiro 2013).

Esta funciona como ponte de ligação a algumas localidades como Esgueira, Barrocas, entre outras, e é o caminho preferencial de quem se desloca até à Estação de Comboios (Estação CP) ou de quem se desloca desta para qualquer ponto da cidade (Câmara Municipal de Aveiro 2013). No que concerne ao estudo de peões foram estudadas com detalhe três zonas (Figura 8) encontrando-se a sua descrição detalhada no capítulo 3.2.



Figura 8: Zonas de peões estudadas

No caso dos veículos foi estudada uma rede que tem em consideração grande parte da cidade de Aveiro (representação detalhada e dados encontram-se no capítulo 3.3).

3.2 Padrões de mobilidade pedonal

O tecido urbano denso da maioria das cidades europeias mostra inconvenientes em aceitar transporte motorizado individual, no entanto os gestores municipais nos países em desenvolvimento continuam a planear o crescimento das suas cidades virado para o transporte privado. Esses padrões encontram-se resumidos na Figura 9 (Morar and Bertolini 2013).

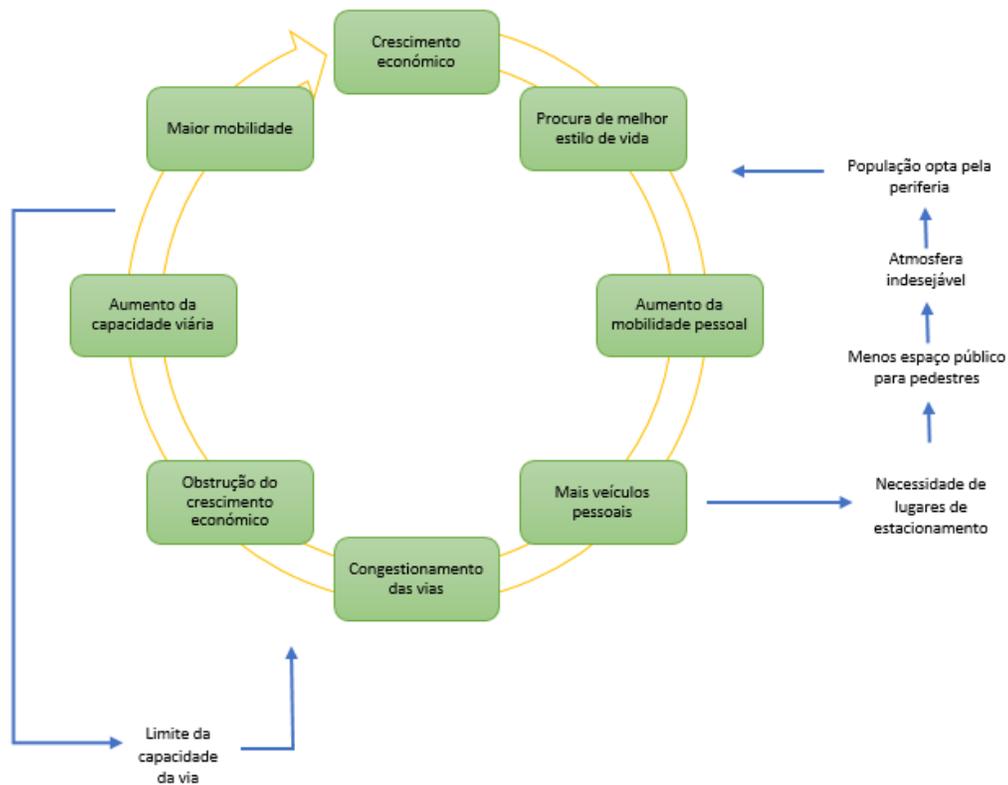


Figura 9: Efeitos causados pelo aumento do transporte individual. Fonte: (Morar and Bertolini 2013)

Com o objetivo de estudar os fluxos pedonais atuais da Avenida Dr. Lourenço Peixinho (Figura 8), Ruas de Coimbra e combatentes da grande guerra e Rotunda das Pontes foi elaborado um plano de contagens em colaboração com a Associação Comercial de Aveiro (ACA), dois professores do Departamento de Ciências Sociais, Políticas e do Território e uma representante da Câmara Municipal de Aveiro. Para a sua aplicação contou-se com o apoio de quatro estabelecimentos de ensino da cidade que mobilizaram 70 alunos a participar na recolha de fluxos pedonais. No entanto, visto que a disponibilidade em termos de horários variava foram seleccionados 3 períodos de contagem. O primeiro 9h30-10h30 contou com a participação de 39 alunos (totalidade dos pontos) colocados conforme representado na Figura 10, o segundo 11h30-12h30 contou com 20 alunos (pontos a vermelho e a verde), e o terceiro 17h30 – 18h30 com 11 alunos (representados pelos pontos a vermelho).

No ANEXO V encontram-se amostras das grelhas de contagem assim como algumas fotos tiradas no dia 19 de Fevereiro, dia das contagens.

Nesta secção serão apresentados os resultados dos três períodos, no entanto para o restante estudo apenas será utilizado o 9h30 – 10h30 uma vez que corresponde ao período onde serão simulados os consumos e emissões.

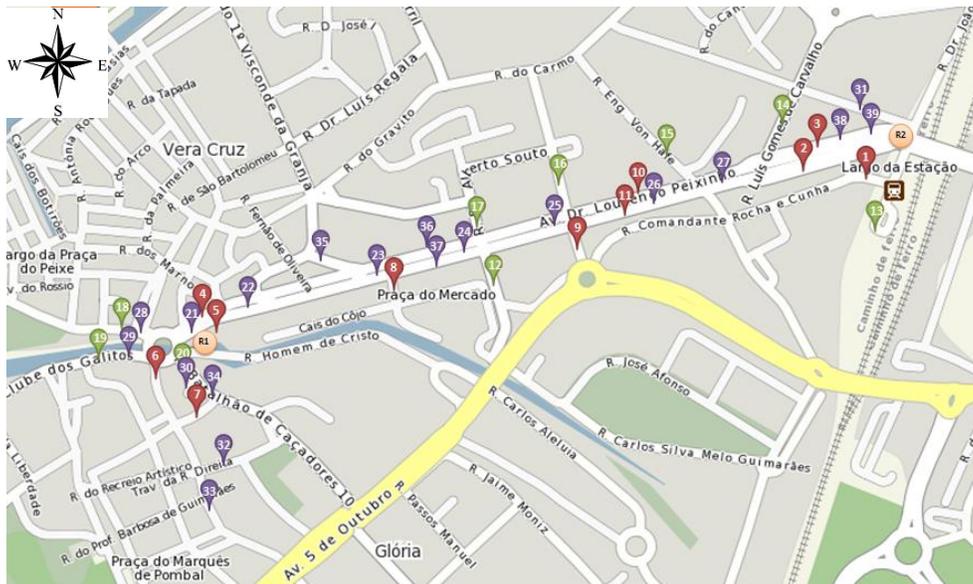


Figura 10: Pontos de contagem de peões na ALP, Rotunda das pontes e Rua de Coimbra e Combatentes

No período 9h30 – 10h30 (Figura 11) evidenciam-se 3 pontos com maior fluxo de peões: o 17 que dá acesso à Segurança Social com 468 peões, o 8 que dá acesso ao fórum com 533 e o 33 que liga a Praça do Marquês à Rua de Coimbra e Combatentes com 405. A movimentação preferencial na ALP realiza-se no sentido CP – Rotunda das pontes resultado do maior número de chegadas do que de partidas sendo o passeio mais solicitado o da zona sul da ALP.

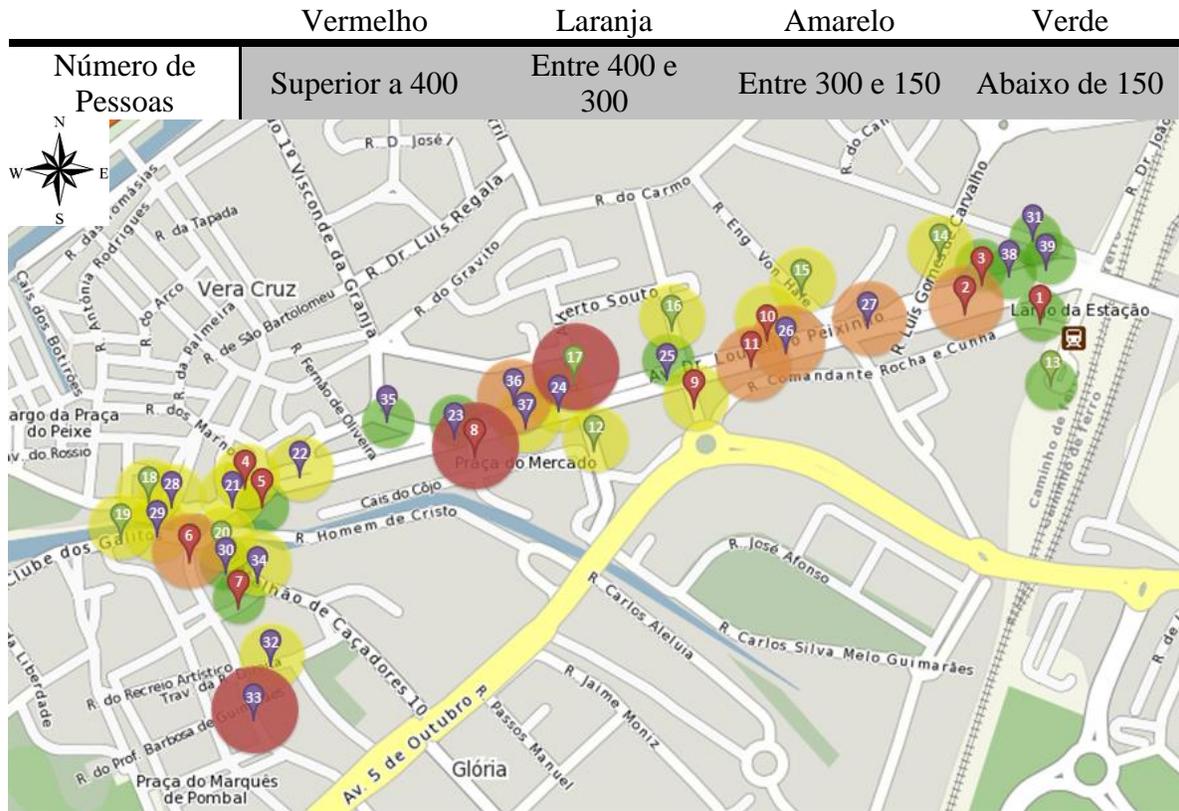


Figura 11: Volumes de peões no período 9h30 – 10h30

No período 11h30 – 12h30 (Figura 12) três pontos apresentam fluxos superiores aos restantes, são eles: os pontos 6, 8 e 20 com 437, 446 e 421 peões, respetivamente. Iniciando-se neste horário o período de almoço observa-se que os movimentos tem como destino o Fórum de Aveiro.

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

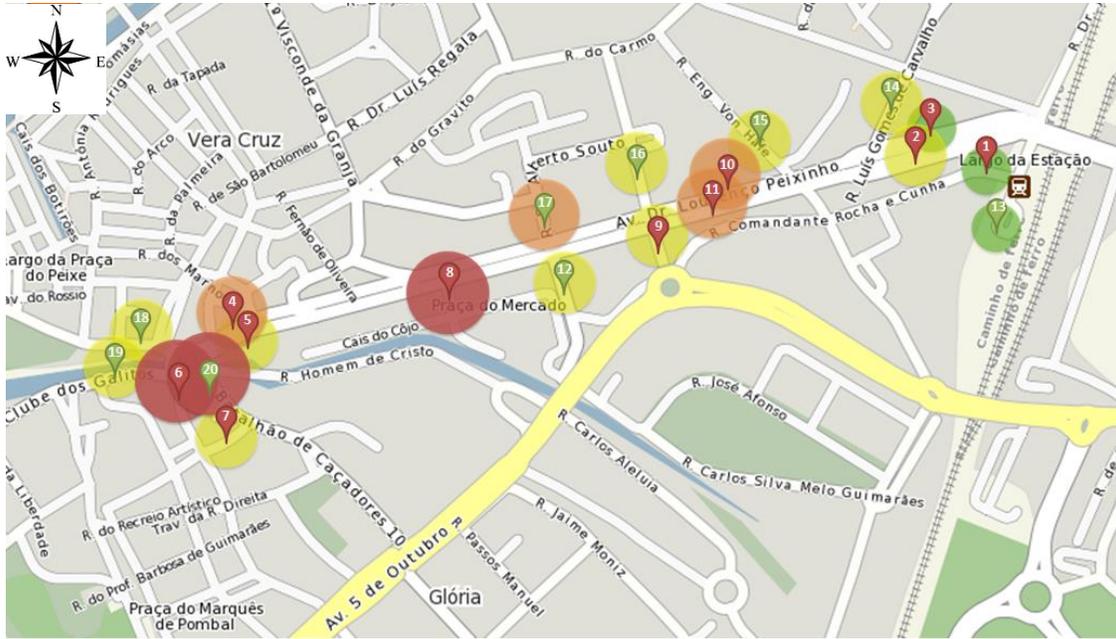


Figura 12: Volumes de peões no horário 11h30 - 12h30

No período mais tardio da recolha de dados, 17h30 - 18h30 (Figura 13) apesar do baixo número de pontos de contagem o movimento preferencial na ALP tem o sentido rotunda das pontes – CP com um fluxo de 634 peões contra 476 no sentido inverso (considerando a somas dos volumes dos pontos 10 e 11).

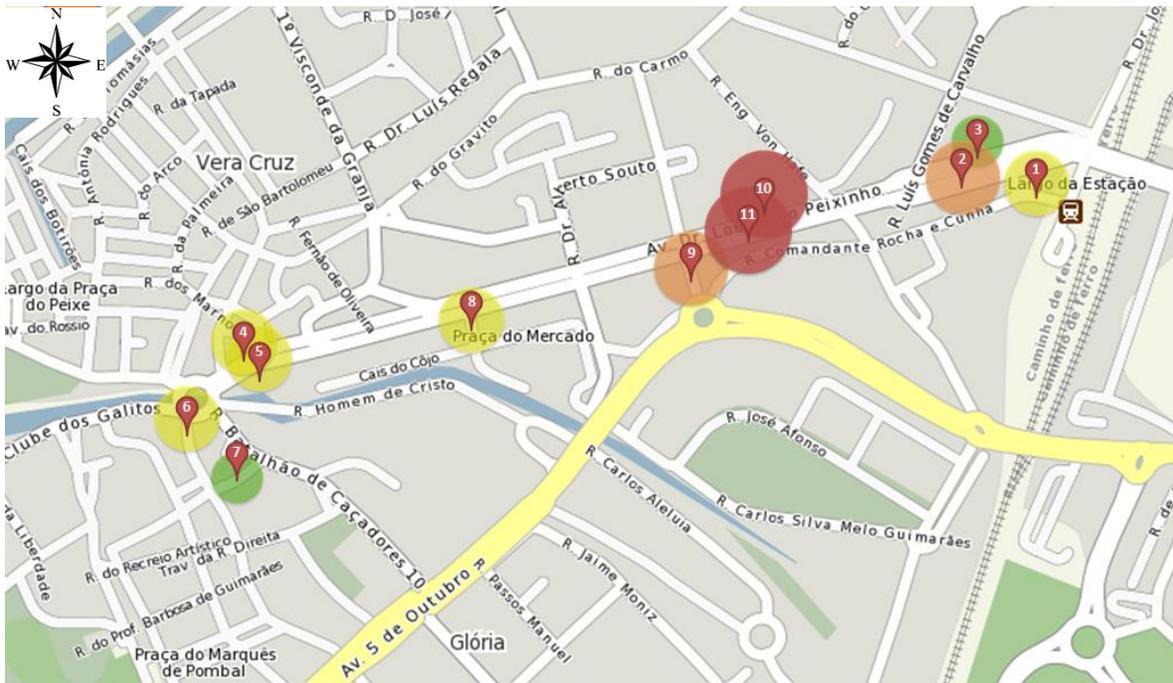


Figura 13: Volumes de peões no horário 17h30 - 18h30

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

No ANEXO VI encontram-se volumes de peões com diferenciação de sentido para os três horários, assim como imagens ilustrativas dos sentidos de cada ponto.

No ANEXO VII encontra-se um gráfico resumo da variação espacial e temporal dos resultados.

3.3 Recolha de volumes de tráfego

Depois de concluir a recolha de fluxos de peões iniciou-se a recolha de fluxos de veículos. Para tal recorreu-se à Câmara Municipal de Aveiro (Câmara Municipal de Aveiro 2013) que dispunha de dados recentes de volumes de veículos que circulavam na rede, também no período 9h30-10h30. Na Figura 14 está representado mapa dos pontos e sentidos considerados.

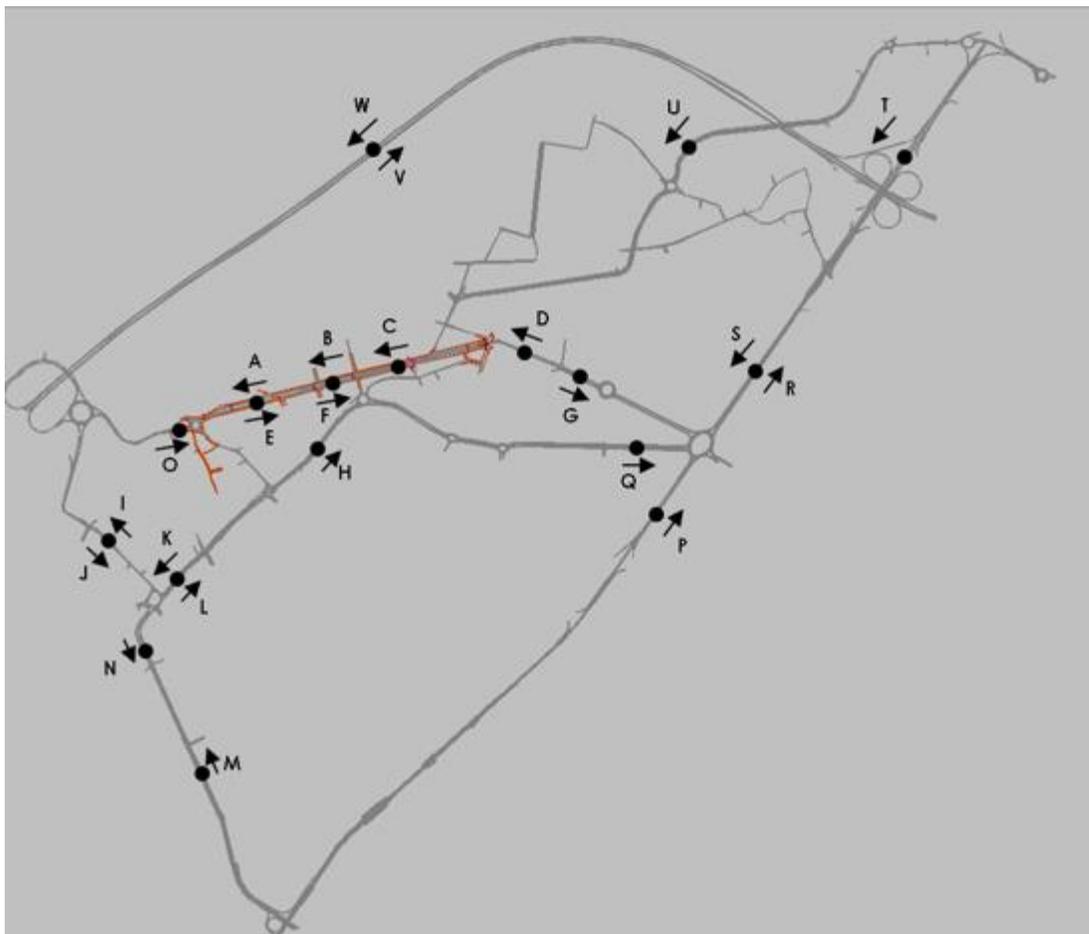


Figura 14: Esquema de pontos e sentidos dos volumes de veículos

Os volumes de tráfego por ponto são apresentados na Tabela 1. Não foi possível obter dados diferentes para calibração e validação por limitação de tempo.

Tabela 1: Volumes de veículos em cada ponto (vph)

	A	B	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Volumes	402	674	362	804	456	453	444	604	564	584	441

	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
Volumes	901	860	407	1164	497	1234	1261	1127	575	822	827

3.4 Modelo de simulação de tráfego VISSIM

3.4.1 Modelos de simulação de tráfego

O comportamento do sistema de tráfego pode ser estudado através de um modelo de simulação. O modelo consiste na apresentação, representação ou idealização de aspetos, comportamentos ou outras características de um processo ou sistema real. A simulação é uma ferramenta eficiente que possibilita a análise de uma grande variedade de problemas dinâmicos difíceis de serem resolvidos por outros meios. Essa complexidade deve-se ao grande número de interações simultâneas entre os vários componentes e entidades do processo.

Atualmente, existem vários *softwares* de micro-simulação que são referidos na literatura, dos quais são exemplo: AIMSUN, CORSIM, PARAMICS, TEXAS e VISSIM (Archer 2005).

No que respeita a simulação de peões serão agora apresentados alguns dos “softwares” utilizados:

➤ Legion (Science in motion)

Legion é um modelo microscópico de simulação de fluxos de peões, com licença paga. O Legion studio permite a simulação precisa de vários ambientes, incluindo estações ferroviárias, estádios desportivos, aeroportos e prédios altos. Este modelo trata o espaço como contínuo, usando objetos (entradas, saídas, escadas rolantes, etc.) para definir a utilização do espaço. (Legion Science in Motion 2013).

➤ CAST Terminal

CAST é um modelo Alemão de simulação pedonal dedicado a aeroportos. Foi desenvolvido pela ARC (*Airport Research Center GmbH*) e é uma ferramenta autónoma com ambiente virtual 3D para simulação integrada dos vários processos relacionados com o aeroporto (Airport Research Center 2013).

➤ SimWalk model

SimWalk é um *software* de simulação para logística de peões. A versão pro é uma flexível vertente do modelo que permite melhorar a logística e as questões de fluxo de peões no planeamento urbano, evacuação e gestão de tráfego. O SimWalk transport é dedicado a simular e analisar questões do movimento de passageiros nos comboios, metros e autocarros. *Sim walk airport* é especializado em todas as operações de passageiros nos terminais de um aeroporto (SIMWALK 2013).

➤ Paramics Quadstone

Paramics Quadstone é dedicado a simulação de travessias de peões em estradas fornecendo uma representação realista dos atrasos causados pelos peões no fluxo de tráfego. Neste modelo os peões simulados podem circular livremente dentro da área de estudo definida pelo usuário (Quadstone Paramics 2013).

➤ PTV Viswalk

PTV Viswalk é um software de simulação microscópica de peões utilizado no planeamento urbano e construção, planeamento de medidas de segurança e de evacuação, planeamento integrado de transportes e outras aplicações que tenham como finalidade garantir um bom fluxo pedonal. Possibilita também a avaliação de alternativas, o estudo de filas, análise de rotas e atrasos, assim como planos de evacuação de edifícios e outros eventos (PTV Group 2013).

Para escolher o *software* mais indicado analisaram-se vários fatores tendo a escolha recaído sobre o VISSIM, uma vez que o estudo do tráfego é efetuado em ambiente urbano sobre uma cidade de média dimensão. Além disso o programa permite integrar ambos os modos pedonal e rodoviário.

3.4.2 Modelo de simulação VISSIM

VISSIM, acrónimo de *Verkehr In Städten SIMulation*, é um simulador microscópico de tráfego desenvolvido e comercializado pela empresa alemã PTV *Planung Transport Verkehr AG*. Este possibilita a análise de transporte público e privado tanto em novas operações como em restrições, de que são exemplo a alteração da configuração da via, da composição do tráfego, dos sinais de trânsito, e de paragens de transportes públicos, etc. A sua principal utilidade prende-se com a avaliação de alternativas na engenharia de transportes e no planeamento de medidas de eficácia, como por exemplo (PTV *Planung Transport Verkehr AG* 2011):

- Avaliação e otimização de operações de tráfego numa rede de semáforos;
- Estudos do impacto da integração do metropolitano no meio urbano;
- Comparação de cenários alternativos de projeto, que incluem alterações na sinalização, paragens, interseções semaforizadas, rotundas e outros tipos de interseções;
- Análise da capacidade de estações de metropolitano ligeiro e sistemas de transportes públicos;
- Analisar o impacto de painéis de mensagem variável no potencial de desvio de tráfego;
- Simulação de fluxos de peões tanto em ruas como edifícios e estudo da interação com o tráfego rodoviário.

A precisão de um modelo de simulação de tráfego depende essencialmente da qualidade da modelação dos veículos na rede (PTV Planung Transport Verkehr AG 2011).

Relativamente ao condutor o VISSIM usa um modelo psicofísico do comportamento, que tem como base o modelo de comportamento desenvolvido por Wiedemann (1974) (PTV Planung Transport Verkehr AG 2011) (Figura 15). Este considera que o condutor de um veículo mais rápido começa a desacelerar, quando atinge no seu limiar da sua perceção um veículo que circula a menor velocidade, de maneira a evitar a colisão (PTV Planung Transport Verkehr AG 2011).

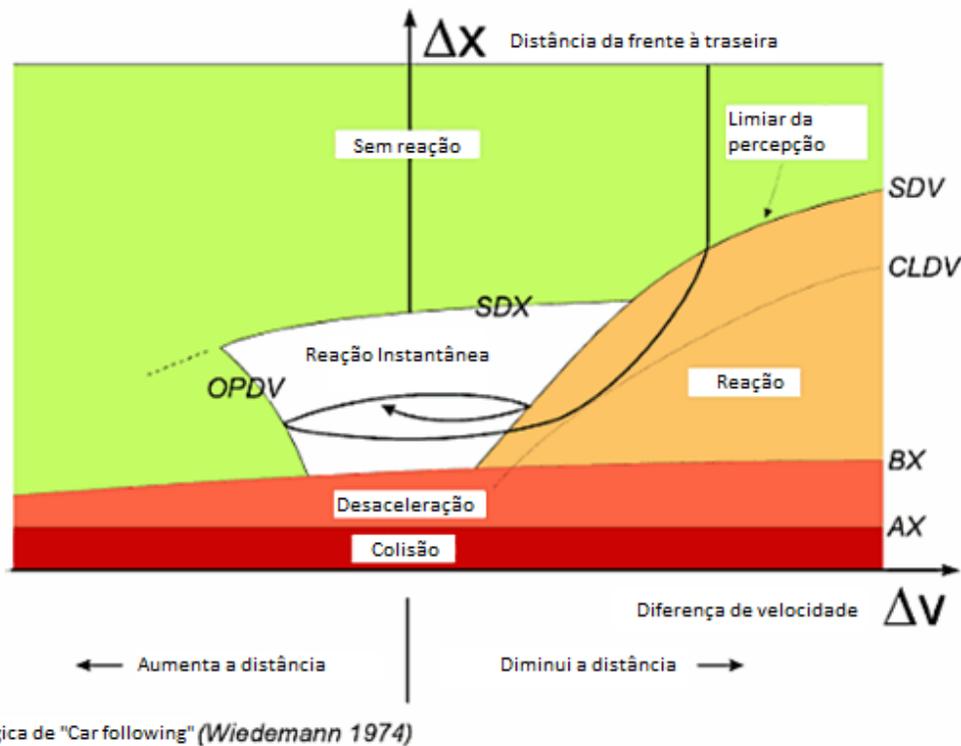


Figura 15: Lógica do "Car following" de Wiedemann, Fonte: (PTV Planung Transport Verkehr AG 2011)

Relativamente ao ambiente gráfico o *software* possibilita a simulação de veículos e peões num ambiente bidimensional ou tridimensional (Figura 16).

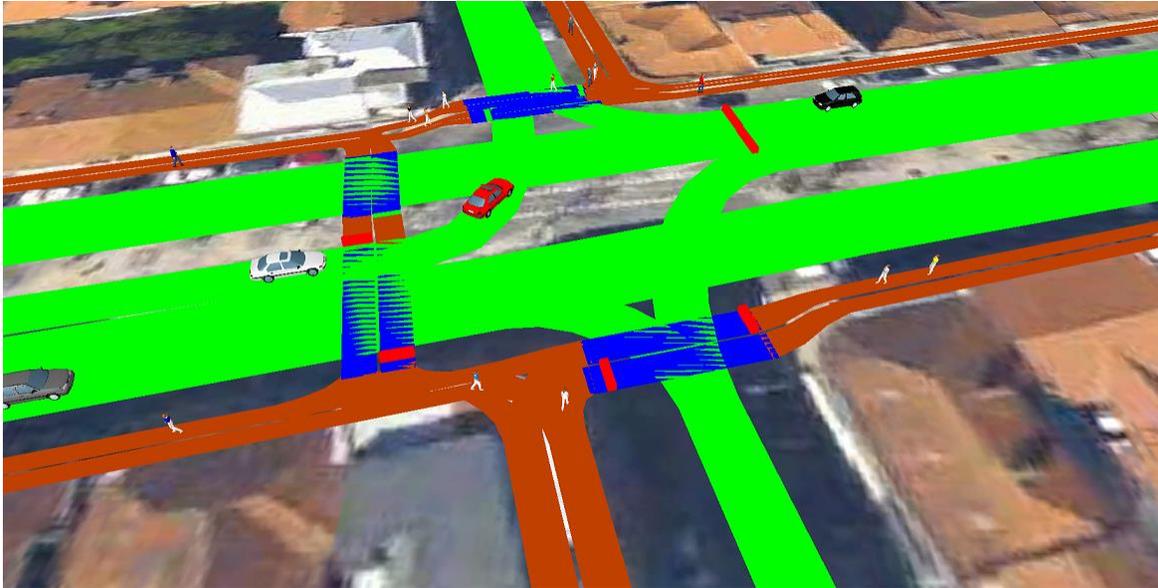


Figura 16: Representação do ambiente 3D do VISSIM

3.4.3 Construção do modelo

O início da modelação consistiu na colocação do cenário no simulador VISSIM. Para esse efeito, utilizaram-se mapas (retirados do sitio web mapas.sapo.pt) que foram definidos como fundo e devidamente ajustados à escala (Figura 17), facilitando a introdução de toda a configuração geométrica dos acessos pedonais e motorizados, de maneira a desenhar os arcos, reproduzindo assim o modelo da forma mais realista possível.



Figura 17: Ambiente VISSIM

Os arcos foram definidos de acordo com a sua localização, tratando-se de uma zona urbana levou a que fossem classificados de “urban (motorized)” (via para veículos motorizados em ambiente urbano), no entanto, uma vez que os peões respeitam uma matriz estática de movimentos também foi utilizado este tipo de via. Relativamente as dimensões das vias, uma vez que a rede é de elevada dimensão, estas foram calculadas recorrendo à

escala dos mapas observados no sítio anteriormente citado e ao “Google street view” realizando uma análise comparativa das dimensões reais dos veículos estacionados (retiradas do sítio web dos fabricantes), com as dimensões do passeio apresentadas. Relativamente à apresentação (“display type”, representada na Figura 18) a cinza encontram-se as vias nas quais circulam veículos motorizados (os arcos verdes encontram-se integrados nesta categoria, apenas se utilizou uma cor diferente de forma a diferenciar a ALP do resto da rede), a azul as passeadeiras, a laranja os passeios e a rosa os acessos representativos a lojas ou residências. A colocação destes pontos de fuga (pontos rosa) foi necessária uma vez que a movimentação dos peões na rede não apresenta a linearidade do tráfego motorizado.

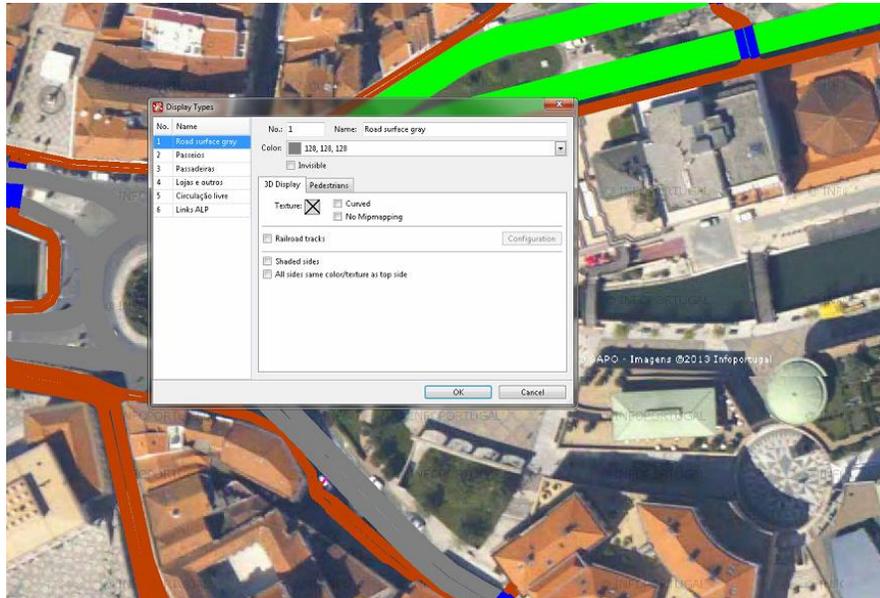


Figura 18: Representação "display type"

De seguida, foi necessário definir as velocidades, zonas de redução de velocidade, rotas dos veículos, e prioridades.

Acelerações e Travagens

São baseadas em variáveis dependentes das circunstâncias em que o condutor se encontra (diferentes distâncias de segurança, velocidades, acelerações ou desacelerações) seguindo o *software* o modelo “car following” de Wiedemann ilustrado na Figura 15.

Velocidade nos arcos

As velocidades de circulação dos veículos definidas para os arcos foram facultadas pela Câmara Municipal de Aveiro (Câmara Municipal de Aveiro 2013). Na Figura 19 encontra-se representado o método de introdução destas no VISSIM.



Figura 19: Representação da definição de velocidades no VISSIM

As “zonas de redução de velocidade”, representadas na Figura 20, visam garantir velocidades inferiores às definidas nos arcos tendo especial importância nas aproximações a cruzamentos ou curvas que o necessitem.

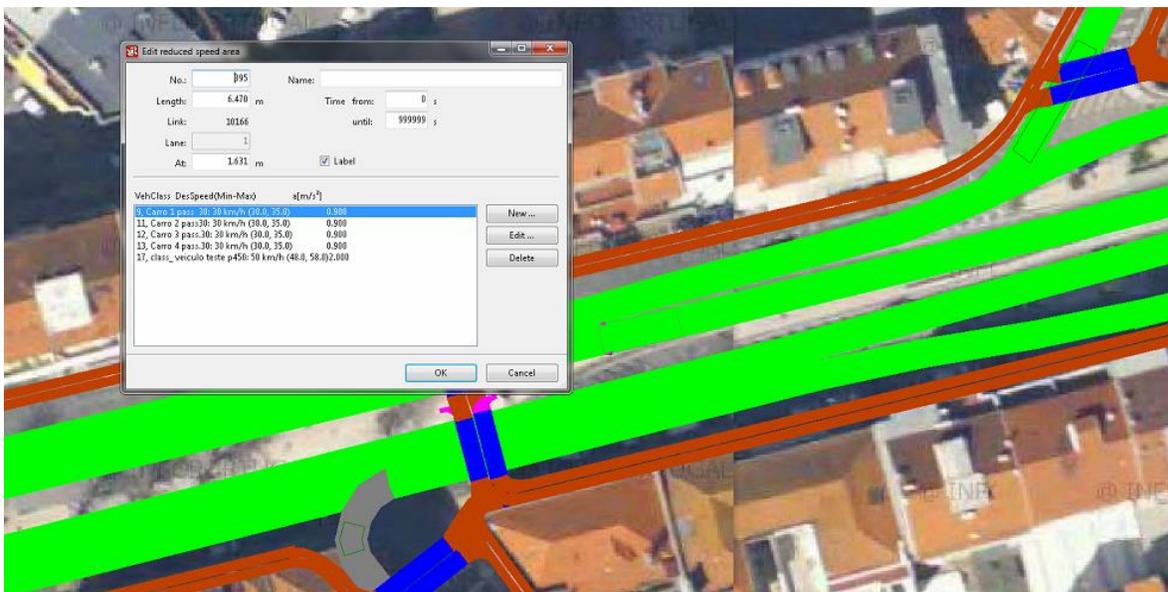


Figura 20: Zona de redução de velocidades

Definição das prioridades

As zonas de definição de prioridade localizam-se no encontro entre diferentes arcos, que através das cores associadas, o arco a verde tem a prioridade sobre o arco a vermelho (Figura 21), ou no caso de nenhuma ter prioridade a cor amarela representa a igualdade da hierarquia.



Figura 21: Representação da definição das prioridades (verde escuro e vermelho)

Introdução dos veículos no modelo

Com base nos volumes de tráfego consultados, foram introduzidos o número total de veículos referentes a cada entrada (Figura 22).

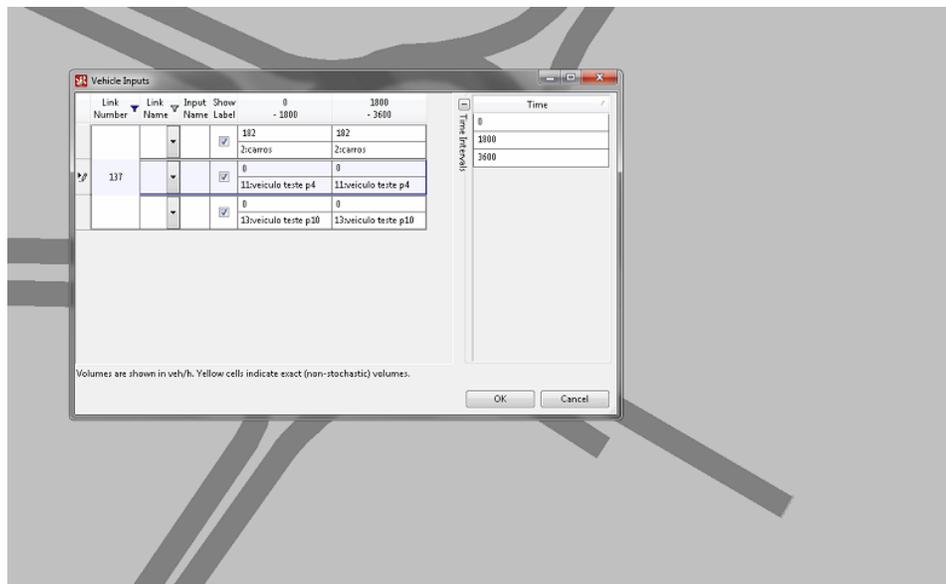


Figura 22: Introdução de veículos no modelo

Definição de rotas

Para definir as rotas dos veículos (Figura 23), selecionou-se um ponto de partida delineando-se os vários percursos possíveis. Depois dividiram-se os veículos nesse ponto pelos percursos respeitando as contagens feitas no terreno.



Figura 23: Definição de rotas no modelo

Relativamente a algumas rotas, nomeadamente na Avenida Lourenço Peixinho, foi efetuado um estudo (Carvalho 2011) que avaliou a velocidade, aceleração, desaceleração e emissões segundo a segundo de um veículo real, pelo que estes valores foram refinados.

3.5 Rotas

Efetuuou-se a consulta de dados das emissões segundo-a-segundo, velocidades e tempos (Carvalho 2011) de modo a tornar o processo de simulação o mais real possível. Assim, num determinado número de rotas foram consultados dados que permitem caracterizar o comportamento com maior detalhe. Como as alterações de âmbito pedonal se centralizam na ALP as rotas selecionadas tem como foco esta zona. Assim na rota n°1 (Figura 24) estuda-se com detalhe o movimento com sentido CP – Rotunda das Pontes enquanto na Rota n°2 (Figura 25) analisa-se o movimento contrário. Na Rota n°3 (Figura 26) estuda-se um dos acessos. Estas 3 rotas serão utilizadas para propósitos de validação.

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido



Figura 24: Rota nº1, Fonte: Google



Figura 25: Rota nº2, Fonte: Google



Figura 26: Rota nº3, Fonte: Google

3.6 Modelação de emissões

O cálculo de emissões depende de vários fatores, destacando-se as características dos veículos, o tipo de combustível e a agressividade do condutor. Portanto, as emissões de óxidos de azoto (NO_x), de hidrocarbonetos (HC), do monóxido de carbono (CO), e do dióxido de carbono (CO₂) serão estimadas segundo-a-segundo para veículos a gasolina e gasóleo. Para o cálculo das emissões totais considerou-se que 56,6% dos veículos ligeiros (únicos em avaliação) são a gasolina e os restantes a diesel (Instituto de Seguros de Portugal 2013). De forma a estimar as emissões neste trabalho utilizou-se uma metodologia baseada na potência específica do veículo (VSP) que tem como finalidade calcular as emissões segundo-a-segundo. O parâmetro VSP calcula-se da seguinte forma (Coelho et al. 2009):

$$VSP = v[1,1a + 9,81 \times \sin(\arctan(g)) + 0,132] + 0,000302v^3 \quad (2)$$

Onde:

VSP – Potência específica do veículo $\left(\frac{kW}{ton}\right)$;

v – velocidade instantânea $\left(\frac{m}{s}\right)$;

a – aceleração instantânea $\left(\frac{m}{s^2}\right)$;

g – inclinação instantânea da via (%).

Calculada a potência específica em cada segundo, é necessário agrupar os valores em modos, que se diferenciam entre si através da taxa de emissão média. Existem 14 modos VSP com diferentes fatores de emissão para veículos ligeiros a gasolina (Tabela 2) e veículos ligeiros a gasóleo (Tabela 3).

Tabela 2: Modos VSP e fatores de emissão (NO_x, HC, CO e CO₂) para veículos ligeiros de passageiros a gasolina.
 Fonte: (USEPA 2002)

Modo VSP	VSP (kW.ton ⁻¹)	Fatores de Emissão (g.s ⁻¹):			
		NO _x	HC	CO	CO ₂
1	VSP < -2	0,0009	0,004	0,0078	1,6711
2	-2 <= VSP < 0	0,0006	0,003	0,0039	1,458
3	0 <= VSP < 1	0,0003	0,004	0,0033	1,1354
4	1 <= VSP < 4	0,0012	0,0004	0,0083	2,2333
5	4 <= VSP < 7	0,0017	0,0005	0,011	2,9199
6	7 <= VSP < 10	0,0024	0,0007	0,017	3,5253
7	10 <= VSP < 13	0,0031	0,0008	0,02	4,1075
8	13 <= VSP < 16	0,0042	0,001	0,0292	4,635
9	16 <= VSP < 19	0,0051	0,0011	0,0355	5,1607
10	19 <= VSP < 23	0,0059	0,0014	0,0551	5,6325
11	23 <= VSP < 28	0,0076	0,0021	0,1138	6,5348
12	28 <= VSP < 33	0,0121	0,0034	0,2076	7,5852
13	33 <= VSP < 39	0,0155	0,0049	0,4418	9,0242
14	39 <= VSP	0,0179	0,0109	0,8823	10,0884

Tabela 3: Modos VSP e fatores de emissão (NO_x, HC, CO e CO₂) para veículos ligeiros de passageiros a diesel. Fonte:(USEPA 2002)

Modo VSP	VSP (kW.ton ⁻¹)	Fatores de Emissão (g.s ⁻¹):			
		NO _x	HC	CO	CO ₂
1	VSP < -2	0,001294	0,000135	0,00003	0,206
2	-2 <= VSP < 0	0,002623	0,000113	0,00007	0,608
3	0 <= VSP < 1	0,003377	0,000112	0,00014	0,728
4	1 <= VSP < 4	0,006047	0,000117	0,00025	1,504
5	4 <= VSP < 7	0,009364	0,000198	0,00029	2,343
6	7 <= VSP < 10	0,012533	0,00023	0,00069	3,287
7	10 <= VSP < 13	0,015481	0,000236	0,00058	4,2
8	13 <= VSP < 16	0,017818	0,000233	0,00064	4,936
9	16 <= VSP < 19	0,021316	0,000242	0,00061	5,574
10	19 <= VSP < 23	0,032526	0,000277	0,00101	6,262
11	23 <= VSP < 28	0,055746	0,000367	0,00115	7,396
12	28 <= VSP < 33	0,083511	0,000405	0,00096	8,757
13	33 <= VSP < 39	0,096899	0,000396	0,00077	9,866
14	39 <= VSP	0,100746	0,000422	0,00073	10,361

Os modos VSP estão diretamente associados ao comportamento da viatura e ao seu desempenho (Coelho et al. 2009). O decréscimo de emissões do primeiro para o terceiro modo é explicado pelo facto dos modos um e dois corresponderem a acelerações negativas (travagens – VSP negativo) ou descidas, e o modo três corresponder a situações de velocidades reduzidas ou paragens. Nos restantes (5 a 14) há um aumento de emissões produto de maiores velocidades e acelerações.

Os resultados das emissões estimados com base no modelo de microsimulação de tráfego serão comparados com os resultados obtidos na recolha da dinâmica real de veículos.

3.7 Calibração e Validação do modelo

Tem sido desenvolvidas diferentes metodologias de avaliação para várias áreas, no entanto os parâmetros analisados mudam de acordo com as disciplinas em estudo. No caso dos modelos de microsimulação de tráfego, a revisão bibliográfica não apresenta um procedimento universalmente aceite para a calibração e validação de redes complexas de transportes (Zhang and Levinson 2003). Então a responsabilidade recai no modelador que tem de implementar um procedimento adequado, que ofereça um nível aceitável de confiança dos resultados do modelo. O objetivo deste procedimento consiste na obtenção da melhor correspondência possível entre os valores simulados e os monitorizados durante as medições de campo.

Durante a validação do modelo VISSIM compararam-se os volumes de tráfego, tempos de viagem e as velocidades médias com os valores observados no terreno. Este processo permite averiguar se as diferenças entre os valores observados e simulados se encontram dentro de níveis aceitáveis.

A avaliação dos fluxos de tráfego foi feita recorrendo ao erro quadrático médio (RMSE) e ao GEH. O RMSE (Systematics 2010) permite comparar os volumes registados durante um período de monitorização com os volumes simulados pelo modelo de tráfego. Para o valor do RMSE ser admissível este não deve exceder 20% (Systematics 2010).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N [(Count_i - Model_i)^2]}{N}} \quad (3)$$

Na forma percentual, que será a utilizada na análise, é dado por:

$$\%RMSE = \frac{RMSE}{\left(\frac{\sum_{i=1}^N Count_i}{N}\right)} \times 100 \quad (4)$$

Onde:

RMSE – Erro quadrático médio

%RMSE – Erro quadrático médio na forma percentual

Count – Valores de tráfego observado

Model – Valores de tráfego simulados

N – Número de simulações

Por outro lado, a fórmula desenvolvida por Geoffrey E. Havers (GEH) é dada por (Crossing 2006):

$$GEH = \sqrt{\frac{2(m - c)^2}{m + c}} \quad (5)$$

Onde:

GEH – Índice de Geoffrey E. Havers;

m – Volume de tráfego simulado;

c – Volume de tráfego observado.

Os valores de GEH podem ser avaliados através do seguinte critério:

GEH < 5; O volume de tráfego é considerado bom;

5 < GEH < 10: O volume de tráfego necessita ser ajustado ;

10 < GEH: O fluxo de tráfego não pode ser considerado.

O número de simulações utilizado para calibração e validação dos volumes de tráfego foi de 10. Para avaliar se estas são suficientes identificaram-se dois objetivos:

- RMSE admissível (menor que 20%)
- GEH < 5

Se os valores finais cumprirem estas premissas, o número de simulações é viável, caso contrário será necessário re-calibrar o modelo (Richard Dowling, Alexander Skabardonis

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

2004). Os parâmetros de avaliação utilizados foram os volumes da rede geral (de peões e veículos), e os tempos e velocidades médias das Rotas 1,2 e 3.

3.8 Definição de cenários

Após calibração e validação dos resultados do modelo de tráfego e as emissões para a situação de referência, definiram-se diversos cenários de modo a avaliar o impacto de alterações que promovam a pedonalidade. Com estes cenários pretendem-se estudar eventuais problemas que possam afetar a rede assim como avaliar aspetos positivos. Com base no cenário de referência definiram-se 3 novos cenários, descritos de seguida:

- Cenário 1 – Simulação da supressão de uma via por faixa em ambos os sentidos da ALP e utilizar o espaço remanescente para o alargamento dos passeios. O volume de veículos em circulação mantém-se inalterado assim como o número de peões;
- Cenário 2 – Utilizar as alterações do cenário 1 e diminuir o volume de tráfego em 23% na ALP (através da simulação de parques de estacionamento nos arredores dessa Avenida). O objetivo é que os ocupantes dos veículos (sendo o valor do número de ocupantes por veículo de 1.37 (Fontes et al. 2013)) circulem a pé na ALP;
- Cenário 3 – Utilizar as alterações já efetuadas nos cenários anteriores e estipular 30 km/h como a velocidade máxima de circulação na ALP.

As medidas de desempenho analisadas foram as emissões para a ALP e rede geral enquanto o tempo de atravessamento, os atrasos e número de paragens foram exclusivamente para a ALP. Os trajetos dos quais se retiraram estes valores encontram-se representados na Figura 27.



Figura 27: Rota A e Rota B, Fonte Google

Para analisar a ALP foram criadas duas rotas, Rota A (sentido A para B na figura) e Rota B (sentido B para A), de forma a recolher os tempos e atrasos através da ferramenta “Travel Times”. Os contadores de paragens (*Queue counters*) foram colocados junto aos semáforos e passadeiras.

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

4. RESULTADOS

4.1 Cenário Base

4.1.1 Calibração

Iniciando a análise pelos volumes de peões, é possível desde logo notar a complexidade da rede uma vez que foram realizadas contagens em 40 pontos, em ambos os sentidos (Tabela 4). Como foco negativo identifica-se o facto de os peões se acumularem em linha reta junto aos semáforos, em vez de distribuídos pela largura da faixa, gerando congestionamentos irrealistas no modelo. Este ponto foi resolvido com a fragmentação da via em vias menores e que totalizam a mesma largura no conjunto final. Esta fragmentação além de aumentar o número de arcos também implica um aumento do número de rotas a serem definidas pelo que torna o modelo mais complexo e exigente em termos computacionais.

Foi também necessário não considerar alguns pontos devido ao seu baixo volume (rondam os 10 peões) e ao RMSE elevado deles proveniente. Sendo este um modelo estocástico existem variações no número de peões injetados na rede e no seu comportamento e sendo o volume destes pontos de valor muito baixo a mínima variação aumentava drasticamente o RMSE.

De forma a aproximar a circulação na rede o mais possível à realidade utilizaram-se os primeiros 1800 segundos (primeira metade do tempo) da simulação para estabilização. Depois de estabilizada os dados foram retirados no período 1800 a 3600 segundos (segunda metade do período de simulação), multiplicando-se no final este valor por dois.

No que respeita à calibração e validação do modelo o RMSE encontra-se dentro dos valores admissíveis, no entanto em comparação com os apresentados nos veículos apresenta valores mais elevados, facto explicado pela complexidade da rede. Os coeficientes de GEH são na sua maioria inferiores a 1.

Tabela 4: Validação dos Peões

Ponto	Sentido	Volume observado	Simulado	IC(95%)	GEH	RMSE(%)
1	CP - Casa Branca	84	76,8	4,8	0,8	13,42
	Inverso	35	33,6	1,8	0,2	9,32
2	CP - Rotunda Pontes	239	231	8,3	0,5	6,51
	Inverso	99	88,7	7,1	1,1	16,83
3	CP - Rotunda Pontes	77	76,6	6,0	0,0	11,95
	Inverso	64	63	2,8	0,1	6,99
4	Cp - Rotunda Pontes	108	105,7	10,8	0,2	15,83
	Inverso	77	85,6	4,4	1,0	12,81
5	CP - Rotunda Pontes	63	68,4	6,4	0,7	16,33
	Inverso	69	78,3	7,5	1,1	18,87
6	Câmara - Rotunda Pontes	143	146,2	10,0	0,3	10,75
	Inverso	175	161	8,0	1,1	11,53
7	Câmara - Pingo Doce	48	48,2	3,6	0,0	11,51
	Inverso	76	80,9	3,7	0,6	9,24
8 (lado ed. Avenida)	Fórum - Avenida	72	70,4	2,5	0,2	5,93
	Inverso	37	41,7	4,3	0,7	19,41
8	Fórum - Avenida	184	179,8	7,4	0,3	6,70
	Inverso	158	168,3	9,6	0,8	10,66
9 (lado Barclays)	Rotunda - Avenida	61	59	1,8	0,3	5,67
	Inverso	47	46,8	3,7	0,0	12,13
9	Rotunda - Avenida	76	74,4	2,3	0,2	5,21
	Inverso	60	61,1	4,2	0,1	10,57
10	CP - Rotunda Pontes	187	199,3	8,0	0,9	8,73
	Inverso	109	102,7	8,6	0,6	14,25
11	CP - Rotunda Pontes	245	235,8	12,2	0,6	8,84
	Inverso	128	122,1	6,3	0,5	9,30

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética

Rui Gabriel Ribeiro Margarido

12	Fórum - Avenida	101	114,3	2,7	1,3	12,19
	Inverso	116	126,9	9,5	1,0	14,29
13 (lado oposto cp)	CP - El Corte Inglés	11	Não Considerado			
	Inverso	2				
13 (lado cp)	CP - El Corte Inglés	42	38,6	4,1	0,5	18,32
	Inverso	10	9,7	0,3	0,1	5,65
14	Avenida - Hotel Veneza	84	80,7	4,5	0,4	9,51
	Inverso	125	121,5	4,9	0,3	6,81
15	Von Hafe - Avenida	77	74,9	1,8	0,2	4,57
	Inverso	90	81,6	8,7	0,9	19,32
16	Farmácia - avenida	91	88,2	2,3	0,3	5,05
	Inverso	108	105	7,9	0,3	11,88
17	Segurança Social - Avenida	239	230,9	9,4	0,5	7,14
	Inverso	229	203,3	10,8	1,7	15,04
18	Rossio - Rotunda Pontes	109	105,5	3,7	0,3	6,31
	Inverso	103	113,5	8,4	1,0	14,58
19	CGD - Natura	141	137,6	5,6	0,3	6,72
	Inverso	109	103,9	7,0	0,5	11,40
20 (túnel)	Fórum - Pastelaria	85	85,2	8,5	0,0	15,19
	Inverso	94	88	7,7	0,6	15,03
21	Fórum - ourivesaria	85	88	6,4	0,3	11,72
	Inverso	121	124	12,1	0,3	15,19
22a (atravessar avenida; lado banif)	Banif - Santander	68	74	6,0	0,7	14,78
	Inverso	85	87,4	7,6	0,3	13,62
22 b (passadeira; estação autocarro - bes)	Bes - Ria	42	39,9	3,2	0,3	13,38
	Inverso	40	42,1	4,3	0,3	16,54
23 (passadeira)	casa alvarinho - edifício avenida	62	67,8	4,9	0,7	14,04
	Inverso	87	97,5	6,5	1,1	14,84

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética

Rui Gabriel Ribeiro Margarido

24 (passadeira)	Oxigénio - Optometria	65	66	4,3	0,1	10,10
	Inverso	68	64,1	5,0	0,5	13,32
25 (passadeira)	BCP - Oita	73	66,4	6,1	0,8	17,24
	Inverso	92	83,1	8,5	1,0	18,96
26 (passadeira próxima)	Ourivesaria-correios	68	69,7	4,1	0,2	9,33
	Inverso	86	78,1	7,4	0,9	17,70
26 (passadeira afastada)	Ourivesaria-correios	66	67,9	3,5	0,2	8,32
	Inverso	86	78,1	7,4	0,9	17,70
27 (passadeira próxima)	Chico-loja indiana	97	100,8	6,6	0,4	10,75
	Inverso	65	58,2	3,6	0,9	14,96
27 (passadeira afastada)	Chico-loja indiana	90	99,7	6,5	1,0	13,95
	Inverso	64	56,8	3,2	0,9	15,31
28	Ria Canal - Praça	84	90,3	6,7	0,7	13,26
	Inverso	100	113,5	8,4	1,3	16,38
29	Ria Café - Ria Canal	126	124,6	8,1	0,1	9,95
	Inverso	79	78	2,9	0,1	5,88
30	Quiosque - Paragem	64	61,8	5,3	0,3	13,52
	Inverso	31	31,8	3,4	0,1	16,58
31	CP - GNR	61	64	3,6	0,4	9,76
	Inverso	38	37,3	1,2	0,1	5,16
32	Chocolate - Hotel	92	86,7	4,9	0,6	10,60
	Inverso	108	107,9	3,9	0,0	5,54
33	Câmara - Praça do Marquês	194	193,5	8,7	0,0	6,91
	Inverso	211	195,2	5,8	1,1	9,29
34	Câmara - Pingo Doce	86	79,5	5,6	0,7	13,46
	Inverso	85	82,1	3,3	0,3	7,09
35	Shopping - Casa Alvarinho	87	83,9	3,9	0,3	8,02
	Inverso	56	57,2	4,3	0,2	11,75

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
 Rui Gabriel Ribeiro Margarido

36	CP - Rotunda Pontes	189	206,7	9,4	1,3	11,03
	Inverso	159	152,1	8,5	0,6	9,68
37	CP - Rotunda Pontes	146	154	9,2	0,7	10,52
	Inverso	103	97	7,2	0,6	12,88
38 (passadeira próxima)	Residencial - compra ouro	13	Não Considerado			
	Inverso	26				
38 (passadeira afastada)	Residencial - compra ouro	8	Não Considerado			
	Inverso	10				
39 (passadeira próxima)	Tricana - Nanzor	11	Não Considerado			
	Inverso	6				
39 (passadeira afastada)	Tricana - Nanzor	29	Não Considerado			
	Inverso	9				

No ANEXO VI encontram-se discriminadas as contagens em cada ponto assim como a ilustração dos sentidos.

Comparando tanto o RMSE como o GEH dos veículos nota-se desde logo que os valores são bastante baixos indicando uma excelente aproximação do modelo à realidade. Os RMSE na sua maioria não excedem 5% enquanto nos GEH apenas duas calibrações excedem o valor 1 (ver Tabela 5).

Tabela 5: Validação dos veículos

<i>Ponto</i>	<i>Volume observado (vph)</i>	<i>Média</i>	<i>IC 95%</i>	<i>GEH</i>	<i>RMSE (%)</i>
<i>A</i>	402	397,3	13,52	0,24	5,34
<i>B</i>	674	676,9	15,62	0,11	3,56
<i>D</i>	362	375,3	11,75	0,69	5,96
<i>E</i>	804	808,7	17,67	0,17	3,39
<i>F</i>	456	478,9	16,10	1,06	7,02
<i>G</i>	453	461,2	13,89	0,38	4,94
<i>H</i>	444	425,5	10,63	0,89	5,79
<i>I</i>	604	606,1	14,96	0,09	3,79
<i>J</i>	564	562,3	9,16	0,07	2,51
<i>K</i>	584	599,4	12,75	0,63	4,15
<i>L</i>	441	444,9	8,88	0,19	3,18
<i>M</i>	901	918	16,24	0,56	3,28
<i>N</i>	860	869,6	17,92	0,33	3,34
<i>O</i>	407	407,8	11,36	0,04	4,27
<i>P</i>	1164	1195,5	17,29	0,92	3,44
<i>Q</i>	497	504,4	18,85	0,33	5,91
<i>R</i>	1234	1236,4	26,31	0,07	3,26
<i>S</i>	1261	1322,2	18,72	1,70	5,11
<i>T</i>	1127	1145,4	13,20	0,55	2,39
<i>U</i>	575	584,9	16,95	0,41	4,75
<i>V</i>	822	825,8	16,80	0,13	3,15
<i>W</i>	827	824,5	8,20	0,09	1,55

Relativamente às rotas foram utilizadas 8 simulações, como os valores de GEH e RMSE não excedem os máximos admissíveis considera-se o número de simulações correto (Tabela 6). As discrepâncias, apesar de baixas, prendem-se com paragens em semáforos e passadeiras presentes na ALP.

Tabela 6: Validação das rotas 1,2 e 3

	Observado		Estimado		RMSE (%)		GEH	
	Tempo (s)	Velocidade (km/h)	Tempo (s)	Velocidade (km/h)	Tempo	Velocidade	Tempo	Velocidade
<i>Rota 1</i>	267	31,93	271	34,41	5,67	9,37	0,27	0,43
<i>Rota 2</i>	308	29,01	314	30,15	11,83	1,17	0,32	0,21
<i>Rota 3</i>	169	36,78	158	38,93	6,18	1,43	0,84	0,35

No que respeita aos modos VSP os predominantes na Rota 1 e 3 são os 2,3 e 4 enquanto na rota 2 se destaca o modo 3. Os modos são baixos porque correspondem a velocidades de circulação baixas, uma vez que se trata de área urbana. Na Rota 2 o modo VSP 3 destaca-se devido à aceleração, como será apresentado seguidamente esta rota apresenta a maior taxa de paragens. Encontram-se no ANEXO VIII os perfis de velocidades observados e exemplos dos simulados.

Modos VSP - Rota 1

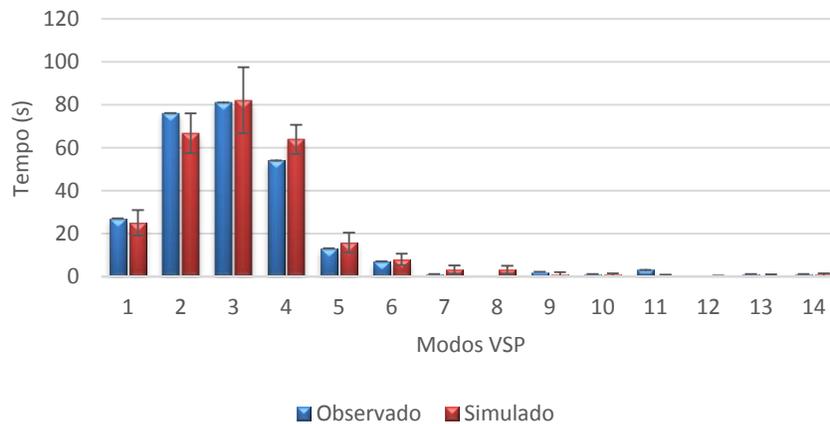


Figura 28: Modos VSP Rota 1

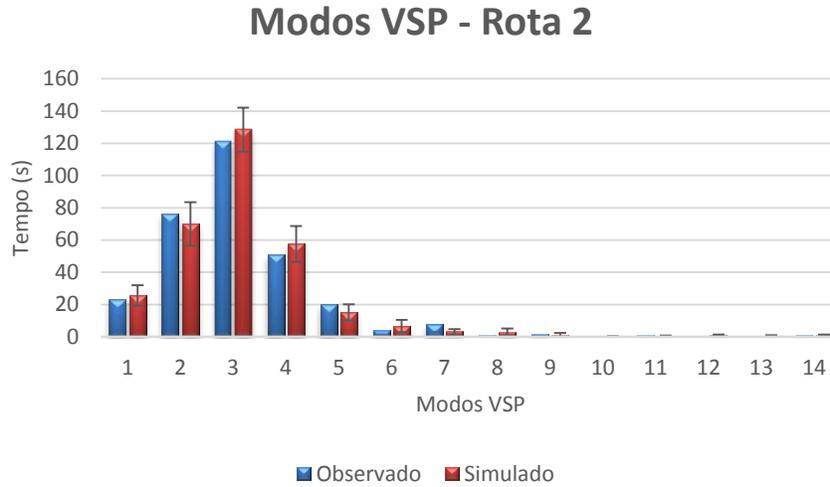


Figura 29: Modos VSP Rota 2

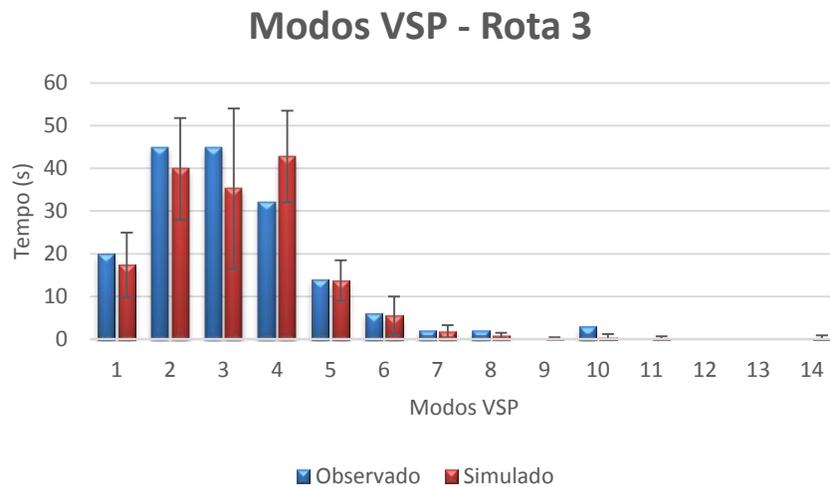


Figura 30: Modos VSP Rota 3

4.1.2 Avenida

No que respeita ao número de paragens considerou-se o valor total da ALP em vez de separar por rota. Deveu-se isto ao facto de na passadeira inicial da rota B (rota definida na secção 3.8) as paragens influenciarem a marcha do tráfego que circula na rotunda estando o contador a adicionar paragens de veículos que não entram na ALP. Como não se conseguiu contornar este problema, e uma vez que se trata de um dos focos de paragens na rota B, optou-se por considerar apenas o valor global. Todas as passadeiras, stops e semáforos estão considerados à exceção do referido.

Como se tinha notado na calibração da Rota 2 o tempo para atravessar a ALP no sentido rotunda-CP é mais elevado do que em sentido inverso. Tal facto deve-se as viragens preferenciais terem como destino o parque de estacionamento gratuito ou o Fórum, ambos no mesmo lado da Avenida. A faixa com o sentido CP-Rotunda tem vias próprias para esta mudança enquanto no sentido Rotunda-CP estas se realizam na mesma via principal, situação que gera abrandamentos e conseqüente diminuição da velocidade média.

Tabela 7: Tempos, atrasos e paragens do cenário base

		VALOR MÉDIO	DESVIO PADRÃO
ROTA A	Tempo (s)	150,26	2,40
	Atrasos (s)	46,09	2,10
ROTA B	Tempo (s)	187,74	5,35
	Atrasos (s)	78,08	4,82
TOTAL	Paragens	1038,60 (0,9)	90,32

O valor de para arrancas corresponde a cerca 0,9 paragens por veículo (sendo o número médio de veículos de 590 (ver secção 4.3) e tratando-se de duas vias, dividiu-se o valor apresentado 1180 veículos).

Tabela 8: Emissões do cenário base

	Emissões (kg)			
	ALP	Desvio Padrão	Rede Geral	Desvio Padrão
<i>NO_x</i>	2,707	0,062	35,248	0,323
<i>HC</i>	0,041	0,001	0,496	0,005
<i>CO</i>	0,848	0,020	11,023	0,101
<i>CO₂</i>	462,895	11,010	6069,508	58,711

4.2 Cenário 1

Com a eliminação de uma via em cada faixa da ALP existe um aumento do tempo em cada rota assim como de atrasos e paragens; no entanto, o aumento do tempo no sentido da Rota B é muito mais evidente do que o da Rota A. A razão desta discrepância prende-se com os factos já apresentados que justificam tempos de circulação no sentido Rotunda-CP maiores, a diminuição da largura da faixa apenas veio exponenciar o problema.

Tabela 9: Tempos, atrasos e paragens do cenário 1

		VALOR MÉDIO	DESVIO PADRÃO
ROTA A	Tempo (s)	156,40	3,60
	Atrasos (s)	64,14	3,72
ROTA B	Tempo (s)	237,28	11,34
	Atrasos (s)	127,35	11,03
TOTAL	Paragens	3247,80 (2,75)	463,48

Tabela 10: Emissões do cenário 1 em kg

	ALP	Desvio Padrão	Rede Geral	Desvio Padrão
<i>NO_x</i>	2,967	0,035	35,592	0,283
<i>HC</i>	0,046	0,001	0,505	0,004
<i>CO</i>	0,930	0,011	11,134	0,088
<i>CO₂</i>	510,074	6,695	6154,406	49,448

O aumento das paragens e do conseqüente congestionamento leva a um maior nível de emissões. No entanto, o valor do aumento poderia ser maior, facto justificado pela ocupação da faixa se encontrar longe da sua capacidade máxima no período analisado.

4.3 Cenário 2

A aplicação deste cenário subentendeu a criação de 2 parques de estacionamento que se encontram representados na Figura 31.

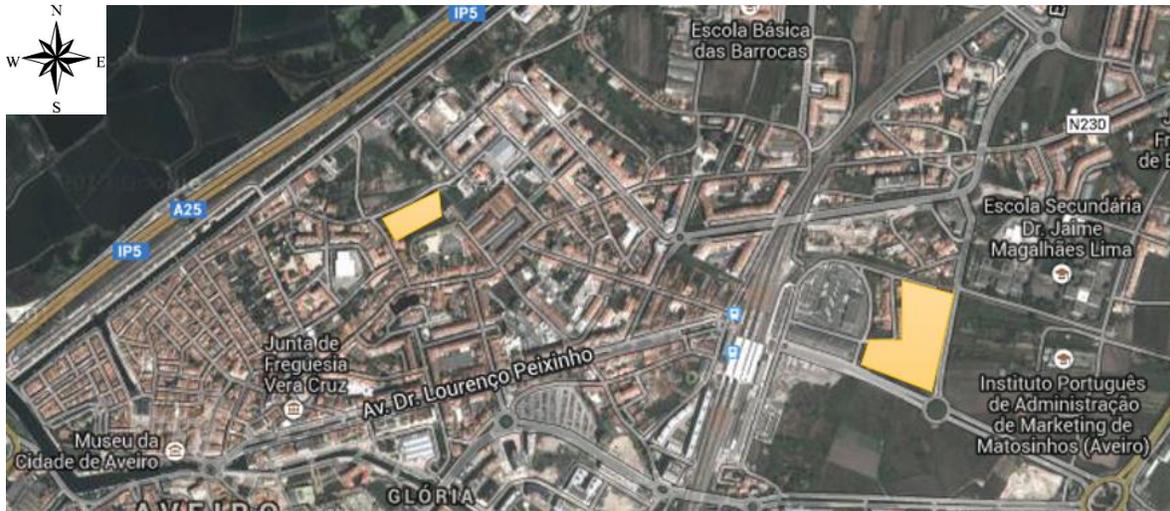


Figura 31: Representação parques de estacionamento

Para estimar a redução de veículos na avenida do cenário 1 para o cenário 2 efetuou-se a média da soma dos volumes dos quatro pontos de contagem existentes. O resultado ditou uma redução de 23%, correspondente a 135 veículos (590 para 455). No entanto, é de notar que a redução de tráfego se verificou, na totalidade na rota A. Na rota B não se conseguiram identificar possíveis pontos para a criação destes parques. O representado mais a direita na figura (zona Este) contém veículos provenientes na sua maioria da rotunda da estrada nacional N109 enquanto o da parte superior alberga parte do trânsito proveniente das Barrocas.

Tabela 11: Tempos, atrasos e paragens do cenário 2

		<i>Valor Médio</i>	<i>Desvio Padrão</i>
<i>Rota A</i>	Tempo (s)	135,00	5,41
	Atrasos (s)	43,33	5,31
<i>Rota B</i>	Tempo (s)	233,60	12,73
	Atrasos (s)	124,24	11,50
<i>Total</i>	Paragens	2122,20 (1,8)	361,64

O tempo de circulação da rota B mantém-se praticamente inalterado enquanto o tempo da rota A decresce, assim como os atrasos.

Tabela 12: Emissões do cenário 2

	Emissões (kg)			
	ALP	Desvio Padrão	Rede Geral	Desvio Padrão
<i>NO_x</i>	2,413	0,044	34,516	0,317
<i>HC</i>	0,038	0,001	0,488	0,005
<i>CO</i>	0,757	0,014	10,797	0,099
<i>CO₂</i>	418,586	8,601	5962,713	58,753

As emissões também diminuem relativamente ao cenário anterior, fruto da otimização do fluxo na rota A.

4.4 Cenário 3

A diminuição da velocidade de circulação na ALP para 30 km/h aumenta o tempo de circulação e as paragens no entanto o aumento no tempo em ambos os sentidos é praticamente idêntico, ronda os 60s, pelo que se conclui que o aumento das paragens em velocidades baixas não tem influência considerável no tempo da viagem.

Tabela 13: Tempos, atrasos e paragens do cenário 3

		<i>Valor Médio</i>	<i>Desvio Padrão</i>
		<i>Rota A</i>	Tempo (s)
	Atrasos (s)	66,40	2,30
<i>Rota B</i>	Tempo (s)	292,74	11,75
	Atrasos (s)	138,57	11,71
<i>Total</i>	Paragens	2860,60 (2,42)	455,11

Tabela 14: Emissões do cenário 3

	Emissões (kg)			
	ALP	Desvio Padrão	Rede Geral	Desvio Padrão
<i>NO_x</i>	1,988	0,030	34,302	0,259
<i>HC</i>	0,040	0,001	0,497	0,004
<i>CO</i>	0,633	0,010	10,742	0,081
<i>CO₂</i>	408,127	6,772	6004,862	46,262

A diminuição da velocidade de circulação levou a um conseqüente decréscimo das emissões por segundo, no entanto o tempo de atravessamento aumentou.

4.5 Resumo

Neste ponto será apresentado um resumo do comportamento das medidas de desempenho ao longo dos cenários.

Comparação de tempo por cenário

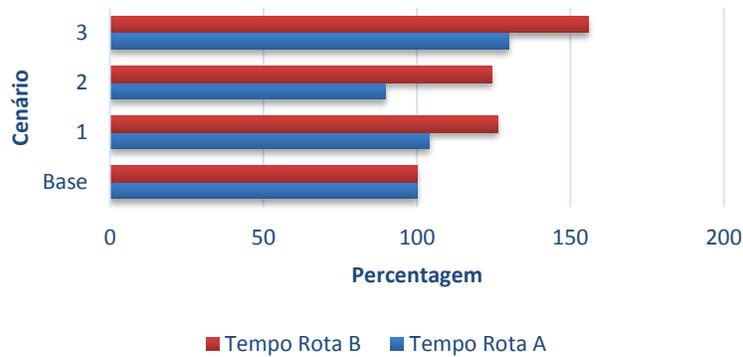


Figura 32: Comparação do tempo por cenário

Comparação de atrasos por cenário

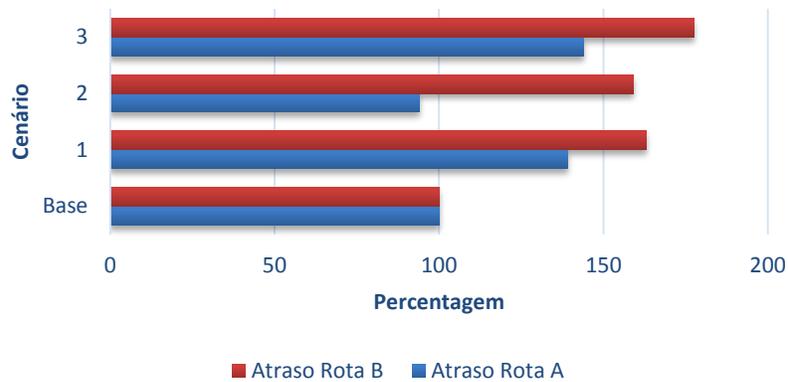


Figura 33: Comparação de atrasos por cenário

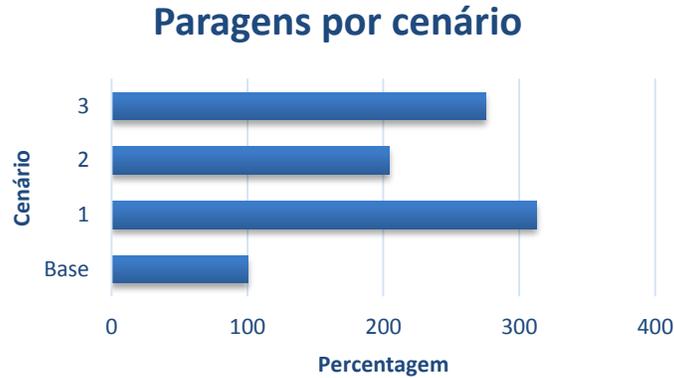


Figura 34: Comparação de paragens por cenário

Analisando os tempos, atrasos e paragens nota-se que existe um padrão de comportamentos de acordo com as medidas aplicadas. Do cenário base para o cenário 1, com a diminuição do número de vias e consequente aumento do congestionamento, o tempo da rota A não sofre uma variação considerável enquanto o da Rota B aumenta em cerca de 25%. Esperava-se um aumento em ambas as faixas mas considerando que a hora de contagem (9h30) não é hora de pico as faixas não se encontram saturadas. De qualquer forma durante a calibração já se tinha notado que a rota B é a mais problemática e esta análise provou isso mesmo, com menos veículos esta rota foi mais sensível a esta alteração. Facto também proveniente do padrão de viragens a esta hora do dia, os focos concentram-se no fórum e no estacionamento gratuito presentes nesta rota. As duas rotas de circulação são bastante díspares no que concerne às viragens e aos acessos às vias adjacentes. Apesar de na rota A existirem vias especializadas para o efeito, essa situação não é verificável na rota B, acabando por originar abrandamentos e congestionamentos, que se podem verificar pelo maior aumento do número de atrasos na rota B (aproximadamente 160%) em relação a rota A (aproximadamente 140%). Este foi o cenário cujo número de paragens apresentou o maior valor (300% do cenário inicial), nos próximos este diminui devido a medidas implementadas para esse mesmo efeito.

Do cenário 1 para o 2 foram aplicados os parques que resultaram numa diminuição de 23% do tráfego. Estes parques foram colocados de maneira a potenciar a viabilização pedonal da ALP, oferecendo aos veículos locais de permanência temporária. Os tempos de viagem na rota A sofreram uma diminuição para cerca de 90%, situação que não se veio a verificar na rota B, onde permaneceram praticamente inalterados, sendo a análise dos atrasos praticamente análoga. O valor das paragens diminui cerca de 100%, valor explicado pelo facto de na rota A estas serem reduzidas praticamente à nulidade.

No terceiro cenário, com a redefinição da velocidade da ALP para 30km/h, o tempo de atravessamento desta atingiu o seu valor máximo chegando aos 160% na rota B e aos 130% na rota A, a variação dos atrasos é análoga, atingindo também os seus valores máximos. O número de paragens, apesar de aumentar em relação ao cenário anterior, mantém-se abaixo do máximo registado, consequência das alterações do cenário anterior.

Comportamento das emissões por cenário na ALP

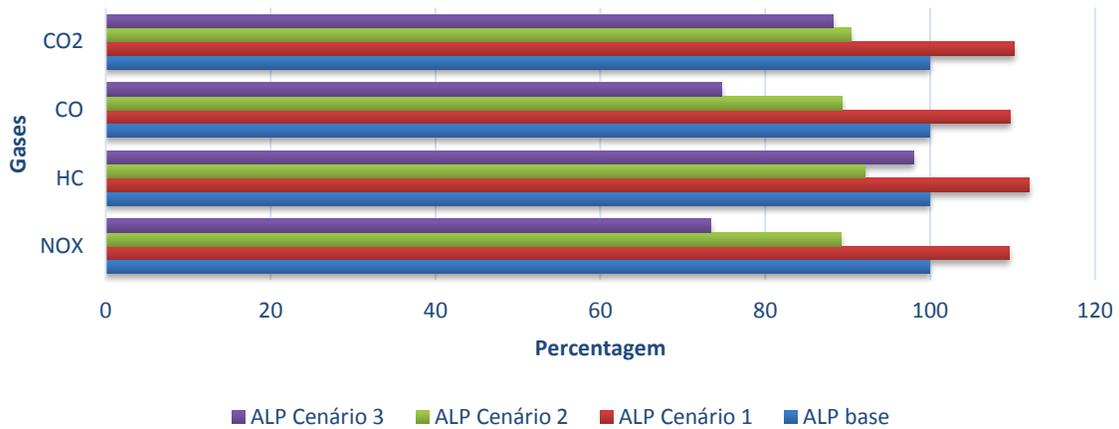


Figura 35: Comportamento das emissões na ALP

Comportamento das emissões por cenário na Rede Geral

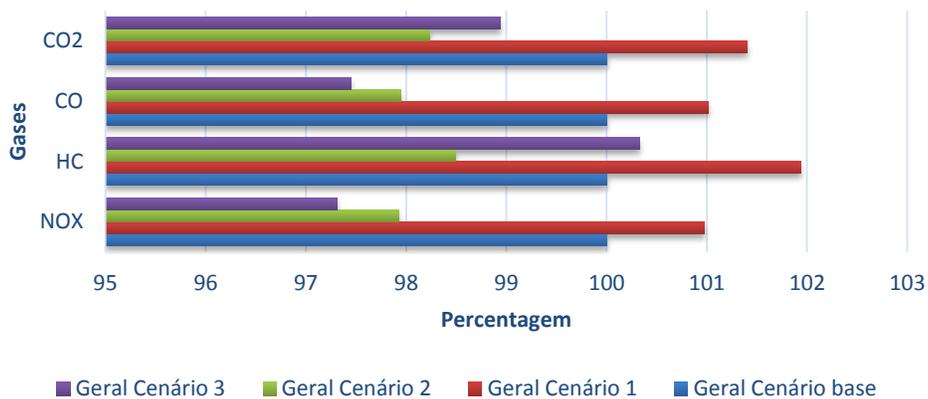


Figura 36: Comportamento das emissões na rede geral

Analisando as emissões na ALP, nota-se desde logo, que todas seguem o mesmo padrão nos dois primeiros cenários. Do cenário base para o primeiro há um aumento de 10% enquanto para o segundo dá-se uma queda para 90% do valor inicial. No terceiro cenário os comportamentos são variados, os hidrocarbonetos aumentam chegando quase a atingir o valor base, o CO₂ mantém-se praticamente inalterado desde o segundo cenário ficando nos 90% enquanto o CO e o NO_x diminuem para 75%. Mesmo sendo menores as emissões por segundo, devido à diminuição das velocidades, o facto do tempo de atravessamento da avenida neste cenário ser cerca de 1,5 vezes o inicial provoca estas diferenças. De qualquer forma, apenas os hidrocarbonetos se mantêm, as diminuições nos restantes gases são bastante significativas.

Na rede geral as alterações seguem o mesmo padrão de comportamentos. Do cenário base para o primeiro as mudanças na ALP provocam um aumento de 1% de emissões de CO e NO_x, 1,4% nas de CO₂ e 2% nas de HC. A criação dos parques e consequente melhoria do fluxo na rota A leva a uma diminuição de todos os gases para valores que rondam 98% do inicial. No entanto a aplicação do último cenário provoca abrandamentos na entrada da ALP para cumprimento dos novos limites, levando a aumentos no dióxido de carbono e nos hidrocarbonetos, em comparação ao segundo. Esta alteração regista decréscimo de 0,5% nas emissões de CO e NO_x, no entanto o CO₂ aumenta cerca de 0,75% e os HC 1,8%.

5. CONCLUSOES E TRABALHO FUTURO

O trabalho realizado nesta Dissertação de Mestrado pretendeu analisar a resposta comportamental dos vários intervenientes da Avenida Dr. Lourenço Peixinho à aplicação de políticas de estímulo ao movimento pedonal. Para tal, esta foi modelada no *software* VISSIM, modelo de simulação microscópica que permite simular tanto veículos como peões. Para a estimativa das emissões utilizou-se uma metodologia baseada na potência específica do veículo (VSP) e que tem como finalidade estimar as emissões segundo-a-segundo. Como medidas de desempenho a comparar foram utilizados os tempos de atravessamento da ALP, os atrasos, paragens e emissões tanto desta como da rede geral. Os cenários estabelecidos passaram por analisar os resultados da supressão de uma via por faixa (sendo utilizado esse espaço para aumento dos passeios e conseqüente conforto do peão), criação de parques de estacionamento (que visam retirar veículos atravessando as pessoas a ALP a caminhar) e diminuição da velocidade de circulação para 30km/h (com o objetivo de acalmia de tráfego). Posteriormente efetuou-se uma correlação de todos os resultados obtidos através da comparação do comportamento dos índices de desempenho ao longo dos cenários.

Analisando os resultados das contagens puderam-se verificar os pontos com maior fluxo pedonal em três horários distintos. No horário 9h30 – 10h30 os pontos com maior afluência concentravam-se junto da Segurança Social, Fórum e Praça do Marquês com 468, 533 e 405 peões, respetivamente. No período 11h30 – 12h30, no qual está inserido parte do horário de almoço, os pontos que rodeiam o Fórum tem fluxos superiores aos restantes, nos pontos 8 (acesso por parte da ALP), 20 e 6 (ambos localizados na entrada sudoeste) os volumes são de 446, 421 e 437, respetivamente. O último período, apesar do baixo número de pontos de contagem, permitiu identificar a CP como ponto de destino preferencial, sendo os pontos com maior número de peões o 10 com 436 e o 11 com 674.

Nos dois períodos de maior afluência à CP (9h30-10h30 para chegadas e 17h30-18h30 para partidas) identificou-se como passeio preferencial de atravessamento da ALP no sentido Rotunda das pontes – CP e vice-versa o localizado a sul uma vez que o volume de peões que nele circula é superior.

Relativamente a veículos, começando a análise pela Rota A da ALP, a supressão da via originou um aumento 20% inferior do tempo de atravessamento em relação à rota B. A menor duração desta rota, verificada nas análises realizadas, conclui um menor número de problemas. Uma vez que a aplicação dos parques de estacionamento no terceiro cenário também incidiu sobre o trânsito que circulava nesta via, e que a redução de 23% na média total se verificou apenas nesta rota os valores de tempo e atrasos neste ponto foram inferiores aos iniciais. Relativamente à diminuição da velocidade os valores dos tempos e dos atrasos aumentaram como expectável antevendo uma maior segurança para os peões, porém, a

diminuição do índice de agressividade do espaço viário para com os peões não pode ser contabilizada.

Relativamente à Rota B, foram levantadas várias questões relativamente ao maior tempo de atravessamento, uma vez que ambas as rotas apenas diferem na orientação rodoviária. Estas acabaram por se dissipar relevando-se o facto de as viragens se realizarem na própria via. Na passagem do cenário base para o cenário 1, verificou-se um agravamento do tempo de atravessamento (125% do valor inicial) assim como do número de atrasos (160% do valor inicial). Tal fenómeno tinha sido identificado no início, mas com a aplicação deste cenário foi exponenciado. A aplicação dos parques de estacionamento não teve influência nesta rota. A diminuição da velocidade de circulação provocou um aumento do tempo para 160% do valor inicial e dos atrasos para 175%. O facto de todos os cenários aplicados promoverem um agravamento da circulação da rota B deve-se ao facto de o trabalho realizado procurar responder à necessidade de um horário específico onde a circulação rodoviária se efetuava preferencialmente pela rota A. No entanto, as diferenças de volumes não justificam que apenas se apliquem alterações nesta rota, muito pelo contrário, devido aos incidentes verificados ao longo da análise a rota B apresenta-se como merecedora de uma maior e mais atenta intervenção.

Uma vez que as paragens foram contabilizados em conjunto, estes serão analisados separados das rotas. A supressão das vias provocou um aumento de 300% do valor inicial, sendo o valor médio de veículos na ALP de 590 (valor médio dos 4 pontos da ALP) e o número de paragens de 1038 há a correspondência de 1,76 paragens por veículo, com o aumento verificado este teria o valor de 5,3. Com a aplicação dos parques o valor passou para o dobro do inicial, e com a diminuição da velocidade, no terceiro cenário, voltou a subir, desta vez para 2,75 vezes o valor inicial. Analisando o valor de paragens inicial, tendo em conta o número de semáforos e passadeiras, admite-se que este é um valor aceitável tendo em conta o espaço a atravessar. No entanto, as alterações propostas apresentam um agravamento no mínimo para o dobro deste número. Tal evidencia que o planeamento das alterações tem de focar também a rota B, responsável pela maioria destas paragens e consequentes problemas na ALP.

Analisando agora as emissões na ALP, os comportamentos nos dois primeiros cenários foram os esperados, com a supressão da via todos os valores aumentaram para cerca de 110% do inicial enquanto com a diminuição de tráfego na Rota A baixaram para valores que rondam os 90%. No terceiro cenário, a diminuição da velocidade e consequente decréscimo das emissões por segundo foi suficiente para compensar o maior tempo despendido no atravessamento nos casos do CO e NO_x levando em ambos a diminuições de 15% relativamente ao cenário 2. As emissões de CO₂ mantiveram-se e as de HC aumentaram em 6%.

No caso da rede geral existe um paralelismo nos dois primeiros cenários, começando por um aumento de emissões resultante do congestionamento provocado pela supressão de vias na ALP, e seguindo-se uma diminuição devido ao decrescimento do fluxo. As diferenças na rede em relação à ALP prendem-se com as desacelerações forçadas a que os veículos estão sujeitos para cumprirem o limite de 30km/h imposto. Neste caso, o CO₂ aumenta 0,75% em relação ao segundo cenário e o HC apresenta um valor quase 0,5% superior ao cenário base (1,8% superior ao cenário 2). No entanto, convém destacar dois aspetos, primeiro não foram efetuadas alterações na rota B cujas desacelerações não são consideráveis já que o tráfego provém de uma rotunda (logo não existirá o aumento de CO₂ e HC, e ao promover uma redução de fluxo como na A esta diminuição seria muito mais acentuada), segundo a medida aplicada no último cenário tem como principal objetivo diminuir o índice de agressividade inerente às altas velocidades.

No decorrer do trabalho foram encontradas algumas limitações. Para questões de calibração e validação do modelo os dados utilizados foram os mesmos. Não existiu a possibilidade de efetuar mais recolhas de valores devido ao elevado número de meios humanos necessários. Outra opção passaria pela colocação de câmaras de filmar mas, por questões de privacidade tal não foi autorizado. Devido a limitações de tempo não foi possível estabelecer ideias e cenários que complementariam este estudo.

Seguidamente apresentam-se ideias para possíveis trabalhos futuros.

- Implementação de cenários que visem diminuir os atrasos e as paragens na via com a rota B de forma a complementar este estudo.
- Estudar a colocação de um projeto âncora na ALP (como é o caso de uma loja do cidadão, serviços ou lojas que desloquem um número conhecido de peões)
- Atualmente estão a ser efetuadas alterações na rede viária da Cidade de Aveiro encontrando-se no sítio da Câmara Municipal (Câmara Municipal de Aveiro 2013) um projeto que prevê uma total remodelação da ALP. Os dados recolhidos e as análises efetuadas podem ser uma forte ferramenta de comparação ao novo modelo que será aplicado para avaliar os aspetos mais e menos positivos das alterações (Câmara Municipal de Aveiro 2013).

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência portuguesa do ambiente (2012) Relatório do Estado do Ambiente (REA).
<http://www.apambiente.pt/>.
- Airport Research Center (2013) . <http://www.airport-consultants.com/>. Accessed 20 Jul 2013
- Amorim JH, Lopes M, Borrego C, et al. (2010) Air quality modelling as a tool for sustainable urban traffic management. Proceedings from the 18th International Conference on Modelling, Monitoring and Management of Air Pollution, Ed.s C.A. Brebbia & J.W.S Longhurst, WIT Transactions on Ecology. doi: 10.2495/AIR100011
- Archer J (2005) Indicators for traffic safety assessment and prediction and their application in microsimulation modelling: A study of urban and suburban intersections. Tese de Doutoramento, Royal Institute of Technology, Estocolmo.
- Bandeira JM, Coelho MC, Elisa M, et al. (2011) Science of the Total Environment Impact of land use on urban mobility patterns , emissions and air quality in a Portuguese medium-sized city. *Sci Total Environ* 409:1154–1163. doi: 10.1016/j.scitotenv.2010.12.008
- Câmara Municipal de Aveiro (2013) . <http://www.cm-aveiro.pt>. Accessed 15 Jun 2013
- Carvalho D (2011) Escolha de Rotas - Influência da hora de ponta nos consumos e emissões. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica. Universidade de Aveiro.
- Coelho M, Frey H, Roupail N, Zhai H (2009) Assessing methods for comparing emissions from gasoline and diesel light-duty vehicles based on microscale measurements. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 14, pp. 91-99.
- Comissão Europeia (2009) A sustainable future for transport — Towards an integrated, technology-led and user-friendly system. doi: 10.2768/13118
- Comissão Europeia (2011) Livro Branco, Roteiro do espaço único europeu dos transportes - Rumo a um sistema de transportes competitivo e económico em recursos.
- Crossing CR (2006) VISSIM Calibration and Validation - Technical Report.
- Fontes T, Fernandes P, Rodrigues H, et al. (2013) Are eco-lanes a sustainable option to reducing emissions in a medium-sized European city? 1–19.
- Guo Z, Loo BPY (2013) Pedestrian environment and route choice : evidence from New York City and Hong Kong. *J Transp Geogr* 28:124–136. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2012.11.013
- IMTT (2012) Plano de Promoção da Bicicleta e Outros Modos Suaves 2013-2020. www.imtt.pt. Accessed 10 Aug 2013
- Instituto de Seguros de Portugal (2013) . <http://www.isp.pt>. Accessed 1 Feb 2013

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética

Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Ishaque MM, Noland RB (2008) Simulated pedestrian travel and exposure to vehicle emissions. 13:27–46. doi: 10.1016/j.trd.2007.10.005

Kelly CE, Tight MR, Hodgson FC, Page MW (2011) A comparison of three methods for assessing the walkability of the pedestrian environment. *J Transp Geogr* 19:1500–1508. doi: 10.1016/j.jtrangeo.2010.08.001

Legion Science in Motion (2013) . www.legion.com. Accessed 13 Jul 2013

Márcio Coelho (2010) Modelação Numérica de Incidentes de Tráfego Rodoviário. Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro

Morar T, Bertolini L (2013) Planning for Pedestrians : A Way Out of Traffic Congestion. *Procedia - Soc Behav Sci* 81:600–608. doi: 10.1016/j.sbspro.2013.06.483

Noticias de Aveiro (2013) . <http://www.noticiasdeaveiro.pt/>. Accessed 21 Oct 2013

PTV Group (2013) . <http://www.ptvgroup.com/en/welcome-to-the-ptv-group/>. Accessed 12 Jun 2013

PTV Planung Transport Verkehr AG (2011) VISSIM 5.40 User Manual.

Quadstone Paramics (2013) Quadstone Paramics|Traffic and Pedestrian Simulation, Analysis and Design Software. <http://www.paramics-online.com/>. Accessed 10 Jun 2013

Quintão J, Moreto M, Soares A (2012) Aveiro – uma visão integrada da mobilidade urbana. www.cm-aveiro.pt. Accessed 13 Nov 2013

Richard Dowling, Alexander Skabardonis VA (2004) Traffic Analysis Toolbox Volume III : Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Modeling Software. III:

SIMWALK (2013) . <http://simwalk.com/>. Accessed 18 Jun 2013

Systematics C (2010) Travel Model Validation and Reasonableness Checking Manual Second Edition.

USEPA (2002) Methodology for Developing Modal Emission Rates for EPA’s Multi-Scale Motor Vehicle & Equipment Emission System. North Carolina State University: Publication EPA 420-R-02-027. Raleigh, NC. Outubro de 2002.

Viegas F (2008) Critérios para a Implementação de Redes de Mobilidade Suave em Portugal - Um Caso de Estudo no Município de Lagoa. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico

Zhang K, Batterman S, Dion F (2011) Vehicle emissions in congestion : Comparison of work zone, rush hour and free- flow conditions. *Atmos Environ* 45:1929–1939. doi: 10.1016/j.atmosenv.2011.01.030

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Zhang L, Levinson D (2003) A model of the rise and fall of roads. 50th North American Regional Science Council Annual Meeting.

Zhang Y, Chen X, Zhang X, et al. (2009) Assessing Effect of Traffic Signal Control Strategies on Vehicle Emissions. *J Transp Syst Eng Inf Technol* 9:150–155. doi: 10.1016/S1570-6672(08)60050-1

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

ANEXO I - SIMULAÇÕES PEÕES

PONTO	Sentido	Volume observado	VOLUME SIMULADO										RMSE	MÉDIA	IC 95%	GEH	RMSE (%)
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
1	CP - Casa Branca	84	80	83	73	69	80	80	77	89	76	61	10,31	76,80	4,82	0,80	13,42
	Inverso	35	34	35	33	35	36	34	35	36	32	26	3,13	33,60	1,83	0,24	9,32
2	CP - Rotunda Pontes	239	237	236	236	236	234	237	233	235	233	193	15,05	231,00	8,33	0,52	6,51
	Inverso	99	94	97	86	91	106	82	103	79	77	72	14,93	88,70	7,06	1,06	16,83
3	CP - Rotunda Pontes	77	91	74	87	82	80	80	73	70	72	57	9,15	76,60	5,98	0,05	11,95

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
 Rui Gabriel Ribeiro Margarido

4	Inverso	64	63	66	65	69	58	63	66	64	63	53	4,40	63,00	2,80	0,13	6,99
	Cp - Rotunda Pontes	108	92	94	103	103	128	112	94	126	128	77	16,73	105,70	10,83	0,22	15,83
5	Inverso	77	91	88	75	84	90	80	83	96	93	76	10,96	85,60	4,44	0,95	12,81
	CP - Rotunda Pontes	63	78	55	60	63	85	67	66	72	81	57	11,17	68,40	6,39	0,67	16,33
6	Inverso	69	60	75	84	71	79	90	75	79	103	67	14,77	78,30	7,50	1,08	18,87
	Câmara - Rotunda Pontes	143	160	162	150	141	130	172	147	140	144	116	15,71	146,20	10,05	0,27	10,75
	Inverso	175	159	167	154	162	176	172	165	164	162	129	18,56	161,00	7,96	1,08	11,53

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

7	Câmara - Pingo Doce	48	58	46	40	45	52	44	51	47	56	43	5,55	48,20	3,62	0,03	11,51
	Inverso	76	78	87	79	85	81	89	73	86	80	71	7,48	80,90	3,69	0,55	9,24
8 (LADO ED. AVENIDA)	Forum - Avenida	72	72	72	71	72	72	72	72	70	72	59	4,17	70,40	2,52	0,19	5,93
	Inverso	37	44	45	39	48	56	39	40	40	34	32	8,09	41,70	4,30	0,75	19,41
8	Forum - Avenida	184	184	184	183	183	184	184	184	184	182	146	12,04	179,80	7,37	0,31	6,70
	Inverso	158	171	181	175	167	170	166	180	159	184	130	17,95	168,30	9,60	0,81	10,66
9 (LADO BARCLAYS)	Rotunda - Avenida	61	60	60	60	60	59	60	60	60	60	51	3,35	59,00	1,75	0,26	5,67

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
 Rui Gabriel Ribeiro Margarido

9	Inverso	47	46	44	54	47	41	55	48	39	40	54	5,67	46,80	3,71	0,03	12,13
	Rotunda - Avenida	76	76	75	75	76	74	76	76	76	76	64	3,87	74,40	2,30	0,18	5,21
10	Inverso	60	67	55	56	70	65	67	59	62	62	48	6,46	61,10	4,16	0,14	10,57
	CP - Rotunda Pontes	187	200	189	210	198	212	214	194	190	212	174	17,40	199,30	8,04	0,89	8,73
11	Inverso	109	98	112	112	120	108	104	106	107	89	71	14,64	102,70	8,63	0,61	14,25
	CP - Rotunda Pontes	245	241	239	232	263	251	232	242	240	231	187	20,84	235,80	12,22	0,59	8,84
	Inverso	128	124	125	113	134	125	137	120	115	126	102	11,35	122,10	6,34	0,53	9,30

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

12	Forum - Avenida	101	115	116	116	116	116	114	116	116	116	102	13,93	114,30	2,71	1,28	12,19
	Inverso	116	125	118	152	102	145	111	138	125	132	121	18,14	126,90	9,47	0,99	14,29
13 (LADO OPOSTO CP)	CP - El Corte Inglés	11															
	Inverso	2															
13 (LADO CP)	CP - El Corte Inglés	42	33	48	28	35	39	36	40	48	44	35	7,07	38,60	4,05	0,54	18,32
	Inverso	10	10	9	10	10	10	10	10	9	10	9	0,55	9,70	0,30	0,10	5,65
14	avenida - Hotel Veneza	84	87	82	79	86	81	86	71	89	80	66	7,67	80,70	4,53	0,36	9,51

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
 Rui Gabriel Ribeiro Margarido

15	Inverso	125	124	124	124	124	124	124	124	124	124	99	8,28	121,50	4,90	0,32	6,81
	Von Hafe - Avenida	77	76	76	74	76	76	76	76	76	76	67	3,42	74,90	1,76	0,24	4,57
16	Inverso	90	85	79	94	94	72	88	89	93	73	49	15,77	81,60	8,72	0,91	19,32
	farmácia - avenida	91	90	89	89	88	90	90	89	90	89	78	4,45	88,20	2,26	0,30	5,05
17	Inverso	108	107	94	106	104	115	118	99	120	110	77	12,47	105,00	7,91	0,29	11,88
	Segurança Social - Avenida	239	235	233	235	236	238	235	236	236	237	188	16,48	230,90	9,38	0,53	7,14
	Inverso	229	207	193	206	202	185	207	213	228	223	169	30,58	203,30	10,83	1,75	15,04

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

18	Rossio - Rotunda Pontes	109	104	105	103	106	102	105	102	110	120	98	6,66	105,50	3,70	0,34	6,31
	Inverso	103	122	95	120	111	128	108	116	123	125	87	16,54	113,50	8,35	1,01	14,58
19	CGD - Natura	141	139	140	140	140	142	142	139	140	142	112	9,25	137,60	5,62	0,29	6,72
	Inverso	109	118	110	96	104	100	99	108	122	99	83	11,84	103,90	6,98	0,49	11,40
20 (TÚNEL)	Fórum - Pastelaria	85	86	87	69	81	93	83	88	109	96	60	12,95	85,20	8,46	0,02	15,19
	Inverso	94	89	81	98	87	85	116	94	77	80	73	13,23	88,00	7,70	0,63	15,03
21	Fórum - ourivesaria	85	93	78	94	77	103	97	78	93	94	73	10,32	88,00	6,45	0,32	11,72

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

22A (ATRAVessar AVENIDA; LADO BANIF)	Inverso	121	100	124	127	111	123	140	117	139	162	97	18,84	124,00	12,15	0,27	15,19
	banif - santander	68	79	74	63	61	81	79	73	87	83	60	10,94	74,00	5,97	0,71	14,78
22 B (PASSADEIRA; ESTAÇÃO AUTOCARRO - BES)	Inverso	85	75	83	83	90	101	101	80	96	100	65	11,90	87,40	7,61	0,26	13,62
	Bes - Ria	42	46	42	30	48	41	37	35	41	40	39	5,34	39,90	3,21	0,33	13,38
23 (PASSADEIRA)	Inverso	40	41	38	39	36	50	45	34	49	54	35	6,96	42,10	4,34	0,33	16,54
	casa alvarinho - edificio avenida	62	73	69	78	66	75	57	73	64	70	53	9,52	67,80	4,93	0,72	14,04
	Inverso	87	89	108	95	92	86	109	93	116	101	86	14,47	97,50	6,50	1,09	14,84

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

24 (PASSADEIRA)	Oxigénio - Optometria	65	68	72	69	53	62	64	71	69	75	57	6,66	66,00	4,30	0,12	10,10
	Inverso	68	62	75	62	49	78	64	61	65	60	65	8,54	64,10	4,96	0,48	13,32
25 (PASSADEIRA)	BCP - Oita	73	62	61	79	67	64	83	71	49	69	59	11,45	66,40	6,11	0,79	17,24
	Inverso	92	69	90	85	98	97	76	86	94	82	54	15,76	83,10	8,50	0,95	18,96
26 (PASSADEIRA PRÓXIMA)	Ourivesaria-correios	68	60	76	77	73	70	80	64	65	64	68	6,50	69,70	4,10	0,20	9,33
	Inverso	86	62	90	77	85	85	71	93	86	75	57	13,82	78,10	7,41	0,87	17,70
26 (PASSADEIRA AFASTADA)	Ourivesaria-correios	66	60	72	73	73	68	77	64	64	62	66	5,65	67,90	3,47	0,23	8,32

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
 Rui Gabriel Ribeiro Margarido

27 (PASSADEIRA PRÓXIMA)

27 (PASSADEIRA AFASTADA)

28

Inverso	86	62	90	77	85	85	71	93	86	75	57	13,82	78,10	7,41	0,87	17,70
Chico-loja indiana	97	101	99	101	91	97	104	109	109	118	79	10,84	100,80	6,63	0,38	10,75
Inverso	65	59	71	56	54	63	58	59	50	58	54	8,71	58,20	3,55	0,87	14,96
Chico-loja indiana	90	100	97	99	91	95	102	109	108	117	79	13,91	99,70	6,51	1,00	13,95
Inverso	64	58	68	54	51	60	57	57	50	59	54	8,69	56,80	3,18	0,93	15,31
Ria Canal - Praça	84	91	105	81	89	89	95	87	87	108	71	11,97	90,30	6,65	0,67	13,26
Inverso	100	122	95	120	111	128	108	116	123	125	87	18,59	113,50	8,35	1,31	16,38

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

29	Ria Café - Ria Canal	126	135	127	119	126	129	126	116	133	141	94	12,40	124,60	8,05	0,13	9,95
	Inverso	79	78	79	80	78	82	79	71	86	77	70	4,58	78,00	2,92	0,11	5,88
30	Quiosque - Paragem	64	65	74	57	53	65	66	55	73	62	48	8,35	61,80	5,27	0,28	13,52
	Inverso	31	35	28	32	26	31	41	41	28	28	28	5,27	31,80	3,40	0,14	16,58
31	CP - GNR	61	62	63	62	64	60	74	67	58	57	73	6,24	64,00	3,58	0,38	9,76
	Inverso	38	38	38	38	37	38	38	38	38	38	32	1,92	37,30	1,17	0,11	5,16
32	Chocolate - Hotel	92	88	104	93	80	87	84	91	83	80	77	9,19	86,70	4,91	0,56	10,60

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
 Rui Gabriel Ribeiro Margarido

33	Inverso	108	110	110	109	110	110	110	110	110	110	90	5,97	107,90	3,90	0,01	5,54
	Câmara - Praça do Marquês	194	185	201	182	208	210	191	197	203	195	163	13,37	193,50	8,73	0,04	6,91
34	Inverso	211	200	200	196	195	198	200	199	198	197	169	18,13	195,20	5,81	1,11	9,29
	Câmara - Pingo Doce	86	92	89	77	74	88	74	73	84	81	63	10,70	79,50	5,55	0,71	13,46
35	Inverso	85	84	83	84	84	84	84	84	84	83	67	5,82	82,10	3,30	0,32	7,09
	Shopping - Casa Alvarinho	87	86	86	86	86	85	86	86	86	86	66	6,73	83,90	3,90	0,34	8,02
	Inverso	56	50	65	52	68	52	47	62	60	61	55	6,72	57,20	4,32	0,16	11,75

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

36	CP - Rotunda Pontes	189	203	223	198	209	210	192	215	206	232	179	22,80	206,70	9,39	1,26	11,03
	Inverso	159	141	163	150	156	136	162	152	167	167	127	14,73	152,10	8,50	0,55	9,68
37	CP - Rotunda Pontes	146	159	161	168	158	167	155	155	158	142	117	16,20	154,00	9,21	0,65	10,52
	Inverso	103	103	94	115	81	110	87	106	96	96	82	12,50	97,00	7,16	0,60	12,88
38 (PASSADEIRA PRÓXIMA)	Residencial - compra ouro	13															
	Inverso	26															
38 (PASSADEIRA AFASTADA)	Residencial - compra ouro	8															

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

39 (PASSADEIRA PRÓXIMA)

Inverso 10

Tricana - Nanzor 11

39 (PASSADEIRA AFASTADA)

Inverso 6

Tricana - Nanzor 29

Inverso 9

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

ANEXO II – Simulações Veículos

	Volume observado	Volume simulado										RMSE (erro quadrático médio)	Média	IC 95%	Mínimo	Máximo	GEH	RMSE (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
A	402	423	373	392	397	367	402	391	441	400	387	21,22	397,30	13,52	383,78	410,82	0,24	5,34
B	674	694	650	663	702	651	713	648	704	684	660	24,09	676,90	15,62	661,28	692,52	0,11	3,56
D	362	352	382	374	371	365	409	379	396	380	345	22,36	375,30	11,75	363,55	387,05	0,69	5,96
E	804	839	791	762	781	808	807	864	815	814	806	27,45	808,70	17,67	791,03	826,37	0,17	3,39
F	456	486	475	445	457	453	485	530	490	463	505	33,64	478,90	16,10	462,80	495,00	1,06	7,02
G	453	495	471	446	412	467	454	470	456	482	459	22,78	461,20	13,89	447,31	475,09	0,38	4,94
H	444	427	455	419	446	421	420	394	431	431	411	24,64	425,50	10,63	414,87	436,13	0,89	5,79
I	604	611	588	570	620	612	600	607	645	574	634	22,99	606,10	14,96	591,14	621,06	0,09	3,79
J	564	550	568	584	563	567	543	550	545	582	571	14,12	562,30	9,16	553,14	571,46	0,07	2,51
K	584	565	620	585	595	603	596	572	621	619	618	24,86	599,40	12,75	586,65	612,15	0,63	4,15
L	441	437	434	464	473	438	455	437	430	445	436	14,15	444,90	8,88	436,02	453,78	0,19	3,18
M	901	938	875	895	940	897	895	929	941	916	954	30,12	918,00	16,24	901,76	934,24	0,56	3,28
N	860	832	878	908	851	901	830	860	868	908	860	29,06	869,60	17,92	851,68	887,52	0,33	3,34
O	407	416	393	370	422	392	430	404	413	425	413	17,41	407,80	11,36	396,44	419,16	0,04	4,27
P	1164	1214	1192	1239	1172	1231	1181	1214	1154	1187	1171	41,14	1195,50	17,29	1178,21	1212,79	0,92	3,44
Q	497	541	496	494	543	477	529	517	487	446	514	29,79	504,40	18,85	485,55	523,25	0,33	5,91
R	1234	1306	1211	1253	1207	1249	1232	1304	1176	1220	1206	40,34	1236,40	26,31	1210,09	1262,71	0,07	3,26
S	1261	1312	1325	1267	1353	1322	1321	1350	1299	1371	1302	67,58	1322,20	18,72	1303,48	1340,92	1,70	5,11
T	1127	1163	1164	1106	1171	1145	1168	1146	1130	1134	1127	27,32	1145,40	13,20	1132,20	1158,60	0,55	2,39
U	575	548	627	569	580	555	630	585	575	579	601	27,77	584,90	16,95	567,95	601,85	0,41	4,75
V	822	815	823	832	867	791	833	842	833	848	774	26,00	825,80	16,80	809,00	842,60	0,13	3,15
W	827	829	841	814	844	801	821	821	828	833	813	12,80	824,50	8,20	816,30	832,70	0,09	1,55

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética

Rui Gabriel Ribeiro Margarido

ANEXO III – Temporização dos sinais luminosos

1- Avenida. LP – Estação CP (Capitania)
Verde = 48 s
Amarelo = 3 s
Vermelho = 36 s
2- ALP virando para R.Agostinho Pinheiro
Verde = 21 s
Amarelo = 3 s
Vermelho = 65 s
3-ALP – Estação CP (Loja Oxigénio)
Verde = 42 s
Amarelo = 3 s
Vermelho = 39 s
4- ALP – Estação CP (Loja Oxigénio) virando para R.Dr.Alberto Souto
Verde = 25 s
Amarelo = 3 s
Vermelho = 80 s
5- ALP - Estação CP (C.C.Oita)
Verde = 29 s
Amarelo = 3 s
Vermelho = 72 s
6- Estação CP – ALP (Seguradora Global)
Verde = 53 s
Amarelo = 3 s
Vermelho = 49 s
7- Estação CP – ALP (Seguradora Global) virando para Rotunda do Oita
Verde = 31 s
Amarelo = 3 s
Vermelho = 71 s
8- R. Engenheiro Oudinot
Verde = 30 s
Amarelo = 3 s
Vermelho = 79 s
9- Estação CP – ALP (Centro de Yoga)
Verde = 48 s
Amarelo = 3 s
Vermelho = 54 s
10- Estação CP – ALP (Centro de Yoga) virando para R.Eng.Silvério.P.Silva
Verde = 26 s
Amarelo = 3 s
Vermelho = 72 s
11- Estação CP – ALP (Loja Marco Soares)
Verde = 55 s
Amarelo = 3 s
Vermelho = 30 s
12- R.Conselheiro Luís Magalhães virando para ALP
Verde = 22 s
Amarelo = 3 s
Vermelho = 63 s
13- Estação CP – ALP (Banco BES)
Verde = 48 s
Amarelo = 3 s
Vermelho = 37 s

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

ANEXO IV – Emissões

Cenário Base

Seed	period	traveltime	nox	hc	co2	co
Seed1	1800s-3600s	118,7283	1505,281	23,38047	259515,1	472,0522
ALP	1800s-3600s	-999	17691,32	247,0971	3025559	5529,918
Geral	1800s-3600s	-999	17691,32	247,0971	3025559	5529,918
Seed2	1800s-3600s	109,9712	1259,029	19,21773	216496,3	394,6109
ALP	1800s-3600s	-999	17499,33	245,7353	3005341	5470,821
Geral	1800s-3600s	-999	17499,33	245,7353	3005341	5470,821
Seed3	1800s-3600s	108,7121	1296,574	19,52366	220722,5	406,1377
ALP	1800s-3600s	-999	17489,48	246,2525	3019084	5469,865
Geral	1800s-3600s	-999	17489,48	246,2525	3019084	5469,865
Seed4	1800s-3600s	113,8656	1378,295	20,97148	235554,3	431,8799
ALP	1800s-3600s	-999	18334,34	258,7925	3165441	5735,068
Geral	1800s-3600s	-999	18334,34	258,7925	3165441	5735,068
Seed5	1800s-3600s	110,886	1337,526	20,15016	227792,9	419,0342
ALP	1800s-3600s	-999	17233,63	241,6462	2960261	5388,225
Geral	1800s-3600s	-999	17233,63	241,6462	2960261	5388,225
Seed6	1800s-3600s	111,1538	1336,277	20,25248	228499	418,6973
ALP	1800s-3600s	-999	17340,88	243,3552	2983456	5422,704
Geral	1800s-3600s	-999	17340,88	243,3552	2983456	5422,704
Seed7	1800s-3600s	114,1265	1377,408	20,73922	234455,7	431,4625
ALP	1800s-3600s	-999	17765,51	249,5288	3058117	5555,603
Geral	1800s-3600s	-999	17765,51	249,5288	3058117	5555,603
Seed8	1800s-3600s	111,1447	1372,091	20,80277	234078,5	429,8819
ALP	1800s-3600s	-999	17692	250,2183	3064909	5534,806
Geral	1800s-3600s	-999	17692	250,2183	3064909	5534,806
Seed9	1800s-3600s	110,4649	1353,504	20,60705	231473,9	424,1392
ALP	1800s-3600s	-999	17944,08	252,6252	3089916	5610,878
Geral	1800s-3600s	-999	17944,08	252,6252	3089916	5610,878
Seed10	1800s-3600s	111,8051	1316,553	19,99704	225888,2	412,6217
ALP	1800s-3600s	-999	17248,65	243,5195	2975454	5395,013
Geral	1800s-3600s	-999	17248,65	243,5195	2975454	5395,013

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Cenário 1

Seed	period	traveltime	nox	hc	co2	co
Seed1						
ALP	1800s-3600s	123,7924	1465,123	22,71112	250675,9	459,2944
Geral	1800s-3600s	-999	17819	252,0536	3069422	5573,043
Seed2						
ALP	1800s-3600s	131,6138	1513,124	23,66524	262071,5	474,7282
Geral	1800s-3600s	-999	17800,78	250,3258	3058398	5565,93
Seed3						
ALP	1800s-3600s	126,5775	1507,192	23,13154	257366,4	472,3471
Geral	1800s-3600s	-999	17667,61	250,303	3052298	5526,496
Seed4						
ALP	1800s-3600s	127,3883	1500,624	23,16753	256261,5	470,3016
Geral	1800s-3600s	-999	18392,89	260,6903	3177246	5753,741
Seed5						
ALP	1800s-3600s	126,5826	1428,754	22,54803	247636,5	448,3132
Geral	1800s-3600s	-999	17459,83	247,1248	3009514	5460,554
Seed6						
ALP	1800s-3600s	128,0455	1452,675	22,59622	250436,3	455,6752
Geral	1800s-3600s	-999	17525,81	248,8904	3031634	5483,178
Seed7						
ALP	1800s-3600s	144,4405	1518,556	24,36661	266268,4	477,0148
Geral	1800s-3600s	-999	17743,79	253,9944	3087310	5554,085
Seed8						
ALP	1800s-3600s	128,2469	1530,932	23,55094	262356,5	479,8585
Geral	1800s-3600s	-999	17930,57	256,3342	3120679	5611,937
Seed9						
ALP	1800s-3600s	122,7269	1481,743	22,69518	252861,6	464,2868
Geral	1800s-3600s	-999	18139,96	256,9464	3131220	5674,063
Seed10						
ALP	1800s-3600s	123,77	1434,363	21,84451	244437	449,3826
Geral	1800s-3600s	-999	17477,6	250,0346	3034307	5469,345

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Cenário 2

Seed	period	traveltime	nox	hc	co2	co
Seed1	1800s-3600s	134,5546	1289,535	20,85434	227826,6	405,3643
ALP	1800s-3600s	-999	17355,82	244,3136	2982683	5427,033
Seed2	1800s-3600s	126,7368	1160,346	18,20333	202105,6	364,2468
ALP	1800s-3600s	-999	17108,62	238,8576	2927048	5347,111
Seed3	1800s-3600s	123,6955	1201,637	18,67673	207718,3	376,9885
ALP	1800s-3600s	-999	17168,43	243,2467	2968410	5370,611
Seed4	1800s-3600s	123,1568	1213,504	18,63564	207696	380,3428
ALP	1800s-3600s	-999	17920,69	253,6083	3098494	5606,114
Seed5	1800s-3600s	124,8744	1128,263	17,95557	196600,1	354,2735
ALP	1800s-3600s	-999	16815,33	236,0969	2886820	5257,32
Seed6	1800s-3600s	129,617	1199,845	18,85626	208309,2	376,615
ALP	1800s-3600s	-999	16944,42	240,7703	2939450	5302,128
Seed7	1800s-3600s	143,8382	1226,065	19,91953	216715,5	385,4453
ALP	1800s-3600s	-999	17189,69	244,2276	2983530	5378,872
Seed8	1800s-3600s	131,2827	1262,001	19,60466	217544,4	395,8467
ALP	1800s-3600s	-999	17384,04	247,8442	3023021	5440,032
Seed9	1800s-3600s	120,8995	1203,277	18,32836	205357,5	377,1112
ALP	1800s-3600s	-999	17657,78	249,3384	3048896	5522,726
Seed10	1800s-3600s	124,2144	1179,292	18,28054	203056	369,8579
ALP	1800s-3600s	-999	17037,2	243,2308	2955213	5331,097

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Cenário 3

Seed	period	traveltime	nox	hc	co2	co
Seed1	1800s-3600s	152,3202	1012,953	20,90568	209601,3	323,0016
ALP	1800s-3600s	-999	17263,28	249,1832	3005724	5403,941
Geral	1800s-3600s	-999	17263,28	249,1832	3005724	5403,941
Seed2	1800s-3600s	151,453	979,643	19,79777	201373,4	312,0686
ALP	1800s-3600s	-999	17109,86	246,5306	2979769	5355,604
Geral	1800s-3600s	-999	17109,86	246,5306	2979769	5355,604
Seed3	1800s-3600s	146,4809	1002,022	20,34884	205244,5	319,1901
ALP	1800s-3600s	-999	17041,71	247,9111	2992430	5338,061
Geral	1800s-3600s	-999	17041,71	247,9111	2992430	5338,061
Seed4	1800s-3600s	142,9078	960,4426	19,40686	196254,5	305,8147
ALP	1800s-3600s	-999	17778,31	257,3375	3114406	5567,529
Geral	1800s-3600s	-999	17778,31	257,3375	3114406	5567,529
Seed5	1800s-3600s	162,6166	1045,292	21,56535	216260,5	333,3077
ALP	1800s-3600s	-999	16938,47	245,201	2958418	5303,123
Geral	1800s-3600s	-999	16938,47	245,201	2958418	5303,123
Seed6	1800s-3600s	157,3072	1014,785	20,53549	208971,6	323,3696
ALP	1800s-3600s	-999	16847,12	244,221	2948725	5275,642
Geral	1800s-3600s	-999	16847,12	244,221	2948725	5275,642
Seed7	1800s-3600s	162,9042	1012,442	20,61215	207327,9	322,5538
ALP	1800s-3600s	-999	17158,28	248,6561	3006958	5373,485
Geral	1800s-3600s	-999	17158,28	248,6561	3006958	5373,485
Seed8	1800s-3600s	149,2313	1002,279	19,9884	204490,9	319,0275
ALP	1800s-3600s	-999	17214,93	251,4359	3034221	5393,096
Geral	1800s-3600s	-999	17214,93	251,4359	3034221	5393,096
Seed9	1800s-3600s	145,5279	973,7946	19,76805	199419,1	310,1649
ALP	1800s-3600s	-999	17299,4	250,3736	3024705	5416,675
Geral	1800s-3600s	-999	17299,4	250,3736	3024705	5416,675
Seed10	1800s-3600s	144,1646	934,5564	18,79517	191691,9	297,6499
ALP	1800s-3600s	-999	16857,04	246,219	2958952	5280,588
Geral	1800s-3600s	-999	16857,04	246,219	2958952	5280,588

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

ANEXO V – Amostra de grelha de contagem e fotos

FOLHA DE REGISTO DE PEÕES

Local nº - _____ Nome _____ Escola _____			
Hora	Sentido _____	Sentido _____	Observações
09:30 - 09:45			
09:45 - 10:00			
10:00 - 10:15			
10:15 - 10:30			

Figura 37: Exemplo folha de registo de peões

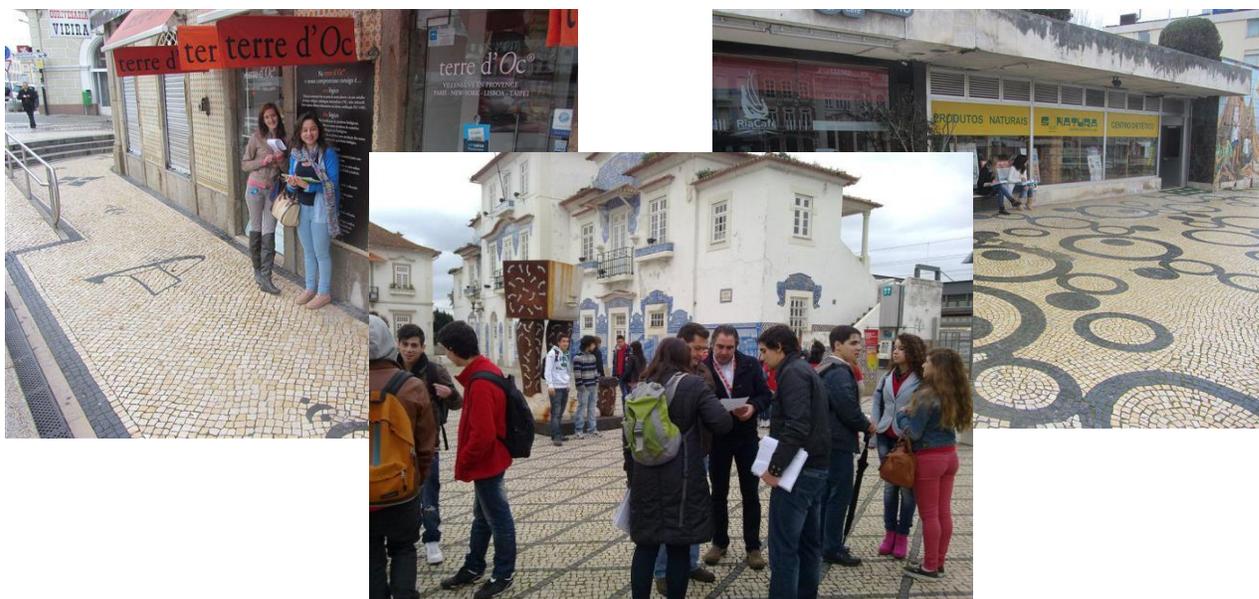


Figura 38: Fotografias das contagens

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
 Rui Gabriel Ribeiro Margarido

ANEXO VI – Contagens de peões com ilustração de sentido

Ponto 1	CP - Casa Branca	Inverso
9:30 - 9:45	3	4
9:45 - 10:00	40	12
10:00 - 10:15	6	11
10:15 - 10:30	35	8
11:30 - 11:45	11	12
11:45 - 11:00	5	11
12:00 - 12:15	6	29
12:15 - 12:30	8	16
17:20 - 17:35	11	12
17:35 - 17:50	2	61
17:50 - 18:05	8	35
Estimativa (17h30 - 18h30)	28	144



Figura 40: Sentido Casa Branca - CP, Fonte:Google



Figura 39: Sentido CP- Casa Branca, Fonte: Google

Total de pessoas

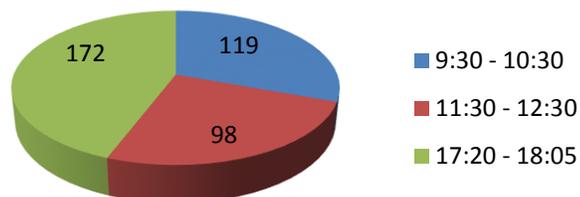


Figura 41: Variação temporal do Ponto 1

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
 Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Ponto 2	CP - Rotunda Pontes	Inverso
9:30 - 9:45	112	28
9:45 - 10:00	29	27
10:00 - 10:15	34	26
10:15 - 10:30	64	18
11:30 - 11:45	19	23
11:45 - 11:00	25	46
12:00 - 12:15	53	62
12:15 - 12:30	0	0
Estimativa (11h30 - 12h30)	129	175
17:20 - 17:35	28	82
17:35 - 17:50	38	32
17:50 - 18:05	20	23
Estimativa (17h30 - 18h30)	115	183



Figura 42: Sentido CP, Fonte: Google



Figura 43: Sentido Rotunda das Pontes, Fonte: Google

Total de pessoas

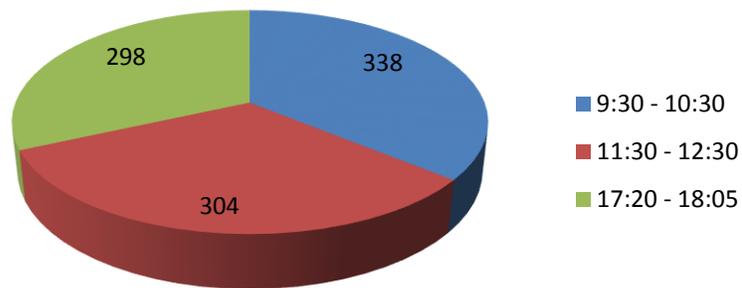


Figura 44: Variação temporal do ponto 2.

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
 Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Ponto 3	CP - Rotunda Pontes	Inverso
9:30 - 9:45	26	12
9:45 - 10:00	15	17
10:00 - 10:15	11	15
10:15 - 10:30	25	20
11:30 - 11:45	15	9
11:45 - 11:00	14	17
12:00 - 12:15	18	25
12:15 - 12:30	13	20
17:20 - 17:35	21	37
17:35 - 17:50	7	13
17:50 - 18:05	11	16
Estimativa (17h30 - 18h30)	52	88



Figura 46: Sentido CP - Rotunda Pontes, Fonte: Google



Figura 47: Sentido Rotunda Pontes - CP, Fonte: Google

Total de pessoas

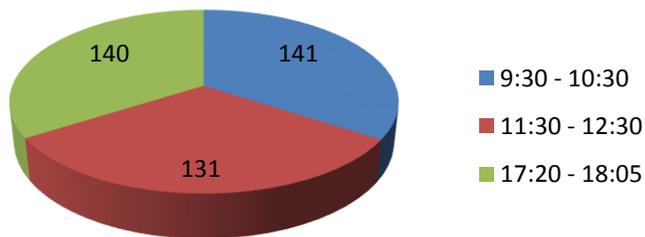


Figura 45: Variação temporal do ponto 3.

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Ponto 4	Cp - Rotunda Pontes	Inverso
9:30 - 9:45	0	0
9:45 - 10:00	20	13
10:00 - 10:15	26	19
10:15 - 10:30	35	26
Estimativa (9h30 - 10h30)	108	77
11:30 - 11:45	37	15
11:45 - 11:00	25	34
12:00 - 12:15	35	28
12:15 - 12:30	0	0
Estimativa (11h30 - 12h30)	129	103
17:20 - 17:35	16	21
17:35 - 17:50	22	29
17:50 - 18:05	37	21
Estimativa (17h30 - 18h30)	100	95



Figura 50: Sentido CP - Rotunda Pontes, Fonte: Google



Figura 49: Sentido Rotunda Pontes - CP, Fonte: Google

Total de pessoas

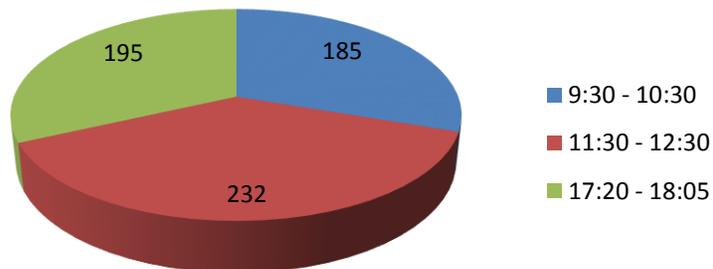


Figura 48: Variação temporal do ponto 4.

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Ponto 5	CP - Rotunda Pontes	Inverso
9:30 - 9:45	0	0
9:45 - 10:00	22	14
10:00 - 10:15	12	22
10:15 - 10:30	13	16
Estimativa (9h30 - 10h30)	63	69
11:30 - 11:45	29	22
11:45 - 11:00	31	14
12:00 - 12:15	20	25
12:15 - 12:30	0	0
Estimativa (11h30 - 12h30)	107	81
17:20 - 17:35	27	33
17:35 - 17:50	30	19
17:50 - 18:05	16	15
Estimativa (17h30 - 18h30)	97	89



Figura 53: Sentido CP - Rotunda Pontes, Fonte: Google



Figura 52: Sentido Rotunda Pontes - CP, Fonte: Google

Total de pessoas

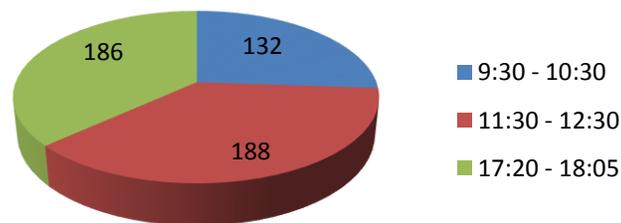


Figura 51: Variação temporal do ponto 5.

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
 Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Ponto 6	Câmara - Rotunda Pontes	Inverso
9:30 - 9:45	24	40
9:45 - 10:00	39	59
10:00 - 10:15	60	61
10:15 - 10:30	20	15
11:30 - 11:45	48	53
11:45 - 11:00	66	48
11:00 - 11:15	62	55
11:15 - 11:30	57	48
17:20 - 17:35	33	31
17:35 - 17:50	33	37
17:50 - 18:05	31	24
Estimativa (17h30 - 18h30)	129	123



Figura 56: Sentido Câmara- Rotunda Pontes



Figura 54: Sentido Rotunda Pontes - Câmara, Fonte: Google

Total de pessoas

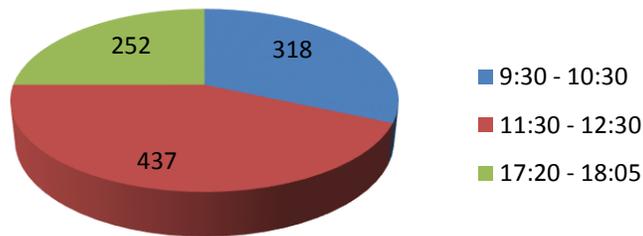


Figura 55: Variação temporal do ponto 6.

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
 Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Ponto 7	Câmara - Pingo Doce	Inverso
9:30 - 9:45	7	30
9:45 - 10:00	9	15
10:00 - 10:15	17	15
10:15 - 10:30	15	16
11:30 - 11:45	29	16
11:45 - 11:00	41	21
11:00 - 11:15	29	20
11:15 - 11:30	18	18
17:20 - 17:35	13	21
17:35 - 17:50	30	20
17:50 - 18:05	12	10
Estimativa (17h30 - 18h30)	73	68



Figura 58: Sentido Pingo Doce - Câmara, Fonte: Google



Figura 57: Sentido Câmara - Pingo Doce

Total de pessoas

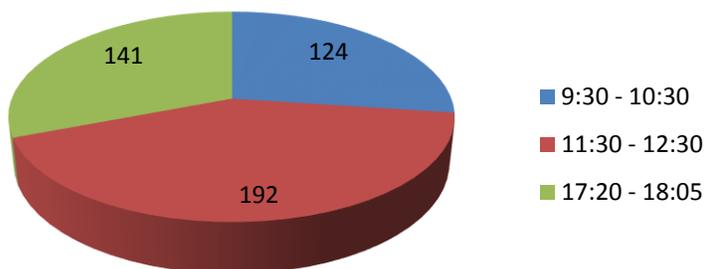


Figura 59: Variação temporal do ponto 7.

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
 Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Ponto 8	8 (lado ed. avenida)		8 (lado contrário)	
	Forum - Avenida	Inverso	Forum - Avenida	Inverso
9:30 - 9:45	2	1	27	15
9:45 - 10:00	19	6	59	34
10:00 - 10:15	14	6	36	44
10:15 - 10:30	21	16	62	65
Estimativa (9h30 - 10h30)	72	37		
	8 (total)			
11:30 - 11:45	73	78		
11:45 - 11:00	51	43		
12:00 - 12:15	50	59		
12:15 - 12:30	38	54		
17:20 - 17:35	40	45		
17:35 - 17:50	39	5		
17:50 - 18:05	25	14		
Estimativa (17h30 - 18h30)	139	85		



Figura 62: Sentido Fórum - Avenida, Fonte: Google



Figura 61: Sentido Avenida - Fórum, Fonte: Google

Total de pessoas

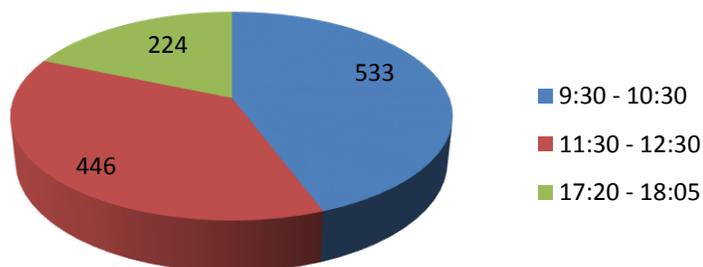


Figura 60: Variação temporal do ponto 8.

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
 Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Ponto 9	9 (lado Barclays)		9 (lado oposto)	
	Rotunda - Avenida	Inverso	Rotunda - Avenida	Inverso
9:30 - 9:45	15	10	28	11
9:45 - 10:00	14	19	12	15
10:00 - 10:15	12	4	24	15
10:15 - 10:30	20	14	12	19
11:30 - 11:45	9	10	7	17
11:45 - 11:00	17	4	8	9
12:00 - 12:15	17	16	16	15
12:15 - 12:30	0	0	0	0
Estimativa (11h30 - 12h30)	57	40	41	55
17:20 - 17:35	40	32		
17:35 - 17:50	36	50		
17:50 - 18:05	37	61		
	9 (total)			
Estimativa (17h30 - 18h30)	151	191		



Figura 65: Sentido Rotunda - Avenida, Fonte: Google



Figura 64: Sentido Avenida - Rotunda, Fonte: Google

Total de pessoas

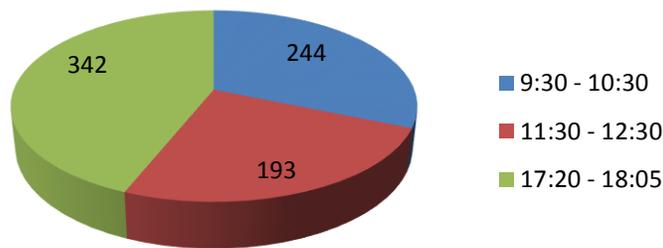


Figura 63: Variação temporal do ponto 9.

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
 Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Ponto 10	CP - Rotunda Pontes	Inverso
9:30 - 9:45	34	27
9:45 - 10:00	68	16
10:00 - 10:15	15	36
10:15 - 10:30	70	30
11:30 - 11:45	54	25
11:45 - 11:00	35	33
12:00 - 12:15	43	35
12:15 - 12:30	48	54
17:20 - 17:35	45	55
17:35 - 17:50	65	65
17:50 - 18:05	50	47
Estimativa (17h30 - 18h30)	213	223



Figura 68: Sentido CP - Rotunda das Pontes, Fonte: Google



Figura 67: Sentido Rotunda Pontes - CP, Fonte: Google

Total de pessoas

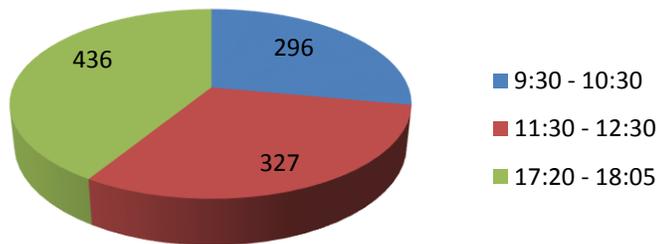


Figura 66: Variação temporal do ponto 10.

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
 Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Ponto 11	CP - Rotunda Pontes	Inverso
9:30 - 9:45	48	24
9:45 - 10:00	70	29
10:00 - 10:15	49	40
10:15 - 10:30	78	35
11:30 - 11:45	36	45
11:45 - 11:00	40	46
12:00 - 12:15	44	61
12:15 - 12:30	48	58
17:20 - 17:35	60	75
17:35 - 17:50	67	158
17:50 - 18:05	70	75
Estimativa (17h30 - 18h30)	263	411



Figura 71: Sentido CP - Rotunda Pontes, Fonte: Google



Figura 70: Sentido Rotunda Pontes - CP, Fonte: Google

Total de pessoas

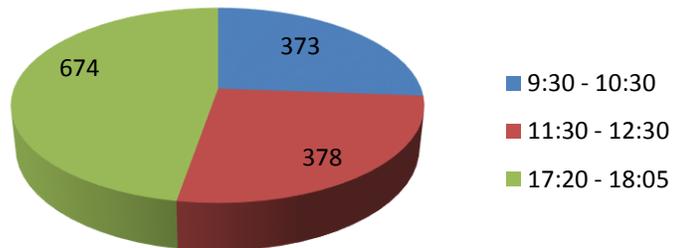


Figura 69: Variação temporal do ponto 11.

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Ponto 12	Fórum - Avenida	Inverso
9:30 - 9:45	18	9
9:45 - 10:00	19	32
10:00 - 10:15	28	29
10:15 - 10:30	36	46
11:30 - 11:45	24	33
11:45 - 11:00	14	20
12:00 - 12:15	31	27
12:15 - 12:30	18	28



Figura 73: Sentido Fórum - Avenida, Fonte: Google



Figura 72: Sentido Avenida - Fórum, Fonte: Google

Ponto 13	13 (lado oposto cp)		13 (lado cp)	
	CP - El Corte Inglés	Inverso	CP - El Corte Inglés	Inverso
9:30 - 9:45	2	1	4	5
9:45 - 10:00	7	0	22	2
10:00 - 10:15	1	1	2	2
10:15 - 10:30	1	0	14	1
	13 (total)			
11:30 - 11:45	7	4		
11:45 - 11:00	4	1		
12:00 - 12:15	3	5		
12:15 - 12:30	12	10		



Figura 75: Sentido CP - El Corte Inglés, Fonte: Google



Figura 74: Sentido El Corte Inglés - CP, Fonte: Google

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Ponto 14

9:30 - 9:45
9:45 - 10:00
10:00 - 10:15
10:15 - 10:30

11:30 - 11:45
11:45 - 11:00
12:00 - 12:15
12:15 - 12:30



Figura 77: Sentido Avenida - Hotel Veneza, Fonte: Google

Avenida - Hotel Veneza

25
22
24
13

33
22
25
31

Inverso

34
26
24
41

20
26
26
24



Figura 76: Sentido Hotel Veneza - Avenida, Fonte: Google

Ponto 15

9:30 - 9:45
9:45 - 10:00
10:00 - 10:15
10:15 - 10:30

11:30 - 11:45
11:45 - 11:00
12:00 - 12:15
12:15 - 12:30



Figura 78: Sentido Von Hafe - Avenida, Fonte: Google

Von Hafe - Avenida

15
19
16
27

33
25
14
23

Inverso

17
21
19
33

21
26
24
43



Figura 79: Sentido Avenida - Von Hafe, Fonte: Google

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Ponto 16

9:30 - 9:45
9:45 - 10:00
10:00 - 10:15
10:15 - 10:30

11:30 - 11:45
11:45 - 11:00
12:00 - 12:15
12:15 - 12:30

Estimativa (11h30 - 12h30)



Figura 81: Sentido Farmácia - Avenida, Fonte: Google

farmácia - avenida

0
11
27
26
27

Inverso

0
28
28
32
20

24
14
25
0
84

16
23
18
0
76



Figura 80: Sentido Avenida - Farmácia, Fonte: Google

Ponto 17

9:30 - 9:45
9:45 - 10:00
10:00 - 10:15
10:15 - 10:30

11:30 - 11:45
11:45 - 11:00
12:00 - 12:15
12:15 - 12:30



Figura 82: Sentido Segurança Social - Avenida, Fonte: Google

Segurança Social - Avenida

43
57
75
64

61
39
38
44

Inverso

47
69
48
65

36
33
53
35



Figura 83: Sentido Avenida - Segurança Social, Fonte: Google

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
 Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Ponto 18	Rossio - Rotunda Pontes	Inverso
9:30 - 9:45	29	27
9:45 - 10:00	27	30
10:00 - 10:15	23	19
10:15 - 10:30	30	27
11:30 - 11:45	16	44
11:45 - 11:00	25	27
12:00 - 12:15	8	29
12:15 - 12:30	10	16



Figura 84: Sentido Rossio - Rotunda Pontes, Fonte: Google



Figura 85: Sentido Rotunda Pontes - Rossio, Fonte: Google

	CGD - Natura	INVERSO
9:30 - 9:45	35	30
9:45 - 10:00	19	20
10:00 - 10:15	45	35
10:15 - 10:30	42	24
11:30 - 11:45	32	36
11:45 - 11:00	33	21
12:00 - 12:15	27	48
12:15 - 12:30	31	33

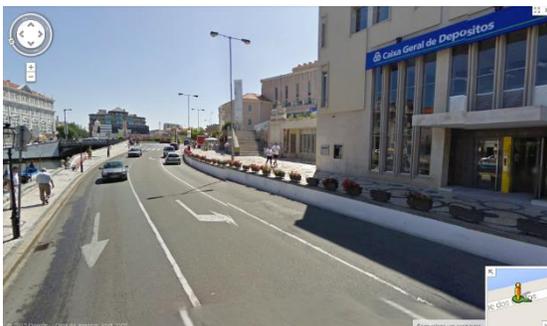


Figura 86: Sentido CGD - Natura, Fonte: Google

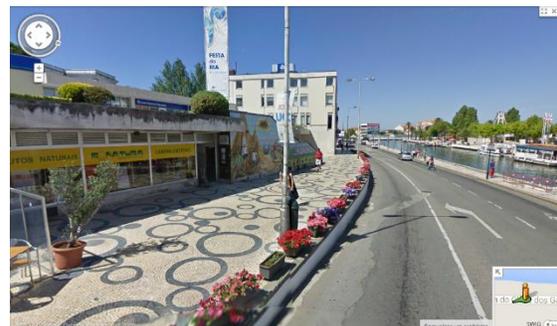


Figura 87: Sentido Natura - CGD

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
 Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Ponto 20 (túnel)	Fórum - Pastelaria	Inverso
9:30 - 9:45	12	14
9:45 - 10:00	23	20
10:00 - 10:15	34	26
10:15 - 10:30	16	34
11:30 - 11:45	27	47
11:45 - 11:00	80	43
12:00 - 12:15	53	67
12:15 - 12:30	46	58



Figura 89: Saída do túnel junto ao Fórum, Fonte: Google



Figura 88: Saída do túnel junto à pastelaria, Fonte: Google

Ponto 21 (passadeira)	Fórum - ourivesaria	Inverso
9:30 - 9:45	0	0
9:45 - 10:00	14	19
10:00 - 10:15	22	34
10:15 - 10:30	28	38
Estimativa (9h30 - 10h30)	85	121



Figura 91: Passadeira sentido Fórum - Ourivesaria, Fonte: Google



Figura 90: Passadeira sentido Ourivesaria - Fórum, Fonte: Google

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
 Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Ponto 22 (passadeira)
 9:30 - 9:45
 9:45 - 10:00
 10:00 - 10:15
 10:15 - 10:30
 Estimativa (9h30 - 10h30)

banif - santander
 0
 30
 11
 10
 68

inverso
 0
 35
 15
 14
 85



Figura 93: Sentido Banif - Santander, Fonte: Google.



Figura 92: Sentido Santander-Banif, Fonte: Google.

Ponto 22 (passadeira)

22 b(passadeira estação autocarro - bes)

9:30 - 9:45
 9:45 - 10:00
 10:00 - 10:15
 10:15 - 10:30

Bes - Ria
 7
 11
 11
 13

Inverso
 14
 12
 6
 8



Figura 94: No sentido do atravessamento o BES encontra-se à direita e a Ria à esquerda, Fonte: Google

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Ponto 23 (passadeira) (Contagem junto à casa alvarinho)	Passadeira Próxima		Passadeira Afastada	
	casa alvarinho - edifício avenida	inverso	casa alvarinho - edifício avenida	inverso
9:30 - 9:45	1	5	2	3
9:45 - 10:00	9	6	8	21
10:00 - 10:15	17	7	5	17
10:15 - 10:30	18	8	2	20



Figura 95: Passadeira Junto à Casa Alvarinho, Fonte: Google.



Figura 96: Passadeira Junto ao edifício Avenida, Fonte: Google.

Ponto 24 (passadeira)	Oxigénio - Optometria	Inverso
9:30 - 9:45	19	12
9:45 - 10:00	14	17
10:00 - 10:15	16	21
10:15 - 10:30	16	18



Figura 98: Sentido Oxigénio - Optometria, Fonte: Google.



Figura 97: Sentido Optometria - Oxigénio, Fonte: Google.

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
 Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Ponto 25 (passadeira)

BCP - Oita

Inverso

9:30 - 9:45

11

33

9:45 - 10:00

18

19

10:00 - 10:15

20

25

10:15 - 10:30

24

15



Figura 100: Sentido BCP - Oita, Fonte: Google.



Figura 99: Sentido Oita - BCP, Fonte: Google.

Ponto 26 (passadeira)

Passadeira Próxima

Passadeira Afastada

Ourivesaria-correios

inverso

Ourivesaria-correios

inverso

9:30 - 9:45

25

26

23

26

9:45 - 10:00

16

21

16

21

10:00 - 10:15

15

27

15

27

10:15 - 10:30

12

12

12

12



Figura 102: Sentido Ourivesaria - Correios, Fonte: Google.



Figura 101: Sentido Correios - Ourivesaria, Fonte: Google.

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
 Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Ponto 27 (passadeira)	Passadeira Próxima		Passadeira Afastada	
Ponto de contagem junto à loja Chico	Chico-loja indiana	inverso	Chico-loja indiana	inverso
9:30 - 9:45	20	13	16	14
9:45 - 10:00	33	16	31	15
10:00 - 10:15	15	13	15	13
10:15 - 10:30	29	23	28	22



Figura 104: Sentido Chico - Loja Indiana, Fonte: Google.



Figura 103: Sentido Loja Indiana - Chico (da esquerda para a direita na figura), Fonte: Google.

Ponto 28 (passadeira)	Ria Canal - Praça	Inverso
9:30 - 9:45	14	17
9:45 - 10:00	18	44
10:00 - 10:15	27	20
10:15 - 10:30	25	19



Figura 105: À esquerda da figura encontra-se a Praça e à direita o Canal da Ria (Ria Canal), Fonte: Google.

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
 Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Ponto 29 (passadeira)	Ria Café - Ria Canal	Inverso
9:30 - 9:45	28	18
9:45 - 10:00	34	13
10:00 - 10:15	36	26
10:15 - 10:30	28	22



Figura 106: À esquerda da figura encontra-se o Ria Café enquanto à direita se encontra o Canal da Ria (Ria Canal), Fonte: Google.

Ponto 30	Quiosque - Paragem	Inverso
9:30 - 9:45	14	8
9:45 - 10:00	14	10
10:00 - 10:15	17	4
10:15 - 10:30	19	9



Figura 107: Ao fundo da figura encontra-se a paragem enquanto á direita se encontra a loja de revistas (Quiosque), Fonte: Google.

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Ponto 31

9:30 - 9:45
9:45 - 10:00
10:00 - 10:15
10:15 - 10:30

CP - GNR

7
20
17
17

Inverso

9
12
8
9



Figura 109: Sentido CP - GNR, Fonte: Google.



Figura 108: Sentido GNR - CP, Fonte: Google.

Ponto 32

9:30 - 9:45
9:45 - 10:00
10:00 - 10:15
10:15 - 10:30

Chocolate - Hotel

31
17
29
15

Inverso

21
28
34
25



Figura 111: Sentido Chocolate - Hotel



Figura 110: Sentido Hotel - Chocolate

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Ponto 33	Câmara - Praça do Marquês	Inverso
9:30 - 9:45	47	44
9:45 - 10:00	48	51
10:00 - 10:15	62	56
10:15 - 10:30	37	60



Figura 113: Sentido Câmara - Praça do Marquês



Figura 112: Sentido Praça do Marquês - Câmara

Ponto 34 (passadeira)	Câmara - Pingo Doce	Inverso
9:30 - 9:45	10	30
9:45 - 10:00	16	19
10:00 - 10:15	29	16
10:15 - 10:30	31	20



Figura 114: À esquerda da figura encontra-se o Pingo Doce enquanto o passeio à direita liga à Câmara Municipal, Fonte:Google.

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
 Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Ponto 35	Shopping - Casa Alvarinho	Inverso
9:30 - 9:45	0	0
9:45 - 10:00	21	12
10:00 - 10:15	21	10
10:15 - 10:30	23	20
Estimativa (9h30 - 10h30)	87	56



Figura 116: Sentido Shopping - Casa Alvarinho, Fonte: Google.



Figura 115: Sentido Casa Alvarinho - Shopping, Fonte: Google.

Ponto 36	CP - Rotunda Pontes	Inverso
9:30 - 9:45	39	27
9:45 - 10:00	61	49
10:00 - 10:15	38	37
10:15 - 10:30	51	46



Figura 117: Sentido CP - Rotunda Pontes, Fonte: Google.



Figura 118: Sentido Rotunda Pontes - CP, Fonte: Google.

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
 Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Ponto 37

9:30 - 9:45
 9:45 - 10:00
 10:00 - 10:15
 10:15 - 10:30

CP - Rotunda Pontes

19
 33
 44
 50

Inverso

12
 22
 27
 42



Figura 120: Sentido CP - Rotunda Pontes, Fonte: Google.



Figura 119: Sentido Rotunda Pontes - CP, Fonte: Google.

(passadeira)

(contagem junto à
 residencial)

9:30 - 9:45
 9:45 - 10:00
 10:00 - 10:15
 10:15 - 10:30

Passadeira Próxima

Residencial - compra
 ouro

0
 6
 4
 3

inverso

2
 10
 2
 12

Passadeira Afastada

Residencial - compra
 ouro

3
 1
 3
 1

inverso

4
 4
 2
 0



Figura 122: Sentido Residencial - Compra ouro (da direita para a esquerda na figura), Fonte: Google.



Figura 121: Sentido Compra ouro - Residencial (da direita para a esquerda na figura), Fonte: Google

O papel da mobilidade pedonal na eficiência energética
 Rui Gabriel Ribeiro Margarido

Ponto 39 (passadeira) (contagem junto à tricana)	Passadeira Próxima		Passadeira Afastada	
	Tricana - Nanzor	Inverso	Tricana - Nanzor	Inverso
9:30 - 9:45	2	0	6	3
9:45 - 10:00	2	2	8	4
10:00 - 10:15	3	1	7	1
10:15 - 10:30	4	3	8	1

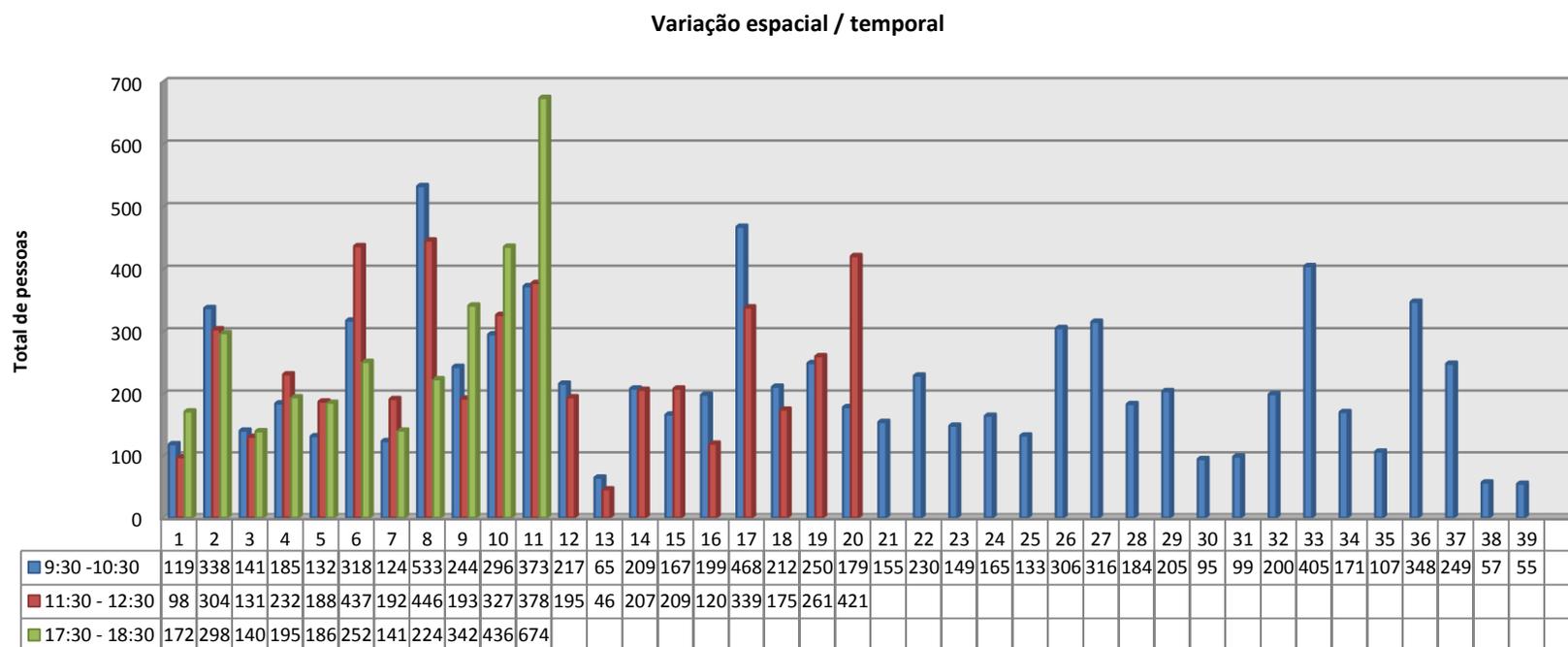


Figura 124: Sentido Tricana - Nanzor, Fonte: Google.



Figura 123: Sentido Nanzor - Tricana, Fonte: Google.

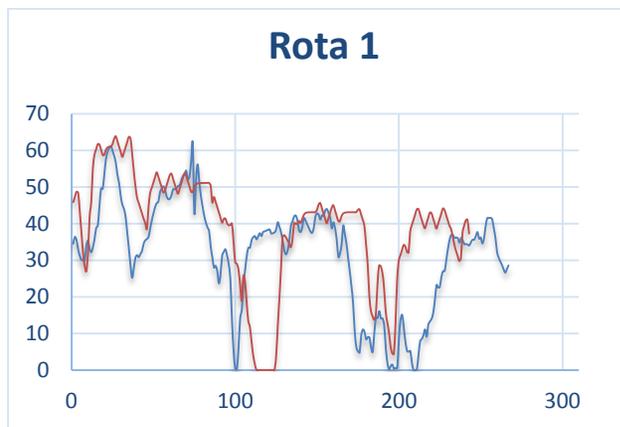
ANEXO VII – Comparação espacial e temporal dos fluxos de peões.



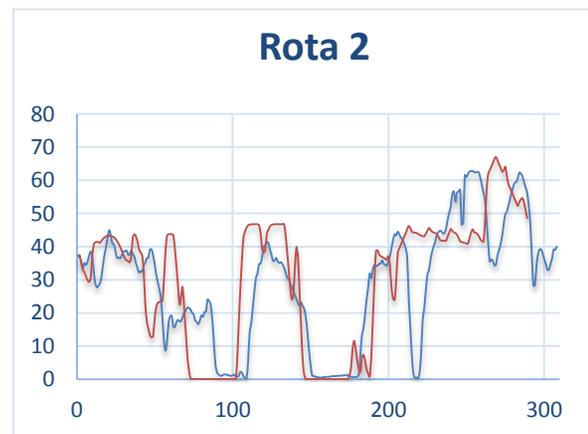
ANEXO VIII - Perfis de velocidades

A azul encontram-se os valores observados e a vermelhos os simulados

Rota nº1:



Rota nº2:



Rota nº3:

