

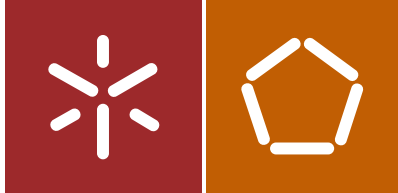


Leidy Marcela Barón Acela

Identificação dos fatores do ambiente construído com influência no número de atropelamentos na zona urbana

Universidade do Minho
Escola de Engenharia





Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Leidy Marcela Barón Acela

Identificação dos fatores do ambiente
construído com influência no número de
atropelamentos na zona urbana

Dissertação de Mestrado
Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao
Grau de Mestre em Engenharia Civil

Trabalho efectuado sob a orientação de
Professora Doutora Elisabete Fraga de Freitas
Professora Sandra Milena Cote Vargas

AGRADECIMENTOS

À Professora Doutora Elisabete Fraga de Freitas, orientadora da dissertação, agradeço por todo o conhecimento transmitido, pela sua dedicação e disponibilidade durante todo o projeto, principalmente, pelo apoio prestado e motivação incutida ao longo do ano de estudo proporcionado pelo protocolo de duplo grau estabelecido entre a Universidade Industrial de Santander (Colômbia) e a Universidade do Minho.

À Professora Mestre Sandra Milena Cote, pelo conhecimento transmitido na coorientação deste trabalho.

À Professora Doutora Jocilene Otilia da Costa, pela ajuda prestada no desenvolvimento dos modelos de previsão de acidentes com peões, pelo conhecimento transmitido e pelas correções sugeridas nos vários tópicos deste documento.

Ao Francisco Soares, pela contínua ajuda e apoio no desenvolvimento do trabalho, por todo o conhecimento transmitido, pelas correções e ideias sugeridas, mas, em especial, pelo auxílio prestado na realização das contagens de tráfego.

Um especial agradecimento à minha família, principalmente, aos meus pais, à minha irmã e aos meus avós, pelo apoio incondicional, pelos seus conselhos e orações, e por todo o carinho que, sem importar a distância, me transmitiu a motivação, a confiança e a força necessária para que as metas, que antes eram apenas ideias, se tornassem realidade.

Por último, aos meus amigos, minha segunda família, pelo apoio, pela confiança e pelas oportunas e fulcrais mensagens de ânimo.

RESUMO

Tem-se demonstrado que os acidentes de trânsito são um importante problema de saúde pública a nível mundial. No que diz respeito à segurança pedonal, a frequência de ocorrência de atropelamentos nas zonas urbanas é maior do que fora das localidades, o que, em parte, pode ser explicado pela influência do desenho urbano e disposição do espaço público no comportamento dos peões.

Com o fim de compatibilizar os diversos modos de transporte e o desenvolvimento das atividades diárias dos utentes mais desprotegidos e de minimizar os índices de sinistralidade, existe a necessidade de conhecer e avaliar a influência dos fatores relacionados com o ambiente construído nos acidentes rodoviários. O desenvolvimento desta dissertação tem por objetivo estudar a influência desses fatores no número de atropelamentos, em 40 arruamentos das zonas urbanas dos concelhos de Braga e Guimarães, através de modelos de previsão do número de acidentes com peões, desenvolvidos utilizando técnicas de modelação tradicionais para este tipo de análise: modelos lineares generalizados – MLG e equações de estimação generalizadas – EEG.

Desta forma, os resultados obtidos no presente trabalho validam a hipótese de que certas características da envolvente e da infraestrutura pedonal e rodoviária, tais como: a existência ou não de separador central e de lugares de estacionamento, a largura da faixa de rodagem, que desempenham um papel importante na frequência de ocorrência de acidentes entre veículos e peões, podendo vir a ser utilizados como base de apoio à criação de políticas direcionadas ao aumento da segurança pedonal.

Palavras-chave: Segurança pedonal, Acidentes com peões, Ambiente construído, Modelos de previsão, Área urbana.

ABSTRACT

It has been shown that traffic accidents are an important public health issue around the world. Regarding pedestrians' safety, the frequency in which pedestrian crashes happen in urban areas are greater than outside of these areas, what, in part, can be explained by urban design and public space disposition influencing in pedestrian behaviour.

Aiming to minimize accidents and to make the several methods of transportation and the development of daily activities of the vulnerable road users compatible, it is necessary to know and evaluate the influence of factors related to the urban built environment on road accidents. This dissertation has the objective to study the influence of those factors in the number of pedestrian crashes, based on a sample of 40 roads on urban areas of Braga and Guimarães, through prediction models developed using traditional modelling techniques, such as: generalized linear models - GLM and generalized estimating equation - GEE.

Therefore, results obtained in this work validate the hypothesis in which certain characteristics of the built environment and the pedestrian and road infrastructures, such as central reservations, pedestrian refuge islands, lane width, and parking areas, have an important role in the occurrence of pedestrian crashes, and may be utilized as basis to the conception of policies to increase pedestrian safety.

Keywords: Safety, Pedestrians, Crashes, Built environment, Prediction models, Urban area.

ÍNDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objetivos.....	3
1.3. Estrutura da dissertação.....	3
2. FATORES COM INFLUÊNCIA NA SEGURANÇA PEDONAL.....	5
2.1. Fatores associados à envolvente da infraestrutura viária.....	6
2.1.1. Uso do solo e função dos edifícios.....	6
2.1.2. Desenho urbano e densidade populacional.....	7
2.1.3. Condições temporais e condições meteorológicas.....	9
2.2. Fatores associados à infraestrutura rodoviária.....	11
2.2.1. Largura da faixa de rodagem.....	12
2.2.2. Presença de lugares de estacionamento.....	13
2.2.3. Separador e ilha central.....	13
2.2.4. Marcação rodoviária nos atravessamentos pedonais.....	14
2.3. Fatores associados à infraestrutura pedonal.....	15
2.3.1. Largura útil e estado dos passeios.....	17
2.3.2. Continuidade e compatibilidade da rede pedonal com a rede viária.....	19
2.3.3. Localização e escolha do tipo de passagens para peões.....	20
2.3.4. Iluminação.....	22
2.4. Fatores associados às características dos peões.....	23
2.4.1. Grupo etário.....	24
2.4.2. Género.....	25
2.4.3. Características psicológicas.....	26
2.5. Fatores associados às características do tráfego.....	27
2.5.1. Velocidade dos veículos.....	28
2.5.2. Volume de tráfego.....	29

3. INFLUÊNCIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO NOS ACIDENTES COM PEÕES	33
3.1. Variáveis a considerar na análise	33
3.2. Escolha das secções de estudo	34
3.3. Levantamento de volumes de tráfego rodoviário e pedonal	36
3.3.1. Distribuições diárias do volume pedonal	37
3.3.2. Contagens de tráfego motorizado e pedonal	41
3.3.3. Determinação do volume pedonal de ponta	43
3.3.4. Estimativa dos volumes de tráfego para os anos de 2009 a 2015	46
3.4. Construção dos modelos estatísticos	51
3.4.1. Definição dos períodos de análise para a organização da base de dados	52
3.4.2. Descrição das variáveis consideradas	53
Envolvente	53
Infraestrutura pedonal	55
Infraestrutura rodoviária	60
Características dos peões	65
Características do tráfego rodoviário e pedonal	70
3.4.3. Construção dos modelos de previsão da frequência de atropelamentos	71
Modelo Binomial negativo	73
Equações de estimação generalizadas – EEG	75
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS	79
4.1. Resultados dos modelos	79
4.2. Validação dos modelos	85
4.3. Análise dos modelos agregados	90
4.4. Análise dos modelos desagregados	95
4.5. Análise geral dos modelos validados	101
5. CONCLUSÕES	105
5.1. Conclusões principais	105

5.2. Limitações deste estudo.....	108
5.3. Desenvolvimentos futuros	108
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
ANEXOS	121
Anexo I.....	121
Anexo II.....	123
Anexo III	125
Anexo IV	129
Anexo V.....	132

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Número de peões vítimas mortais e feridos graves, em Portugal, segundo a localização (adaptado de ANSR (2016))	8
Figura 2 – Percentagens de peões vítimas mortais e feridos graves dentro das localidades, em Portugal, segundo o tipo de via (adaptado de ANSR (2016)).....	8
Figura 3 – Percentagens de peões vítimas mortais e feridos graves dentro das localidades, em Portugal, segundo o período horário (adaptado de ANSR (2016)).....	10
Figura 4 – Percentagens de peões vítimas mortais e feridos graves dentro das localidades, em Portugal, segundo diferentes condições de luminosidade natural (adaptado de ANSR (2016))	10
Figura 5 – Percentagens de peões vítimas mortais e feridos graves dentro das localidades, em Portugal, segundo os diferentes meses do ano (adaptado de ANSR (2016)).....	11
Figura 6 – Exemplo de Passadeira Inteligente (SERNISid, 2015)	16
Figura 7 – Largura efetiva dos passeios (Fonte: Seco <i>et al.</i> (2008a), adaptado de TRB (2000)).....	17
Figura 8 – Critério UK de escolha de implementação de travessias pedonais (Fonte: Seco <i>et al.</i> (2008a) adaptado de TRB (2000))	22
Figura 9 – Número de peões vítimas mortais dentro das localidades portuguesas segundo o grupo etário (adaptado de ANSR (2016)).....	25
Figura 10 – Percentagem de peões vítimas mortais dentro das localidades segundo o género (adaptado de (ANSR, 2016)).....	25
Figura 11 – Risco de acidente para peões em função do volume de tráfego pedonal e do volume de tráfego rodoviário (Leden, 2002)	30
Figura 12 – Percentagens de peões vítimas mortais e feridos graves dentro das localidades, em Portugal, segundo o dia da semana (adaptado de ANSR (2016)).....	31
Figura 13 – Percentagem total de peões vítimas dentro das localidades, em Portugal, segundo o dia da semana (adaptado de ANSR (2016))	37
Figura 14 – Volume pedonal por período horário na Avenida de Londres.....	38
Figura 15 – Volume veicular nas duas primeiras horas da contagem	39
Figura 16 – Volume pedonal por período horário na Rua dos Barbosas.....	39

Figura 17 – Comparação das Distribuições do volume de tráfego pedonal da Avenida de Londres e da Rua dos Barbosas	40
Figura 18 – Acidentes com peões por ano nos concelhos de Braga e Guimarães	52
Figura 19 – Exemplo de medição da distância entre duas passagens pedonais	56
Figura 20 – Exemplo de arruamento com boa qualidade de iluminação – Rua do Caires, Braga (Fonte: Google).....	57
Figura 21 – Exemplo de medição da largura de uma via de circulação.....	62
Figura 22 – Frequência das variáveis explicativas nos modelos agregados	82
Figura 23 – Frequência das variáveis explicativas nos modelos desagregados	85
Figura 24 – CURE Plot dos modelos agregados	87
Figura 25 – CURE <i>Plot</i> dos modelos desagregados (Parte I).....	88
Figura 26 – CURE Plot dos modelos desagregados (Parte II).....	89
Figura 27 – Frequência com que as variáveis do grupo da envolvente são consideradas nos modelos agregados válidos	92
Figura 28 – Frequência com que as variáveis do grupo da infraestrutura pedonal são consideradas nos modelos agregados válidos.....	92
Figura 29 – Frequência com que as variáveis do grupo da Infraestrutura rodoviária são consideradas nos modelos agregados válidos.....	93
Figura 30 – Frequência com que as variáveis das características dos peões são consideradas nos modelos agregados válidos.....	94
Figura 31 – Frequência com que as variáveis das características do tráfego são consideradas nos modelos agregados válidos.....	95
Figura 32 – Frequência com que as variáveis do grupo da envolvente são consideradas nos modelos desagregados válidos	97
Figura 33 – Frequência com que as variáveis do grupo da infraestrutura pedonal.....	98
Figura 34 – Frequência com que as variáveis do grupo da infraestrutura rodoviária.....	99
Figura 35 – Frequência com que as variáveis do grupo das características dos peões	100
Figura 36 – Frequência com que as variáveis do grupo das características do tráfego	101

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Largura perdida dos passeios devido a obstáculos (adaptado de Seco <i>et al.</i> (2008a) e TRB (2000)).....	18
Tabela 2 – Larguras mínimas de passeios (Seco <i>et al.</i> , 2008a).....	19
Tabela 3 – Larguras mínimas admissíveis na requalificação de espaços consolidados (Seco <i>et al.</i> , 2008a)	19
Tabela 4 – Presença de passeios em função da classificação viária funcional (Seco <i>et al.</i> , 2008a)	20
Tabela 5 – Adequabilidade do tipo de passagem para peões a implementar em função da classe hierárquica (Seco <i>et al.</i> (2008a) adaptado de Austroads (1988))	21
Tabela 6 – Variáveis a considerar no presente estudo.....	34
Tabela 7 – Secções de estudo pertencentes ao concelho de Braga e respetivos números de atropelamentos	35
Tabela 8 – Secções de estudo pertencentes ao concelho de Guimarães e respetivos números de atropelamentos.....	36
Tabela 9 – Distribuição do volume pedonal por período horário na Avenida de Londres.....	38
Tabela 10 – Distribuição do volume pedonal por período horário na Rua dos Barbosas	40
Tabela 11 – Volumes de tráfego rodoviário e pedonal medidos para as secções de estudo pertencentes ao concelho de Braga	41
Tabela 12 – Volumes de tráfego rodoviário e pedonal medidos para as secções de estudo pertencentes ao concelho de Guimarães	42
Tabela 13 – Volume de ponta do tráfego pedonal estimados para as secções de estudo pertencentes ao concelho de Braga	43
Tabela 14 – Volume de ponta do tráfego pedonal estimados para as secções de estudo pertencentes ao concelho de Guimarães	44
Tabela 15 – Volumes de tráfego de ponta para as secções de estudo pertencentes ao concelho de Braga.....	45
Tabela 16 – Volumes de tráfego de ponta estimados para as secções de estudo pertencentes ao concelho de Guimarães	46
Tabela 17 – Taxas de crescimento das deslocações pendulares para as freguesias consideradas neste estudo pertencentes ao concelho de Braga.....	47

Tabela 18 – Taxas de crescimento das deslocações pendulares para as freguesias consideradas neste estudo pertencentes ao concelho de Guimarães	48
Tabela 19 – Taxas de crescimento anual dos volumes de tráfego pedonal e rodoviário	48
Tabela 20 – Volume de tráfego pedonal e rodoviário de ponta para o intervalo de anos de 2009 a 2015 nas secções de estudo pertencentes ao concelho de Braga	49
Tabela 21 – Volume de tráfego pedonal e rodoviário de ponta para o intervalo de anos de 2009 a 2015 nas secções de estudo pertencentes ao concelho de Guimarães.....	50
Tabela 22 – Caracterização das secções de estudo pertencentes ao concelho de Braga no que diz respeito à sua envolvente	54
Tabela 23 – Caracterização das secções de estudo pertencentes ao concelho de Guimarães no que diz respeito à sua envolvente.....	55
Tabela 24 – Caracterização das secções de estudo pertencentes ao concelho de Braga no que diz respeito à infraestrutura pedonal.....	58
Tabela 25 – Caracterização das secções de estudo pertencentes ao concelho de Guimarães no que diz respeito à infraestrutura pedonal.....	59
Tabela 26 – Níveis da classificação viária (Seco <i>et al.</i> , 2008b).....	61
Tabela 27 – Caracterização das secções de estudo pertencentes ao concelho de Braga no que diz respeito à infraestrutura rodoviária	63
Tabela 28 – Caracterização das secções de estudo pertencentes ao concelho de Guimarães no que diz respeito à infraestrutura rodoviária.....	64
Tabela 29 – Grupos etários	66
Tabela 30 – Número e proporção de acidentes por faixa etária em Braga	66
Tabela 31 – Número e proporção de acidentes por faixa etária em Guimarães.....	67
Tabela 32 – Número e proporção de acidentes por género em Braga	68
Tabela 33 – Número e proporção de acidentes por género em Guimarães.....	68
Tabela 34 – Número e proporção de acidentes em Braga segundo a gravidade.....	68
Tabela 35 – Número e proporção de acidentes em Guimarães segundo a gravidade.....	69
Tabela 36 – Número e proporção de acidentes em Braga tendo em conta o acompanhamento dos peões	69
Tabela 37 – Número e proporção de acidentes em Guimarães tendo em conta o acompanhamento dos peões	70
Tabela 38 – Matriz de correlação independente	77
Tabela 39 – Especificação dos modelos agregados	80

Tabela 40 – Parâmetros dos modelos agregados	81
Tabela 41 – Modelos desagregados	82
Tabela 42 – Parâmetros dos modelos desagregados (Parte I)	83
Tabela 43 – Parâmetros dos modelos desagregados (Parte II)	84
Tabela 44 – Modelos validados	90
Tabela 45 – Frequências das variáveis por grupo.....	91
Tabela 46 – Frequências das variáveis por grupo nos modelos desagregados.....	96

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

A Organização Mundial da Saúde (WHO) revela que, anualmente, cerca de 1,3 milhões de mortes são causadas pelo tráfego rodoviário em todo o mundo, o que resulta numa média superior a 3.000 mortes por dia. Adicionalmente, entre 20 a 50 milhões de pessoas sofrem de lesões não fatais causadas por acidentes de trânsito, as quais são uma importante causa de incapacidade em todo o mundo (WHO, 2015).

Este é um importante problema de saúde pública, com uma ampla gama de consequências sociais e económicas, que podem afetar o desenvolvimento sustentável dos países e impedir o progresso para cumprir os objetivos do desenvolvimento do milénio, que passam também pela redução do número de mortes nas estradas, se não forem encontradas soluções. A Assembleia Geral das Nações Unidas (ONU) proclamou o período 2011-2020 como a "Década de Ação pela Segurança no Trânsito" com o objetivo geral de estabilizar e em seguida reduzir o número de mortes em acidentes de trânsito em todo o mundo, aumentando as atividades nos planos de segurança rodoviária regionais, nacionais e mundiais (Krug, 2012; WHO, 2010).

Portugal, no final da década dos anos 90, com a Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR) começou uma luta sistematizada contra este problema. No último Plano Estratégico Nacional de Segurança Rodoviária, o PENSE 2020, com base nas experiências passadas, são identificados alguns pontos fracos onde é reconhecido que a preocupação dirigida aos condutores não deve ser exclusiva, pois a equidade de condições para todos os tipos de utentes do espaço público é chave para encontrar um sistema seguro (ANSR, 2016).

Todo o tipo de utente, mesmo sendo um condutor de veículo, a realizar uma qualquer deslocação tem em si sempre uma componente pedonal que poderá aparecer no início, meio ou fim dessa deslocação, uma vez que quase todas as deslocações têm início ou fim no modo pedonal (Seco *et al.*, 2008a).

Do total de mortes por acidentes de trânsito em todo o mundo, mais de 270.000 são peões, o que constitui 22% de todas as mortes nas estradas públicas (WHO, 2015). Em Portugal, segundo o Relatório Anual de Sinistralidade do ano 2015, os peões são o segundo tipo de utilizadores

com uma percentagem de mortes nas estradas mais alta, cerca de 25%, correspondendo-lhes índices de 3 mortos e 8 feridos graves por 100 vítimas (ANSR, 2016).

Granié *et al.* (2014) sugerem implementar medidas firmes para inverter a tendência histórica de favorecer os modos motorizados, procurando também um benefício para os utentes mais desprotegidos. Tudo isto suscita uma evidente necessidade de realizar investigações sobre as causas ou fatores mais influentes nos atropelamentos, porque só com esse conhecimento se pode criar políticas direcionadas à redução do número de acidentes com peões.

Estudos recentes mostram que a segurança rodoviária pode ser melhorada através do tratamento dos espaços públicos, já que os locais escolhidos para o atravessamento pedonal devem ser envolvidos por ambientes claramente mais vantajosos para os peões do que para os automóveis (Granié *et al.*, 2013). Esta afirmação é suportada por vários autores que mostram que a perceção de peões sobre o prazer e a segurança para andar em espaços públicos variam muito com a envolvente urbana (Bergeron *et al.*, 2008; Granié *et al.*, 2014; Papadimitriou *et al.*, 2016).

Por outro lado, outras investigações sobre o comportamento dos peões nos atravessamentos incluem não só as características da infraestrutura, mas também "atitudes, preferências e perceções" (Papadimitriou *et al.*, 2016). Isto significa que se baseiam, por exemplo, na tomada de decisão quanto à realização de atravessamentos ilegais (Demiroz *et al.*, 2015), na preferência quanto à escolha de trajeto (Cepolina & Tyler, 2005; Zheng *et al.*, 2016) ou na perceção da facilidade para efetuar o atravessamento (Eliou *et al.*, 2010; Evans & Norman, 1998; Papadimitriou *et al.*, 2016; Simpson *et al.*, 2003; Tom *et al.*, 2007). Por sua vez, cada um desses comportamentos é baseado em certas características individuais de peões (Bart *et al.*, 2008), tais como: a idade (Demiroz *et al.*, 2015; Liu & Tung, 2014; Simpson *et al.*, 2003), o sexo (Simpson *et al.*, 2003; Zheng *et al.*, 2016) ou efeitos sociais, como por exemplo, a influência dos grandes grupos no cumprimento das leis ou nível socioeconómico e educacional destes utilizadores (Evans & Norman, 1998; Rosenbloom, 2009).

A fim de procurar soluções para os acidentes de trânsito dos utentes desprotegidos, existe já uma série de estudos desenvolvidos na área da segurança rodoviária (WHO, 2010), no entanto, faz falta analisar melhor quais os fatores relacionados com o ambiente construído que influenciam os acidentes com peões no atravessamento das estradas (Papadimitriou *et al.*, 2010).

Neste trabalho é realizado o estudo da influência de diversos fatores relacionados com as características do tráfego, dos peões e, particularmente, com as características do ambiente construído no número de acidentes com peões nos concelhos de Braga e de Guimarães. Para tal, recorre-se à construção de modelos de previsão de acidentes por forma a determinar o impacto de cada fator para a segurança pedonal.

1.2. Objetivos

O principal objetivo desta investigação é explorar a influência das características do ambiente construído no número de acidentes com peões, tendo por base, análises de dados estatísticos de acidentes e dados obtidos por observação direta.

Com o fim de atingir o objetivo principal, é essencial cumprir os seguintes objetivos específicos:

- Realizar um estudo bibliográfico de publicações e investigações efetuadas no âmbito da segurança rodoviária, particularmente em fatores do ambiente construído que influenciam a segurança pedonal;
- Criar uma base de dados de volumes de tráfego pedonal e rodoviário nos concelhos de Guimarães e Braga;
- Analisar a base de dados criada juntamente com os dados estatísticos de acidentes obtidos pela Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR);
- Identificar os parâmetros do ambiente construído que influenciam o número de atropelamentos através da construção de um modelo estatístico.

1.3. Estrutura da dissertação

A presente dissertação foi estruturada em cinco capítulos, onde o primeiro capítulo corresponde à introdução e enquadramento do tema de estudo, à descrição dos objetivos e por último à organização do trabalho.

No segundo capítulo é apresentado a revisão bibliográfica dos fatores que possivelmente poderiam ter influencia na segurança pedonal, a análise e descrição destes fatores foi dividida em cinco grupos os quais correspondem aos fatores associados: à envolvente, à infraestrutura

rodoviária, à infraestrutura pedonal, às características próprias dos peões e por último às características de tráfego rodoviário.

No terceiro capítulo é descrita a metodologia utilizada para a identificação das variáveis do ambiente construído com influência no número de atropelamentos, onde é apresentado a seleção das variáveis e os locais de estudo nos concelhos de Braga e Guimarães, além dos resultados da análise feita por observação direta para a organização de duas base de dados uma agregada e outra desagregada no período de tempo da análise, o procedimento para a criação da base de dados dos volumes de tráfego, e por último a explicação da construção dos modelos de previsão do número de atropelamentos.

No penúltimo capítulo, capítulo quarto, são apresentados e analisados os resultados dos modelos de previsão do número de atropelamentos nas zonas urbanas, de forma a efetuar a identificação descrita no parágrafo anterior.

O quinto e último capítulo, está dedicado às principais conclusões obtidas ao longo da realização deste estudo, assim como as limitações que foram identificadas e as possíveis sugestões de alguns aspetos para futuros estudos.

2. FATORES COM INFLUÊNCIA NA SEGURANÇA PEDONAL

Segundo o Relatório Anual de Sinistralidade do ano 2015 em Portugal, publicado pela Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR, 2016), mais de 70% dos acidentes com peões dos quais resultam vítimas mortais ocorrem dentro de localidades. Por sua vez, Cambon de Lavalette *et al.* (2009) referem que a maioria dos acidentes que envolvem estes utilizadores tendem a acontecer quando as pessoas estão a atravessar a faixa de rodagem.

De todos os utilizadores das estradas, o mais complexo de perceber é o peão. Ele pode estabelecer o seu percurso de muitas formas possíveis, segundo o que considere oportuno, pois é menos condicionado pelo ambiente e pelas regras de tráfego do que os condutores, cujos movimentos estão restringidos a determinados corredores (Bergeron *et al.*, 2008).

O conjunto de regras existentes para os peões diz respeito, sobretudo, a condicionalismos aos seus comportamentos, como por exemplo a limitação à realização dos atravessamentos em zonas propriamente demarcadas para o efeito, o respeito pelos tempos de sinal verde, etc. No entanto, esse conjunto não é muito extenso e, além disso, normalmente observa-se o incumprimento de grande parte das regras que o compõem. Tal se deve às diferenças significativas que surgem entre os comportamentos previstos pelos responsáveis pela segurança rodoviária e os comportamentos que realmente se observam no quotidiano (Cambon de Lavalette *et al.*, 2009).

Com o objetivo de melhorar a perceção de segurança dos peões e reduzir os seus comportamentos potencialmente perigosos é importante entender a relação entre os acidentes e as várias características da infraestrutura e da sua envolvente, sendo que a interação entre os diferentes utilizadores, o espaço público e as redes de transportes nunca deve ser desprezada (Clifton *et al.*, 2009; Millot, 2008).

Neste sentido, a análise dos fatores com influência no número de acidentes ocorridos é um passo essencial na identificação de medidas capazes de promover a segurança rodoviária com vista à redução do número de mortes nas estradas, principalmente no que diz respeito à identificação dos fatores relacionados com o ambiente construído, cujas características o homem consegue alterar mais facilmente.

2.1. Fatores associados à envolvente da infraestrutura viária

Os problemas de segurança nas deslocações pedonais podem estar muitas vezes relacionados com os desequilíbrios entre a conceção e a utilização do espaço público (Millot, 2008). Por isso, é importante interpretar de forma rigorosa os fatores associados à envolvente dos atravessamentos e assim avaliar a sua influência no comportamento dos peões. Esta análise deve ter em consideração as características da infraestrutura rodoviária (por exemplo, número de vias de tráfego e sua largura, o número de sentidos, etc.), mas também o motivo das deslocações (por exemplo, ir à escola, fazer compras, lazer etc.), o mesmo é dizer que tal implica a avaliação de variáveis externas, relacionadas com o ambiente físico, e de variáveis internas, relativas à componente psicológica e motivacional dos utilizadores (Cambon de Lavalette *et al.*, 2009).

De forma a se perceber como é que as diferentes características relacionadas com o ambiente envolvente à infraestrutura viária afetam a segurança pedonal, apresentam-se de seguida a visão de diferentes autores sobre a forma como o uso do solo, a função dos edifícios, a densidade populacional, o desenho urbano, as condições meteorológicas e as condições temporais a influência o número de acidentes, no que diz respeito às suas consequências, e o comportamento dos peões.

2.1.1. Uso do solo e função dos edifícios

As interações entre o desenvolvimento dos espaços públicos, as redes de transportes, em especial a rede pedonal e a rede rodoviária, e os usos do solo influenciam em grande escala a dinâmica da área urbana, em particular nos pontos mais sensíveis, como por exemplo em paragens de transportes públicos, escolas, hospitais ou zonas comerciais (Millot, 2008).

Alguns autores referem que a probabilidade de ocorrência de acidentes com peões é mais elevada em zonas residenciais do que em zonas comerciais e pode aumentar com a presença de sistemas de transportes públicos, paragens de autocarros e em estradas de duas vias. Num outro sentido, os índices de sinistralidade podem diminuir com os atravessamentos pedonais formais e o aumento do número de fases no atravessamento, no caso das passagens para peões serem reguladas por sinalização luminosa (Diogenes & Lindau, 2010; Graham & Glaister, 2003; Ruiz *et al.*, 2016).

Por outro lado, num estudo realizado por Priyantha Wedagama *et al.* (2006), no Reino Unido, os autores mostram que existe uma forte relação entre o número de acidentes em determinadas ruas e a percentagem de área comercial de retalho e de restauração existente nesses locais. Eles concluíram ainda que por cada 1% a mais de área comercial, o número de peões adultos mortos ou gravemente feridos (KSI - *Killed or Seriously Injured*) na estrada da mesma rua aumentaria em 50%.

Quanto à função dos edifícios, Granié *et al.* (2014) referem que este, relacionado com o uso do solo, é um fator-chave que está implicitamente associado à tomada de decisão e escolha do local de atravessamento por parte dos peões, permitindo-lhes inferir a densidade de peões e veículos, e as velocidades dos veículos.

2.1.2. Desenho urbano e densidade populacional

O desenho urbano desempenha um papel relevante no processo de planeamento das deslocações, podendo ser associado às tomadas de decisão a efetuar quer pelos peões quer pelos condutores. Por outro lado, o desenho urbano e a organização dos espaços públicos estão diretamente associados às perceções de prazer e segurança que os peões têm enquanto se deslocam (Granié *et al.*, 2013).

Granié *et al.* (2014) estudaram a variação da decisão de atravessamento dos peões entre os vários ambientes urbanos e rurais, identificando as características ambientais que estes utilizadores tomam em consideração e as ilações que tiram para explicar a sua decisão na realização do atravessamento. Para tal, foram apresentados vários conjuntos de fotografias que retratavam cinco ambientes diferentes (centro da cidade, subúrbios urbanos, zona residencial nos arredores, zona comercial nos arredores e campo) a 77 participantes. A decisão de atravessar ou não, a perceção de prazer e segurança e os elementos que foram tidos em consideração na tomada de decisão foram recolhidos para cada ambiente apresentado. Os resultados obtidos neste estudo levaram os autores a concluir que os peões tomam mais facilmente a decisão de atravessar nos centros urbanos, o que mostra uma tomada de decisão menos premeditada do que nos outros locais abordados.

O Relatório Anual de Vítimas a 30 dias da ANSR, no ano de 2015, mostra que o maior número de vítimas mortais e feridos graves relativamente a peões ocorre efetivamente dentro das localidades (Figura 1) e especificamente nos arruamentos (Figura 2).

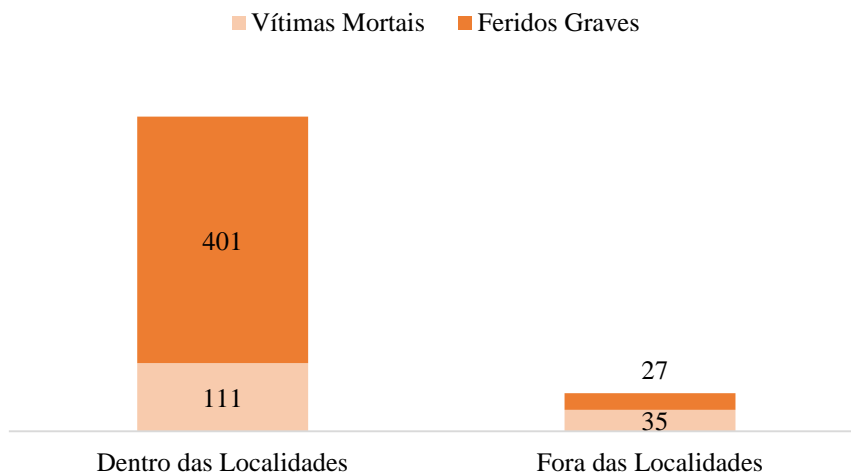


Figura 1 – Número de peões vítimas mortais e feridos graves, em Portugal, segundo a localização (adaptado de ANSR (2016))

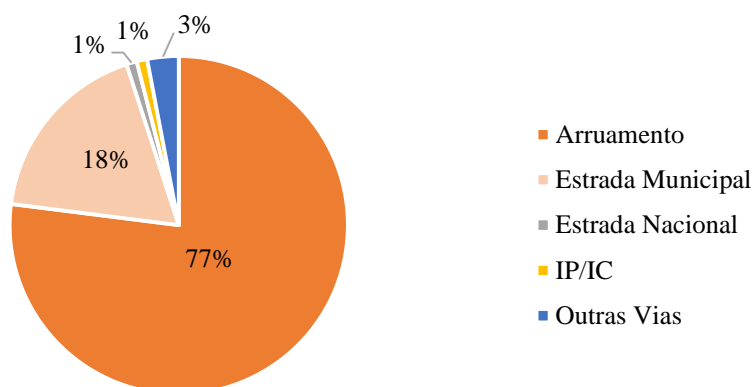


Figura 2 – Percentagens de peões vítimas mortais e feridos graves dentro das localidades, em Portugal, segundo o tipo de via (adaptado de ANSR (2016))

Naturalmente, onde há maiores concentrações de peões e veículos, ocorrem mais acidentes e, com isso, podem aumentar os números de vítimas mortais e de feridos graves. Esta é uma das explicações para os números apresentados pela ANSR em 2015, porém, também as conclusões do estudo de Granié *et al.* (2014) podem ter um peso importante no número de acidentes e vítimas ocorridas.

Um outro tipo de conclusão que se pode retirar dos números apresentados pela ANSR é que a relação entre o número mortes e feridos graves é muito maior nos acidentes que ocorrem fora das localidades, cerca de 1,3 mortes por cada ferido grave, do que os que ocorrem dentro das localidades, cerca de 0,3 mortes por cada ferido grave. Tudo isto vai de encontro às conclusões apresentadas num estudo realizado por Clifton *et al.* (2009), onde os autores referem que, em zonas que atraem uma alta densidade de peões, as lesões resultantes dos atropelamentos não são frequentemente tão graves, pois as velocidades praticadas são mais baixas devido aos congestionamentos e a fatores específicos da envolvente urbana.

Granié *et al.* (2014) mencionam que, devido à maior densidade de peões e às características da envolvente, os peões normalmente consideram os centros urbanos locais mais seguros para caminhar, independente das características da infraestrutura rodoviária.

2.1.3. Condições temporais e condições meteorológicas

Pour *et al.* (2017) indicam que a hora em que ocorre o acidente é a variável mais significativa na classificação e previsão da gravidade dos acidentes que envolvem peões, pois o tempo de ocorrência dos acidentes está relacionado com volumes de tráfego específicos, condições de iluminação natural e visibilidade e condições de circulação dos veículos.

Analisando as percentagens de peões vítimas mortais e feridos graves dentro das localidades, em Portugal, segundo o período horário (ANSR, 2016), verifica-se que a maior percentagem de vítimas desses tipos ocorrem no período entre as 18 e as 21 horas (Figura 3), o qual coincide com o entardecer, quando as condições de iluminação natural sofrem alterações, e no qual existem maiores volumes de tráfego.

Ulfarsson *et al.* (2010) ao analisarem a influência de diversas variáveis no número de acidentes do estado norte-americano da Carolina do Norte, verificaram que os peões cometem mais erros quanto mais tarde fica. A justificação que os autores encontraram para esta constatação é o facto de que à medida que as horas avançam, a partir das 16 até às 24 horas, o céu vai escurecendo, criando maiores dificuldades na visibilidade dos peões. Para além disso, os autores verificaram que durante a noite os atropelamentos têm frequentemente consequências mais graves.

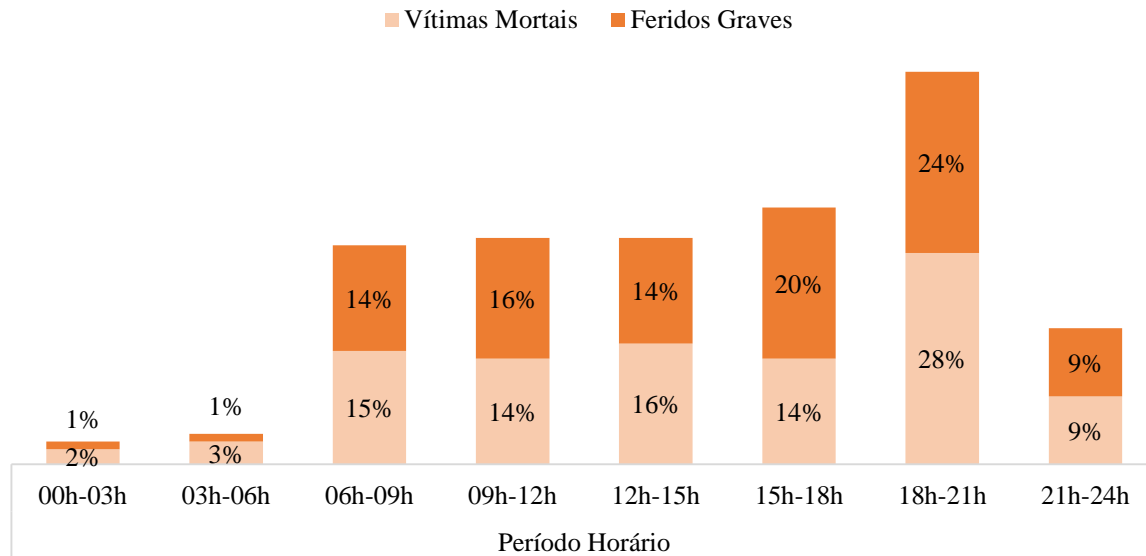


Figura 3 – Percentagens de peões vítimas mortais e feridos graves dentro das localidades, em Portugal, segundo o período horário (adaptado de ANSR (2016))

Os dados apresentados no Relatório Anual de Vítimas a 30 dias da ANSR mostram que uma percentagem elevada das mortes e de feridos graves acontecem durante os períodos da noite, tendo em conta que nesses períodos os volumes de tráfego são menores (Figura 4), o que vai de encontro às conclusões de Ulfarsson *et al.* (2010).

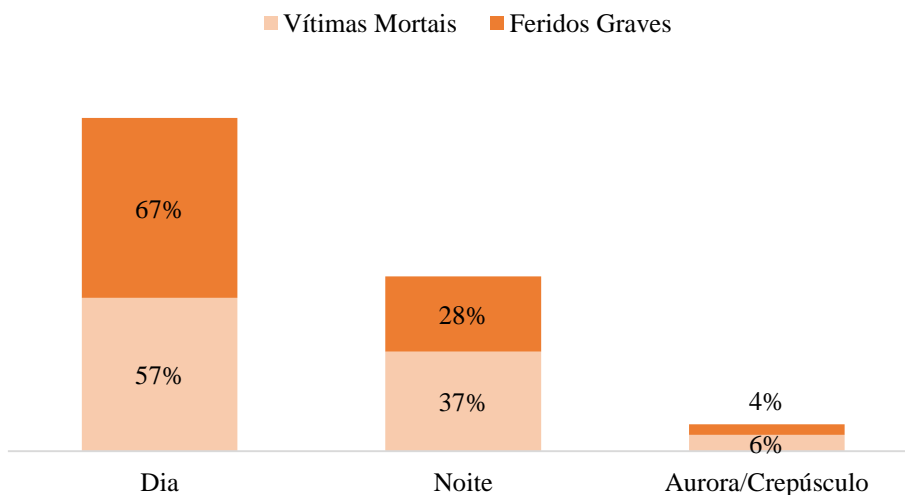


Figura 4 – Percentagens de peões vítimas mortais e feridos graves dentro das localidades, em Portugal, segundo diferentes condições de luminosidade natural (adaptado de ANSR (2016))

Observando as percentagens de peões vítimas mortais e feridos graves dentro das localidades, em Portugal, segundo os diferentes meses do ano (ANSR, 2016), verifica-se que nos meses

cujos dias têm uma duração mais curta, nomeadamente novembro, dezembro e janeiro, e com exceção para setembro, é quando morrem mais peões nas estradas (Figura 5).

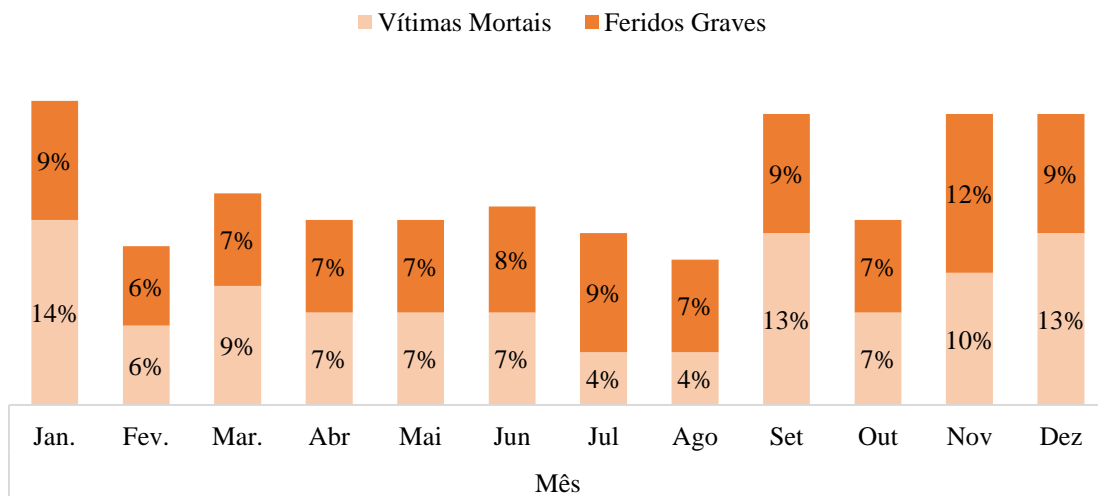


Figura 5 – Percentagens de peões vítimas mortais e feridos graves dentro das localidades, em Portugal, segundo os diferentes meses do ano (adaptado de ANSR (2016))

Para além disso, o risco para os peões é maior quando o tempo está chuvoso, quando ocorre queda de neve, quando existe nevoeiro ou quando se dá a formação de gelo nas estradas. Estas condições meteorológicas afetam a visibilidade dos condutores e dos peões e as condições de aderência entre os pneus e o pavimento rodoviário, o que se pode traduzir num maior número de acidentes (Martin, 2006).

De facto, pode-se concluir que às condições temporais e meteorológicas estão associadas questões relacionadas com as condições de visibilidade tanto de peões como de veículos e com as condições de aderência da estrada que, por sua vez, influenciam os tempos e distâncias de travagem dos veículos (Wallman & Åström, 2001).

2.2. Fatores associados à infraestrutura rodoviária

A melhoria da qualidade das deslocações pedonais, através do investimento na construção, qualificação e reabilitação de infraestruturas, terá um impacto significativo na qualidade de vida das pessoas. Por outro lado, fenómenos como o progressivo envelhecimento da população em grande parte das cidades europeias vêm trazer novos desafios no que diz respeito à forma de pensar o desenvolvimento da rede para dar maior importância aos modos de transporte suaves.

A infraestrutura rodoviária desempenha um papel fundamental no que diz respeito à mobilidade urbana.

Contudo, Mahalel & Szternfeld (1986) apresentam a ideia de que as melhorias da infraestrutura poderiam levar ao aumento do risco, a qual se sustenta no facto de poderem surgir novas respostas comportamentais dos condutores depois de tais melhorias. Os autores explicam que os condutores eventualmente reduziriam o nível de concentração necessário para manter o mesmo nível de segurança, tornando a tarefa de condução menos onerosa, o que permitiria, além da diminuição dos níveis de atenção, a prática de velocidades mais altas devido à sensação de conforto.

Portanto, para priorizar os modos suaves é necessário que se consiga fornecer aos peões as máximas condições de conforto e segurança para caminhar, o que passa por se considerar a alteração de algumas das características da infraestrutura rodoviária. Neste sentido é necessário explorar como é que as diferentes características da infraestrutura rodoviária podem influenciar a segurança destes utilizadores (Vilão & Venâncio, 2010).

Neste subcapítulo apresentam-se de seguida a visão de diferentes autores sobre a forma como a largura da faixa de rodagem, a presença de lugares de estacionamento, a existência do separador central e ilha central, a marcação rodoviária nos atravessamentos pedonais, têm influência no número de acidentes, no que diz respeito às suas consequências, e o comportamento dos peões.

2.2.1. Largura da faixa de rodagem

A largura da faixa de rodagem está fortemente relacionada com a exposição ao risco de acidente por parte dos peões, isto é, quanto maior a largura da faixa de rodagem, maior será o tempo necessário para os peões executarem o seu atravessamento e, desta forma, maior será a probabilidade de se envolverem num acidente com os veículos (Bly *et al.*, 1999).

Por outro lado, quanto maiores forem as larguras das vias, mais nítida será a sensação de conforto e segurança sentida pelos condutores, o que levará à prática de velocidades mais elevadas que, por sua vez, aumentam a probabilidade de ocorrência e agravam as consequências dos acidentes com peões (Granié *et al.*, 2014). Também o elevado número de vias pode

dificultar a detecção dos peões por parte dos veículos, criando máscaras de visibilidade entre condutores e peões (Milot, 2008; Sawalha & Sayed, 2001).

Segundo Noland & Oh (2004) o aumento do número de vias pode estar associado a aumentos nos acidentes e por outro lado o aumento da largura poderia estar associada à gravidade do acidente, determinando que a maior largura maior número de mortes portanto, concluem que vias mais estreitas (de menos de 3,5 metros) poderiam reduzir a frequência de acidentes.

2.2.2. Presença de lugares de estacionamento

Segundo (Martin, 2006) a existência de lugares de estacionamento ao longo das vias de tráfego é um contributo para o aumento do número de atropelamentos, principalmente em passagens para peões. O autor refere que as taxas de acidentes nesses locais são mais elevadas quando os atravessamentos são mascarados pelos veículos estacionados nas suas imediações, mostrando que, na Grã-Bretanha em 2003, quase 17% de todos os atropelamentos ocorreram nessas circunstâncias.

Os lugares de estacionamento estão fortemente presentes nos centros urbanos, principalmente nos espaços que ladeiam as estradas que compõem a rede rodoviária urbana. Para além de causarem problemas nos fluxos de tráfego criando filas de espera, a presença de lugares de estacionamento pode causar problemas na segurança dos utilizadores mais vulneráveis da rede rodoviária, especialmente nos peões com idades mais reduzidas devido à sua baixa estatura. Esses problemas podem ser agravados com a presença de estacionamento ilegal, onde os veículos estacionados podem ser considerados verdadeiros obstáculos à segurança e mobilidade de todos os utilizadores (Milot, 2008).

2.2.3. Separador e ilha central

A implementação de ilhas centrais foi uma medida adotada por muitas agências públicas com o fim de melhorar a segurança pedonal no momento da realização dos atravessamentos. Estas medidas de segurança denominadas por *refuge islands (PRI)* ou por *split pedestrian crossings (SPXO)* implicam que os peões realizem o atravessamento em duas fases, permitindo-lhes fazer uma melhor análise das condições do tráfego rodoviário entre fases (Bacquie *et al.*, 2001).

As ilhas de refúgio para os peões foram criadas como meios que simplificam a tarefa de atravessamento, permitindo que os peões façam um melhor julgamento do momento adequado para o realizar. Por outro lado, as intersecções em que essas ilhas estão implementadas incorporam sinalização própria, como marcas de alta visibilidade e sinais intermitentes. Estas medidas apresentam um desempenho melhor em estradas com limites de velocidade baixos (Fitzpatrick *et al.*, 2006)

Li *et al.* (2010) referem que as ilhas centrais são uma medida com melhor aceitação por parte dos peões do que as passagens superiores e as passagens inferiores. No entanto, são mais caras de construir e manter, portanto, os autores concluem que o perfil de cada estrada tem que ser previamente avaliado para que se adapte a solução mais adequada.

Por último, segundo as recomendações de Bacquie *et al.* (2001) é importante estudar os benefícios das ilhas em termos de simplificação da manobra de atravessamento dos peões, tendo em conta o comportamento dos peões no que diz respeito à probabilidade de aumento da sensação de segurança em relação à exposição aos conflitos com os veículos.

2.2.4. Marcação rodoviária nos atravessamentos pedonais

De acordo com os estudos realizados por Herms (1972), os lugares nos quais ocorrem mais frequentemente os acidentes com peões são as passagens para peões demarcadas. Isto deixa em evidência que a marcação rodoviária, além de indicar aos peões o percurso mais curto ou de menor exposição com os conflitos de trânsito e tráfego, pode criar uma falsa sensação de segurança para os peões, levando-os a desprezar as condições de tráfego (Fitzpatrick *et al.*, 2007; Herms, 1972).

De forma idêntica, Zegeer *et al.* (2004) avaliaram o peso da controvérsia no que diz respeito à ideia de que as passagens para peões demarcadas em locais não controlados podem facilitar os atravessamentos pedonais, concluindo que as suas implementações podem ter impactos negativos na segurança rodoviária. Para chegar a esta conclusão, os autores basearam-se em informações detalhadas de 2000 locais de atravessamentos pedonais (1000 com marcação rodoviária e 1000 sem marcação), em 30 grandes cidades dos Estados Unidos, incluindo o histórico de acidente de peões, os volumes de tráfego médio diário (TMD) rodoviário e pedonal, o número de vias, os limites de velocidades, o uso do solo e outras características do local.

2.3. Fatores associados à infraestrutura pedonal

Segundo Seco *et al.* (2008a), a infraestrutura pedonal é composta pelos seguintes elementos:

- Espaços reservados exclusivamente a peões, como por exemplo os passeios;
- Passagens para peões;
- Zonas de interface modal.

De todos estes elementos, as travessias da rede viária suscitam maiores preocupações, tanto no que diz respeito à fluidez do tráfego motorizado como no que se refere à segurança pedonal, uma vez que é nesses locais que os atropelamentos ocorrem com mais frequência (Lassarre *et al.*, 2007; Seco *et al.*, 2008a).

Os espaços destinados para a circulação pedonal devem permitir aos peões a realização dos percursos com uma sensação de segurança e conforto (Landis *et al.*, 2001).

Num estudo comparativo da segurança rodoviária entre os Estados Unidos de América e alguns estados europeus, demonstrou que os índices de sinistralidade diminuíram muito nos países que têm investido na implementação de políticas de apoio aos utilizadores vulneráveis da rede viária, como são o caso da Holanda e da Alemanha (Pucher, 1997; Pucher & Dijkstra, 2000; Southworth, 2005).

Estas políticas têm-se focado em melhorar a infraestrutura de transporte usada pelos peões e ciclistas, com a aplicação de medidas distintas de segurança que têm levado, individualmente ou em combinação, à diminuição do número de acidentes com vítimas mortais. No que diz respeito aos peões, tudo isto tem passado pela tomada de medidas que requerem algum grau de mudança física no ambiente de transporte, dando particular ênfase à mobilidade pedonal e não aos veículos motorizados. Exemplos dessas medidas são (Pucher & Dijkstra, 2000):

- Implementar zonas pedonais livres de veículos;
- Implementar passagens para peões devidamente sinalizadas, vertical e horizontalmente, atrativas para os utilizadores e com iluminação especial;
- Dar continuidade aos passeios em ambos lados das estradas com algumas zonas dedicadas para o descanso;
- Instalar sinalização luminosa para peões e ciclistas;

- Instalar sinais de atravessamento ativados pelos peões, tanto nas passagens para peões em interseções, como nas restantes.

Recentemente, têm sido implementados sistemas inteligentes destinados à melhoria das condições de segurança não só dos peões como também dos restantes utilizadores da rede viária. Exemplos destas soluções são:

- Passadeiras inteligentes: consistem na aplicação de um sistema inovador que alerta os condutores para a presença de peões nas imediações da passagem para peões. Esse sistema é composto por uma câmara de processamento de imagem que deteta a presença dos peões na entrada da travessia demarcada, alterando a cor das luzes contidas nos sinais de passagem para peões de branca para vermelha (Figura 6). Este sistema encontra-se implementado na Rua do Caires, em Braga (SERNISid, 2015);



Figura 6 – Exemplo de Passadeira Inteligente (SERNISid, 2015)

- Semáforos inteligentes: consistem em semáforos munidos de sensores de deteção de peões que permitem um controlo eficaz dos tempos de espera e a redução de filas de espera, através da análise automática das condições de tráfego (Fitzpatrick *et al.*, 2006).

Todas estas medidas têm como intuito alertar os condutores e reduzir os conflitos entre os peões e o tráfego motorizado (Pucher & Dijkstra, 2000).

2.3.1. Largura útil e estado dos passeios

O peão tem uma ampla liberdade para escolher um trajeto e, por isso, ao pensar no desenvolvimento da rede pedonal deve ser tido em conta o que é que pode influenciar os seus comportamentos e as condições de conforto que se deve oferecer nos seus percursos, tais como o espaço disponível para caminhar e o seu estado de conservação, isto é, a largura útil e as condições superficiais dos passeios (Fontes *et al.*, 2006).

No entanto, a rede pedonal normalmente é caracterizada pela escassez de espaço e pelo subdimensionamento ou desadequação da infraestrutura. Por exemplo, a existência de obstáculos no passeio, tais como sinais de trânsito, mobiliário urbano, etc., pode condicionar as deslocamentos dos peões, interferindo nos seus percursos e tornando-os menos seguros e atrativos, pois pode obrigá-los a atravessar em lugares perigosos ou de pouca visibilidade, o que pode causar inesperadamente um atravessamento súbito da faixa de rodagem, onde o condutor pode não ter tempo de reagir (Fontes *et al.*, 2006; Millot, 2008)

As larguras dos passeios devem ser dimensionadas para se ter uma área disponível quer para a circulação, quer para que a paragem das pessoas, para apreciarem as montras e/ou terem conversas em grupo, de modo a evitar que o peão caminhe muito próximo da berma do passeio ou das fachadas dos edifícios. Portanto, para avaliar a adequabilidade dos passeios é necessário ter em conta a sua largura útil ou largura efetiva, que corresponde ao espaço efetivamente disponível para as diferentes atividades (Figura 7), e não a sua largura bruta (Seco *et al.*, 2008a).

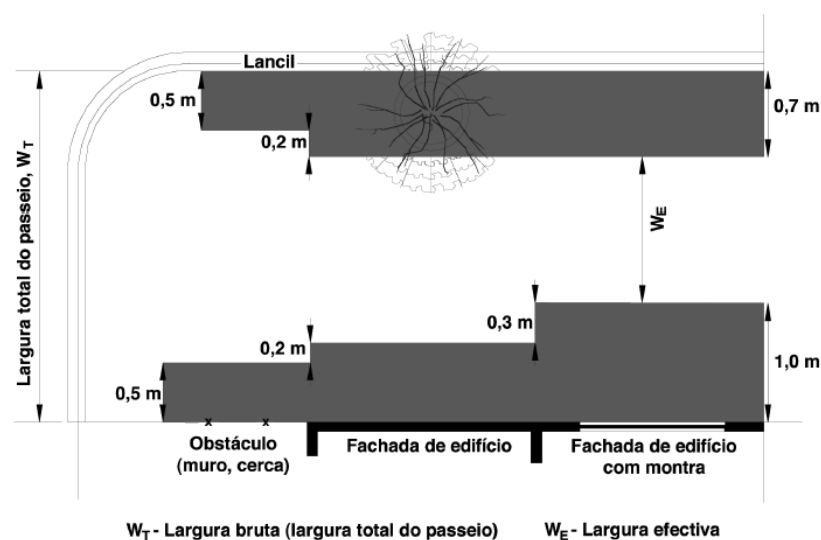


Figura 7 – Largura efetiva dos passeios (Fonte: Seco *et al.* (2008a), adaptado de TRB (2000))

Importa referir que a existência de um obstáculo isolado só afeta de forma localizada o funcionamento da zona pedonal. Contrariamente, se o obstáculo se repetir de forma frequente ao longo do passeio, este vai afetar de forma global a função do passeio. Na Tabela 1 apresentam-se alguns valores correspondentes à largura perdida devido à presença de diversos obstáculos isolados (Seco *et al.*, 2008a).

Tabela 1 – Largura perdida dos passeios devido a obstáculos (adaptado de Seco *et al.* (2008a) e TRB (2000))

Tipo de Obstáculo	Descrição	Largura ocupada (m)
Distâncias de Segurança	Berma do passeio	0,30 - 0,50
	Muro, sebe	0,30 - 0,50
	Fechada de edifício	0,7
	Montra	1,00
Mobiliário Urbano	Postes de iluminação	0,80 - 1,10
	Postes de semáforos	0,90 - 1,20
	Sinalização vertical	0,60 - 0,80
	Parquímetros	0,60
	Cabines telefónicas	1,20
	Caixotes do lixo	0,90
	Marcos de incêndio	0,80 - 0,90
	Marcos do correio	1,00 - 1,10
Vegetação	Árvores	0,60 - 1,20
	Pontos de vegetação/arbustos	1,50
Usos Comerciais	Quiosques	1,20 - 4,00
	Esplanadas de cafés (2 filas de mesas)	2,10

Segundo Seco *et al.* (2008a), a largura livre dos passeios deve ser:

- não inferior a 1.5 metros em vias principais e distribuidoras;
- não inferior a 0.9 metros em pequenos acessos pedonais no interior de áreas plantadas, cujo comprimento total não seja superior a 7 metros.

Por último, na Tabela 2 é apresentado um conjunto de valores de referência para a largura bruta dos passeios de maneira a que se cumpram os critérios de espaço destinado à mobilidade de

peões. No caso da requalificação de espaços urbanos menos ordenados, mas já consolidados, as larguras mínimas dos passeios poderão ser inferiores (Tabela 3).

Tabela 2 – Larguras mínimas de passeios (Seco *et al.*, 2008a)

Tipo de Passeio	Largura Desejável (m)	Largura Aceitável (m)
Passeio sem mobiliário urbano, árvores ou montras	2,0	1,5
Passeio com fila de árvores ou montras	3,0	2,5
Passeio com árvores e montras	4,0	3,5

Tabela 3 – Larguras mínimas admissíveis na requalificação de espaços consolidados (Seco *et al.*, 2008a)

Tipo de Passeio	Largura Desejável (m)	Largura Aceitável (m)
Passeio sem obstruções	1,2	1
Troço <10 m junto a obstrução	-	0,8

Não se encontraram estudos que abordassem a influência da largura e do estado de conservação dos passeios na segurança para peões, pelo que será interessante averiguar a possível relação destas variáveis com o número de atropelamentos registados nos anos passados.

2.3.2. Continuidade e compatibilidade da rede pedonal com a rede viária

Das deficiências habituais associadas à rede e infraestrutura pedonal, a falta de lógica e de continuidade dos trajetos pedonais, particularmente nas zonas de atravessamentos, são as que se verificam com mais frequência. Para além disso, e não menos importante, a incompatibilidade dos trajetos pedonais com a classificação hierárquica das vias das quais fazem parte tem sido também um erro constantemente cometido (Millot, 2008).

Uma das principais estratégias de apoio ao peão em geral é a segregação modal, com o fim de facilitar a interligação da rede pedonal com a classificação hierárquica da rede viária, definindo prioridades entre os utilizadores, tendo em conta os possíveis conflitos com os veículos motorizados, como é apresentado na Tabela 4, e por outro lado, criar uma articulação entre a

rede pedonal e a rede de transportes públicos, que facilite o deslocamento a pé entre as paragens e os locais de origem ou destino (Seco *et al.*, 2008a).

Tabela 4 – Presença de passeios em função da classificação viária funcional
(Seco *et al.*, 2008a)

Classificação funcional	Infraestrutura pedonal
Acesso local	Vias partilhadas (poderão justificar-se passeios ladeando os arruamentos)
Distribuidoras locais	Passeios ladeando este tipo vias (conflito potencial com os veículos motorizados não desprezável)
Distribuidoras Principais	Passeios adjacentes a estas vias com passagens para peões em locais específicos
Vias coletoras	Normalmente indesejável a existência de passeios ladeando os arruamentos; problemas potencialmente graves de insegurança rodoviária em travessias pedonais de nível

Tal como para a largura e estado de conservação dos passeios, também para a continuidade e compatibilidade da rede pedonal com a rede viária não se encontrou qualquer estudo em que se avaliasse a influência que se pensa que estas variáveis têm na segurança para peões. Neste sentido estas serão variáveis a ter em consideração numa fase posterior deste estudo.

2.3.3. Localização e escolha do tipo de passagens para peões

É sabido que os peões, nas suas deslocações, escolhem quase sempre o percurso mais curto, no qual consumirão o mínimo tempo e a mínima energia. Neste sentido, tendo em conta questões relacionadas com a segurança destes utilizadores da rede viária, a localização das passagens para peões deve ser estudada com o fim de estas não serem ignoradas pelas pessoas (Jiménez Romero *et al.*, 2014). Com o propósito de proteger a integridade física dos peões, a distância recomendável entre passagens formalizadas não deve ser superior a 100 metros, evitando ter um número significativo de atravessamentos não formalizados ou inesperados nos locais da circulação dos automóveis, em função da atratividade dos edifícios, ou mesmo quando há um polo gerador de peões, por exemplo escolas, hospitais e lares da 3ª idade (Seco *et al.*, 2008a).

Por outro lado, não só a localização das passagens para peões influencia a tomada de decisão para realizar o atravessamento. A escolha do tipo de passagem para peões a implementar é

também importante para que as deslocações dos peões se realizem de forma segura. Esta escolha deve depender de uma combinação de vários fatores, tais como os volumes de peões e de veículos, as velocidades praticadas e as condições e classificação hierárquica da infraestrutura rodoviária (Seco *et al.*, 2008a). Na Tabela 5 são apresentadas recomendações para o tipo de travessia a implementar, desnivelada, nivelada ou regulada por sinais luminosos, segundo a classificação funcional da estrada.

Tabela 5 – Adequabilidade do tipo de passagem para peões a implementar em função da classe hierárquica (Seco *et al.* (2008a) adaptado de Austroads (1988))

Classe Hierárquica	Travessia Desnivelada	Travessia de Nível	
		Zebra	Sinais Luminosos
Coletoras	I	na	II
Distribuidoras principais	II	II	I
Distribuidoras Locais	na	I	II
Acesso Local	na	I	na

I - normalmente recomendável; II - às vezes recomendável; na - não aplicável

Por forma a se complementar o processo de escolha do tipo de travessia nivelada a adotar, pode-se aplicar o critério UK segundo o HCM (2000), no qual a escolha depende, não do tipo de estrada, mas sim dos volumes dos peões e dos veículos, como é apresentado na Figura 8. Quanto maiores os volumes pedonais e de veículos mais forte é a tendência para se aplicar passagens para peões reguladas por sinalização luminosa e com refúgio central. Por sua vez, para volumes de tráfego rodoviário inferiores a 300 veíc./hora, as travessia para peões não necessita de ser formalizada. O produto do volume de peões com o quadrado do volume de veículos funciona também como critério de seleção.

Se a distância entre passagens para peões formalizadas é importante no que diz respeito à segurança rodoviária, também o tipo de passagem para peões desempenha um papel relevante na tomada de decisão dos peões. Cambon de Lavalette *et al.* (2009), num estudo realizado no Canadá, verificaram que a tomada de decisão de atravessamento é claramente mais segura em passagens para peões reguladas por sinais luminosos. Porém, quando nelas existe um refúgio central, as transgressões por parte dos peões aumentam. O refúgio central permite ao peão examinar visualmente o tráfego rodoviário, fornecendo um nível de proteção, contudo o facto de o atravessamento se poder realizar em duas fases pode desencorajar os peões a esperarem pelo tempo de verde na última fase.

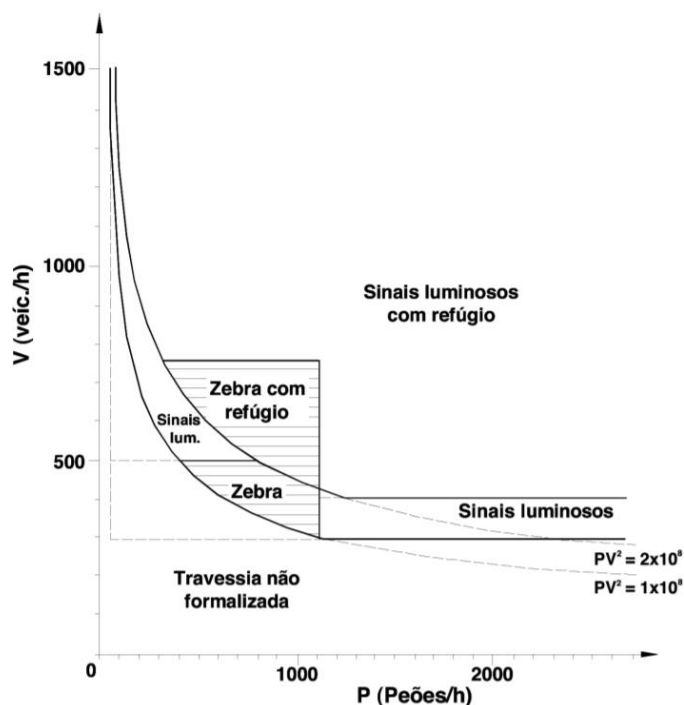


Figura 8 – Critério UK de escolha de implementação de travessias pedonais (Fonte: Seco *et al.* (2008a) adaptado de TRB (2000))

2.3.4. Iluminação

Cerca de um terço das mortes de peões que ocorrem durante os atravessamentos das faixas de rodagem em toda Europa acontecem em locais onde as condições de visibilidade são deficientes. Ver e ser visto é uma questão essencial no que diz respeito aos índices de segurança para todos os utilizadores da rede viária (WHO, 2004).

Os sistemas de iluminação devem ajudar a melhorar a capacidade dos condutores detetarem e reconhecerem os obstáculos e outros utilizadores presentes na faixa de rodagem, cumprindo o propósito de antecipar os seus comportamentos para reagir adequadamente em situações de emergência, reduzindo assim a probabilidade de ocorrência de acidentes (Mayeur *et al.*, 2010). Durante o período noturno, tanto o número como a gravidade dos acidentes de trânsito aumentam (Ulfarsson *et al.*, 2010). Embora a relação entre a existência de iluminação pública e segurança rodoviária não seja direta, de uma forma geral ambas se relacionam. Em muitos países tem sido demonstrado que, com uma iluminação adequada nas estradas, os números de acidentes podem diminuir, em média, 30% (Assum *et al.*, 1999; Fisher, 1977).

Elvik (1995) concluiu que a iluminação pública reduz, durante o período da noite, o número de acidentes com danos materiais em 15%, em 30% o número de feridos e em 65% o número de mortes. Quanto ao tipo de acidente, o autor indica que a diminuição mais significativa diz respeito aos acidentes com peões, com uma diminuição de cerca de 52%.

Num estudo mais recente realizado na Holanda, onde foram considerados dados referentes ao período entre 1987 e 2006, verificou-se que o risco de acidente com feridos aumenta no período noturno, no entanto quando existe boa iluminação o número de acidentes é 50% menor. Por outro lado, os resultados desse estudo mostraram que os efeitos da iluminação nos acidentes com peões são significativamente maiores do que os efeitos nos acidentes referentes apenas a veículos (Wanvik, 2009).

A influência da iluminação na segurança rodoviária é notória, particularmente no que diz respeito à segurança pedonal. Garantir a correta iluminação das ruas, principalmente junto a intersecções e passagens para peões é um passo fundamental para a redução do número de atropelamentos.

2.4. Fatores associados às características dos peões

Estudar segurança pedonal envolve a compreensão da influência de diversos fatores, como se tem analisado. Porém, devido ao facto de os peões serem um grupo de utilizadores heterogéneo no que diz respeito aos atributos físicos e comportamentais, a sua segurança não depende apenas de parâmetros associados às características da infraestrutura, da envolvente ou do tráfego (Seco *et al.*, 2008a).

Avaliar a forma como características como a idade, o género e os atributos psicológicos destes utilizadores influenciam os seus comportamentos em situações de conflito com o tráfego motorizado e o número de acidentes ocorridos é um passo importante a ter em conta quando o objetivo é estudar e promover a sua segurança. Nesse sentido, de seguida apresenta-se a análise da influência dos parâmetros mencionados na segurança pedonal com base nas conclusões de diversos estudos realizados neste âmbito.

2.4.1. Grupo etário

A idade é claramente um fator com uma importante influência na tomada de decisão e na facilidade de realizar o atravessamento por parte dos peões. Estudos focados neste fator apontam que existe uma tendência nas crianças para assumirem um risco maior na presença de um grupo, o que as diferencia dos outros grupos etários onde a presença de outros peões leva um maior controlo no cumprimento das normas sociais e morais e, assim, no comportamento pessoal. No mesmo sentido, os jovens, enquanto peões, têm intenções mais frequentes para violar as regras do que os adultos e entendem que a maioria das regras tem um carácter subjetivo que as fazem parecer menos inibitórias (Moyano Díaz, 2002).

Al-Madani & Al-Janahi (2006) referem que o envolvimento das crianças em acidentes pode ser justificado pela sua falta de experiência e pela dificuldade de concentração durante as travessias da estrada. Eles acrescentam ainda que quanto menor for a estatura física dos peões, maior será a dificuldade de visualizarem todo o ambiente e objetos que os rodeiam e mais difícil se tornará a sua deteção por parte dos condutores.

Por outro lado, os peões mais velhos tendem a escolher atravessamentos mais seguros, como é o caso dos atravessamentos semaforizados, respeitando todas as regras a eles implícitas (Daff & Cramphorn, 1995; Martin, 2006). No entanto, as capacidades motoras, a visão e a audição vão-se deteriorando com o aumento da idade, o que, se traduz muitas vezes em problemas na receção da informação necessária para a realização do atravessamento em segurança, como pode ser o caso da perceção da velocidade de aproximação dos veículos (Dommes & Cavallo, 2011). Todas estas condicionantes associadas à maior vulnerabilidade física dos peões mais idosos podem ser justificações aceitáveis para o elevado número de mortes registado em Portugal, pela ANSR, no ano de 2015 (Figura 9).

Ainda assim, Lobjois & Cavallo (2007) mostraram que os peões idosos escolhem intervalos de tempo maiores do que os mais jovens para executarem o atravessamento, tomando em consideração as velocidades mais lentas que os caracterizam.

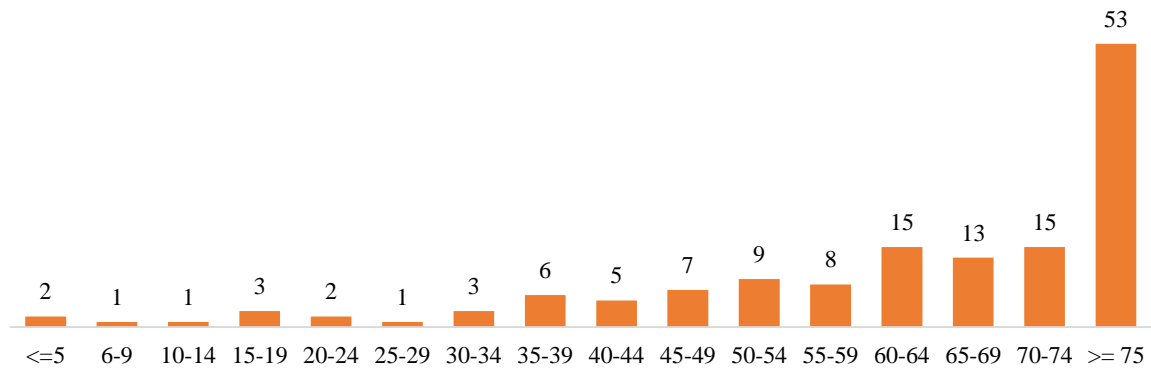


Figura 9 – Número de peões vítimas mortais dentro das localidades portuguesas segundo o grupo etário (adaptado de ANSR (2016))

2.4.2. Género

Num estudo de modelação de acidentes onde analisaram as possíveis causas dos acidentes que envolviam peões, Ulfarsson *et al.* (2010) notaram que o sexo dos peões é uma variável com peso significativo no número de atropelamentos ocorridos no estado da Carolina do Norte, nos Estados Unidos da América, determinando que os peões do sexo masculino tomam comportamentos geralmente mais arriscados.

Moyano Díaz (2002) é mais específico e conclui que os peões mais jovens do sexo masculino têm uma grande responsabilidade no aumento do número de atropelamentos. As conclusões destes autores parecem sustentar os dados apresentados pela ANSR para a distribuição do número de peões mortos e feridos graves em Portugal no ano de 2015, dentro das localidades (Figura 10).

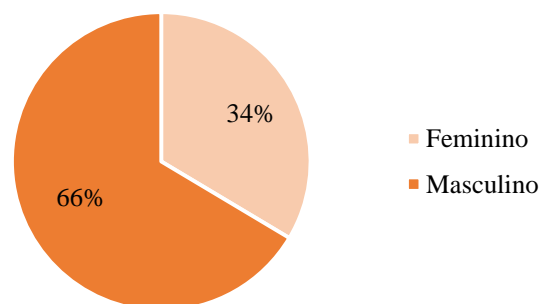


Figura 10 – Percentagem de peões vítimas mortais dentro das localidades segundo o género (adaptado de (ANSR, 2016))

Num estudo realizado em ambiente virtual, Simpson *et al.* (2003) encontraram também uma influência do sexo dos peões nos seus comportamentos no atravessamento da faixa de rodagem. Contudo, os autores verificaram que os peões do sexo feminino apresentaram uma incidência ligeiramente maior do que os do sexo masculino para realizarem atravessamentos inseguros, mas, por outro lado, os homens cometem violações das regras de trânsito mais frequentemente. A forma como os dois tipos de participantes reagiram às tecnologias de realidade virtual pode ter sido uma possível justificação para esses resultados, acrescentando os autores que a influência do sexo dos peões nos seus comportamentos em atravessamentos merece mais atenção em futuras investigações.

2.4.3. Características psicológicas

No processo de conceção de regras do sistema viário geralmente admite-se um modelo de utilizador ideal, desprezando-se a variedade de atitudes e perceções que caracterizam os seres humanos. No que se refere aos peões, essa assunção pode não caracterizar a realidade tal qual como ela é devido à aleatoriedade de comportamentos, o que se traduz muitas vezes num grande número de transgressões das regras concebidas (Cambon de Lavalette *et al.*, 2009; Zheng *et al.*, 2016).

Quando os peões consideram que uma ação é fácil de executar, é mais provável que haja um comportamento potencialmente perigoso do ponto de vista da segurança rodoviária dado o maior relaxamento de quem a executa. O controlo do comportamento percebido é, por exemplo, um forte preditor nas intenções de atravessamento (Evans & Norman, 1998). Por outro lado, segundo Jiménez Romero (2010), quando os peões conhecem as condições de tráfego acabam por fazer uma subestimativa do risco real e, embora sabendo que há um perigo associado ao atravessar a estrada onde não é permitido, acabam por realizar atravessamentos ilegais de forma mais frequente.

As características culturais, educacionais e socioeconómicas de cada peão são parâmetros de influência na sua perceção do risco. Al-Madani & Al-Janahi (2006) referem que quanto maior é o nível educacional dos peões, menor é o risco de acidente. Estes autores acrescentam ainda que também o facto de um peão estar fora do seu país de origem faz com que a probabilidade para se envolver num acidente aumente devido aos diferentes hábitos e idiomas. Por sua vez, a

WHO (2013) refere que os peões mais pobres se envolvem mais frequentemente em acidentes rodoviários.

Por outro lado, o facto de os peões caminharem acompanhados pode influenciar a forma como se comportam. Martín (2006) refere que, quando um peão se desloca em grupo, existe sempre a “pressão do par”, isto é, o seu acompanhamento vai sempre afetar, positiva ou negativamente, o seu próprio comportamento.

Schwebel *et al.* (2009) mostraram que indivíduos com maior capacidade de concentração tomam decisões menos precipitadas no que diz respeito ao atravessamento da faixa de rodagem, estando dispostos a suportarem maiores tempos de espera. Já indivíduos com tendência para experimentar estímulos novos e variados, que procuram novas sensações, são mais propensos a se envolverem em acidentes. Também o estado de humor, associado à agressividade e ansiedade, está relacionado com a violação das regras de trânsito e com o envolvimento em acidentes (Yagil, 2000).

As características psicológicas dos peões, mas também as dos outros utilizadores, são uma variável de complexa compreensão devido à diversidade de comportamentos que caracteriza a espécie humana. As deslocações pedonais caracterizam-se por um considerável grau de aleatoriedade, pois o comportamento dos peões é muito flexível e difícil de prever. O ato de caminhar exige ao peão uma cuidada avaliação do ambiente que os circunda de forma a definir uma estratégia a adotar conforme os seus desejos. Neste sentido, estudar a segurança pedonal exige ter em consideração o comportamento dos peões que se relaciona frequentemente com fatores humanos associados às suas atitudes, preferências e perceções (Papadimitriou *et al.*, 2009).

2.5. Fatores associados às características do tráfego

As características do tráfego têm sido consideradas como as variáveis com maior influência no número de acidentes rodoviários (Clifton *et al.*, 2009; Demiroz *et al.*, 2015; Granié *et al.*, 2014; Simpson *et al.*, 2003), particularmente os que envolvem peões (Zheng *et al.*, 2016).

Como foi explicado anteriormente, as áreas residenciais tendem a ter altas taxas de acidentes rodoviários (ANSR, 2016). Por conseguinte, é necessária uma abordagem da prevenção de

acidentes para reduzir o número de acidentes nas áreas residenciais focada nas características do tráfego que se tem baseado na implementação de medidas de acalmia de tráfego em áreas residenciais (Bunn *et al.*, 2003; Elvik, 2001; Taylor & Tight, 1997).

Estas medidas de acalmia de tráfego urbano variam no que diz respeito às dimensões da área onde são aplicadas e em relação a variáveis como a sua localização e uso do solo. Por exemplo, nas ruas designadas como residenciais ou locais, é comum tomar medidas para reduzir o volume de tráfego por meio de proibições de viragem em intersecções, regulamentos de sentido único ou estreitamento das vias. Essas medidas normalmente são complementadas com dispositivos de redução de velocidade como lombas ou passagens elevadas (Elvik, 2001).

Estudos de avaliação do desempenho das medidas de acalmia de tráfego mostram que a redução do tráfego em determinada área afetada pela implantação das medidas diminui o número de acidentes em cerca de 15%. Há uma maior redução no número de acidentes nas estradas locais, cerca de 25%, do que nas estradas principais, cerca de 10% (Elvik, 2001).

Portanto, pode-se concluir que os fatores associados às características do tráfego são variáveis importantes a considerar nos estudos de segurança rodoviária com o fim de avaliar a sua influência no número de acidentes.

Neste subcapítulo serão explicadas com mais detalhe as variáveis relacionadas com as características do tráfego, nomeadamente a velocidade dos veículos e os volumes do tráfego pedonal e rodoviário.

2.5.1. Velocidade dos veículos

A velocidade dos veículos é mais um fator com grande impacto no número de acidentes com peões e conseqüentemente na gravidade dos mesmos. Maiores velocidades traduzem-se em mais acidentes e em conseqüências mais graves, principalmente quando a velocidade de impacto é superior a 30 km/h (Liu & Tung, 2014; Tefft, 2013).

Um outro aspeto importante para a segurança pedonal é que a percepção da velocidade praticada pelos veículos serve de pista para os peões no processo de tomada de decisão de atravessamento

da faixa de rodagem (Clifton *et al.*, 2009; Demiroz *et al.*, 2015; Graham & Glaister, 2003; Granié *et al.*, 2013; Sze & Wong, 2007).

Contrariamente do que foi referido no parágrafo anterior, Simpson *et al.* (2003) concluíram que, através de um estudo realizado em ambiente virtual, os peões geralmente usam a distância como um guia para realizar o atravessamento, independentemente das velocidades do veículo. Porém, Lobjois & Cavallo (2007) defendem que o papel da velocidade na tomada de decisão depende tanto da idade dos participantes como da restrição de tempo imposta ao processo de tomada de decisão. No seu estudo que consistiu também na realização de experiências em ambiente virtual, os autores verificaram que quando as distâncias aos veículos eram curtas, exigindo uma resposta rápida, os participantes assumiam um risco maior e tomavam a decisão de atravessar quando a velocidade dos veículos era maior. Quando a distância dos veículos era maior, os participantes mais velhos usavam a velocidade como guia na sua tomada de decisão, no entanto, os participantes mais jovens baseavam sempre as suas respostas no intervalo de tempo e não na velocidade.

A velocidade é então um fator com influência quer na tomada de decisão dos peões quer nas consequências dos acidentes que os envolvem, pelo que tem sido dos fatores que mais importância tem recebido nos estudos na área da segurança pedonal.

2.5.2. Volume de tráfego

Em grande parte das investigações na área da segurança pedonal, os fluxos de tráfego são incluídos como variáveis explicativas no número de acidentes (Wedagama *et al.*, 2008). Leden (2002) estudou a relação do número de acidentes com peões com o volume horário de peões e com o volume horário de tráfego rodoviário, estimando diferentes níveis de risco para peões. As conclusões do seu estudo foram bastante claras. Leden verificou que quanto maior o volume de peões, menor é o risco de acidente que eles enfrentam. No que diz respeito ao tráfego rodoviário, o autor conclui que quanto maior o volume de tráfego, maior é o risco de acidente para os peões (Figura 11).

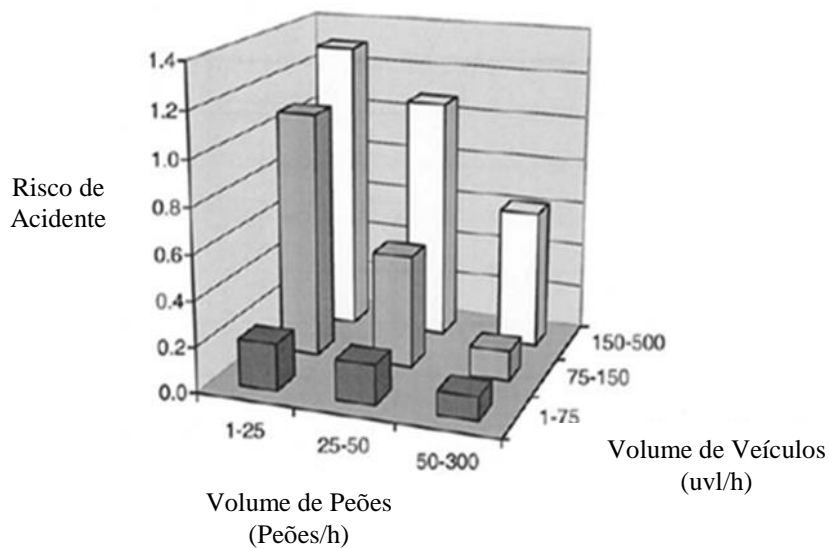


Figura 11 – Risco de acidente para peões em função do volume de tráfego pedonal e do volume de tráfego rodoviário (Leden, 2002)

Porém, Diogenes & Lindau (2010) referem que, pelo facto de maiores volumes de tráfego rodoviário implicarem menores velocidades de circulação, fluxo de veículos mais elevados traduzem-se numa diminuição dos índices de sinistralidade.

Num estudo realizado em passagens para peões reguladas por sinalização luminosa, Cambon de Lavalette *et al.* (2009) mostram que, em estradas com um alto volume de tráfego rodoviário, os tempos de espera de peões são superiores, o que, segundo os autores, aumenta a tendência destes utilizadores para realizarem atravessamentos ilegais, pondo em causa a sua segurança.

Analisando as percentagens de peões vítimas mortais e feridos graves dentro das localidades, em Portugal, segundo os diferentes dias da semana (ANSR, 2016), indo ao encontro das conclusões de Leden (2002), verifica-se que nos dias onde geralmente existem maiores volumes de tráfego rodoviário, isto é de segunda a sexta-feira, as percentagens de peões mortos ou feridos graves são superiores do que as verificadas para os dias de fim-de-semana, aos quais correspondem usualmente volumes de veículos inferiores (Figura 12).

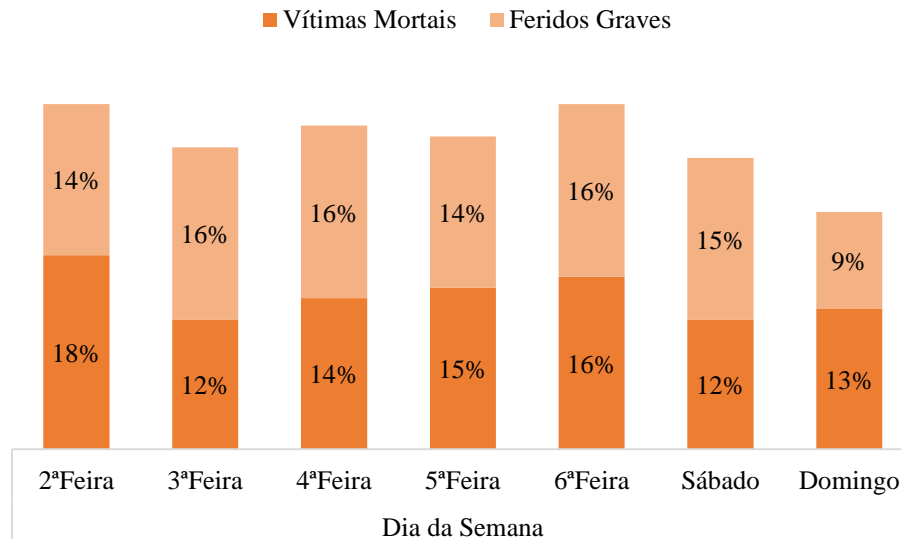


Figura 12 – Percentagens de peões vítimas mortais e feridos graves dentro das localidades, em Portugal, segundo o dia da semana (adaptado de ANSR (2016))

Se por um lado, os volumes de tráfego têm influência na probabilidade de ocorrência de acidentes; por outro, são um fator importante na sensação de segurança sentida pelos peões ao longo das suas deslocações e no seu comportamento nas situações de atravessamento da faixa de rodagem (Landis *et al.*, 2001; Yagil, 2000).

3. INFLUÊNCIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO NOS ACIDENTES COM PEÕES

A análise dos fatores do ambiente construído que influenciam os acidentes com peões é uma questão que diz respeito não só à segurança rodoviária, como também ao planeamento urbano. O presente trabalho baseia-se na hipótese de que a envolvente da infraestrutura pedonal e rodoviária desempenha um papel importante na frequência de ocorrência de acidentes entre veículos e peões, portanto, através da revisão bibliográfica feita no Capítulo 2, vão ser definidas as variáveis com possível influência no número de acidentes com peões.

Com isto organizar-se-á uma base dados que possibilite a realização de uma análise da influência do ambiente construído através da construção de modelos estatísticos que permitam definir quais são os fatores mais preponderantes na ocorrência de acidentes com peões.

O processo da análise da influência do ambiente construído nos acidentes com peões será constituído por 6 fases principais:

- Definição das variáveis com possível influência no número de acidentes com peões;
- Seleção das secções de estudo;
- Organização de uma base de dados de volumes de tráfego rodoviário e pedonal para os locais de estudo;
- Construção dos modelos para a identificação dos fatores relacionados com o ambiente construído com influência no número de acidentes com peões;
- Análise dos resultados obtidos.

3.1. Variáveis a considerar na análise

Segundo a revisão bibliográfica realizada no Capítulo 2 deste documento, pode-se concluir que a análise das variáveis com influência nos acidentes deve ser realizada através da consideração de diferentes grupos de fatores referentes à área envolvente aos locais de estudo, à infraestrutura pedonal e rodoviária e às características dos utilizadores. Na Tabela 6 são apresentadas as variáveis selecionadas para a análise.

Tabela 6 – Variáveis a considerar no presente estudo

Grupo	Variáveis a analisar
Envolvente	Uso do solo
	Lugares de estacionamento
	Paragem de autocarro
Infraestrutura pedonal	Continuidade da rede pedonal
	Qualidade da rede pedonal (largura mínima útil dos passeios)
	Distância entre atravessamentos formais
	Atravessamentos ilegais /Atravessamentos legais
	Iluminação
Infraestrutura rodoviária	Classificação viária
	Número de vias de circulação
	Largura das vias de circulação
	Número de sentidos
	Separador central
	Declive dos arruamentos
Características dos peões	Grupo etário
	Género
	Efeito de grupo
Características do tráfego	Volume de veículos
	Volume de peões

3.2. Escolha das secções de estudo

A partir de um conjunto de dados fornecido pela ANSR de acidentes ocorridos entre 2009 e 2015 nos concelhos de Guimarães e Braga, realizou-se uma seleção das secções a considerar neste estudo. No total consideraram-se todos os atropelamentos ocorridos quer em intersecções, quer fora delas, o que correspondeu a 689 acidentes no concelho de Guimarães, e 569 no concelho de Braga.

Os critérios posteriormente estabelecidos para a seleção dos locais de estudo foram:

- O número de acidentes ocorridos por ano desde 2009 até 2015;
- A localização;
- As características da infraestrutura rodoviária e pedonal;
- O uso do solo e a presença e função do edificado.

Tendo em conta que o objetivo desta investigação depende da análise do número de acidentes, depois de aplicar os critérios de seleção anteriormente explicados, a base de dados foi

organizada por ordem decrescente do número de acidentes por arruamento, tendo sido este o primeiro filtro. Posteriormente, tendo em conta que é dentro das localidades que ocorre o maior número de atropelamentos (ANSR, 2016), procuraram-se escolher os arruamentos pertencentes às zonas urbanas de Braga e Guimarães (Tabelas 7 e 8). Por último, analisaram-se as características das infraestruturas de transportes e do uso do solo.

Tabela 7 – Secções de estudo pertencentes ao concelho de Braga e respetivos números de atropelamentos

Nome do arruamento	Número de acidentes com peões							Total
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Avenida da Liberdade	2	1	1	2	2	3	2	13
Avenida Doutor António Palha	0	1	2	0	3	2	1	9
Avenida General Norton de Matos	0	0	2	0	0	1	3	6
Avenida João Paulo II	0	0	4	3	0	3	3	13
Avenida João XXI	1	0	0	0	1	0	1	3
Avenida Robert Smith	0	0	0	1	0	4	2	7
Largo São João da Ponte	1	0	1	2	0	0	2	6
Praça Conde de Agrolongo	1	1	2	0	2	5	4	15
Praça Conselheiro Torres Almeida	2	0	0	0	1	0	3	6
Rua 25 de abril	2	0	1	1	0	0	1	5
Rua Conselheiro Lobato	1	1	1	0	1	0	3	7
Rua da Feira	0	0	2	0	1	1	2	6
Rua de Caires	4	2	1	4	5	3	1	20
Rua do Fujacal	3	0	0	4	1	2	0	10
Rua Dom António Bento Martins Júnior	1	1	0	1	1	0	0	4
Rua Dom Frei Caetano Brandão	0	1	0	0	1	0	0	2
Rua dos Barbosas	1	0	1	1	1	0	1	5
Rua Padre Cruz	1	3	0	1	0	0	2	7
Rua Pascoal Fernandes	1	0	0	2	0	0	0	3
Rua Santo Adrião	0	1	0	0	2	0	2	5
Total	21	12	18	22	22	24	33	152

Assim, escolheram-se 20 secções de estudo em cada um dos concelhos considerados para o estudo, as quais são apresentadas na Tabela 7 e na Tabela 8 com o respetivo número de acidentes por ano. Observa-se que o número de acidentes nas ruas selecionadas em Guimarães, no total do período da análise, é maior em 7% do que o das ruas de Braga, contrariamente ao que seria de esperar, devido ao facto da densidade populacional do concelho de Braga ser cerca de 300 hab/km² superior à do concelho de Guimarães. No entanto, a diferença no número de acidentes não é grande.

Por outro lado, pode-se observar que o número de acidentes nos últimos 3 anos em ambos os concelhos é maior do que nos primeiros 4 anos. No concelho de Braga, em 2015, ocorreu o maior número de acidentes, com um total de 33 nos locais de estudo, por sua vez no concelho de Guimarães o maior número de acidentes ocorreu no ano de 2013, apesar de em 2009 e 2015 o número registado se situar muito próximo do número desse ano.

Tabela 8 – Secções de estudo pertencentes ao concelho de Guimarães e respetivos números de atropelamentos

Nome do arruamento	Número de acidentes com peões							Total
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Alameda de São Dâmaso	1	2	0	0	2	2	2	9
Alameda Doutor Alfredo Pimenta	1	0	0	1	4	4	2	12
Alameda Doutor Mariano Felgueiras	5	3	0	0	0	1	4	13
Avenida da Igreja	2	1	0	0	0	0	0	3
Avenida de Londres	1	1	2	0	1	0	3	8
Avenida Dom João IV	0	4	5	1	1	1	3	15
Avenida General Humberto Delgado	0	0	0	1	0	0	0	1
Avenida São Gonçalo	2	1	2	0	3	3	2	13
Largo do Toural	1	0	2	0	0	0	0	3
Largo República do Brasil	1	1	1	1	4	1	2	11
Rua 25 de Abril	1	1	5	0	4	1	1	13
Rua Arqueólogo Mário Cardoso	1	0	0	2	0	0	0	3
Rua Capitão Alfredo Guimarães	0	0	0	0	2	0	1	3
Rua de Camões	0	0	0	1	1	1	0	3
Rua dos Mártires	0	0	1	2	1	0	0	4
Rua Eduardo Manuel de Almeida	1	0	2	1	0	2	3	9
Rua Nossa Senhora da Conceição	2	2	2	6	4	2	3	21
Rua Professor Doutor Arnaldo Sampaio	0	0	3	0	1	0	2	6
Rua Serpa Pinto	1	0	3	0	0	0	0	4
Rua Teixeira de Pascoais	1	2	1	0	2	2	1	9
Total	21	18	29	16	30	20	29	163

3.3. Levantamento de volumes de tráfego rodoviário e pedonal

De forma a se considerar o volume de tráfego rodoviário e o volume de tráfego pedonal como variáveis de entrada nos modelos de acidentes, foram realizadas contagens de tráfego em todas as secções de estudo, de forma manual nas horas de ponta, as quais se consideraram: no período da manhã, das 08h00 às 10h00, e no período da tarde, das 17h00 às 19h00.

Por outro lado, tendo em conta as estatísticas de acidentes de peões ao longo da semana, extraídas do relatório anual de sinistralidade da (ANSR, 2016) e já explicadas no capítulo 2, concluir-se que as percentagens de acidentes são muito semelhantes de segunda a sexta-feira (Figura 13). Por este motivo, decidiu-se que a realização das contagens de tráfego seria efetuada também à segunda e sexta-feira, sendo que estes dias são muitas vezes considerados não representativos em estudos de outros âmbitos.

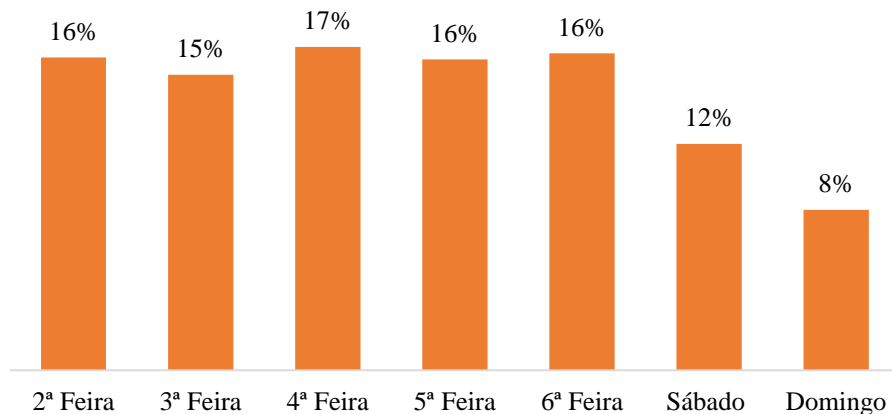


Figura 13 – Percentagem total de peões vítimas dentro das localidades, em Portugal, segundo o dia da semana (adaptado de ANSR (2016))

3.3.1. Distribuições diárias do volume pedonal

A fim de se conhecer as Distribuições do volume pedonal ao longo do dia, foram realizadas duas contagens manuais ao longo de 12 horas: uma na Avenida de Londres, em Guimarães, das 07h00 às 19h00; outra na Rua dos Barbosas, em Braga, das 08h00 às 20h00. Na escolha destas ruas teve-se em consideração o facto de elas representarem a maioria das outras secções de estudo no que diz respeito ao uso do solo. A Avenida de Londres, em Guimarães, caracteriza-se por ser uma rua que atravessa uma área de uso misto, onde se inclui a presença de serviços, comércio, escritórios e habitações. Por seu turno, a Rua dos Barbosas, em Braga, caracteriza-se por ser uma rua que atravessa uma área de uso meramente residencial.

No que diz respeito à contagem de tráfego realizada na Avenida de Londres, na Figura 14 apresentam-se os resultados obtidos. Da sua análise, o que mais se evidencia é o facto de os volumes de ponta ocorrerem das 09h00 às 10h00 e, mais tarde, das 13h00 às 15h00. Verificou-se também que os períodos aos quais correspondem volumes de tráfego pedonal mais baixos

são os do início da manhã, das 07h00 às 09h00, do meio da manhã, das 10h00 às 11h00, e do meio da tarde, das 16h00 às 17h00.

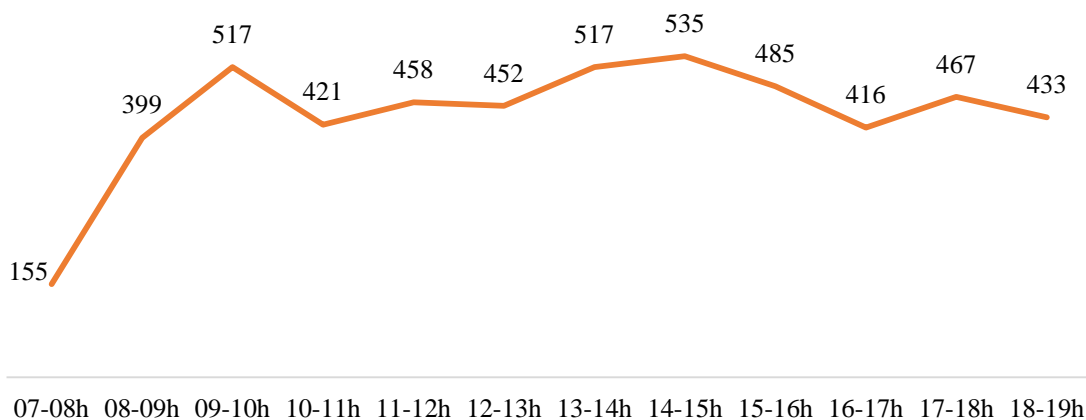


Figura 14 – Volume pedonal por período horário na Avenida de Londres

Para posteriormente se ajustar os volumes medidos para volumes de ponta nas secções de estudo cujo o uso do solo da área envolvente se caracteriza por ser misto, na Tabela 9 apresenta-se a Distribuição do volume horário medido na Avenida de Londres como uma percentagem do volume total medido durante as 12 horas.

Tabela 9 – Distribuição do volume pedonal por período horário na Avenida de Londres

Intervalo (h)	Volume (peões/h)	Percentagem do volume
07h - 08h	155	3%
08h - 09h	399	8%
09h - 10h	517	10%
10h - 11h	421	8%
11h - 12h	458	9%
12h - 13h	452	9%
13h - 14h	517	10%
14h - 15h	535	10%
15h - 16h	485	9%
16h - 17h	416	8%
17h - 18h	467	9%
18h - 19h	433	8%
Total	5255	100%

No que diz respeito à contagem de tráfego realizada na Rua dos Barbosas, optou-se por se realizar a contagem das 08h00 às 20h00 pelo facto de, durante as contagens realizadas na

Avenida de Londres, se ter verificado que o período das 07h00 às 08h00 não ser representativo do volume ao longo do dia. Para esta decisão teve-se também em conta o facto de se verificar que nesse período acontece o mesmo ao volume de tráfego motorizado (Figura 15).

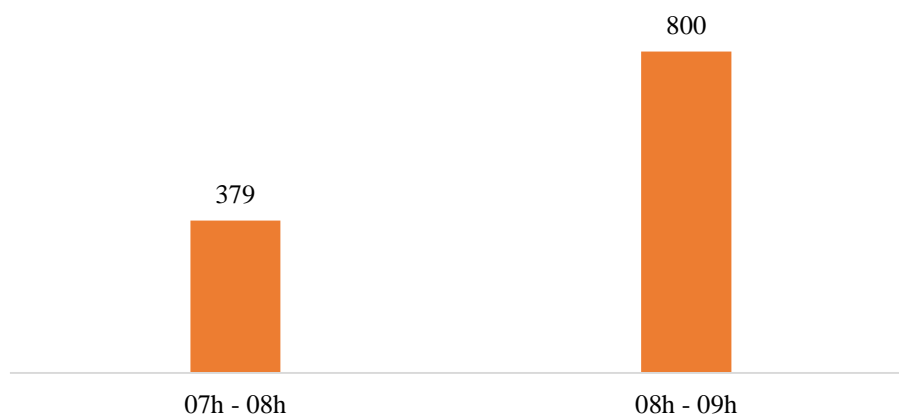


Figura 15 – Volume de tráfego veicular nas duas primeiras horas da contagem

Na Figura 16 apresentam-se os resultados obtidos da contagem efetuada na Rua dos Barbosas. A Distribuição dos volumes de tráfego pedonal para esta rua é completamente diferente daquela que se verificou na Avenida de Londres. Neste caso, os volumes de ponta ocorrerem das 09h00 às 10h00 e das 18h00 às 19h00. No caso oposto, os volumes são bastante mais baixos das 11h00 às 12h00 e, particularmente, das 14h00 às 15h00.

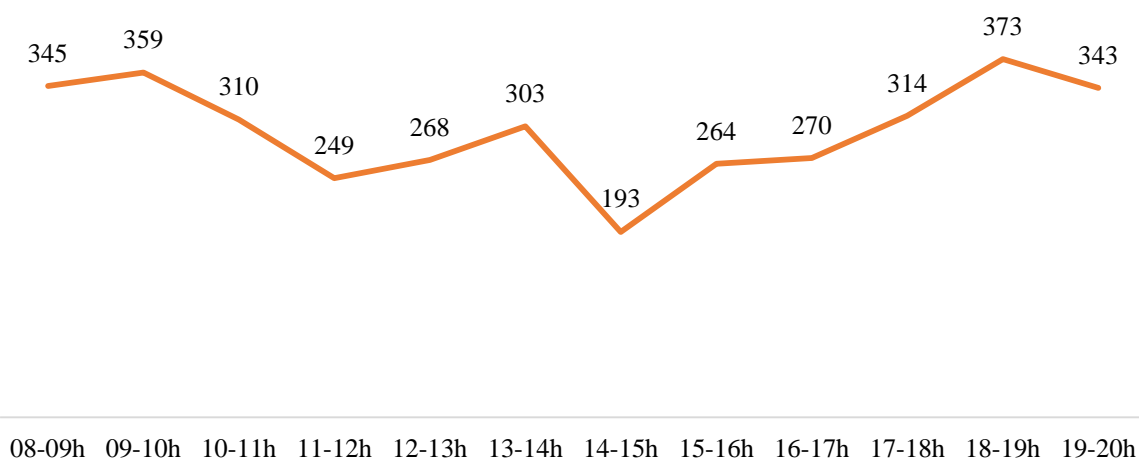


Figura 16 – Volume pedonal por período horário na Rua dos Barbosas

Para posteriormente se transformar os volumes medidos em volumes de ponta nas secções de estudo cujo uso do solo da área envolvente se caracteriza por ser unicamente residencial,

apresenta-se na Tabela 10 a Distribuição do volume horário medido na Rua dos Barbosas como uma percentagem do volume total medido durante as 12 horas.

Tabela 10 – Distribuição do volume pedonal por período horário na Rua dos Barbosas

Intervalo (h)	Volume (peões/h)	Percentagem do volume
08h - 09h	345	10%
09h - 10h	359	10%
10h - 11h	310	9%
11h - 12h	249	7%
12h - 13h	268	7%
13h - 14h	303	8%
14h - 15h	193	5%
15h - 16h	264	7%
16h - 17h	270	8%
17h - 18h	314	9%
18h - 19h	373	10%
19h - 20h	343	10%
Total	3591	100%

Sintetizando, com os dados obtidos nas duas contagens de 12 horas, pode-se concluir, em primeiro lugar, que o volume máximo pedonal corresponde a 10% do volume total, em ambos os casos, e, em segundo lugar, que a tendência do volume pedonal ao longo do dia pode variar em função do uso do solo da área atravessada pela rua (Figura 17).

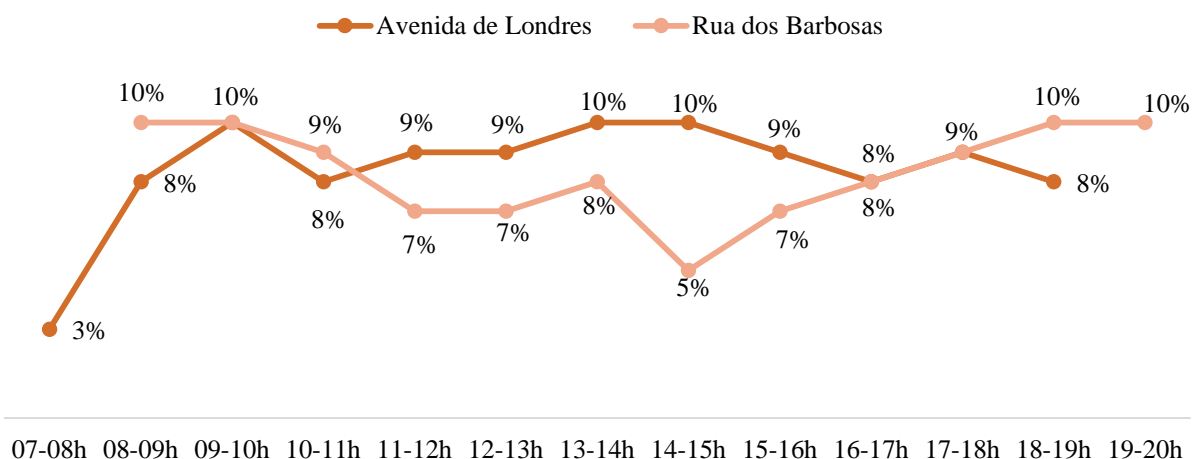


Figura 17 – Comparação das Distribuições do volume de tráfego pedonal da Avenida de Londres e da Rua dos Barbosas

Portanto, considerar-se-á que, no caso da área envolvente ao arruamento ter um uso do solo misto, a variação do volume pedonal oscila entre 8% e 10%. Já para o caso da área envolvente ao arruamento ter um uso de solo residencial, o volume de peões oscila entre 5% e 10%, apresentando os valores mínimos no período em que o arruamento do primeiro tipo apresenta o máximo, isto é, das 14h00 às 15h00. No entanto, no período da manhã, o volume de pontos nos dois arruamentos corresponde ao intervalo entre as 09h00 e as 10h00.

3.3.2. Contagens de tráfego motorizado e pedonal

Foram realizadas as contagens do volume rodoviário e pedonal, simultaneamente, em cada um dos arruamentos considerados para a análise nas horas e dias especificados anteriormente. Os resultados obtidos apresentam-se nas Tabelas 11 e 12.

Tabela 11 – Volumes de tráfego rodoviário e pedonal medidos para as secções de estudo pertencentes ao concelho de Braga

Arruamento	Volumes medidos	
	Peões (peões/h)	Veículos (veículos/h)
Avenida da Liberdade	746	2324
Avenida Doutor António Palha	419	2384
Avenida General Norton de Matos	305	829
Avenida João Paulo II	159	4682
Avenida João XXI	358	3510
Avenida Robert Smith	322	2004
Largo São João da Ponte	362	1993
Praça Conde de Agrolongo	698	910
Praça Conselheiro Torres Almeida	714	1319
Rua 25 de abril	701	790
Rua Conselheiro Lobato	389	939
Rua da Feira	59	1803
Rua de Caires	698	3076
Rua do Fujacal	329	1057
Rua Dom António Bento Martins Júnior	262	897
Rua Dom Frei Caetano Brandão	826	601
Rua dos Barbosas	359	456
Rua Padre Cruz	219	1953
Rua Pascoal Fernandes	158	458
Rua Santo Adrião	420	1505

Os valores apresentados correspondem ao volume máximo medido numa das duas horas do período de medição em cada local, ou seja, entre as 08h00 e as 10h00 ou entre as 17h00 e as 19h00.

Das medições efetuadas no concelho de Braga, os arruamentos que apresentaram um maior volume de tráfego de veículos motorizados e de peões foram a Avenida João Paulo II e a Rua Dom Frei Caetano Brandão, respetivamente. Contrariamente, a Rua dos Barbosas foi o arruamento onde se registou o menor volume de tráfego motorizado e a Rua da Feira o que apresentou um volume de tráfego pedonal menor.

Tabela 12 – Volumes de tráfego rodoviário e pedonal medidos para as secções de estudo pertencentes ao concelho de Guimarães

Aruamento	Volumes medidos	
	Peões (peões/h)	Veículos (veículos/h)
Alameda de São Dâmaso	611	819
Alameda Dr. Alfredo Pimenta	771	1351
Alameda Dr. Mariano Felgueiras	958	5110
Avenida da Igreja	379	556
Avenida de Londres	517	1091
Avenida Dom João IV	456	1351
Av. General Humberto Delgado	180	970
Avenida São Gonçalo	842	767
Largo do Toural	1710	1471
Largo República do Brasil	1089	2015
Rua 25 de Abril	100	125
Rua Arqueólogo Mário Cardoso	137	401
Rua Capitão Alfredo Guimarães	194	881
Rua de Camões	281	253
Rua dos Mártires	77	774
Rua Eduardo Manuel de Almeida	262	2019
Rua Nossa Senhora da Conceição	131	327
R. Professor Dr. Arnaldo Sampaio	277	776
Rua Serpa Pinto	374	906
Rua Teixeira de Pascoais	666	1272

Quanto às medições realizadas no concelho de Guimarães, os arruamentos com maior volume de tráfego motorizado e pedonal foram a Alameda Doutor Mariano Felgueiras e o Largo do

Toural, respetivamente. Por outro lado, a Rua 25 de Abril foi o arruamento onde se registou o menor volume de tráfego motorizado e a Rua dos Martires a que apresentou um volume de tráfego pedonal menor (Tabela 12).

3.3.3. Determinação do volume pedonal de ponta

Segundo as contagens feitas no período de 12 horas, o volume de ponta pedonal varia segundo o uso do solo da área atravessada por cada arruamento. Por conseguinte, e devido ao facto de as contagens do tráfego pedonal terem sido realizadas nos períodos do dia que foram considerados como sendo os períodos de ponta para o tráfego rodoviário, realizou-se um ajuste dos volumes de peões medidos por forma a corresponderem a volumes de ponta (Tabelas 13 e 14).

Tabela 13 – Volume de ponta do tráfego pedonal estimados para as secções de estudo pertencentes ao concelho de Braga

Arruamento	Uso do Solo	Hora	Volume medido (peões/h)	Percentagem	Volume de ponta (peões/h)
Av. da Liberdade	Misto	09h - 10h	746	10%	746
Av. Dr. António Palha	Misto	17h - 18h	419	9%	466
Av. General Norton de Matos	Misto	17h - 18h	305	9%	339
Av. João Paulo II	Misto	18h - 19h	159	8%	199
Av. João XXI	Misto	08h - 09h	358	8%	448
Av. Robert Smith	Misto	09h - 10h	322	10%	322
Largo São João da Ponte	Misto	08h - 09h	362	8%	453
Praça Conde de Agrolongo	Misto	09h - 10h	698	10%	698
Praça Conselheiro Torres Almeida	Misto	09h - 10h	714	10%	714
Rua 25 de abril	Misto	17h - 18h	701	9%	779
Rua Conselheiro Lobato	Misto	17h - 18h	389	9%	432
Rua da Feira	Residencial	08h - 09h	59	10%	59
Rua de Caires	Misto	09h - 10h	698	10%	698
Rua do Fujacal	Residencial	17h - 18h	329	9%	366
Rua Dom António Bento Martins Júnior	Residencial	17h - 18h	262	9%	291
Rua Dom Frei Caetano Brandão	Misto	09h - 10h	826	10%	826
Rua dos Barbosas	Residencial	09h - 10h	359	10%	359
Rua Padre Cruz	Residencial	18h - 19h	219	10%	219
Rua Pascoal Fernandes	Misto	17h - 18h	158	9%	176
Rua Santo Adrião	Misto	08h - 09h	420	8%	525

Para estes cálculos se tiveram em conta os valores apresentados nas Tabelas 9 e 10 e a classificação do uso do solo atribuída a cada um dos arruamentos considerados para este estudo.

Tabela 14 – Volume de ponta do tráfego pedonal estimados para as secções de estudo pertencentes ao concelho de Guimarães

Arruamento	Uso do Solo	Hora	Volume medido (peões/h)	Percentagem	Volume de ponta (peões/h)
Alameda de São Dâmaso	Misto	09h - 10h	611	10%	611
Alameda Dr. Alfredo Pimenta	Misto	09h - 10h	771	10%	771
Alameda Dr. Mariano Felgueiras	Misto	17h - 18h	958	9%	1064
Av. da Igreja	Residencial	08h - 09h	379	10%	379
Av. de Londres	Misto	09h - 10h	517	10%	517
Av. Dom João IV	Misto	09h - 10h	456	10%	456
Av. General Humberto Delgado	Residencial	17h - 18h	180	9%	200
Av. São Gonçalo	Misto	17h - 18h	842	9%	936
Largo do Tournal	Misto	17h - 18h	1710	9%	1900
Largo República do Brasil	Misto	17h - 18h	1089	9%	1210
Rua 25 de Abril	Residencial	08h - 09h	100	10%	100
Rua Arqueólogo Mário Cardoso	Residencial	18h - 19h	137	10%	137
Rua Capitão Alfredo Guimarães	Misto	17h - 18h	194	9%	216
Rua de Camões	Residencial	18h - 19h	281	10%	281
Rua dos Mártires	Misto	08h - 09h	77	8%	96
Rua Eduardo Manuel de Almeida	Misto	09h - 10h	262	10%	262
Rua Nossa Senhora da Conceição	Residencial	08h - 09h	131	10%	131
R. Professor Dr. Arnaldo Sampaio	Misto	08h - 09h	277	8%	346
Rua Serpa Pinto	Residencial	18h - 19h	374	10%	374
Rua Teixeira de Pascoais	Misto	17h - 18h	666	9%	740

Os volumes de ponta do tráfego motorizado e pedonal para o ano de 2017, a considerar para a estimativa dos volumes a integrar na construção dos modelos, são apresentados nas Tabelas 15 e 16.

No que diz respeito aos volumes pedonais de ponta referentes aos arruamentos pertencentes ao concelho de Braga, verificou-se que os valores mínimos e máximos do volume correspondem respetivamente a 59 peões/h, na Rua da Feira, e a 826 peões/h, na Rua Dom Frei Caetano Brandão. Realizando uma comparação com o número de acidentes registado no período de 2009 a 2015, no arruamento que apresenta um maior volume pedonal ocorreram 2 acidentes e na Rua

da Feira, à qual corresponde o menor volume pedonal de ponta, ocorreram 6, o que parece mostrar que o facto do volume de peões ser menor não implica um menor número de acidentes.

Tabela 15 – Volumes de tráfego de ponta para as secções de estudo pertencentes ao concelho de Braga

Arruamento	Volumes de ponta	
	Peões (peões/h)	Veículos (veículos/h)
Avenida da Liberdade	746	2324
Avenida Doutor António Palha	466	2384
Avenida General Norton de Matos	339	829
Avenida João Paulo II	199	4682
Avenida João XXI	448	3510
Avenida Robert Smith	322	2004
Largo São João da Ponte	453	1993
Praça Conde de Agrolongo	698	910
Praça Conselheiro Torres Almeida	714	1319
Rua 25 de Abril	779	790
Rua Conselheiro Lobato	432	939
Rua da Feira	59	1803
Rua de Caires	698	3076
Rua do Fujacal	366	1057
Rua Dom António Bento Martins Júnior	291	897
Rua Dom Frei Caetano Brandão	826	601
Rua dos Barbosas	359	456
Rua Padre Cruz	219	1953
Rua Pascoal Fernandes	176	458
Rua Santo Adrião	525	1505

No que diz respeito aos arruamentos pertencentes ao concelho de Guimarães, verificou-se que os valores mínimos e máximos do volume correspondem, respetivamente, a 96 peões/h na Rua dos Mártires e a 1900 peões/h no Largo do Toural.

Quanto ao número de acidentes, pode-se observar que no período entre 2009 e 2015 o valor correspondente à Rua dos Mártires é de 4 e no Largo do Toural é de 2. Portanto, como acontece no concelho de Braga, o arruamento que apresenta maior volume de tráfego pedonal tem menor número de atropelamentos.

Tabela 16 – Volumes de tráfego de ponta estimados para as secções de estudo pertencentes ao concelho de Guimarães

Arruamento	Volumes de ponta	
	Peões (Peões/h)	Veículos (Veículos/h)
Alameda de São Dâmaso	611	819
Alameda Dr. Alfredo Pimenta	771	1351
Alameda Dr. Mariano Felgueiras	1064	5110
Avenida da Igreja	379	556
Avenida de Londres	517	1091
Avenida Dom João IV	456	1351
Av. General Humberto Delgado	200	970
Avenida São Gonçalo	936	767
Largo do Toural	1900	1471
Largo República do Brasil	1210	2015
Rua 25 de Abril	100	125
Rua Arqueólogo Mário Cardoso	137	401
Rua Capitão Alfredo Guimarães	216	881
Rua de Camões	281	253
Rua dos Mártires	96	774
Rua Eduardo Manuel de Almeida	262	2019
Rua Nossa Senhora da Conceição	131	327
R. Professor Dr. Arnaldo Sampaio	346	776
Rua Serpa Pinto	374	906
Rua Teixeira de Pascoais	740	1272

3.3.4. Estimativa dos volumes de tráfego para os anos de 2009 a 2015

Com o propósito de integrar os volumes de tráfego na construção dos modelos estatísticos desagregados pelos anos que compõem o período considerado na base de dados de acidentes com peões fornecida pela ANSR, estimaram-se diferentes taxas de crescimento tanto para o volume de tráfego rodoviário como para o volume de tráfego pedonal tendo em consideração as estatísticas apresentadas pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) para o tópico do meio de transporte mais utilizado nos movimentos pendulares nas freguesias a que pertence cada uma das secções de estudo, apresentadas no Anexo I. Estes dados resultaram dos Censos de 2001 e de 2011.

As freguesias consideradas para a análise foram as seguintes:

- Concelho de Braga: Cidade, Lamações, Maximinos, São João de Souto, São José de São Lázaro, São Vicente, São Vítor e Sé;
- Concelho de Guimarães: Azurém, Creixomil, Guardizela, Oliveira do Castelo, São Paio, São Sebastião, Vila Nova de Sande e Urgezes.

Depois de se terem identificado as freguesias correspondentes às secções de estudo, foram calculadas as taxas de crescimento das deslocações pendulares realizadas a pé e por veículos através dos números apresentados pelo INE, as quais são apresentadas nas Tabelas 17 e 18.

No caso das deslocações pendulares realizadas através de veículos foram considerados os dados relativos aos seguintes meios de transporte: Autocarro; Transporte coletivo da empresa ou da escola; Automóvel ligeiro como condutor; Automóvel ligeiro como passageiro; Motociclo ou bicicleta (Anexo II).

Tabela 17 – Taxas de crescimento das deslocações pendulares para as freguesias consideradas neste estudo pertencentes ao concelho de Braga

Freguesia	A pé			De veículo		
	2001	2011	Taxa de crescimento	2001	2011	Taxa de crescimento
Cidade	567	267	-0,52910	593	457	-0,22934
Lamações	141	170	0,20567	817	1593	0,94981
Maximinos	2356	1692	-0,28183	4167	4155	-0,00287
São João do Souto	177	83	-0,53107	136	113	-0,16911
São José de São Lázaro	4000	2765	-0,30875	5725	4782	-0,16471
São Vicente	2795	3350	0,19856	5159	2494	-0,51657
São Vítor	5293	4711	-0,10995	11764	13874	0,17936
Sé	928	621	-0,33081	1393	1306	-0,06245

Importa acrescentar que, devido ao facto das freguesias de Lamações, em Braga, e de São Paio, em Guimarães, apresentarem taxas de crescimento das deslocações pendulares realizadas com recurso a veículos fora da tendência das outras freguesias, essas freguesias não foram tidas em conta no cálculo da taxa de crescimento dos volumes de tráfego.

Tabela 18 – Taxas de crescimento das deslocações pendulares para as freguesias consideradas neste estudo pertencentes ao concelho de Guimarães

Freguesia	A pé			De veículo		
	2001	2011	Taxa de crescimento	2001	2011	Taxa de crescimento
Azurém	1522	980	-0,35611	3846	3882	0,00936
Creixomil	1719	1173	-0,31762	4485	4651	0,03701
Guardizela	528	318	-0,39772	1148	1156	0,00696
Oliveira do Castelo	847	568	-0,32939	1235	1211	-0,01943
São Paio	1022	542	-0,46966	1305	744	-0,42988
São Sebastião	518	366	-0,29343	572	613	0,07167
V. N. de Sande	319	186	-0,41692	879	839	-0,04550
Urgezes	1040	685	-0,34134	2281	2391	0,048224

As taxas de crescimento dos volumes de tráfego foram determinadas através do cálculo da média aritmética das taxas de crescimento das deslocações pendulares para cada um dos concelhos em estudo (Tabela 19). Por não se ter acesso a dados relativos a anos posteriores a 2011, considerou-se que o crescimento se manteve constante até 2017.

Tabela 19 – Taxas de crescimento anual dos volumes de tráfego pedonal e rodoviário

Concelho	Trafego	Taxa de crescimento anual
Braga	Pedonal	-0,02109
	Rodoviário	-0,01379
Guimarães	Pedonal	-0,03652
	Rodoviário	0,00154

Os volumes de tráfego a considerar na construção dos modelos estatísticos, referentes ao período composto pelos anos 2009 até 2015, são apresentados nas Tabelas 20 e 21.

Tendo em conta que os volumes do tráfego rodoviário e pedonal correspondentes aos anos 2016 e 2017 não são considerados na construção dos modelos, tendo sido unicamente utilizados para o ajuste realizado com a taxa de crescimento para os anos anteriores, apenas são apresentados com o fim de mostrar a tendência da evolução dos volumes de tráfego ao longo de todos os anos.

Tabela 20 – Volume de tráfego pedonal e rodoviário de ponta para o intervalo de anos de 2009 a 2015 nas secções de estudo pertencentes ao concelho de Braga

Arruamento/Ano	Volume pedonal (peões/h)							Volume Rodoviário (veículos/h)										
	2017	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2017	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Av. da Liberdade	746	762	882	863	846	828	811	794	778	2324	2356	2593	2558	2523	2489	2455	2422	2389
Av. Dr. António Palha	466	475	550	539	528	517	506	496	485	2384	2417	2660	2624	2588	2553	2518	2484	2450
Av. General Norton de Matos	339	346	400	392	384	376	368	361	353	829	840	925	912	900	888	876	864	852
Av. João Paulo II	199	203	235	230	225	221	216	212	207	4682	4747	5224	5153	5083	5014	4946	4878	4812
Av. João XXI	448	457	529	518	507	497	486	476	467	3510	3558	3917	3863	3811	3759	3708	3657	3608
Av. Robert Smith	322	329	381	373	365	357	350	343	336	2004	2032	2236	2206	2176	2146	2117	2088	2060
Largo São João da Ponte	453	462	535	524	513	502	492	482	472	1993	2020	2224	2194	2164	2134	2105	2077	2048
Praça Conde de Agrolongo	698	713	825	808	791	775	759	743	728	910	923	1015	1002	988	975	961	948	935
Praça Conselheiro Torres Almeida	714	729	844	826	809	793	776	760	744	1319	1337	1472	1452	1432	1413	1393	1374	1356
Rua 25 de Abril	779	795	920	901	883	865	847	829	812	790	801	882	870	858	846	835	823	812
Rua Conselheiro Lobato	432	441	511	500	490	480	470	460	451	939	952	1048	1034	1019	1006	992	978	965
Rua da Feira	59	60	70	68	67	65	64	63	62	1803	1828	2012	1984	1957	1931	1905	1879	1853
Rua de Caires	698	713	825	808	791	775	759	743	728	3076	3118	3432	3386	3340	3294	3249	3205	3161
Rua do Fujacal	366	373	432	423	414	406	397	389	381	1057	1072	1179	1163	1148	1132	1117	1101	1086
Rua Dom António Bento Martins	291	297	344	337	330	323	316	310	304	897	909	1001	987	974	961	948	935	922
Rua Dom Frei Caetano Brandão	826	843	976	956	936	917	898	879	861	601	609	671	661	652	644	635	626	618
Rua dos Barbosas	359	367	424	415	407	398	390	382	374	456	462	509	502	495	488	482	475	469
Rua Padre Cruz	219	224	259	253	248	243	238	233	228	1953	1980	2179	2150	2120	2091	2063	2035	2007
Rua Pascoal Fernandes	176	179	207	203	199	195	191	187	183	458	464	511	504	497	490	484	477	471
Rua Santo Adrião	525	536	620	608	595	583	571	559	547	1505	1526	1679	1656	1634	1612	1590	1568	1547

Tabela 21 – Volume de tráfego pedonal e rodoviário de ponta para o intervalo de anos de 2009 a 2015 nas secções de estudo pertencentes ao concelho de Guimarães

Arruamento/Ano	Volume pedonal (peões/h)							Volume Rodoviário (veículos/h)										
	2017	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2017	2016	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Alameda de São Dâmaso	611	633	814	785	758	731	705	680	656	819	818	809	810	811	813	814	815	816
Alameda Dr. Alfredo Pimenta	771	799	1027	991	956	922	890	859	828	1351	1349	1334	1336	1339	1341	1343	1345	1347
Alameda Dr. Mariano Felgueiras	1064	1103	1418	1368	1320	1274	1229	1185	1144	5110	5102	5047	5055	5063	5071	5078	5086	5094
Av. da Igreja	379	393	505	487	470	453	437	422	407	556	555	549	550	551	552	553	553	554
Av. de Londres	517	536	689	665	641	619	597	576	555	1091	1089	1078	1079	1081	1083	1084	1086	1088
Av. Dom João IV	456	473	608	586	566	546	526	508	490	1351	1349	1334	1336	1339	1341	1343	1345	1347
Av. General Humberto Delgado	200	207	266	257	248	239	231	223	215	970	968	958	960	961	963	964	966	967
Av. São Gonçalo	936	970	1247	1203	1160	1119	1080	1042	1005	767	766	758	759	760	761	762	763	765
Largo do Tournal	1900	1969	2532	2442	2356	2273	2193	2116	2041	1471	1469	1453	1455	1457	1460	1462	1464	1466
Largo República do Brasil	1210	1254	1612	1555	1501	1448	1397	1347	1300	2015	2012	1990	1993	1996	1999	2003	2006	2009
Rua 25 de Abril	100	104	133	129	124	120	115	111	107	125	125	123	124	124	124	124	124	125
Rua Arqueólogo Mário Cardoso	137	142	183	176	170	164	158	153	147	401	400	396	397	397	398	399	399	400
Rua Capitão Alfredo Guimarães	216	223	287	277	267	258	249	240	232	881	880	870	872	873	874	876	877	878
Rua de Camões	281	291	374	361	348	336	324	313	302	253	253	250	250	251	251	251	252	252
Rua dos Mártires	96	100	128	124	119	115	111	107	103	774	773	764	766	767	768	769	770	772
Rua Eduardo Manuel de Almeida	262	272	349	337	325	313	302	292	281	2019	2016	1994	1997	2000	2003	2007	2010	2013
Rua Nossa Senhora da Conceição	131	136	175	168	162	157	151	146	141	327	326	323	323	324	324	325	325	326
Rua Professor Dr. Arnaldo Sampaio	346	359	461	445	429	414	400	386	372	776	775	766	768	769	770	771	772	774
Rua Serpa Pinto	374	388	498	481	464	447	432	416	402	906	905	895	896	898	899	900	902	903
Rua Teixeira de Pascoais	740	767	986	951	918	885	854	824	795	1272	1270	1256	1258	1260	1262	1264	1266	1268

3.4. Construção dos modelos estatísticos de previsão

O objetivo principal deste estudo é a identificação das variáveis que podem influenciar a frequência de acidentes com peões, como foi explicado no Capítulo 1. Essa identificação vai ser efetuada através da construção de modelos estatísticos a partir de uma base de dados organizada para os locais escolhidos para análise, apresentados no subcapítulo 3.2.

Para tal, foi definida como variável dependente o número de acidentes ocorridos em cada arruamento e como variáveis explicativas foram definidas todas aquelas que se apresentaram no subcapítulo 3.1.

Por outro lado, o estudo dos acidentes rodoviários pode ser efetuado através de uma base de dados agregados com o fim de descrever as tendências gerais da sinistralidade ou através de uma base de dados desagregados, os quais permitirão avaliar o efeito das alterações das variáveis explicativas ao longo do tempo.

No presente estudo serão desenvolvidos os dois tipos de modelos em função da base de dados agregados ou desagregados, segundo o período da análise.

Portanto, os grupos de variáveis que vão ser considerados constantes em todos os modelos, devido à falta de informação dos anos anteriores e que vão ser determinadas a partir da observação direta no presente ano 2017, são:

- Envolvente;
- Infraestrutura Pedonal;
- Infraestrutura Rodoviária.

Por outro lado, a aplicação dos seguintes grupos de variáveis diferencia-se consoante o período de análise:

- Características dos peões;
- Características do tráfego pedonal e veicular.

Nos subcapítulos a seguir serão explicadas e apresentadas todas as variáveis a considerar na construção dos modelos, além dos períodos considerados para a sua realização e das técnicas de modelação a utilizar.

3.4.1. Definição dos períodos de análise para a organização da base de dados

Com o intuito de se organizar a base de dados constituída para a construção dos modelos de acidentes com peões começou-se por identificar os períodos sobre os quais se debruçaria a análise. Para tal, considerou-se o número de acidentes ocorridos por ano nas ruas de cada concelho, escolhidas para o presente estudo, com o fim de identificar possíveis características atípicas nas tendências dos mesmos ao longo do período de 2009 a 2015 (Figura 18).

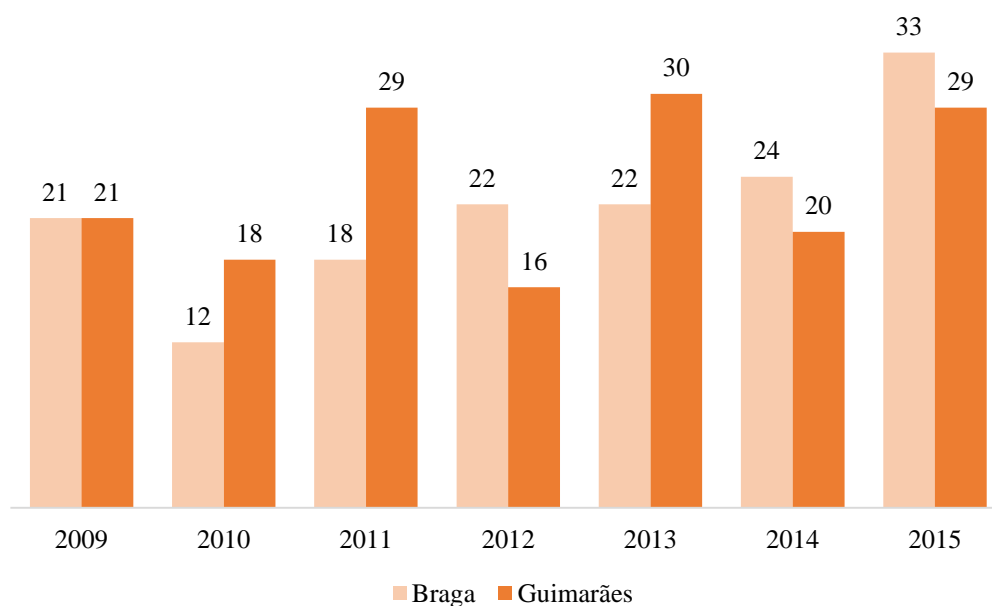


Figura 18 – Acidentes com peões por ano nos concelhos de Braga e Guimarães

Por conseguinte, consideraram-se quatro períodos de análise distintos: o agregado de todos os anos de 2009 a 2015; o período definido de 2010 a 2015, uma vez que o número de acidentes que envolvem peões ocorridos nas secções de estudo pertencentes ao concelho de Braga mostra uma tendência para aumentar a partir do ano de 2010.

Os dois períodos restantes são os definidos de 2009 a 2011 e de 2013 a 2015, pois, pelo motivo de Guimarães ter sido considerada “Capital Europeia da Cultura” em 2012, o número de acidentes ocorridos pode ter sido influenciado pela implementação de políticas especiais de tráfego e por volumes atípicos, pelo que se considerou a não inclusão deste ano em parte da análise.

3.4.2. Descrição das variáveis consideradas

Neste subcapítulo apresenta-se a nomenclatura e descrições das variáveis explicativas pertencentes aos grupos definidos no subcapítulo 3.1 consideradas na construção dos modelos de previsão de acidentes.

Envolvente

Usolo – Uso do solo

Como foi explicado no Capítulo 2, a presença e função dos edifícios pode afetar o comportamento quer dos condutores, quer dos peões. Portanto, com a consideração desta variável pretende-se avaliar qualitativamente a influência do uso do solo do local de estudo, no número de acidentes.

Com o objetivo de facilitar a análise dos resultados e tendo em consideração as características do uso do solo das áreas consideradas neste estudo, foram definidos dois níveis de classificação do uso do solo que são explicados de seguida:

- **Uso Residencial:** Arruamentos onde a presença de habitações residenciais é predominante, e só existe um reduzido número de pequenas lojas, bares ou cafés;
- **Uso Misto:** Arruamentos com edifícios comerciais, de serviços ou educacionais, onde também há habitações residenciais.

O uso do solo é uma variável adimensional, representada por *Usolo*, em que 0 representa uso do solo misto e 1 uso do solo residencial.

Est – Lugares de estacionamento

A presença de lugares de estacionamento ao longo de cada arruamento pode aumentar o risco de acidentes, criando mascaradas nas zonas de atravessamento pedonal. Esta é uma variável igualmente adimensional, representada por *Est*, em que Sim (0) representa a presença de estacionamentos e Não (1) a ausência.

Autocarro – Paragens de autocarro

A presença de paragens de autocarro, se não tiver uma boa conexão com a rede pedonal pode aumentar o risco de acidentes. Esta é uma variável também adimensional, representada por *Autocarro*, em que Sim (0) representa a presença de paragens de autocarro e Não (1) a ausência.

Seguidamente, nas Tabelas 22 e 23 apresenta-se as classificações das secções de estudo no que diz respeito às variáveis pertencentes ao grupo da envolvente. Através da análise de ambas, pode-se observar, em primeiro lugar, que o uso do solo misto é predominante, correspondendo a 75% e 65% dos arruamentos selecionados nos concelhos de Braga e Guimarães, respetivamente.

Tabela 22 – Caracterização das secções de estudo pertencentes ao concelho de Braga no que diz respeito à sua envolvente

Arruamento	Envolvente		
	Uso do solo	Lugares de estacionamento	Paragem de autocarro
Av. da Liberdade	Misto	Sim	Sim
Av. Dr. António Palha	Misto	Sim	Sim
Av. General Norton de Matos	Misto	Sim	Não
Av. João Paulo II	Misto	Não	Sim
Av. João XXI	Misto	Sim	Sim
Av. Robert Smith	Misto	Não	Sim
Largo São João da Ponte	Misto	Não	Sim
Praça Conde de Agrolongo	Misto	Sim	Sim
Praça Conselheiro Torres Almeida	Misto	Não	Sim
Rua 25 de abril	Misto	Sim	Sim
Rua Conselheiro Lobato	Misto	Sim	Sim
Rua da Feira	Residencial	Sim	Sim
Rua de Caires	Misto	Sim	Sim
Rua do Fujacal	Residencial	Sim	Não
Rua Dom António Bento Martins Júnior	Residencial	Sim	Sim
Rua Dom Frei Caetano Brandão	Misto	Sim	Sim
Rua dos Barbosas	Residencial	Sim	Não
Rua Padre Cruz	Residencial	Sim	Sim
Rua Pascoal Fernandes	Misto	Sim	Sim
Rua Santo Adrião	Misto	Sim	Sim

Por outro lado, quanto à variável de lugares de estacionamento, 20% dos arruamentos analisados, nos dois concelhos, não tem lugares de estacionamento. No que diz respeito à existência de paragens de autocarro, 85% das ruas analisadas no concelho de Braga e 75% nas ruas pertencentes ao concelho de Guimarães possuem pelo menos uma paragem

Tabela 23 – Caracterização das secções de estudo pertencentes ao concelho de Guimarães no que diz respeito à sua envolvente

Aruamento	Envolvente		
	Uso do solo	Lugares de estacionamento	Paragem de autocarro
Alameda de São Dâmaso	Misto	Não	Sim
Alameda Dr. Alfredo Pimenta	Misto	Sim	Sim
Alameda Dr. Mariano Felgueiras	Misto	Não	Sim
Av. da Igreja	Residencial	Sim	Sim
Av. de Londres	Misto	Sim	Sim
Av. Dom João IV	Misto	Sim	Sim
Av. General Humberto Delgado	Residencial	Sim	Não
Av. São Gonçalo	Misto	Sim	Sim
Largo do Toural	Misto	Sim	Sim
Largo República do Brasil	Misto	Sim	Sim
Rua 25 de Abril	Residencial	Sim	Não
Rua Arqueólogo Mário Cardoso	Residencial	Sim	Sim
Rua Capitão Alfredo Guimarães	Misto	Sim	Sim
Rua de Camões	Residencial	Sim	Não
Rua dos Mártires	Misto	Sim	Sim
Rua Eduardo Manuel de Almeida	Misto	Não	Sim
Rua Nossa Senhora da Conceição	Residencial	Sim	Não
Rua Professor Dr. Arnaldo Sampaio	Misto	Sim	Sim
Rua Serpa Pinto	Residencial	Não	Não
Rua Teixeira de Pascoais	Misto	Sim	Sim

Infraestrutura pedonal

Dentro da qualidade da rede pedonal, neste estudo em particular, não se tomou em consideração a qualidade superficial dos passeios, pois, no caso de Guimarães e Braga, pode-se observar que os passeios têm geralmente boa qualidade. Por conseguinte dá-se ênfase apenas às variáveis de continuidade dos passeios, *Contp*, e largura útil mínima dos passeios, *Lpas*.

Contp – Continuidade dos passeios

A continuidade dos passeios é uma variável qualitativa, representada por *Contp*, em que Sim (0) representa os passeios que, no arruamento em estudo, têm continuidade e Não (1) os que não apresentam continuidade.

Lpas – Largura mínima útil dos passeios

Por outro lado, a largura útil dos passeios, *Lpas*, é uma variável numérica que representa a distância mínima disponível que um peão tem à sua disposição para caminhar, ou seja, consiste, por exemplo, na distância entre um obstáculo (arvore, parquímetro, etc.) e a fachada exterior de um edificado ou entre a fachada e a extremidade lateral do passeio. Estas distâncias foram medidas em cada local com a ajuda de uma fita métrica, tendo como unidade de medida o metro (m), e são apresentadas na Tabela 26.

Datrav – Distância entre atravessamentos formais

Esta é outra das variáveis numéricas, representa a distância média em metros (m) entre as diferentes tipologias de travessias pedonais, quer de nível quer desniveladas (passagens superiores ou inferiores), que existem ao longo de cada arruamento. Devido à dificuldade de obtenção das distâncias entre as passagens pedonais, foi utilizado o software *Google Earth* na execução dessa tarefa (Figura 19).

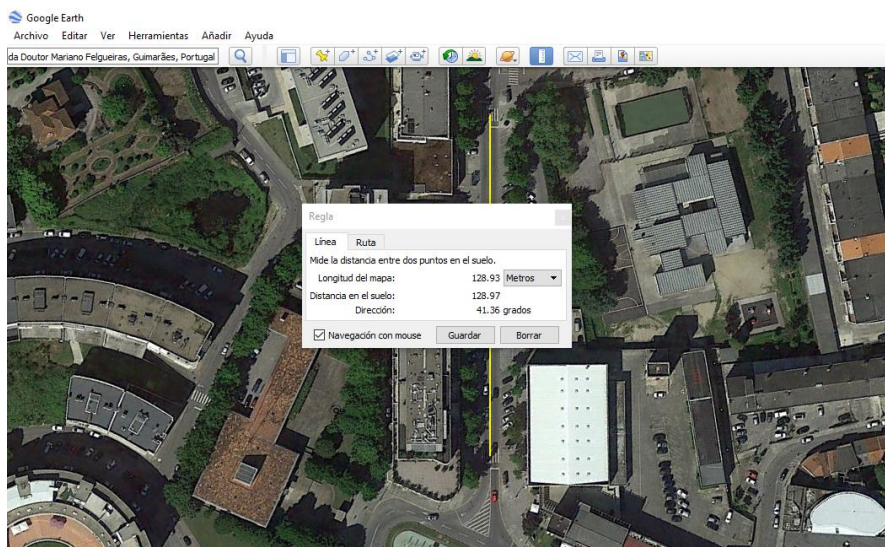


Figura 19 – Exemplo de medição da distância entre duas passagens pedonais

No Anexo III, são apresentados os valores da variável *Datrav*, calculados através da média aritmética das distâncias entre os atravessamentos de cada um dos arruamentos em estudo. No caso do arruamento não ter atravessamentos formais, a distância média admitida consistiu num valor superior a todos aqueles que foram medidos, tendo sido considerada a distância de 500 metros nesses casos, pois a distância máxima medida entre passagens para peões nos locais de análise foi de 450 metros.

Ilha –Atravessamentos ilegais/ Atravessamentos legais

Esta variável, denominada por *Ilha*, representa o número espaços observados nos separadores centrais que se formaram devido à elevada frequência de realização de atravessamentos ilegais a dividir pelo número de espaços destinados à realização de atravessamentos legais nos separadores centrais existentes ao longo de cada arruamento. Esta é uma variável numérica adimensional que permitirá avaliar, principalmente, o impacto dos atravessamentos ilegais no número de acidentes ocorridos para o caso de existir separador central nos arruamentos em análise.

Iluminacao – Iluminação

A iluminação é outra das variáveis qualitativas, representada por *Iluminacao*, em que boa (0) representa a boa qualidade de iluminação e má (1) representa o contrário.



Figura 20 – Exemplo de arruamento com boa qualidade de iluminação – Rua do Caires, Braga
(Fonte: Google)

Os critérios para definir a qualidade de iluminação em cada um dos arruamentos foram, em primeiro lugar, se tem ou não iluminação. Em caso de não ter, foi imediatamente atribuída a

designação de má qualidade. Por outro lado, se tem, toma-se em consideração a distância entre os postes de iluminação e a distância entre estes e a localização das travessias pedonais. Na Figura 20 é apresentado um exemplo de um arruamento com boa qualidade de iluminação.

Seguidamente, nas Tabelas 24 e 25 são apresentados os resultados das variáveis analisadas dentro do grupo da infraestrutura pedonal.

Tabela 24 – Caracterização das secções de estudo pertencentes ao concelho de Braga no que diz respeito à infraestrutura pedonal

Aruamento	Infraestrutura Pedonal				
	Continuidade dos passeios	Largura útil mínima dos passeios (m)	Distância entre passagens pedonais (m)	A. Ilegais / A. Legais	Iluminação
Av. da Liberdade	Sim	3	145	0	Boa
Av. Dr. António Palha	Sim	0,9	242	0	Boa
Av. General Norton de Matos	Sim	0,7	135	1,5	Boa
Av. João Paulo II	Sim	1,9	259	0	Boa
Av. João XXI	Sim	1,2	185	1,25	Boa
Av. Robert Smith	Não	1,8	150	0	Boa
Largo São João da Ponte	Sim	1,2	190	1	Boa
Praça Conde de Agrolongo	Sim	1,8	37	0	Boa
Praça Conselheiro Torres Almeida	Sim	1,4	30	0	Boa
Rua 25 de abril	Sim	1,3	122	0	Boa
Rua Conselheiro Lobato	Sim	1,5	112	0	Boa
Rua da Feira	Sim	1,2	114	0	Boa
Rua de Caires	Sim	1,3	155	7	Boa
Rua do Fujacal	Sim	1,9	140	0	Boa
Rua Dom António Bento Martins Júnior	Não	1,5	95	0	Boa
Rua Dom Frei Caetano Brandão	Sim	1	104	0	Boa
Rua dos Barbosas	Sim	1,5	245	0	Boa
Rua Padre Cruz	Não	0,9	166	0	Boa
Rua Pascoal Fernandes	Sim	1,2	100	0	Boa
Rua Santo Adrião	Não	0,9	268	0	Boa

No que diz respeito aos passeios pedonais, 80% dos locais de estudo, quer em Braga quer em Guimarães, tem continuidade; quanto à largura mínima útil disponível, em Braga esta corresponde a 0,7 metros, em Guimarães corresponde 0 metros já que 25% dos arruamentos em

estudo não tem passeios. Relativamente às larguras máximas existentes disponíveis, verificou-se que são de aproximadamente 3 metros e correspondem a ruas com um volume pedonal alto, como é o caso da Avenida da Liberdade em Braga e do Largo do Toural em Guimarães.

Para sintetizar, em média a largura mínima disponível nos arruamentos em estudo de Braga tem aproximadamente 1,5 metros o que corresponde às recomendações dadas para vias principais e distribuidoras, por outro lado em Guimarães a largura média é aproximadamente de 1 metro, no entanto há que realizar uma análise particular de cada arruamento que visa verificar se existem e qual o tipo de obstáculos presentes nos passeios para se poder tirar conclusões representativas.

Tabela 25 – Caracterização das secções de estudo pertencentes ao concelho de Guimarães no que diz respeito à infraestrutura pedonal

Arruamento	Infraestrutura Pedonal				
	Continuidade dos passeios	Largura útil mínima dos passeios (m)	Distância entre passagens pedonais (m)	A. Ilegais /A. Legais	Iluminação
Alameda de São Dâmaso	Sim	1,9	77	0	Boa
Alameda Dr. Alfredo Pimenta	Sim	1,4	117	2	Boa
Alameda Dr. Mariano Felgueiras	Sim	0	170	0	Boa
Av. da Igreja	Sim	1,2	77	0	Boa
Av. de Londres	Sim	1,7	92	0	Boa
Av. Dom João IV	Sim	1	109	0	Boa
Av. General Humberto Delgado	Sim	1	115	0	Boa
Av. São Gonçalo	Sim	1,2	93	2,4	Boa
Largo do Toural	Sim	2,8	86	0	Boa
Largo República do Brasil	Sim	1,2	67	0	Boa
Rua 25 de Abril	Não	0	500	0	Má
Rua Arqueólogo Mário Cardoso	Não	0	99	0	Má
Rua Capitão Alfredo Guimarães	Sim	1,3	125	0	Má
Rua de Camões	Sim	1,1	190	0	Boa
Rua dos Mártires	Não	0	500	0	Má
Rua Eduardo Manuel de Almeida	Sim	1,1	122	0	Boa
Rua Nossa Senhora da Conceição	Não	0	500	0	Boa
Rua Professor Dr. Arnaldo Sampaio	Sim	1,8	79	0	Boa
Rua Serpa Pinto	Sim	1,1	90	0	Boa
Rua Teixeira de Pascoais	Sim	1,4	128	0	Boa

Relativamente aos atravessamentos pedonais, em primeiro lugar, no que diz respeito à distância entre passagens para peões, verificou-se que em 80% arruamentos do estudo em Braga têm distâncias superiores à recomendável no manual do planeamento de acessibilidades e transportes (peões), que é de 100 metros (Seco *et al.*, 2008a). O mesmo acontece em Guimarães cuja percentagem é menor, isto é 55% dos arruamentos excedem aquele valor.

Em segundo lugar, no que diz respeito ao número de atravessamentos legais ou ilegais nas vias com separador central, nos locais de estudo, verificou-se que em Braga existem mais trajetos demarcados nos separadores centrais, como por exemplo degradação da vegetação, do que passagens formais, o que indica a frequente realização de atravessamentos ilegais, como é o caso da Avenida General Norton de Matos, da Avenida João XXI, e da Rua de Caires. No concelho de Guimarães o mesmo acontece nos arruamentos: Alameda Doutor Alfredo Pimenta, e Avenida São Gonçalo.

Com base nos volumes de tráfego apresentados no subcapítulo 3.3 e no que foi observado durante a recolha de dados, é importante referir que estes atravessamentos ilegais ocorrem em vias com elevado volume de tráfego como na avenida João XXI em Braga e na Alameda Doutor Alfredo Pimenta em Guimarães.

Por último, quanto à qualidade de iluminação dos locais em análise, foi considerado que 100% dos arruamentos em Braga têm boa iluminação, enquanto em Guimarães apenas 80%.

Infraestrutura rodoviária

Classe – Classificação viária

As vias de tráfego podem ser divididas em 4 tipologias, cada uma delas depende de determinados pesos relativos às funções de circulação e acesso. A classificação das vias de tráfego é realizada a fim de se adotarem medidas de apoio ao tráfego. No que diz respeito aos peões, esta classificação é efetuada para que exista uma razoável compatibilidade entre as funções de acesso e as de deslocação ou vivência urbana, pois tem-se demonstrado que quanto maiores forem as velocidades e os fluxos do tráfego motorizado, maior será o risco de acidente (Seco *et al.*, 2008b).

Os níveis da classificação viária foram definidos com base nos princípios básicos de organização de redes viárias (Seco *et al.*, 2008b) e os critérios tidos em conta são apresentados na Tabela 26.

Tabela 26 – Níveis da classificação viária (Seco *et al.*, 2008b)

Classificação viária		
Vias estruturantes. A principal função das vias estruturantes é a circulação.	Vias coletoras ou arteriais	Representam a classe virada para o serviço das deslocações de média e longa dimensão.
	Vias Distribuidoras principais	Representam a classe que tem como função principal fazer a ligação das vias coletoras às redes locais.
Vias locais Estas vias têm a função de acesso, ou seja, dar prioridade à vivência urbana.	Vias Distribuidoras locais	Tem como função principal canalizar e Distribuir dentro dos espaços locais o tráfego com destino e origem na rede estruturante.
	Acesso local	Sua função principal é servir o acesso direto a os espaços adjacentes e aos movimentos pedonais.

Esta variável é denominada por *Classe* e os correspondentes níveis são representados por: 0, para as coletoras; 1, para as distribuidoras principais; 2, para as distribuidoras locais; e, por último, 3, corresponde às vias de acesso local.

Nvias – Número das vias de circulação

O número de vias de circulação, *Nvias*, é uma variável numérica adimensional que representa a soma total das vias de circulação de cada arruamento, sem diferenciar os sentidos, pois o número de sentidos diz respeito a outra variável que será explicada adiante.

Lvias – Larguras das vias de circulação

A largura das vias de circulação, denominada no modelo por *Lvias*, é uma variável numérica que foi calculada através da media aritmética entre as diferentes larguras das vias de cada arruamento.

Estas larguras foram determinadas com ajuda do software “Google Earth”, e na Figura 21 é apresentado um exemplo de medição.

No Anexo III são apresentadas as larguras das vias de cada arruamento considerado no estudo, medidas em metros (m).

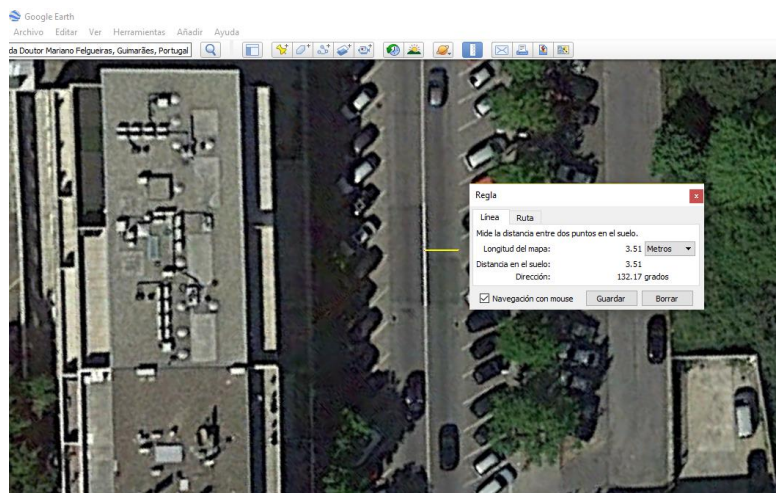


Figura 21 – Exemplo de medição da largura de uma via de circulação

Sentidos – Número de sentidos

Esta variável representa o número de sentidos de circulação dos veículos em cada arruamento. Mesmo sendo uma variável numérica, foi convertida em binária, considerando que a circulação do tráfego em cada arruamento pode ser de sentido único ou bidirecional. Portanto, ela é representada por “0”, no caso de o arruamento ser de sentido único, e por “1”, no caso de ser um arruamento bidirecional.

Sep – Separador central

A ausência de separador central, representada por *Sep*, é uma variável qualitativa, em que Sim (0) traduz a existência de separador central ao longo do arruamento e Não (1) representa a sua ausência.

Declive – Declive

A última variável pertencente ao grupo da infraestrutura rodoviária é a inclinação média dos arruamentos. Esta é uma variável numérica e adimensional, pois representa a inclinação de cada arruamento.

Estes declives foram obtidos a partir da cartografia de cada um dos concelhos. No caso de Guimarães, com o software *Civil 3D (AutoCAD)* criou-se o perfil longitudinal de cada

arruamento e a partir dele calculou-se a inclinação média de cada arruamento. Para o concelho de Braga, os declives foram determinados diretamente através dos pontos cotados representados na cartografia.

Em resumo, nas Tabelas 27 e 28 são apresentados os resultados de cada uma das variáveis para o tópico da infraestrutura rodoviária para cada local de estudo.

Tabela 27 – Caracterização das secções de estudo pertencentes ao concelho de Braga no que diz respeito à infraestrutura rodoviária

Arruamento	Infraestrutura Rodoviária					
	Classificação viária	Nº de vias	Largura média das vias (m)	Nº de sentidos	Separador central	Declive
Av. da Liberdade	Dist. principal	5	3,1	2	Não	3,4%
Av. Dr. António Palha	Dist. principal	4	3,4	2	Sim	2,9%
Av. General Norton de Matos	Dist. Principal	2	3,6	2	Sim	4,7%
Av. João Paulo II	Coletora	6	3,2	2	Sim	0,9%
Av. João XXI	Dist. principal	6	3,4	2	Sim	0,9%
Av. Robert Smith	Dist. local	5	4	2	Não	0,1%
Largo São João da Ponte	Dist. principal	6	3,1	2	Sim	0,6%
Praça Conde de Agrolongo	Dist. local	2	3,7	2	Não	1,9%
Praça Conselheiro Torres Almeida	Dist. local	2	3,6	2	Sim	4,9%
Rua 25 de abril	Dist. local	2	3,1	1	Não	1,7%
Rua Conselheiro Lobato	Acesso local	2	3,3	1	Não	1,1%
Rua da Feira	Dist. local	3	3,6	2	Não	6,5%
Rua de Caires	Dist. principal	4	3,3	2	Sim	1,5%
Rua do Fujacal	Acesso local	2	4,9	2	Não	0,0%
Rua Dom António Bento Martins Júnior	Dist. local	2	3,4	2	Não	5,8%
Rua Dom Frei Caetano Brandão	Dist. local	2	3	1	Não	3,7%
Rua dos Barbosas	Acesso local	2	3,3	2	Não	1,6%
Rua Padre Cruz	Dist. local	2	3,4	2	Não	0,8%
Rua Pascoal Fernandes	Dist. local	2	3,8	2	Não	1,3%
Rua Santo Adrião	Dist. local	2	4,3	2	Não	3,9%

Com esses dados, constata-se que em ambos concelhos a tipologia de vias mais representadas são as vias distribuidoras principais e distribuidoras locais, com mais de 80%, o que pode atribuir-se ao facto de realizar a análise em arruamentos dentro das zonas urbanas. No caso das

outras classificações viárias, por exemplo, as vias de acesso local nos arruamentos escolhidos em Guimarães e em Braga representam o 15%, enquanto as vias coletoras são representadas por um único arruamento em Braga.

Tabela 28 – Caracterização das secções de estudo pertencentes ao concelho de Guimarães no que diz respeito à infraestrutura rodoviária

Aruamento	Infraestrutura Rodoviária					
	Classificação viária	Número de vias	Largura média das vias (m)	Número de sentidos	Separador central	Declive
Alameda de São Dâmaso	Dist. principal	3	3,0	2	Sim	1,6%
Alameda Dr. Alfredo Pimenta	Dist. principal	4	2,9	2	Sim	0,7%
Alameda Dr. Mariano Felgueiras	Dist. principal	5	3,4	2	Sim	0,1%
Av. da Igreja	Dist. local	2	3,3	2	Sim	6,5%
Av. de Londres	Dist. principal	2	3,5	1	Não	4,9%
Av. Dom João IV	Dist. principal	2	3,8	2	Não	2,7%
Av. General Humberto Delgado	Dist. local	2	3,4	2	Não	0,1%
Av. São Gonçalo	Dist. principal	4	3,0	2	Sim	0,1%
Largo do Toural	Dist. principal	3	3,0	2	Sim	1,5%
Largo República do Brasil	Dist. local	4	3,1	2	Sim	2,2%
Rua 25 de Abril	Acesso local	1	3,2	2	Não	15,4%
Rua Arqueólogo Mário Cardoso	Dist. local	2	3,1	2	Não	2,7%
Rua Capitão Alfredo Guimarães	Dist. local	2	2,8	1	Não	4,8%
Rua de Camões	Acesso local	1	3,1	1	Não	6,7%
Rua dos Mártires	Acesso local	2	3,3	2	Não	7,2%
Rua Eduardo Manuel de Almeida	Dist. principal	2	4,1	2	Não	5,3%
Rua Nossa Senhora da Conceição	Dist. principal	2	3,0	1	Não	1,9%
Rua Professor Dr. Arnaldo Sampaio	Dist. local	2	3,1	2	Não	1,3%
Rua Serpa Pinto	Dist. local	2	3,9	2	Não	3,0%
Rua Teixeira de Pascoais	Dist. local	2	3,8	2	Não	1,1%

Pode-se observar ainda que das secções em estudo mais do 80% tem sentido bidirecional em ambos concelhos, contudo 65% destes arruamentos não tem separador central.

No que diz respeito à largura das vias, como é apresentado no Anexo III, na maioria das vezes as vias dos arruamentos considerados na análise têm largura superior a 3 metros. Quanto ao número de vias, o máximo número de vias corresponde a 6 em Braga e a 5 em Guimarães, por sua vez o número mínimo de vias é de 2 e 1, respetivamente. Isto pode traduzir-se numa largura da passagem para os peões máxima de 18 metros e mínima de 3 metros, sem ter em conta o espaço destinado para o estacionamento.

Por último, quanto ao declive dos arruamentos, em Guimarães apresenta-se o máximo declive de 15% na Rua 25 de Abril, enquanto em Braga o máximo é aproximadamente de 7% na Rua da Feira. Em ambos os concelhos o declive mínimo é de 0% e o declive médio global nos locais de estudo em Braga corresponde a 2% e em Guimarães a 3%.

Características dos peões

Ao contrário das variáveis explicadas anteriormente, as variáveis referentes às características dos peões foram extraídas da base de dados de acidentes fornecida pela ANSR.

Estas variáveis vão ser diferenciadas em função dos modelos agregados ou desagregados. Quanto aos modelos agregados, todas as características a considerar vão ser o resultado da soma dos anos correspondentes ao período em análise. Quanto aos desagregados, estas características vão variar ao longo do período da análise.

Grupos etários

Os grupos etários foram definidos de acordo com os intervalos de idade utilizados no relatório anual de sinistralidade da ANSR (2016), os quais são apresentados na Tabela 31.

A seguir foram calculadas as proporções referentes a cada intervalo de idade, isto é o número de acidentes por grupo etário foi dividido pelo número de acidentes associados ao período da análise e ao arruamento. Portanto, estas proporções (*PA*, *PB*, *PC*, *PD*, *PE* e *PF*) são variáveis numéricas adimensionais.

Tabela 29 – Grupos etários

Intervalo de idade	Classificação
0-14	A→PA
15-24	B→PB
25-44	C→PC
45-64	D→PD
65-74	E→PE
>= 75	F→PF

Nas Tabelas 32 e 33 são apresentados a quantidade e a proporção de acidentes para cada faixa etária definida na Tabela 31, ano a ano e para a agregação de todos os arruamentos em análise e para cada concelho.

Tabela 30 – Número e proporção de acidentes por faixa etária em Braga

Ano	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
No. Acidentes	21	12	18	22	22	24	33	152
A	1	1	1	2	2	0	0	7
PA	0,05	0,08	0,06	0,09	0,09	0,00	0,00	0,05
B	4	1	3	5	1	4	5	23
PB	0,19	0,08	0,17	0,23	0,05	0,17	0,15	0,15
C	2	2	2	5	6	3	4	24
PC	0,10	0,17	0,11	0,23	0,27	0,13	0,12	0,16
D	8	4	5	8	7	8	17	57
PD	0,38	0,33	0,28	0,36	0,32	0,33	0,52	0,38
E	3	2	3	0	4	5	1	18
PE	0,14	0,17	0,17	0,00	0,18	0,21	0,03	0,12
F	3	2	4	2	2	4	6	23
PF	0,14	0,17	0,22	0,09	0,09	0,17	0,18	0,15

Com isto, pode-se concluir que tanto em Braga como em Guimarães, para o período compreendido entre 2009 e 2015, o mínimo e o máximo número de acidentes são apresentados nos dois concelhos nas mesmas faixas etárias, sendo que, a menor percentagem é apresentada na faixa etária, A, que compreende os peões com idade entre 0 e 14 anos, com 5% em Braga e 7% em Guimarães. De igual maneira, a maior percentagem de peões envolvidos num acidente rodoviário são os pertencentes à faixa etária, D, que corresponde às idades entre 45 e 64 anos, com 38% em Braga e 31% em Guimarães.

Tabela 31 – Número e proporção de acidentes por faixa etária em Guimarães

Ano	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
No. Acidentes	21	18	29	16	30	20	29	163
A	0	2	4	1	3	1	0	11
PA	0	0,11	0,14	0,06	0,10	0,05	0,00	0,07
B	4	2	4	2	6	2	4	24
PB	0,19	0,11	0,14	0,13	0,20	0,10	0,14	0,15
C	5	5	6	3	1	1	4	25
PC	0,24	0,28	0,21	0,19	0,03	0,05	0,14	0,15
D	5	3	10	6	10	8	9	51
PD	0,24	0,17	0,34	0,38	0,33	0,40	0,31	0,31
E	5	2	2	3	4	2	7	25
PE	0,24	0,11	0,07	0,19	0,13	0,10	0,24	0,15
F	2	4	3	1	6	6	5	27
PF	0,10	0,22	0,10	0,06	0,20	0,30	0,17	0,17

Género

Com o fim de analisar se o género dos peões envolvidos nos acidentes tem alguma influência na frequência de acidentes nos diversos anos do período estabelecido para o modelo, foram calculadas as proporções entre o número de pessoas de cada género e o número de acidentes, tendo como resultado variáveis numéricas adimensionais denominadas nos modelos como: *P_{fem}* e *P_{mas}*.

As proporções do género dos peões envolvidos nos acidentes dos locais de estudo em cada concelho, com referência ao número total de acidentes por ano, são apresentadas nas Tabelas 32 e 33. Com estes dados, verificou-se que para os anos de 2009 a 2015, os peões vítimas de acidentes são maioritariamente mulheres, pois a diferença em percentagem, no caso de Braga, é de aproximadamente 20%, com 59% no caso do género feminino contra 41% para o masculino. Esta percentagem é reduzida a metade no caso do concelho de Guimarães, com 56% e 44% correspondentes aos géneros feminino e masculino respetivamente. de certa forma estas estatísticas podem ser explicadas pelos resultados do estudo feito por Simpson *et al.* (2003), que concluíram que os peões do sexo feminino apresentavam uma maior apetência para realizarem atravessamentos ilegais.

Tabela 32 – Número e proporção de acidentes por género em Braga

Ano	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
No. Acidentes	21	12	18	22	22	24	33	152
Feminino	12	7	12	11	15	10	23	90
Pfem	0,57	0,58	0,67	0,50	0,68	0,42	0,70	0,59
Masculino	9	5	6	11	7	14	10	62
Pmas	0,43	0,42	0,33	0,50	0,32	0,58	0,30	0,41

Tabela 33 – Número e proporção de acidentes por género em Guimarães

Ano	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
No. Acidentes	21	18	29	16	30	20	29	163
Feminino	13	6	19	12	14	11	17	92
Pfem	0,62	0,33	0,66	0,75	0,47	0,55	0,59	0,56
Masculino	8	12	10	4	16	9	12	71
Pmas	0,38	0,67	0,34	0,25	0,53	0,45	0,41	0,44

Gravidade do acidente

Outra variável a incluir no modelo, é o tipo de lesão, que é dividida em três grupos na base de dados subministrada pela ANSR: feridos graves, feridos leves e mortos. À semelhança do que aconteceu para outras variáveis, foram calculadas as proporções dos números de acidentes de cada grupo no período da análise de cada modelo e de cada arruamento considerado na análise, representadas nos modelos por *Pleve*, *Pgrave* e *Pmorto*, sendo da mesma forma variáveis numéricas adimensionais.

O número e as proporções dos acidentes que aconteceram nos locais de estudo por gravidade, por ano e em cada concelho, são apresentados nas Tabelas 36 e 37.

Tabela 34 – Número e proporção de acidentes em Braga segundo a gravidade

Ano	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
No. Acidentes	21	12	18	22	22	24	33	152
Ferido leve	16	9	13	18	19	21	24	120
Pleve	0,76	0,75	0,72	0,82	0,86	0,88	0,73	0,79
Ferido Grave	5	3	5	4	3	3	9	32
Pgrave	0,24	0,25	0,28	0,18	0,14	0,13	0,27	0,21
Morto	0	0	0	0	0	0	0	0
Pmorto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Observa-se que a percentagens de feridos graves e mortos, nos locais de estudo, são muito baixas quando comparadas com a de feridos leves, que no caso de Braga é aproximadamente de 80% e em Guimarães de 90%.

Tabela 35 – Número e proporção de acidentes em Guimarães segundo a gravidade

Ano	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
No. Acidentes	21	18	29	16	30	20	29	163
Ferido leve	15	18	26	15	26	19	24	143
Pleve	0,71	1,00	0,90	0,94	0,87	0,95	0,83	0,88
Ferido Grave	6	0	2	1	4	1	3	17
Pgrave	0,29	0,00	0,07	0,06	0,13	0,05	0,10	0,10
Morto	0	0	1	0	0	0	2	3
Pmorto	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,07	0,02

Efeito de grupo

Por último, o efeito de grupo foi analisado através das proporções calculadas entre o número de peões que no momento do acidente estavam em grupo ou isolados e o número de acidentes apresentado no período da análise de cada modelo e o respetivo arruamento. Estas proporções foram denominadas nos modelos como *Pisolado e Pgrupo*, portanto do mesmo modo, é uma variável numérica adimensional.

Com o fim de sintetizar a informação, estas proporções são apresentadas as Tabelas 36 e 37, junto com o número de atropelamentos por ano.

Com o que se pode verificar que mais de 80% dos peões envolvidos nos atropelamentos nos locais de estudo estavam isolados no momento do acidente.

Tabela 36 – Número e proporção de acidentes em Braga tendo em conta o acompanhamento dos peões

Ano	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
No. Acidentes	21	12	18	22	22	24	33	152
Peão isolado	17	12	17	20	21	22	27	136
Pisolado	0,81	1,00	0,94	0,91	0,95	0,92	0,82	0,89
Peões em grupo	4	0	1	2	1	2	6	16
Pgrupo	0,19	0,00	0,06	0,09	0,05	0,08	0,18	0,11

Tabela 37 – Número e proporção de acidentes em Guimarães tendo em conta o acompanhamento dos peões

Ano	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Total
No. Acidentes	21	18	29	16	30	20	29	163
Peão isolado	19	14	25	14	26	14	26	138
Pisolado	0,90	0,78	0,86	0,88	0,87	0,70	0,90	0,85
Peões em grupo	2	4	4	2	4	6	3	25
Pgrupo	0,10	0,22	0,14	0,13	0,13	0,30	0,10	0,15

Características do tráfego rodoviário e pedonal

As características do tráfego rodoviário foram analisadas através dos volumes de tráfego rodoviário e pedonal na hora de ponta, estimados para o período entre o ano 2009 até o ano 2015, através das contagens de tráfego realizadas nos locais de estudo no presente ano, e com as respetivas correções como foi explicado e apresentado no subcapítulo 3.3.

Na construção dos modelos foram tidas em consideração 3 combinações possíveis:

- Primeira combinação: foi utilizado o volume de veículos como variável independente ao qual foi aplicado o logaritmo neperiano, que com o fim de linearizar, denominado nos modelos $Lnvei$; o volume de peões considerou-se como uma variável *offset* visto que na construção dos modelos com a variável linearizada $lnpeoes$ não se obteve modelos significativos.
- Segunda combinação: corresponde à soma dos volumes pedonal e veicular, esta variável foi denominada nos modelos de Pmv e também foi linearizada, $Lnpmv$. É importante referir que nesta combinação o volume de peões além de estar presente no Pmv , também foi utilizada como variável *offset*.
- Terceira combinação: foi utilizado o critério UK de escolha de implementação de travessias pedonais, que foi explicado no Capítulo 2, o indicador PV^2 , que nos modelos foi denominado como Pvq , igualmente linearizado, $Lnpmvq$. Assim como nas outras combinações, o volume de peões também foi utilizado como variável *offset*.

Quanto aos modelos agregados, é preciso explicar que as variáveis dos volumes de tráfego são o resultado da média aritmética dos volumes por ano apresentados no subcapítulo 3.3 correspondentes ao período de análise a considerar em cada modelo.

3.4.3. Construção dos modelos de previsão da frequência de atropelamentos

Com o fim de obter uma melhor compreensão dos fatores que contribuem na ocorrência dos acidentes rodoviários, nos últimos anos tem-se desenvolvido amplas investigações das relações entre os acidentes de trânsito e outras variáveis, tais como a geometria da estrada e os volumes de tráfego, a fim de determinar o seu efeito na frequência de acidentes através de modelos matemáticos tradicionalmente desenvolvidos com auxílio de técnicas de modelação estatística (Costa, 2013; Lord & Mannering, 2010; Maher & Summersgill, 1996; Miaou & Lum, 1993)

Com a construção dos modelos tenta-se estudar o comportamento de uma variável dependente ou de resposta, em função das variáveis independentes, também chamadas explicativas. Por sua vez, cada técnica de modelação inclui modelos de regressão que podem ser lineares ou exponenciais (Agranonik, 2009).

A forma funcional das equações matemáticas que definem as técnicas de modelação na previsão do número de acidentes, normalmente adotada, é a apresentada na Equação.1. A estimativa dos parâmetros desta equação depende da estrutura assumida para o erro, que entre as mais conhecidas estão a de poisson e a binomial negativa, e também depende dos dados em estudo, se estão ou não correlacionados entre si (Costa, 2013).

$$y_{mt} = \alpha \{e^{\sum \gamma_j \beta_j x_{j,mt}}\} \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que:

- y_{mt} Taxa de acidentes de acidentes para o arruamento m no período de tempo t (Número de acidentes esperados dividido pelo volume pedonal);
- $x_{j,mt}$ Variáveis explicativas j, observadas no arruamento m e no tempo t;
- $\alpha, \gamma_j, \beta_j$ Parâmetros do modelo a serem estimados.

Os primeiros modelos de regressão que foram desenvolvidos consideravam que a variável de resposta tinha uma distribuição normal (Scheffé, 1953; Wishart, 1967). Anos depois, Nelder & Baker (1972) ajustaram esses modelos para distribuições de probabilidade da família exponencial, criando os Modelos lineares Generalizados (*Generalized Linear Models* – GLM).

A capacidade para modelar acidentes rodoviários com estas duas técnicas tem sido largamente investigada, verificando-se as potenciais limitações destes modelos quanto aos pressupostos das distribuições subjacentes, procedimentos de estimação, entre outros. Ficou demonstrando que os modelos de regressão linear convencionais não têm a propriedade distributiva para descrever adequadamente a realidade, resultando em modelos que não são apropriados para modelar acidentes (Miaou & Lum, 1993).

Através de uma série contínua de estudos feitos no Laboratório de Investigação de Transporte do Reino Unido (TRL), mostrou-se que utilizando uma distribuição de Poisson se pode modelar a natureza de ocorrência dos acidentes melhor (Maher & Summersgill, 1996). Além disso, conjuntamente com a distribuição de Poisson, pode-se usar a técnica MLG (Joshua & Garber, 1990; Miaou & Lum, 1993)

No entanto, para além do modelo de poisson representar um aumento significativo na capacidade de modelação, uma das suas maiores dificuldades refere-se ao fenómeno de superdispersão. Assumir uma estrutura pura de Poisson para o erro dos modelos de previsão de acidentes pode ser inadequado, pois uma característica dos dados de frequência dos acidentes rodoviários é terem uma variância superior à média das observações dos acidentes (Costa, 2013; Dionne *et al.*, 1995; Maher & Summersgill, 1996). Em alternativa, Maycock & Hall (1984) mostraram que o modelo binomial negativo poderia ser usado como uma extensão do modelo de Poisson puro, dando solução a este problema.

Quanto à correlação dos dados, foi demonstrado que as técnicas de modelação do MLG apresentam uma limitação, pela sua suposição que em cada observação as variáveis são independentes. Por conseguinte, no caso de se usar esta técnica com dados correlacionados, pode haver distorções na inferência das estatísticas na estimativa dos parâmetros (Liang & Zeger, 1986; Lord & Mannering, 2010)

Como alternativa, (Liang & Zeger (1986)) propõem uma extensão dos MLG, apresentado a análise de dados longitudinais, uma classe de equações que fornecem estimativas consistentes com uma estrutura de correlação dos dados nas observações, as quais são denominadas equações de estimação generalizadas – EEG (*Generalized Estimating Equations – GEE*).

Por outro lado, para o desenvolvimento de modelos a partir da análise de dados de frequência de acidentes existem mais técnicas de modelação, mais avançadas, mas que não conduzem necessariamente a melhores resultados e, além disso, muitos dos quais poderiam comprometer a validade estatística de uma análise se não forem devidamente tratados (Lord & Mannering, 2010). A título de exemplo tem-se: Distribuição Multinomial Negativa, a qual não pode manipular a subdispersão e pode ser influenciada adversamente pelo pequeno tamanho da amostra (Caliendo *et al.*, 2007; Hauer *et al.*, 2004), Parâmetros Aleatórios e Mistura finita / mudança Cadeias de Markov, cujos processos de estimativa são complexos (Malyshkina & Mannering, 2010; Park & Lord, 2009); Zeros Inflacionados (Poisson e binomial negativo), pode criar inconsistências teóricas pois pode ser influenciado adversamente pelo pequeno tamanho da amostra ao manipular conjuntos de dados que têm número de observações de colisão zero (Carson & Mannering, 2001; Kumara & Chin, 2003; Lord *et al.*, 2007)

Em conclusão, com base nas vantagens e limitações das técnicas de modelação apresentadas anteriormente, e tendo em conta as características das variáveis do presente estudo, para a criação dos modelos de previsão do número de atropelamentos ocorridos nas zonas urbanas dos concelhos de Braga e Guimarães, foram utilizadas as técnicas de modelação MLG e GEE, com o modelo de distribuição binomial negativa adotado como estrutura de erro. O *software* utilizado para o ajuste dos modelos foi o SAS (*versão 9.3*®)

Modelo Binomial negativo

O modelo binomial negativo é uma extensão do modelo de Poisson, que busca superar a possível superdispersão dos dados. O modelo binomial negativo ou de Poisson-gama, assume que o parâmetro de Poisson segue uma distribuição de probabilidade gama, dando como resultado uma equação relativamente simples, que relaciona a média e as estruturas de variância (Lord & Mannering, 2010).

O modelo binomial negativo deriva do parâmetro de Poisson (λ) para cada observação i :

$$\lambda_i = EXP(\beta X_i + \varepsilon_i) \quad (\text{Eq. 2.1})$$

λ_i O número esperado de acidentes por período;

β É um vetor de parâmetros estimáveis;

X_i É um vetor de variáveis explicativas.

Onde $EXP(\varepsilon_i)$ é um termo de erro distribuído por gama com média 1 e a variância α . A adição deste termo permite que a variância seja diferente da média com:

$$VAR(y_i) = E(y_i)(1 + \alpha E(y_i)) = E(y_i) + \alpha E(y_i) \quad (\text{Eq. 2.2})$$

O modelo Poisson-gama é provavelmente o modelo mais utilizado na modelação de acidentes rodoviários. No entanto, o modelo tem limitações, principalmente a incapacidade de lidar com dados subdispersos e têm problemas de estimação de parâmetros quando os dados são caracterizados pelos valores médios e tamanho da amostra baixos (Costa, 2013; Lord & Mannering, 2010)

Modelos lineares generalizados – MLG

De forma geral, segundo (McCullagh, 1984) a estrutura dos MLG é composta por três partes:

- A componente aleatória: constituída por uma variável de resposta y com n observações independentes, um vetor de médias μ e uma distribuição de probabilidade da família exponencial;
- A componente sistemática: constituída pelas variáveis explicativas, X_1, \dots, X_p , e pelos parâmetros desconhecidos;
- A Função de ligação: função monotónica diferenciável que relaciona as duas componentes anteriores.

A formulação resumida dos MLG, apresentada a seguir, baseia-se nos estudos realizados por Agranonik (2009) e Costa (2013). Quanto à componente aleatória, esta é formada pela função densidade y_i apresentada na Equação 3, na qual cada integrante de y segue uma mesma distribuição da família exponencial.

$$f(y_i; \theta; \emptyset) = e^{\left\{ \frac{y_i \theta - b(\theta)}{a(\emptyset)} + c(y_i, \emptyset) \right\}} \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que:

- y_i É a função densidade;
- $a(\cdot)$, $b(\cdot)$ e $c(\cdot)$ São funções conhecidas;
- \emptyset É o parâmetro de dispersão;
- θ É o parâmetro canônico;
- i integrantes 1,2,3..., n.

Se o parâmetro de dispersão, θ , é conhecido, a Equação 3 representa a família de densidades exponenciais uniparamétricas indexada por θ .

Para a componente sistemática considera-se uma estrutura linear de um modelo de regressão, $\eta = X\beta$, onde a função linear η dos parâmetros desconhecidos β é chamada de preditor linear, $\eta = (\eta_1, \dots, \eta_n)'$, $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_p)'$ e X é a matriz de variáveis independentes $n \times p$ ($p < n$) conhecida por posto p (p é o número de parâmetros no modelo e n é o número de variáveis explicativas).

Quanto à terceira componente, a função de ligação $g(\cdot)$, é possível destacar que pode-se escrever a média da variável dependente, $\mu = E(y)$, em função das variáveis explicativas, X , ou seja, para cada distribuição da família exponencial existe uma função $g(\cdot)$, com contradomínio na reta real, tal que: $g(\mu) = \eta_i$, $i = 1, 2, \dots, n$.

Nos MLG, a inferência é, essencialmente, baseada na verossimilhança, visto que o método da máxima verossimilhança é eleito para estimar os coeficientes do modelo e também para os testes de hipóteses dos parâmetros do modelo ajustado. A qualidade do ajuste destes modelos é avaliada, em geral, através de indicadores estatísticos baseados na verossimilhança (Agranonik, 2009).

No presente trabalho o critério da qualidade do ajuste dos modelos, não é usado dado que o objetivo principal não é a criação de um modelo de previsão de atropelamentos, portanto, qualquer informação adicional sobre a qualidade de ajuste pode-se consultar em: Agranonik (2009) e Costa (2013).

Equações de estimação generalizadas – EEG

De acordo com Costa (2013) e Agranonik (2009), pode-se descrever a formulação das EEG considerando n grupos de indivíduos semelhantes, onde y_{ij} é a variável dependente de interesse para o j -ésimo indivíduo do i -ésimo grupo e X_{ij} é um vetor $p \times 1$ de covariáveis para o j -ésimo indivíduo do i -ésimo grupo, $i = 1, \dots, n$ e $j = 1, \dots, m_i$. O valor de m pode variar de grupo para grupo. Para o i -ésimo grupo é definindo, o vetor $m_i \times 1$ de respostas, $y_{ij} = (y_{i1}, \dots, y_{im_i})'$ e a matriz de covariáveis $m_i \times p$, $(X_{i1}, \dots, X_{im_i})$.

Liang & Zeger (1986) especificam que se supõe que as observações em grupos diferentes são independentes, mas que as observações pertencentes a um mesmo grupo podem estar correlacionadas. Além disto, a estrutura de erro para esta técnica de modelação pode ser da família linear ou mesmo da exponencial. Por último, referem que as GEE foram desenvolvidas com base nas seguintes suposições:

- A relação entre a média da variável dependente, μ_i , e as variáveis explicativas X , pode ser expressa sob forma linear através duma função de ligação conhecida, $g(\cdot)$, em que $g(\mu_i) = X'_i \times \beta$, e β é o vetor de parâmetros;
- Uma função conhecida da média da variável dependente μ_i , e as variáveis explicativas X , pode expressar a variância da variável dependente, especificamente $V_i = \frac{f(\mu_i)}{\phi}$, em que ϕ é o parâmetro de dispersão definido como na família exponencial.

Como na construção dos modelos deste estudo se vai utilizar o modelo Binomial Negativo, que é da família exponencial, vão ser analisados os parâmetros necessários para a segunda suposição.

Portanto, neste caso Liang & Zeger (1986) especificaram uma matriz de correlação de trabalho $R_i(\alpha)$, incorporando no termo de variância, as equações diferenciais quasiescore. Assim, $R_i(\alpha)$ tem uma dimensão $m_i \times m_i$ para cada y_i , em que α é um vetor que caracteriza integralmente $R_i(\alpha)$, e em conclusão, a equação da segunda suposição torna-se uma matriz de covariância para o i -ésimo grupo, com forma funcional $V_i = \frac{A_i^{\frac{1}{2}} R_i(\alpha) A_i^{\frac{1}{2}}}{\phi}$, em que A_i é uma matriz diagonal $m_i \times m_i$, com $f(\mu_i)$ como elementos da diagonal principal e ϕ é o parâmetro de escala para distribuições da família exponencial (Costa, 2013).

As EEG foram desenvolvidas utilizando a função de quasiverossimilhança (McCullagh, 1984) Para aplicação desta função é necessário respeitar alguns pressupostos sobre a distribuição da variável dependente. Esta metodologia é de grande utilidade quando o objetivo é obter os estimadores dos parâmetros dos modelos de regressão, contudo não se conhece a forma da distribuição conjunta das observações. No uso desta função deve-se apenas especificar a relação entre a média e a variância das observações. Estas equações podem ser consultadas com mais detalhe em: Agranonik (2009)

Matriz de correlação

As matrizes de correlação de trabalho foram desenvolvidas por Liang & Zeger (1986). Posteriormente, Agranonik (2009) apresentou uma classificação diferente com adição de uma matriz de correlação de trabalho, segundo Fitzpatrick *et al.* (2008), para aumentar a eficiência da modelação, a matriz de correlação de trabalho deve ser especificada corretamente aumenta e assim melhorar as estimativas das variáveis.

Através da recompilação das recomendações feitas a partir de diferentes estudos realizados com a técnica de modelação das GEE por Costa (2013), foi possível determinar que a estrutura de correlação mais adequada, para a avaliação das características dos dados do presente estudo é a estrutura independente (Tabela 38). Os autores recomendam esta matriz no caso do número de grupos ser pequeno, com um forte estimador para variância (Hanley *et al.*, 2003; Hardin, 2005; Pan, 2001).

Tabela 38 – Matriz de correlação independente

Estrutura	Definição	Exemplo (m = 3)	Número de parâmetros
Independente	$Corr(Y_{ij}, Y_{ik}) = \begin{cases} 1, & \text{se } j = k \\ 0, & \text{se } j \neq k \end{cases}$	$R(\alpha) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$	0

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Diferentes modelos de previsão do número de atropelamentos nas zonas urbanas dos concelhos de Guimarães e Braga foram desenvolvidos e são apresentados neste capítulo, com o objetivo de explorar a influência das variáveis explicativas que foram selecionadas e apresentadas no subcapítulo 3.1, diferenciados pelo período de tempo considerado, para as combinações das variáveis de tráfego rodoviário explicitadas no subcapítulo 3.4

Os modelos de previsão do número de atropelamentos foram ajustados com níveis de significância de 5%, admitindo-se um nível máximo de 10% nas situações em que não foi possível obter modelos válidos para o nível de significância de 5%. Assim, no presente trabalho foram considerados dois níveis de confiança no ajuste dos modelos, 90% e 95%.

Para o ajuste dos modelos, foram considerados duas técnicas de modelação como foi explicado no Capítulo 3:

- Modelação com os MLG, considerando a base de dados agregada;
- Modelação com as EEG, considerando a base de dados desagregada.

4.1. Resultados dos modelos

Os modelos foram criados a partir de uma base de dados geral, com uma amostra de 40 arruamentos, o respetivo número total de acidentes e as correspondentes variáveis explicativas. Esta base de dados foi reorganizada para os diferentes períodos de tempo adotados, tendo sido todos os detalhes apresentados no Capítulo 3.

As formas funcionais adotadas para os modelos foram as apresentadas de forma geral nas Equações 4.1 e 4.2. No caso do modelo considerar a variável logaritmo neperiano dos veículos, $Lnvei$, como significativa, adota-se a Equação 4.1. Por outro lado, no caso de ser considerada como variável de exposição uma das combinações dos volumes de tráfego rodoviário e pedonal, tais como a soma dos tráfegos, Pmv , e o indicador Pv^2 , adota-se a Equação 4.2. Neste caso as variáveis de exposição corresponderam às variáveis explicativas representadas por X_i com coeficientes β_j ou γ_j .

$$y_{mt} = (Vvei_m^{\alpha_j} \times e^{\sum \gamma_j \beta_j x_{j,mt}}) \times Vpeoes_m \quad (\text{Eq. 4.1})$$

$$y_{mt} = (e^{\sum \gamma_j \beta_j x_{j,mt}}) \times Vpeoes_m \quad (\text{Eq. 4.2})$$

Em que:

- y_{mt} Taxa de acidentes de acidentes para o arruamento m no período de tempo t
- $x_{j,mt}$ Variáveis explicativas j, observadas no arruamento m e no tempo t;
- $\alpha, \gamma_j, \beta_j$ Parâmetros do modelo a serem estimados;
- $Vvei$ Volume de ponta do tráfego veicular para cada arruamento m;
- $Vpeoes$ Volume de ponta do tráfego pedonal para cada arruamento m.

Portanto, na Tabela 39 são apresentados os 6 modelos com variáveis significativas resultantes da agregação da base de dados, onde cada modelo se identifica segundo o período de análise e a combinação do volume de tráfego. Dada a dimensão dos resultados, apresentam-se no Anexo IV os modelos completos, enquanto que na Tabela 40 são apresentados para cada modelo apenas as variáveis explicativas que são estatisticamente significativas ao nível de significância de 5% ou 10% e respetivos coeficientes e os coeficientes de qualidade AIC, AICC.

Tabela 39 – Especificação dos modelos agregados

Variável de exposição	2009-2015	2010-2015	2009-2011	2013-2015
Vpeoes	Tabela A.IV.1	Tabela A.IV.2	Tabela A.IV.3	Tabela A.IV.4
Pmv				Tabela A.IV.5
Pmq				Tabela A.IV.6

Pode-se observar que os modelos que consideram como variável offset o volume pedonal em todos os diferentes períodos da análise tiveram diversas variáveis significativas, por outro lado, as variáveis de exposição Pmv e Pvq unicamente foram consideradas como significativas nos modelos do período da análise entre 2013 e 2015.

Tabela 40 – Parâmetros dos modelos agregados

	2009-2015 Vpeoes	2010-2015 Vpeoes	2009-2011 Vpeoes	2013-2015 Vpeoes	2013-2015 Pmv	2013-2015 Pvq
No. De análises	40	40	40	40	40	40
AIC	235,6743	227,8196	161,1477	179,0028	177,5582	175,5679
AICC	243,2605	233,8196	175,1477	188,4314	191,5582	187,1234
Intercept	-7,5983	-6,2803	-13,625	-8,4252	-3,8266	-2,3063
PA	-2,6882		2,8758			
PB			2,7968	2,5554	3,2679	3,0894
PC		1,1629	2,6674	1,902	2,2092	2,0396
PD		1,0241	1,1341	1,197	1,4623	1,4521
PE		2,7085	2,833	3,2734	3,578	3,4917
Pfem			-1,5393	1,3067	1,2599	1,1364
Pisolado	1,6645		1,9779			
Usolo	0,8659					
Autocarro			1,5496			
Iluminacao				0,9332		
Contp	-0,6039					
Classe	-0,5415	-0,3115				
Sentidos		0,496		0,7329	0,8791	0,9877
Nvias					0,2547	0,2235
Sep	0,7546	0,7309	0,9531	0,502	0,8036	0,7077
Datrav	0,0047	0,0052		0,0036		
Lvias	0,5246					
Lpas					-0,4287	-0,4276
Lnvei			0,6434			
Pmv					-0,6558	
Pvq						-0,2961
Declive			13,6426		7,156	

Para facilitar a análise, determinou-se a frequência com que cada variável aparece nos modelos que foram desenvolvidos. Na Figura 22 pode-se observar todas as variáveis que podem influenciar a ocorrência de acidentes. Quanto à infraestrutura rodoviária, o separador central está presente em todos os modelos agregados, depois o número de sentidos, com um 67%. As outras variáveis com uma frequência elevada, logo influentes, são os grupos etário entre os 25 e 74 anos, com 83%, seguido pelo de 15 a 24 anos e pelos peões de sexo feminino, ambos com 67%.

Dentro do grupo de variáveis da infraestrutura pedonal, encontra-se a distância média existente entre as passagens pedonais ao longo dos arruamentos, com uma percentagem maior ou igual a 50%.

As variáveis que em princípio poderão ter menos importância nos modelos agregados, por serem menos frequentes, estão dentro dos grupos da envolvente e das características do tráfego, tais como a existência de paragens de autocarro, o uso do solo e os volumes de tráfego, todas com 17%.

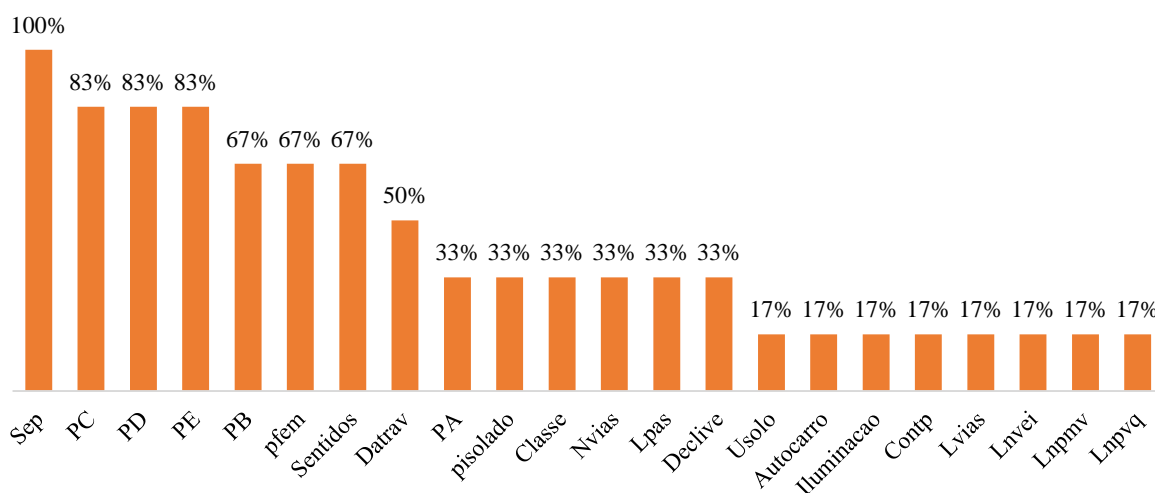


Figura 22 – Frequência das variáveis explicativas nos modelos agregados

Da mesma forma, também foram criados modelos de previsão do número de acidentes em função de uma base de dados desagregada nos mesmo períodos de tempo considerados para a base de dados agregados. Por conseguinte, na Tabela 41 são apresentados os 10 modelos resultantes desta base de dados desagregada que dada a dimensão dos resultados, os modelos completos apresentam-se no Anexo V.

Tabela 41 – Modelos desagregados

Variável de exposição	2009-2015	2010-2015	2009-2011	2013-2015
Vpeoes	Tabela A.V.1	Tabela A.V.4	Tabela A.V.7	Tabela A.V.8
pmv	Tabela A.V.2	Tabela A.V.5		Tabela A.V.9
pmq	Tabela A.V.3	Tabela A.V.6		Tabela A.V.10

Nas Tabelas 42 e 43 são apresentados o número de análises realizadas para cada período de tempo, os coeficientes de qualidade QIC, QICu de cada modelo representativo, e os coeficientes das variáveis consideradas na análise. A indicação de cada período de análise está acompanhada da variável de exposição que conduziu a melhores resultados.

Tabela 42 – Parâmetros dos modelos desagregados (Parte I)

	2009-2015 peões	2009-2015 pmv	2009-2015 pvq	209-2015 peões	2009-2015 pmv
No. De análises	280	280	280	240	240
QIC	355,7058	362,4704	363,6301	289,1006	276,0718
QICu	361,3122	367,9602	367,3876	295,1652	280,6306
Intercept	-10,0331	-7,7518	-5,8921	-9,8838	-5,7913
PA	1,0908	1,0619	1,1157	1,0437	1,0839
PB	1,1092	1,113	1,1973	1,1663	1,2714
PC	1,1155	1,0492	1,0060	1,2453	1,1245
PD	0,9932	0,9701	0,9934	1,115	1,1349
PE	1,363	1,2845	1,2792	1,5666	1,4669
Pisolado	1,3358	1,3698	1,3311	1,4312	1,3675
Usolo	0,7509	0,5535		0,7907	
Est	0,4595	0,4938	0,4432	0,4378	0,421
Iuminacao	0,7124	0,5241		0,8294	0,4706
Classe	-0,4194	-0,4616	-0,3420	-0,4825	-0,4348
Sep	0,4644	0,3257		0,3888	
Datrav	0,0032	0,0029	0,0034	0,003	0,0033
Lvias	0,4963	0,6047	0,7617	0,4726	0,6633
Lnpmv		-0,3177			-0,5751
Lnpvq			-0,2282		
Declive				0,6909	
Ilha	0,0574	0,0663	0,0572		

Com os resultados dos modelos desenvolvidos através da base de dados desagregada e em comparação com os resultados a partir da base de dados agregada (Tabela 40), pode-se observar que nos modelos desagregados foram consideradas mais variáveis significativas, sendo os modelos correspondente ao período de 2009 a 2011, com as combinações da soma dos volumes de tráfego pedonal e rodoviário e com o indicador Pv^2 os únicos que não apresentaram resultados com variáveis explicativas ao nível de significância de 5% ou 10%.

Uma vez apresentados os resultados dos modelos com variáveis significativas, a seguir serão explicados os critérios para a validação dos mesmos através de ferramentas estatísticas e a sua correspondente análise do ponto de vista de engenharia de tráfego, quer para os modelos com base de dados agregadas como os da base de dados desagregada. Finaliza-se com uma análise geral da identificação dos fatores com influência no número de atropelamentos nas zonas urbanas de Braga e Guimarães.

Tabela 43 – Parâmetros dos modelos desagregados (Parte II)

	2010-2015 pvq	2009-2011 peões	2013-2015 peões	2013-2015 pmv	2013-2015 pvq
No. De análises	240	120	120	120	120
AIC/QIC	303,7221	285,0437	156,1962	140,3507	161,6105
AICC/QICu	306,4265	283,299	161,7124	145,6095	168,0849
Intercept	-4,0544	-26,8631	-8,6715	-5,7017	-2,6386
PA	1,0706	17,9388			
PB	1,1994	17,2386	1,1157	0,8498	0,7671
PC	1,2161	17,2754	0,8238	0,5001	0,5617
PD	1,1571	17,3830	0,7528	0,6034	0,5831
PE	1,5367	17,9859	1,4946	1,2483	1,1877
PF		17,0662			
Pfem		-0,3752	0,6034	0,4547	0,5275
Pisolado	1,3153		1,0401	1,2207	1,2190
Usolo		1,3439			
Est			0,4494		
Autocarro					-0,5528
Iluminacao		2,0122	0,3402		
Contp		-0,9513			
Classe	-0,4001	-0,5751		-0,2367	-0,2837
Sentidos		-0,2852			
Nvias	0,2235	0,5029			0,1858
Sep		0,0037	0,4757		
Datrav	0,0024		0,0040	0,0033	0,0027
Lvias	0,8677			0,4319	0,7069
Lnvei		0,6134			
Lnpmv				-0,4584	
Lnpvq	-0,3518				-0,3771
Declive			0,5650		-0,7180

Da mesma forma que os modelos agregados, determinou-se a frequência com que cada variável aparece nos modelos que foram desenvolvidos. Na Figura 23 pode-se observar todas as variáveis que podem influenciar a ocorrência de acidentes. Quanto à infraestrutura rodoviária, as mais frequentes nestes modelos, isto é, com frequência maior ou igual a 50%, são a classificação viária, a iluminação e a largura das vias. Dentro do grupo de variáveis da infraestrutura pedonal, encontra-se a distância média existente entre as passagens pedonais ao longo dos arruamentos. Por outro lado, as outras variáveis com uma frequência elevada, são os

grupos etário entre os 15 e 74 anos, os quais aparecem em todos os modelos, e por último, quanto ao grupo da envolvente, a ausência de lugares de estacionamento.

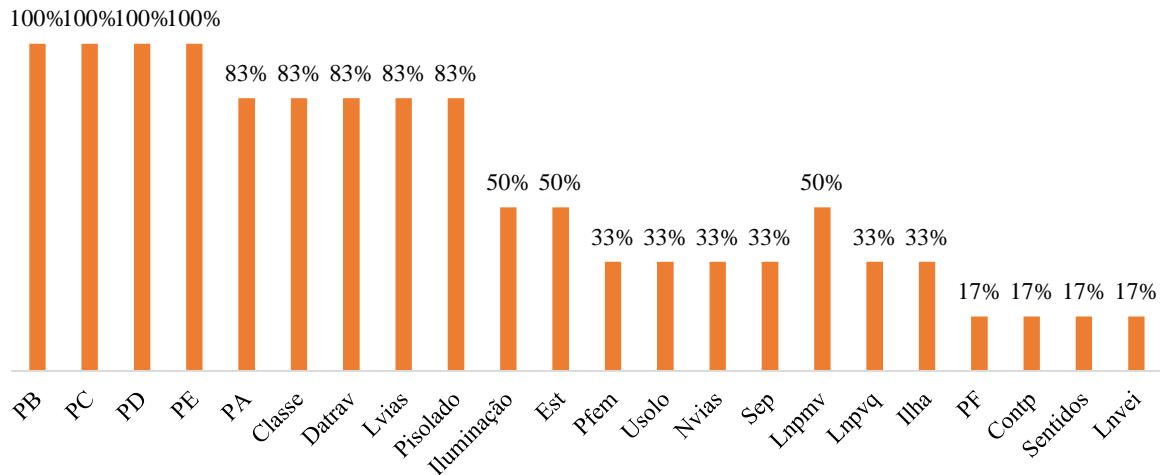


Figura 23 – Frequência das variáveis explicativas nos modelos desagregados

4.2. Validação dos modelos

Na modelação da previsão de acidentes ou em geral dum fenómeno, é importante ter presente que pode ocorrer colinearidade forte entre alguns termos do modelo ajustado, o que poderia tornar instáveis os estimadores dos coeficientes do modelo. É por isto que a tarefa de definição das variáveis pode tornar-se bastante complexa porque quando a gama de variação duma variável é consideravelmente menor que a gama de variação de outras variáveis, pode acontecer que algumas variáveis do modelo ajustado não sejam significativas na presença de algumas variáveis, mas sim na presença de outras (Costa, 2013).

Portanto, são utilizados fatores de avaliação da qualidade do ajuste com o fim de se verificar se o modelo é eficiente para descrever a relação entre as variáveis explicativas e a variável dependente e identificar a ocorrência de observações atípicas (Costa, 2013; Hauer *et al.*, 2004).

Hauer *et al.* (2004) desenvolveram modelos estatísticos de segurança rodoviária usando a distribuição Binomial Negativa. A variável dependente foi o número de acidentes por ano, enquanto as independentes eram características geométricas e fluxo de tráfego.

Neste estudo é recomendado que, no caso de se desenvolver modelos usados para predição de acidentes, o valor previsto tenha um bom ajuste para todos os valores práticos de uma variável, não apenas um bom ajuste global, e é apresentada uma ferramenta alternativa para medir a qualidade dos modelos preditivos, o chamado Método Cumulativo de Residuais (CURE). Este método tem sido amplamente usado por muitos analistas de segurança rodoviária, por exemplo: (Caliendo *et al.*, 2007; Costa, 2013; Lord & Park, 2008; Persaud *et al.*, 2002).

Este método requer a análise de um gráfico (*CURE Plot*) que consiste em traçar os resíduos acumulados em ordem crescente como uma função da variável independente de interesse. Nestas condições, quanto mais perto da linha zero-residual a curva dos resíduos oscilar, melhor o modelo se encaixa nos dados (Caliendo *et al.*, 2007; Lord & Park, 2008).

Com base no estudo feito por Costa (2013), será apresentado o procedimento para a construção dos gráficos *CURE Plot*. Neste elemento estatístico de análise, o *CURE Plot*, é denominada a diferença entre o valor observado e o previsto como *resíduo*, considerando-a como a componente de base para validar o ajuste do modelo que permite realizar o exame dos resíduos acumulados. Para este exame, os N resíduos são inicialmente classificados em ordem crescente da variável de interesse. Eles são, então, numerados de $1, 2, \dots, z, \dots, N$. O resíduo acumulado para cada z é calculado como a soma dos resíduos de 1 a z . Por outro lado, para definir os limites aceitáveis para os resíduos acumulados o *CURE Plot* apresenta duas curvas adicionais, que são obtidas da seguinte forma:

- Calcula-se o quadrado do resíduo para cada um dos resíduos ordenados z ;
- Calcula-se $\hat{\sigma}^2(z)$, como a soma destes resíduos quadrados de 1 a z ;
- Calcule-se $\sigma^*(z) = \hat{\sigma}(z) \sqrt{1 - \frac{\hat{\sigma}^2(z)}{\hat{\sigma}^2(N)}}$;
- Adiciona-se os limites de $\pm 2\sigma^*(z)$ ao *CURE Plot*.

Com base no procedimento explicado anteriormente, foram realizados os *CURE Plot* correspondentes aos modelos com a base de dados agregados apresentados na Figura 24 e os correspondentes à base de dados desagregados apresentados nas Figuras 25 (Parte I) e 26 (Parte II).

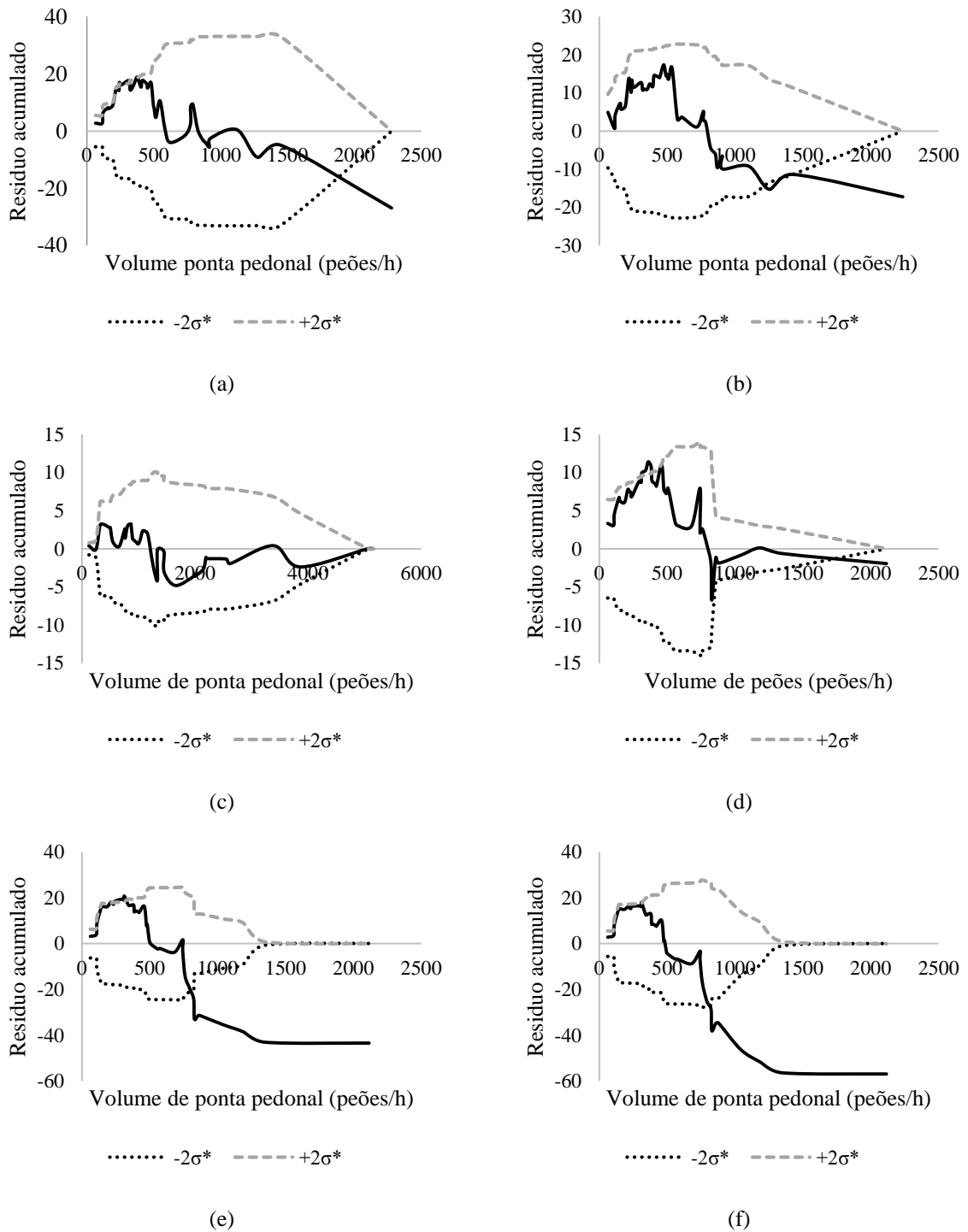


Figura 24 – CURE Plot dos modelos agregados considerando como offset o volume pedonal e os resíduos em função de: volume pedonal - (a) 2009-2015; (b) 2010-2015; (c) 2009-2011; (d) 2013-2015; soma do volume veicular e pedonal - (e) 2013-2015; parâmetro pv^2 - (f) 2013- 2015

Por outro lado, os CURE *plots* para os modelos com base de dados desagregada são apresentados na Figura 25 e Figura 26.

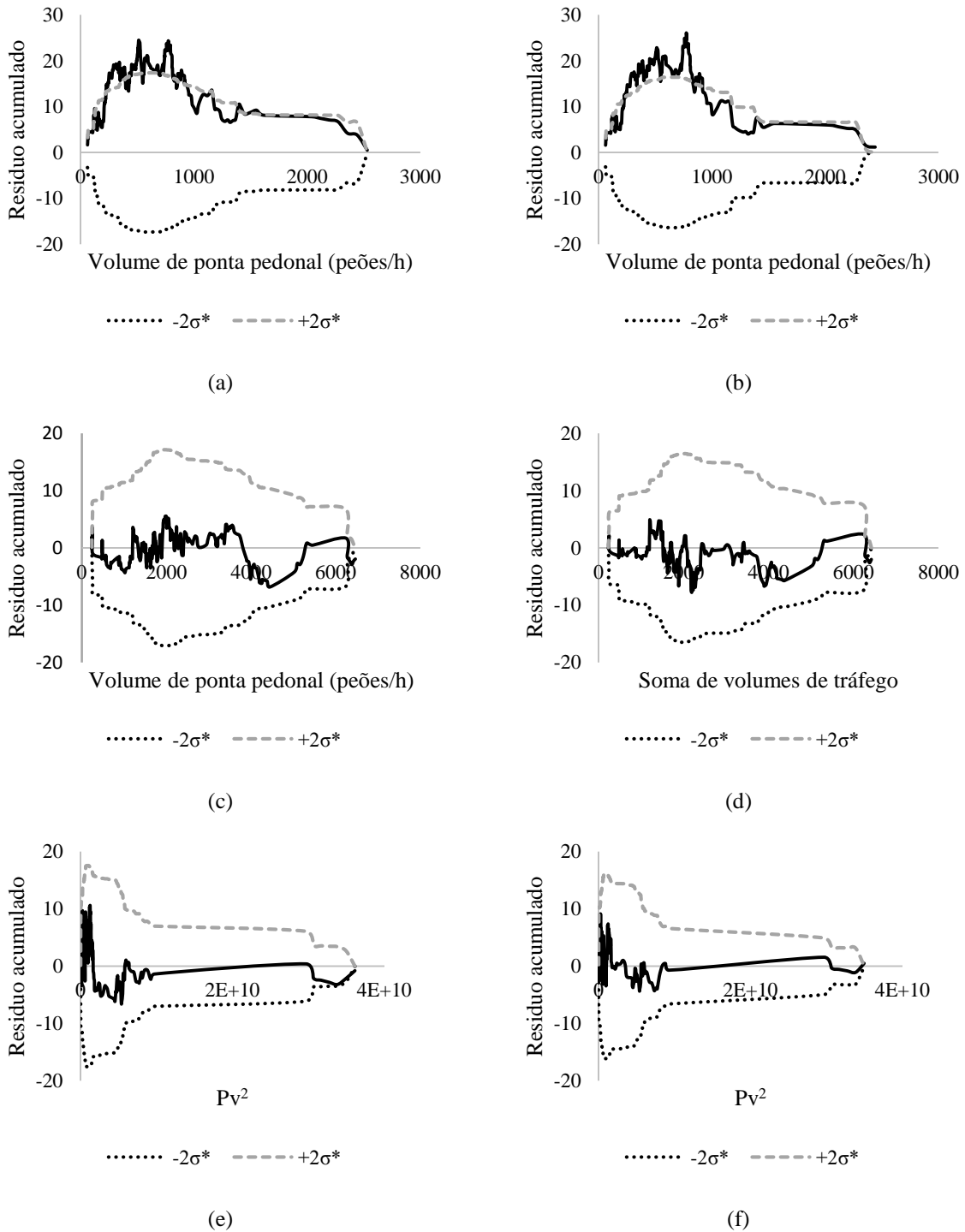


Figura 25 – CURE Plot dos modelos desagregados (Parte I), considerando como offset o volume pedonal e resíduos em função de: volume pedonal - (a) 2009-2015, (b) 2010-2015; soma do volume veicular e pedonal - (c) 2009-2015, (d) 2010-2015; parâmetro pv² - (e) 2009-2015, (f) 2010-2015

Quanto aos modelos com base de dados agregada (Figura 24), observa-se que a oscilação em torno de zero sem tocar os limites estabelecidos no CURE Plot é cumprido unicamente pelo

modelo (c), correspondente ao período entre 2009 e 2011 e que considera o volume pedonal com variável offset, por outro lado para a análise considera-se válido também o modelo (b), pois é o que apresenta melhor ajuste.

Na primeira parte, da Figura 25, observa-se que os modelos com oscilação em torno de zero sem passar os limites estabelecidos no *CURE Plot* são: (c), (d), (e) e (f), correspondentes aos períodos entre 2009 – 2015 e 2010-2015, estando os dois primeiros em função da soma do volume veicular e pedonal e os restantes do parâmetro pv^2 . Os 4 modelos integram o volume pedonal como variável offset.

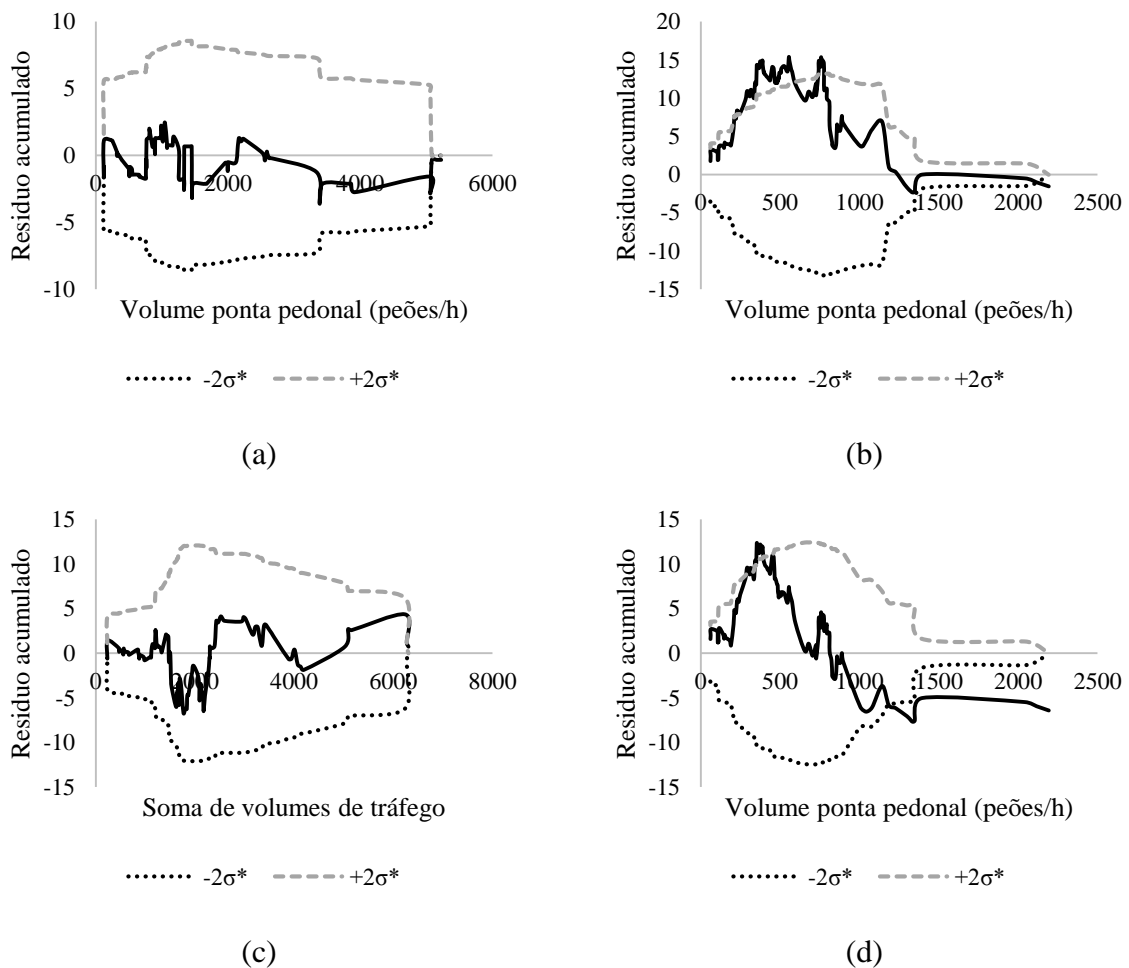


Figura 26 – CURE Plot dos modelos desagregados (Parte II) considerando offset do volume pedonal e resíduos em função de: volume pedonal - (a) 2009-2011; (b) 2013-2015; soma do volume veicular e pedonal - (c) 2013-2015; parâmetro pv^2 - (d) 2013-2015

Na segunda parte (Figura 26) pode-se observar que os modelos que cumprem aquela condição são: (a) e (c) que correspondem aos períodos 2009-2011 e 2013-2015, descritos em função do volume pedonal e da soma do volume veicular e pedonal, respetivamente, e integrando o volume pedonal como variável *offset*.

Em síntese, as fases utilizadas para o ajuste e validação dos modelos de previsão de atropelamentos com as EEG e os MLG foram:

- Ajuste dos modelos em função dos níveis de confiança de 10 e 5%;
- Avaliação do *CURE Plot* para os modelos que foram aceites na fase anterior (analisando a oscilação em torno de zero sem tocar os limites estabelecidos no *CURE Plot*).

Os modelos que cumpriram estas condições são apresentados na Tabela 44, onde se pode observar que foram validados 2 modelos para a base de dados agregada e 6 para a base de dados desagregada. Estes modelos são diferenciados segundo o período da análise e as combinações dos volumes de tráfego.

Tabela 44 – Modelos validados

Base de dados	Período	Combinação do volume de tráfego
Agregada	2010 - 2015	Volume pedonal como variável <i>offset</i>
	2009 - 2011	Volume pedonal como variável <i>offset</i>
Desagregada	2009 - 2015	Volume pedonal como variável <i>offset</i> e soma dos volumes pedonal e veicular <i>Pmv</i>
	2009 - 2015	Volume pedonal como variável <i>offset</i> e indicador <i>Pv2</i>
	2010 - 2015	Volume pedonal como variável <i>offset</i> e soma dos volumes pedonal e veicular <i>Pmv</i>
	2010 - 2015	Volume pedonal como variável <i>offset</i> e indicador <i>Pv2</i>
	2009 - 2011	Volume pedonal como variável <i>offset</i>
	2013 - 2015	Volume pedonal como variável <i>offset</i> e soma dos volumes pedonal e veicular <i>Pmv</i>

4.3. Análise dos modelos agregados

Tendo em conta unicamente os dois modelos aceitáveis do ponto de vista estatístico, apresentados no subcapítulo 4.2, pode-se observar que as variáveis explicativas que parecem ter influência no número de atropelamentos nos dois modelos são maioritariamente diferentes.

Na Tabela 45 está apresentado um resumo das frequências das variáveis que são consideradas significativas nos modelos desenvolvidos com a base de dados agregada, organizadas pelos grupos correspondentes às suas características. Para realizar posteriormente uma análise de cada variável.

Tabela 45 – Frequências das variáveis por grupo

Grupo	Variáveis a analisar	Denominação nos modelos	Frequência	(%)
Envolvente	Uso do solo	Usolo	0	0%
	Lugares de estacionamento	Est	0	0%
	Paragem de autocarro	Autocarro	1	50%
Infraestrutura pedonal	Continuidade da rede pedonal	Contp	0	0%
	Largura mínima útil dos passeios	Lpas	0	0%
	Distância entre atravessamentos formais	Datrav	1	50%
	Atravessamentos ilegais /Atravessamentos legais	Ilha	0	0%
	Iluminação	Iluminação	0	0%
Infraestrutura rodoviária	Classificação viária	Classe	1	50%
	Número de vias de circulação	Nvias	0	0%
	Largura das vias de circulação	Lvias	0	0%
	Número de sentidos	Sentidos	1	50%
	Separador central	Sep	2	100%
	Declive dos arruamentos	Declive	1	50%
Características dos peões	Grupo etário	PA	1	50%
		PB	1	50%
		PC	2	100%
		PD	2	100%
		PE	2	100%
		PF	0	0%
		Género	Pfem	1
	Pmas		0	0%
	Gravidade	Pleve	0	0%
		Pgrave	0	0%
		Pmorto	0	0%
Efeito de grupo	Pisolado	1	50%	
	Pgrupo	0	0%	
Características do tráfego	Volume de veículos e Volume de peões	Lnpmv	0	0%
		Lnpvq	0	0%
		Lnpeoes	0	0%
		Lnvei	1	50%

A seguir analisa-se a influência de cada variável nos modelos, por grupos e com o apoio de histogramas da frequência de variáveis significativas.

Em primeiro lugar, no que diz respeito às variáveis do grupo da envolvente, pode-se observar na Figura 27 que a variável *Autocarro* é a única que parece ter influência no número de acidentes, tendo um coeficiente com sinal positivo. Isto quer dizer que os locais sem paragens de autocarro têm um impacto negativo sobre a segurança pedonal, o que pode ser explicado do ponto de vista da engenharia, pelo efeito que as paragens podem ter em termos de redução da velocidade e aumento da atenção dos condutores.

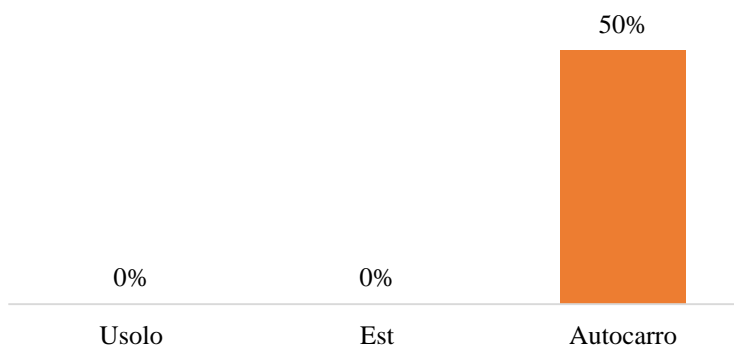


Figura 27 – Frequência com que as variáveis do grupo da envolvente são consideradas nos modelos agregados válidos

No grupo da infraestrutura pedonal, a variável *Datrav* parece ser a única variável com influência no número de atropelamentos (Figura 28), também com coeficientes no modelo com sinal positivo. O que significa novamente que impacta negativamente a segurança dos peões. Este efeito pode ser explicado pelo facto de que a maiores distâncias entre passagens pedonais leva os peões a realizar eventualmente atravessamentos fora dos lugares correspondentes, aumentando o risco de atropelamento.

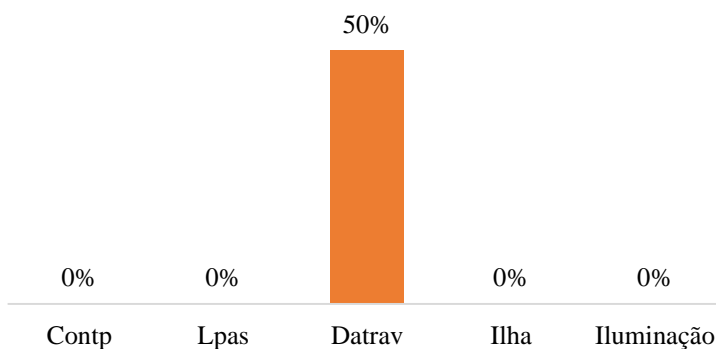


Figura 28 – Frequência com que as variáveis do grupo da infraestrutura pedonal são consideradas nos modelos agregados válidos

No grupo da infraestrutura rodoviária, mais variáveis explicativas parecem ter influência na sinistralidade (Figura 29). Entre estas variáveis a ausência de separador central, *Sep*, está presente nos dois modelos agregados que foram aceites, com coeficientes positivos, indicando que pode contribuir para o aumento do número de acidentes, o que pode ser explicado pela proteção que esta infraestrutura pode oferecer aos peões no atravessamento das faixas de rodagem em duas fases, diminuindo o tempo da exposição.

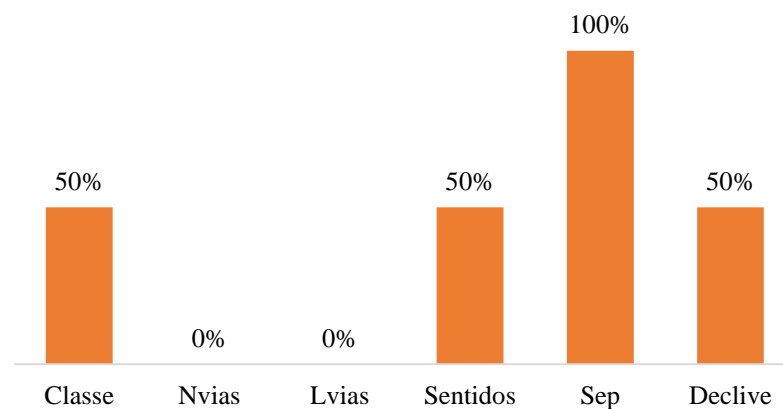


Figura 29 – Frequência com que as variáveis do grupo da Infraestrutura rodoviária são consideradas nos modelos agregados válidos

Seguidamente, estão as variáveis *Classe*, *Sentidos* e *Declive* que correspondem respetivamente à classificação viária, número de sentidos do tráfego rodoviário e declive dos arruamentos. O sinal correspondente à variável *Classe* é negativo, o que pode indicar que as medidas adotadas para ajudar a diminuir os conflitos entre os veículos e os peões segundo o tipo de via são um fator importante na diminuição do número de atropelamentos. Quanto às variáveis *Sentidos* e *Declive*, os coeficientes correspondentes às duas variáveis têm sinal positivo, influenciando negativamente a segurança pedonal,

Por um lado, o facto dos arruamentos bidirecional contribuírem para o aumento do número de atropelamentos pode ser explicado pela falta de atenção por parte dos peões. Por outro lado, no caso do declive, o sinal positivo pode ser atribuído ao facto de nos arruamentos com um maior declive haver maior probabilidade dos peões realizem atravessamentos fora dos lugares sinalizados, o que na literatura se explica com a relação entre a distância de deslocação admissível por parte dos peões e o grau de “penosidade” do trajeto. Por exemplo, um indicador possível para o grau de penosidade de um trajeto é o consumo de oxigénio, já que é um bom

indicador do esforço sabendo-se que por unidade de distância percorrida este aumenta linearmente com o declive (Seco *et al.*, 2008a).

Dentro das características próprias dos peões, pode-se observar na Figura 30 que a idade foi a variável com mais influência no número de atropelamentos, especialmente os grupos etários com idades entre os 25 e 74 anos *PC, PE e PF*. Todas as variáveis têm coeficientes positivos, isto é, com impacto positivo no número de acidentes, o que pode ser explicado pelo facto de existir uma maior percentagem nesses intervalos de idades que realizam grande parte dos seus deslocamentos a pé. No caso do grupo etário de pessoas com idade igual ou superior a 75 anos, é provável que a percentagem de pessoas neste intervalo que realizam os seus deslocamentos pé seja mínima.

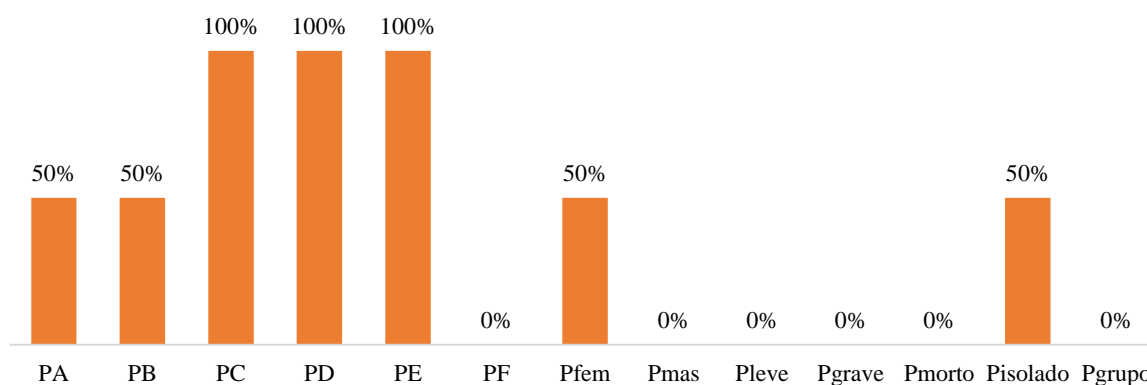


Figura 30 – Frequência com que as variáveis das características dos peões são consideradas nos modelos agregados válidos

Por outro lado, outra das variáveis significativas foi o género feminino *Pfem*, onde o coeficiente correspondente tem sinal negativo o que do ponto de vista da engenharia de tráfego não parece lógico porque significaria que o género feminino contribui para a diminuição do número de atropelamentos, embora na análise de dados realizada anteriormente (subcapítulo 3.4.2) se constate que a percentagem de peões do género feminino envolvidos nos acidentes é maior do que a do género masculino.

Por fim, a variável peão isolado *Pisolado*, também com sinal positivo, parece indicar que a probabilidade de ocorrência de um atropelamento é maior se o peão está isolado, o que pode ser explicado pelas características psicológicas, por exemplo, quando os peões consideram que

uma ação é fácil de executar, é mais provável que haja um comportamento potencialmente perigoso ou quando os peões conhecem as condições de tráfego acabam por fazer uma subestimativa do risco real e, embora sabendo que há um perigo associado ao atravessar a estrada onde não é permitido, acabam por realizar atravessamentos ilegais de forma mais frequente (Jiménez Romero, 2010).

Quanto ao último grupo, correspondente às características de tráfego (Figura 31), a variável Lnvei integra um dos dois modelos aceitáveis, com sinal positivo, o que parece indicar que afeta de forma negativa a segurança pedonal, resultado que corresponde às hipóteses apresentadas no Capítulo 2, onde os autores concluem que quanto maior o volume de tráfego, maior é o risco de acidente para os peões.

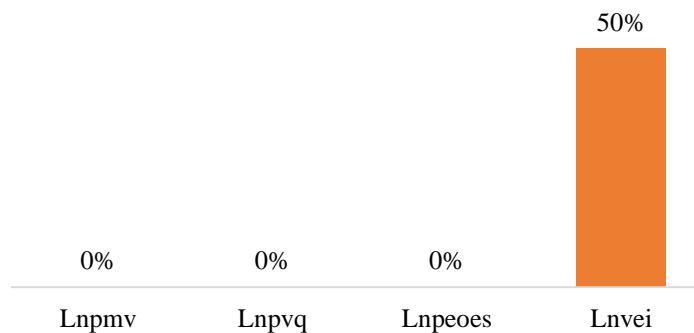


Figura 31 – Frequência com que as variáveis das características do tráfego são consideradas nos modelos agregados válidos

4.4. Análise dos modelos desagregados

Neste subcapítulo serão analisados os modelos aceitáveis do ponto de vista estatístico, apresentados no subcapítulo 4.2, que correspondem à base de dados desagregada, seguindo a estrutura adotada para os modelos agregados.

Numa primeira abordagem, há um número bastante superior de modelos válidas e os modelos têm um número de variáveis significativas bastante superior ao dos modelos agregados. Na Tabela 46 são apresentadas as frequências com que as variáveis são consideradas nos modelos, organizadas segundo os grupos correspondentes às suas características.

A seguir, com o apoio dos histogramas de frequências apresentados nas Figuras 32 a 36, são realizadas as análises correspondentes à influência de cada variável no seu grupo.

Tabela 46 – Frequências das variáveis por grupo nos modelos desagregados

Grupo	Variáveis a analisar	Denominação nos modelos	Frequência	Percentagem/Modelos agregados
Envolvente	Uso do solo	Usolo	2	33%
	Lugares de estacionamento	Est	3	50%
	Paragem de autocarro	Autocarro	0	0%
Infraestrutura pedonal	Continuidade da rede pedonal	Contp	1	17%
	Largura mínima útil dos passeios	Lpas	0	0%
	Distância entre atravessamentos formais	Datrav	5	83%
	Atravessamentos ilegais /Atravessamentos legais	Ilha	2	33%
	Iluminação	Iluminação	3	50%
Infraestrutura rodoviária	Classificação viária	Classe	5	83%
	Número de vias de circulação	Nvias	2	33%
	Largura das vias de circulação	Lvias	5	83%
	Numero de sentidos	Sentidos	1	17%
	Separador central	Sep	2	33%
	Declive dos arruamentos	Declive	0	0%
			PA	5
Características dos peões	Grupo etário	PB	6	100%
		PC	6	100%
		PD	6	100%
		PE	6	100%
		PF	1	17%
		Género	Pfem	2
	Pmas		0	0%
	Gravidade	Pleve	0	0%
		Pgrave	0	0%
		Pmorto	0	0%
Efeito de grupo	Pisolado	5	83%	
	Pgrupo	0	0%	
Característica do trafego	Volume de veículos e Volume de peões	Lnpmv	3	50%
		Lnpvq	2	33%
		Lnpeoes	0	0%
		Lnvei	1	17%

No que diz respeito às variáveis do grupo da envolvente, pode-se observar na Figura 32 que apenas a variável *Autocarro* não é significativa nestes modelos.

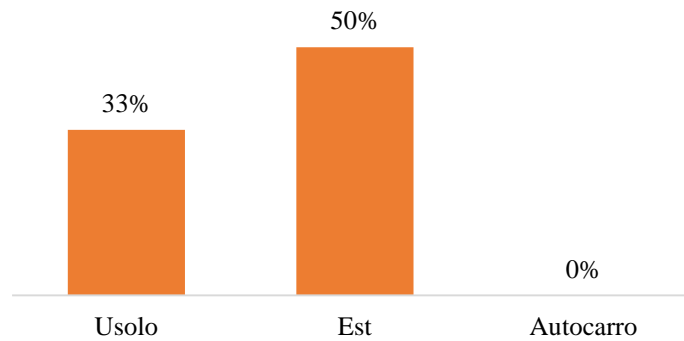


Figura 32 – Frequência com que as variáveis do grupo da envolvente são consideradas nos modelos desagregados válidos

Por outro lado, a variável que aparece com mais frequência nos modelos é *Est*, que corresponde à inexistência de lugares de estacionamento ao longo dos arruamentos, com coeficiente de sinal positivo em todos os modelos. Isto significa que tem um impacto negativo sobre a segurança pedonal. Isto contraria o esperado já que os veículos estacionados constituem uma obstrução à visualização entre os condutores e peões. Por outro lado, a ausência de lugares de estacionamento pode estar associada a condições de circulação que levam à prática de velocidades elevadas, propícias à ocorrência de acidentes.

Por último a variável *Usolo*, que corresponde ao uso de solo dos locais de estudo, tem um impacto negativo sobre a segurança pedonal, pois os coeficientes correspondentes têm sinal positivo. Neste caso o uso do solo residencial está associado a um incremento da sinistralidade. Isto pode ser explicado pelo tratamento inadequado destas zonas, que não suscitam a prática de velocidades reduzidas e, além disso, os locais de atravessamento são aleatórios, o que constitui um efeito surpresa para os condutores. Com isto mostra-se a relevância desta variável para a análise no número de atropelamentos.

No que diz respeito ao grupo da infraestrutura pedonal (Figura 33), a variável *Datrav*, também apresenta coeficientes nos modelos com sinal positivo, o que significa que impacta negativamente a segurança dos peões. Face a uma maior distância entre passagens pedonais, os peões vão realizar atravessamentos fora dos lugares correspondentes, aumentando o risco de atropelamento.

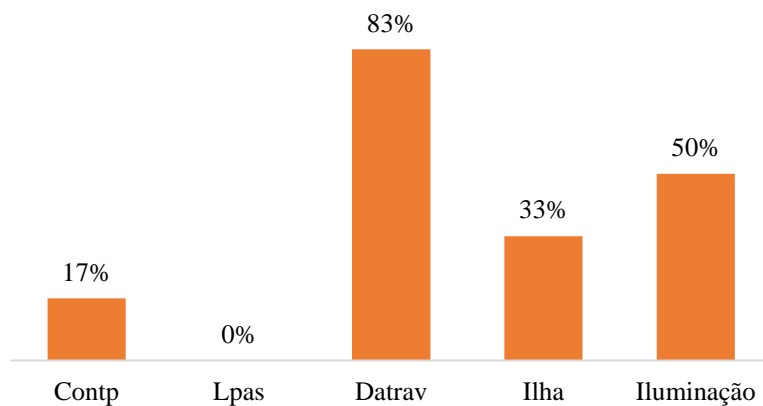


Figura 33 – Frequência com que as variáveis do grupo da infraestrutura pedonal são consideradas nos modelos desagregados validos

A seguir em ordem decrescente está a variável da má qualidade de iluminação, *iluminação*, embora os locais escolhidos para as análises tenham na sua maioria boa qualidade de iluminação, esta variável foi significativa em metade dos modelos e os coeficientes têm sinal positivo. Daqui conclui-se que a ausência ou má iluminação contribui para o aumento dos atropelamentos. Assim, a melhoria da visibilidade, quer dos condutores quer dos peões pode ter uma grande influencia na redução dos índices de sinistralidade.

Quanto ao número de atravessamentos ilegais na presença de separador central comparado com legais nas ilhas centrais denominado como *ilha*, é outra variável significativa com coeficientes positivo nos modelos, impactando negativamente a segurança pedonal. Deixa-se a ressalva que esta variável foi difícil de quantificar e, por isso, merece ser estudada com maior rigor.

Por último a ausência de continuidade dos passeios, *Contp*, foi das variáveis significativas que apareceu nos modelos com menor frequência. Neste caso o coeficiente correspondente tem sinal negativo, o que quer dizer que a falta de continuidade contribui para a diminuição do número de atropelamentos. Aparentemente este resultado é contraditório, no entanto, a falta de continuidade pode obrigar os peões a aumentarem o nível de atenção para tomarem a rota que pretendem, e desta forma evitam conflitos com o tráfego motorizado.

No grupo da infraestrutura rodoviária (Figura 34), a classificação viária *Classe* e a largura das vias *Lvias* parecem ser as variáveis com maior influência neste grupo

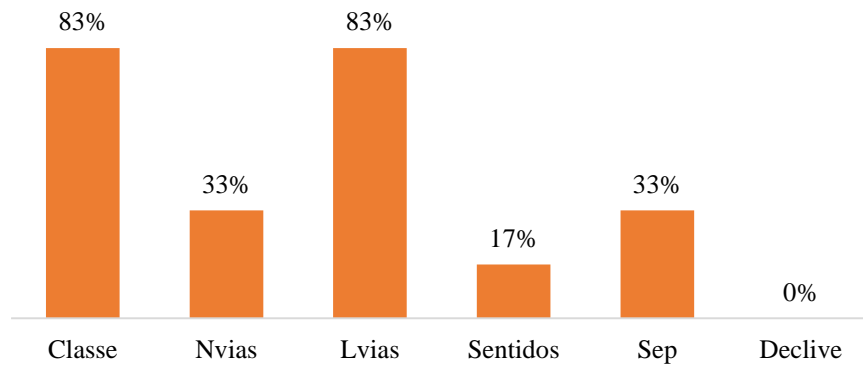


Figura 34 – Frequência com que as variáveis do grupo da infraestrutura rodoviária são consideradas nos modelos desagregados válidos

Por um lado, os coeficientes nos diferentes modelos correspondentes à variável *Classe* têm sinal negativo, isto quer dizer que contribuem para a segurança pedonal. Este resultado pode ser explicado pela compatibilidade do tipo de via com a rede pedonal, que contempla medidas direcionadas a diminuir os conflitos entre peões e veículos, como foi explicado no Capítulo 2.

Contrariamente, os coeficientes correspondente a *Lvias* tem sinais positivos, o que significa que têm um impacto negativo na segurança pedonal. O que pode ser explicado pela conjugação do aumento da velocidade dos veículos devido ao aumento de espaço nas vias com o aumento do tempo necessário para o atravessamento pelos peões, aumentando do risco de acidente devido à exposição no momento do atravessamento.

No que diz respeito ao número de vias, *Nvia*, e à ausência de separador central, *Sep*, embora apareçam apenas em 33% dos modelos, os sinais correspondentes aos seus coeficientes também são positivos, o que quer dizer que impactam negativamente a segurança pedonal. No caso da primeira, o risco de atropelamento é maior com o aumento do número de vias para realizar o atravessamento, sendo necessário mais tempo para realizar esse atravessamento. No caso da segunda variável, a inexistência de separador central, não só não existe qualquer impedimento para se realizar o atravessamento como não há espaço para os peões atravessarem em duas fases, quer de forma legal quer de forma ilegal.

Por último, quanto a variável número de sentidos, está presente apenas num modelo, com coeficiente negativo, o que quer dizer que estradas com dois sentidos de tráfego contribuem para a diminuição do número de atropelamentos. A razão para este resultado pode ser a

necessidade de os peões aumentarem a atenção no momento do atravessamento dado que os veículos aparecem tanto do lado esquerdo como do direito.

Dentro das características próprias dos peões, na Figura 35 pode-se observar que todos os grupos etários parecem ter influência no número de atropelamentos, todos com coeficientes positivos, isto é, com impacto positivo no número de acidentes. Os grupos etários com idades entre os 15 e 74 anos, grupos *PB*, *PC*, *PD* e *PE*, aparecem em todos os modelos, o que pode ser explicado pelo facto do que as pessoas naqueles intervalos de idade que realizarem mais deslocamentos a pé.

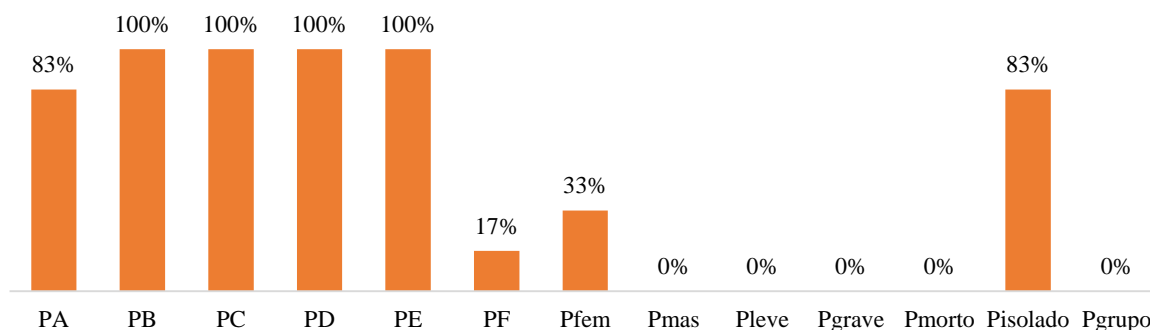


Figura 35 – Frequência com que as variáveis do grupo das características dos peões são consideradas nos modelos desagregados válidos

Outra variável que aparece com muita frequência nos modelos é a peão isolado, *Pisolado*, com coeficiente positivo, o que contradiz a ideia que os peões acompanhados tomam mais riscos no momento do atravessamento.

Quanto ao sexo do peão, *Pfem*, há uma contradição entre os sinais correspondentes aos coeficientes desta variável, pois num modelo tem sinal positivo o que indica que possivelmente tem um impacto negativo na segurança pedonal, mas noutro modelo tem sinal igual ao dos modelos agregados, isto é, negativo, o que significa que contribui para a redução do número de atropelamentos. Portanto, não se vão tirar conclusões com esta variável e recomenda-se um estudo mais aprofundado, onde seja possível estudar a interação desta variável com outras, pois os resultados destes modelos indicam que é uma variável significativa.

Quanto ao último grupo, correspondente às características de tráfego (Figura 36), as variáveis de exposição com as combinações dos volumes de tráfego rodoviário e pedonal, ao contrário dos modelos agregados, foram consideradas como variáveis significativas.

Quanto ao logaritmo neperiano da soma dos volumes pedonal e motorizado, Lnpmv , e do indicador Pv^2 , Lnpvq , os coeficientes apresentam sinal negativo, o que traduz que contribuem para a diminuição dos índices de sinistralidade. Este resultado pode ser explicado pelos estudos apresentados no Capítulo 2, que concluem que em zonas com maior densidade populacional, por exemplo em zonas que atraem uma alta densidade de peões, as lesões resultantes dos atropelamentos não são frequentemente tão graves, pois as velocidades praticadas são mais baixas devido aos congestionamentos.

Contudo, quando se tem em consideração os volumes de tráfego rodoviários como uma variável significativa, caso do modelo que foi aceitável, o coeficiente correspondente tem sinal positivo, tal como nos modelos agregados, o que indica que um alto tráfego veicular se traduz em maior probabilidade de ocorrência de acidentes.

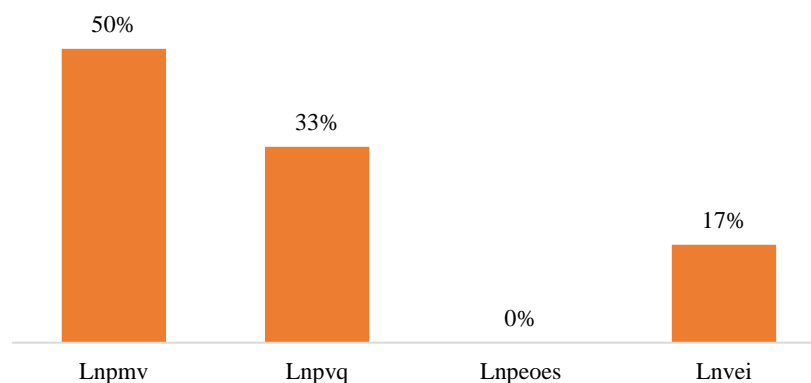


Figura 36 – Frequência com que as variáveis do grupo das características do tráfego são consideradas nos modelos desagregados válidos

Para finalizar no Subcapítulo 4.5, será realizada uma análise geral dos resultados obtidos do desenvolvimento dos modelos a partir dos dois tipos de bases de dados: agregadas e desagregadas, com o objetivo de ver quais foram as variáveis com maior frequência nos modelos.

4.5. Análise geral dos modelos validados

Os modelos de previsão do número de acidentes em geral podem ser significativamente diferentes devido ao fato de se agrupar os dados de frequência dos acidentes rodoviários num certo período de tempo. Geralmente isto pode estar relacionado com a falta de dados pormenorizados ao longo do período considerado, o qual ocasionaria a potencial perda de informação nas variáveis explicativas, ignorando a importância da variação dentro do período de tempo (Costa, 2013).

Outros autores também destacam que com os modelos agregados, devido ao carácter geral das variáveis explicativas utilizadas, não é possível avaliar o efeito das alterações, por exemplo, em partes do sistema de transportes, nem o impacto global na segurança de intervenções direcionadas para grupos específicos de utentes (Gomes, 2010).

Isto poderia explicar o facto de que as variáveis explicativas que foram significativas nos modelos construídos a partir da base de dados agregada, além de serem em menor número em comparação com os resultados da base de dados desagregada, resultaram num número reduzido de modelos aceitáveis.

Em primeiro lugar, nos modelos agregados, o grupo com maior número de variáveis significativas é o da infraestrutura rodoviária, embora nos modelos desagregados em todos os grupos as proporções sejam mais equilibradas, os grupos com maior percentagem de presença das variáveis explicativas são os da infraestrutura pedonal e também rodoviária.

Quanto às características próprias dos peões, os grupos etários parecem ter muita influência no número de atropelamentos nos dois tipos de modelos. No mesmo contexto, as variáveis que foram consideradas significativas para a base de dados quer agregada, quer desagregada foram:

No grupo da *infraestrutura pedonal*

- A distância média entre os atravessamentos formais para peões, *Datrav*.

No grupo da *infraestrutura rodoviária*:

- A classificação viária *Classe*;
- O número de sentidos, *Sentidos*;
- E por último a inexistência de separador central, *Sep*.

No grupo das *características dos peões*:

- Os grupos etários entre 0 e 74 anos, isto é, *PA, PB, PC, PD e PE*;
- O sexo feminino, *Pfem*;
- Os peões sem acompanhamento, *Pisolado*.

Por outro lado, além das variáveis apresentadas quer nos modelos da base de dados agregada, quer nos correspondentes à base de dados desagregada, vão ser tidas em conta, as variáveis explicativas do número de atropelamentos que estiveram presentes em 50% ou mais modelos criados a partir unicamente da base de dados desagregada.

Portanto, as variáveis que cumprem esta condição estão: em primeiro lugar, no grupo da envolvente, a ausência de lugares de estacionamento, *Est*; no grupo da infraestrutura pedonal, a má qualidade de iluminação, *iluminação*; e por último, no grupo da infraestrutura rodoviária, a largura das vias de circulação do tráfego rodoviário, *Lvias*.

Em síntese, destas variáveis as que parecem ter uma influência negativa na segurança pedonal, isto é, que possivelmente são fatores que aumentem o número de acidentes, pois nos modelos apresentam sinal positivo nos seus coeficientes são: em primeiro lugar, no grupo da envolvente a ausência de lugares de estacionamento, *Est*; no grupo da infraestrutura pedonal, a distância entre atravessamentos formais, *Datrav* e a má qualidade de iluminação *iluminação*; por último, no grupo da infraestrutura rodoviária, a largura das vias de circulação do tráfego rodoviário *Lvias* e a inexistência de separador central, *Sep*.

Quanto às variáveis que apresentam nos modelos sinais negativos nos coeficientes e, portanto, que possivelmente podem ajudar a diminuir os índices de sinistralidade, pertencem ao grupo da infraestrutura rodoviária, sendo a classificação viária, *Classe*, e o número de sentidos, *Sentidos*.

Por último, cabe ressaltar que a única variável que não foi significativa nem para os modelos agregados, nem para os desagregados pertence ao grupo da infraestrutura pedonal e é a largura mínima disponível nos passeios *Lpas*, por exemplo entre um obstáculo e a fachada de um prédio.

Entretanto outras das variáveis que parecem não ter influencia no número de atropelamentos segundo os modelos com a base de dados desagregada são: a existência de paragens de

autocarros *Autocarro* no grupo da envolvente e o declive dos arruamentos *Declive* no grupo da infraestrutura rodoviária.

5. CONCLUSÕES

Neste capítulo são apresentadas as conclusões acerca do presente trabalho, as limitações identificadas ao longo da sua realização e algumas sugestões para futuros desenvolvimentos na área de segurança pedonal.

5.1. Conclusões principais

O Relatório Anual de Vítimas a 30 dias da ANSR, para o ano de 2015, mostra que o maior número de vítimas mortais e feridos graves, no que diz respeito aos peões, ocorre dentro das localidades e, frequentemente, nos arruamentos. Os problemas de segurança nas deslocações pedonais podem estar muitas vezes relacionados com os desequilíbrios entre a conceção e a utilização do espaço público. Portanto, a investigação dos fatores associados ao ambiente construído mais influentes no número de atropelamentos em zonas urbanas é um passo essencial para o entendimento da relação entre os acidentes e as várias características da infraestrutura viária e da sua envolvente, com o objetivo de identificar medidas capazes de promover a segurança rodoviária com vista à redução comportamentos potencialmente perigosos entre os diferentes utilizadores.

Neste sentido, o objetivo principal do presente trabalho foi, através do desenvolvimento de modelos de previsão do número de atropelamentos e com base nas possíveis variáveis explicativas, definidas a partir da revisão bibliográfica apresentada no capítulo 2, identificar quais os fatores associados às características da infraestrutura rodoviária, pedonal e da envolvente que desempenham um papel importante na frequência da ocorrência de acidentes entre veículos e peões.

Para a sua realização foram definidos 40 arruamentos como locais de estudo: 20 no concelho de Braga e 20 no concelho de Guimarães. A escolha destes locais foi realizada com base nos dados de acidentes de tráfego ocorridos entre os anos de 2009 e 2015, fornecidos pela Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária ANSR. Quanto às variáveis explicativas, foi efetuado o levantamento das características próprias da infraestrutura rodoviária e pedonal, e da sua envolvente. Complementarmente, foram determinados os volumes de tráfego pedonal e motorizado em cada uma das secções de estudo consideradas.

Os estudos de acidentes rodoviários podem ser efetuados através da consideração de um conjunto de dados agregados, com o fim de descrever as tendências gerais da sinistralidade, ou através de um conjunto de dados desagregados quando o objetivo é avaliar o efeito das alterações das variáveis explicativas ao longo do tempo. Neste trabalho, o desenvolvimento dos modelos matemáticos foi realizado com a consideração dos dois tipos de bases de dados, uma agregada e outra desagregada em diferentes períodos de tempo (2009 a 2015, 2010 a 2015, 2009 a 2011 e 2013 a 2015), definidos mediante uma análise prévia das tendências do número de atropelamentos totais em cada um dos anos, nos 40 arruamentos.

É importante salientar que o objetivo do presente trabalho não foi a construção de um modelo de previsão de acidentes, no entanto, os modelos desenvolvidos com o auxílio das técnicas de modelação dos modelos lineares generalizados – MLG e das equações de estimação generalizadas – EEG, com uma distribuição binomial negativa considerada como a componente de erro, foram utilizados para avaliar a influência no número de atropelamentos das diferentes variáveis explicativas. A análise dos resultados foi feita através dos modelos validados a partir das análises de resíduos com os gráficos *CURE Plots*, apresentados no capítulo 4, identificando as variáveis estatisticamente significativas que podem ter influência negativa na segurança pedonal, isto é que possam contribuir para o aumento do número de atropelamentos devido ao facto de apresentarem sinal positivo nos seus coeficientes: *Datrav*, *Sep*, *Est* e *Lvias*; e pelo contrário, as que têm influência positiva, favorecendo a segurança dos peões: *Classe* e *Sentidos*.

Das variáveis significativas associadas ao acréscimo da frequência de acidentes, os resultados obtidos para a distância entre atravessamentos formais – *Datrav* validam a hipótese de que os peões, nas suas deslocções, seguem o percurso mais curto, no qual consumirão o mínimo tempo. Portanto, estudar a localização das passagens para peões em função da atratividade dos edifícios da envolvente poderá ocasionar uma diminuição do número de atravessamentos ilegais e, por conseguinte, reduzir a exposição dos peões aos acidentes. Por outro lado, recomenda-se que a distância entre passagens formalizadas seja inferior a 100 metros. Porém, observou-se que em Braga apenas 20% dos arruamentos estudados cumprem esta condição e 45% em Guimarães. Com isto, pode-se concluir que este é um aspeto principal para se intervir.

No que diz respeito ao separador central – *Sep*, conclui-se que a sua ausência pode aumentar o número de atropelamentos. Esta constatação pode ser sustentada pelo facto deste elemento da infraestrutura rodoviária, em caso de existir, permite realizar o atravessamento das vias de

tráfego em duas fases, o que eventualmente simplifica a ação para os peões. Consequentemente, a existência do separador central pode ser comparada com a presença de ilhas centrais, as quais se apresentam como uma medida de proteção para os atravessamentos, que, por exemplo, com outras medidas adicionais para a redução de velocidade para os veículos e sinalização vertical com dispositivos luminosos para alertar aos condutores da presença da passagem pedonal, poderiam aumentar a sensação de segurança dos peões em relação à exposição aos conflitos com os veículos.

Outra das variáveis que parece ter influência no número de atropelamentos é a largura das vias de circulação dos veículos – *Lvias*. Este resultado pode ser explicado pelo facto de que quanto maiores forem as larguras das vias, maior é a sensação de conforto e segurança sentida pelos condutores, o que se traduz, além da diminuição dos níveis de atenção, numa prática de velocidades mais elevadas que, por sua vez, aumentam a probabilidade de ocorrência e agravam as consequências dos acidentes com peões. Para além disso, maiores larguras das vias levam a passagens para peões mais longas, o que aumenta o tempo de exposição ao risco por parte dos peões.

Por último, a ausência dos lugares de estacionamento – *Est* é outra das variáveis com influência negativa na segurança pedonal. Se por um lado, a existência de lugares de estacionamento pode criar obstruções na visibilidade dos condutores, por outro, aumenta o número de manobras que geralmente causam problemas nos fluxos de tráfego, criando filas de espera e diminuindo as velocidades praticadas, o que, por sua vez, pode beneficiar a segurança pedonal.

Quanto às variáveis que foram identificadas como sendo importantes para a diminuição dos índices de sinistralidade, em primeiro lugar destaca-se a classificação viária – *Classe*. Os resultados obtidos para esta variável mostram que, segundo a classificação hierárquica da rede viária, pode ser criada uma segregação modal com o fim de melhorar a interligação da infraestrutura rodoviária com a rede pedonal para, consequentemente, facilitar as deslocações pedonais. Por outro lado, quanto à variável do número de sentidos – *Sentidos*, os resultados obtidos mostram que, quando um arruamento é bidirecional, a probabilidade de ocorrência de acidentes que envolvam peões é menor, o que se pode sustentar pelo facto de que um único sentido de circulação pode reduzir a atenção dos peões na realização do atravessamento da faixa de rodagem.

As conclusões retiradas dos resultados obtidos não devem ser extrapoladas para outros locais, pois dependem do contexto urbano próprio da zona de estudo, da população, e de outros aspetos relacionados com questões culturais e sociais.

5.2. Limitações deste estudo

A principal limitação do presente estudo foi a falta de informação sobre as intervenções ocorridas no que diz respeito à envolvente e às infraestruturas pedonal e rodoviária nos locais de análise durante o período considerado no estudo. Por este motivo apenas se tiveram em consideração na construção dos modelos as características observadas no presente ano de 2017, sem se considerar uma possível variabilidade destas características nos modelos desenvolvidos a partir da base de dados desagregada.

A falta de informação quanto aos volumes de tráfego pedonal e rodoviário é outra das limitações deste trabalho. Sendo que apenas foram medidos os volumes no presente ano do 2017 e durante curtos períodos, tendo sido posteriormente aplicado um ajuste através de uma taxa de crescimento calculada a partir dos dois últimos censos dos anos 2001 e 2011, para representar a variabilidade dos volumes de tráfego pedonal e motorizado ao longo do período de análise (2009 – 2015).

5.3. Desenvolvimentos futuros

Como desenvolvimento futuro seria importante realizar o mesmo tipo de análise aumentando a dimensão da amostra, com o fim de se comparar os resultados com os obtidos no desenvolvimento deste trabalho. Para além disso, seria interessante testar a aplicação de diferentes técnicas de modelação, como por exemplo técnicas da família logit e probit, com o fim de modelar a gravidade das vítimas e determinar qual é a que fornece melhores resultados neste caso específico.

Noutro sentido, o presente trabalho serve como um ponto de partida para um estudo mais aprofundado sobre a avaliação da variação do comportamento e das perceções dos peões com as diferentes características do desenho urbano e da disposição do espaço público, particularmente do ambiente construído, integrando, por exemplo, a análise da compatibilidade das redes de transporte público com a rede pedonal no desenvolvimento de modelos melhorados

de previsão do número de atropelamentos que permitirão auxiliar e fundamentar a aplicação de políticas e intervenções direcionadas para a mitigação da sinistralidade e consequente melhoria das condições de segurança rodoviária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agranonik, M. (2009). *Euações de estimação generalizadas (GEE): aplicação em estudo sobre mortalidade neonatal em gemelares de Porto Alegre, RS (1995-2007)*. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande Do Sul. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10183/19081>
- Al-Madani, H., & Al-Janahi, A. (2006). Personal exposure risk factors in pedestrian accidents in Bahrain. *Safety Science*, 44(4), 335-347. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2005.10.009>
- ANSR, A. N. d. S. R. (2016). Relatório anual de sinistralidade 2015.
- Assum, T., Bjornskau, T., Fosser, S., & Sagberg, F. (1999). Risk compensation - the case of road lighting. *Accident Analysis & Prevention*, 31(5), 545-553. doi: [http://doi.org/10.1016/S0001-4575\(99\)00011-1](http://doi.org/10.1016/S0001-4575(99)00011-1)
- Austroroads, N. A. o. A. S. R. A. (1988). *Guide to Traffic Engineering Practice: Roundabouts: Austroroads*.
- Bacquie, R., Egan, D., & Ing, L. (2001). *Pedestrian refuge island safety audit*. Paper presented at the Improving Transportation Systems Safety and Performance. 2001 Spring Conference and Exhibit, Monterey, California.
- Bart, O., Katz, N., Weiss, P. L., & Josman, N. (2008). Street Crossing by Typically Developed Children in Real and Virtual Environments. *OTJR: Occupation, Participation and Health*, 28(2), 89-96. doi: <http://doi.org/10.3928/15394492-20080301-01>
- Bergeron, J., De Lavalette, B. C., Tijus, C., Poitrenaud, S., Leproux, C., Thouez, J.-P., & Rannou, A. (2008). Effets des caractéristiques de l'environnement sur le comportement des piétons à des intersections urbaines. *Le piéton et son environnement. Quelles interactions? 20 Quelles adaptations? Actes INRETS n, 115*, 163-174.
- Bly, P., Dix, M., Stephenson, C., Great, B., Department of the Environment, T., the, R., Limited, M. V. A., University of, L., & Institute for Transport, S. (1999). *Comparative study of European child pedestrian exposure and accidents : a research report*. London: Department of the Environment, Transport and the Regions.
- Bunn, F., Collier, T., Frost, C., Ker, K., Steinbach, R., Roberts, I., & Wentz, R. (2003). Area-wide traffic calming for preventing traffic related injuries. *Cochrane Database of Systematic Reviews*(1). doi: <http://doi.org/10.1002/14651858.CD003110>

- Caliendo, C., Guida, M., & Parisi, A. (2007). A crash-prediction model for multilane roads. *Accident Analysis & Prevention*, 39(4), 657-670. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2006.10.012>
- Cambon de Lavalette, B., Tijus, C., Poitrenaud, S., Leproux, C., Bergeron, J., & Thouez, J.-P. (2009). Pedestrian crossing decision-making: A situational and behavioral approach. *Safety Science*, 47(9), 1248-1253. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ssci.2009.03.016>
- Carson, J., & Mannering, F. (2001). The effect of ice warning signs on ice-accident frequencies and severities. *Accident Analysis & Prevention*, 33(1), 99-109. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575\(00\)00020-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575(00)00020-8)
- Cepolina, E., & Tyler, N. (2005). Understanding capacity drop for designing pedestrian environments.
- Clifton, K. J., Burnier, C. V., & Akar, G. (2009). Severity of injury resulting from pedestrian-vehicle crashes: What can we learn from examining the built environment? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14(6), 425-436. doi: <http://doi.org/10.1016/j.trd.2009.01.001>
- Costa, J. (2013). *Desenvolvimento dum modelo de previsão de acidentes*. (Tese de Doutoramento), Universidade do Minho.
- Daff, M., & Cramphorn, B. (1995). *Pedestrian behaviour near signalised crossings*. Paper presented at the Australian Pedestrian and Bicyclist Safety and Travel Workshop, Melbourne, Victoria, Australia.
- Demiroz, Y. I., Onelcin, P., & Alver, Y. (2015). Illegal road crossing behavior of pedestrians at overpass locations: Factors affecting gap acceptance, crossing times and overpass use. *Accident Analysis & Prevention*, 80, 220-228. doi: <http://doi.org/10.1016/j.aap.2015.04.018>
- Diogenes, M., & Lindau, L. (2010). Evaluation of Pedestrian Safety at Midblock Crossings, Porto Alegre, Brazil. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2193, 37-43. doi: 10.3141/2193-05
- Dionne, G., Desjardins, D., Laberge-Nadeau, C., & Maag, U. (1995). Medical conditions, risk exposure, and truck drivers' accidents: An analysis with count data regression models. *Accident Analysis & Prevention*, 27(3), 295-305. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0001-4575\(94\)00071-S](http://dx.doi.org/10.1016/0001-4575(94)00071-S)
- Dommes, A., & Cavallo, V. (2011). The role of perceptual, cognitive, and motor abilities in street-crossing decisions of young and older pedestrians. *Ophthalmic and*

- physiological optics*, 31(3), 292-301. doi: <http://doi.org/10.1111/j.1475-1313.2011.00835.x>
- Eliou, N., Galanis, A., & Proios, A. (2010). Pedestrian risk perception in signalized street crossings. *WIT Transactions on State of the Art in Science and Engineering*, 66. doi: <http://doi.org/10.2495/978-1-84564-764-3/007>
- Elvik, R. (1995). Meta-analysis of evaluations of public lighting as accident countermeasure. *Transportation Research Record*, 1485, 112-123.
- Elvik, R. (2001). Area-wide urban traffic calming schemes: a meta-analysis of safety effects. *Accident Analysis & Prevention*, 33(3), 327-336. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575\(00\)00046-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0001-4575(00)00046-4)
- Evans, D., & Norman, P. (1998). Understanding pedestrians' road crossing decisions: an application of the theory of planned behaviour. *Health Education Research*, 13(4), 481-489. doi: <http://doi.org/10.1093/her/13.4.481-a>
- Fisher, A. J. (1977). Road lighting as an accident counter-measure. *Australian road research*, 7(4), 3-16.
- Fitzpatrick, K., Lord, D., & Park, B.-J. (2008). Accident Modification Factors for Medians on Freeways and Multilane Rural Highways in Texas. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2083, 62-71. doi: <http://doi.org/10.3141/2083-07>
- Fitzpatrick, K., Turner, S., Brewer, M., Carlson, P., Ullman, B., Trout, N., Park, E. S., Whitacre, J., Lalani, N., & Lord, D. (2006). *Improving pedestrian safety at unsignalized crossings* (Vol. 562).
- Fitzpatrick, K., Turner, S., & Brewer, M. A. (2007). Improving pedestrian safety at unsignalized intersections. *Institute of Transportation Engineers. ITE Journal*, 77(5), 34-41., 77(5), 34.
- Fontes, A. C., Ramos, R. A., & Mendes, J. F. (2006). Segurança pedonal urbana: o caso de Braga.
- Gomes, S. V. (2010). *Avaliação da Influência da Infra-estrutura na Segurança Rodoviária em Meio Urbano*. Coimbra: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Graham, D. J., & Glaister, S. (2003). Spatial Variation in Road Pedestrian Casualties: The Role of Urban Scale, Density and Land-use Mix. *Urban Studies*, 40(8), 1591-1607. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/0042098032000094441>

- Granié, M. A., Brenac, T., Montel, M. C., Coquelet, C., Millot, M., Monti, F., & Pannetier, M. (2013). Qualitative analysis of pedestrians' perception of the urban environment when crossing streets. *Advances in Transportation Studies*(31), 17-34. doi: <http://dx.doi.org/10.4399/97888548663242>
- Granié, M. A., Brenac, T., Montel, M. C., Millot, M., & Coquelet, C. (2014). Influence of built environment on pedestrian's crossing decision. *Accident Analysis & Prevention*, 67, 75-85. doi: <http://doi.org/10.1016/j.aap.2014.02.008>
- Hanley, J. A., Negassa, A., Edwardes, M. D. d., & Forrester, J. E. (2003). Statistical Analysis of Correlated Data Using Generalized Estimating Equations: An Orientation. *American Journal of Epidemiology*, 157(4), 364-375. doi: <http://doi.org/10.1093/aje/kwf215>
- Hardin, J. W. (2005). *Generalized estimating equations (GEE)*: John Wiley & Sons, ltd.
- Hauer, E., Council, F., & Mohammedshah, Y. (2004). Safety Models for Urban Four-Lane Undivided Road Segments. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1897, 96-105. doi: <http://doi.org/10.3141/1897-13>
- Herms, B. F. (1972). *Pedestrian crosswalk study: Accidents in painted and unpainted crosswalks*. Paper presented at the 51st Annual Meeting of the Highway Research Board, Washington District of Columbia, United States. <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/hrr/1972/406/406-001.pdf>
- Jiménez Romero, D. (2010). *Comportamiento Peatonal*. (Tese de Pós-graduação), Universidad de Chile. Retrieved from http://www.tesis.uchile.cl/tesis/uchile/2010/cf-jimenez_dr/html/index-frames.html
- Jiménez Romero, D., Rizzi, L. I., & Munizaga, M. (2014). *El desafío de proveer infraestructura para una movilidad segura de los peatones*. Paper presented at the XII Encuentro Iberoamericano de Mujeres Ingenieras, Arquitectas y Agrimensoras, Universidad Tecnológica de Panamá.
- Joshua, S. C., & Garber, N. J. (1990). Estimating truck accident rate and involvements using linear and Poisson regression models. *Transportation Planning and Technology*, 15(1), 41-58. doi: <http://doi.org/10.1080/03081069008717439>
- Krug, E. (2012). Decade of Action for Road Safety 2011–2020. *Injury*, 43(1), 6-7. doi: <http://doi.org/10.1016/j.injury.2011.11.002>
- Kumara, S. S. P., & Chin, H. C. (2003). Modeling Accident Occurrence at Signalized Tee Intersections with Special Emphasis on Excess Zeros. *Traffic Injury Prevention*, 4(1), 53-57. doi: 10.1080/15389580309852

- Landis, B., Vattikuti, V., Ottenberg, R., McLeod, D., & Guttenplan, M. (2001). Modeling the Roadside Walking Environment: Pedestrian Level of Service. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1773, 82-88. doi: <http://dx.doi.org/10.3141/1773-10>
- Lassarre, S., Papadimitriou, E., Yannis, G., & Golias, J. (2007). Measuring accident risk exposure for pedestrians in different micro-environments. *Accident Analysis & Prevention*, 39(6), 1226-1238. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2007.03.009>
- Leden, L. (2002). Pedestrian risk decrease with pedestrian flow. A case study based on data from signalized intersections in Hamilton, Ontario. *Accident Analysis & Prevention*, 34(4), 457-464. doi: [http://doi.org/10.1016/S0001-4575\(01\)00043-4](http://doi.org/10.1016/S0001-4575(01)00043-4)
- Li, L., Yang, X., & Yin, L. (2010). Exploration of Pedestrian Refuge Effect on Safety Crossing at Signalized Intersection. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2193, 44-50. doi: <http://doi.org/10.3141/2193-06>
- Liang, K.-Y., & Zeger, S. L. (1986). Longitudinal data analysis using generalized linear models. *Biometrika*, 73(1), 13-22. doi: <http://doi.org/10.1093/biomet/73.1.13>
- Liu, Y.-C., & Tung, Y.-C. (2014). Risk analysis of pedestrians' road-crossing decisions: Effects of age, time gap, time of day, and vehicle speed. *Safety Science*, 63, 77-82. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ssci.2013.11.002>
- Lobjois, R., & Cavallo, V. (2007). Age-related differences in street-crossing decisions: The effects of vehicle speed and time constraints on gap selection in an estimation task. *Accident Analysis & Prevention*, 39(5), 934-943. doi: <http://doi.org/10.1016/j.aap.2006.12.013>
- Lord, D., & Mannering, F. (2010). The statistical analysis of crash-frequency data: A review and assessment of methodological alternatives. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 44(5), 291-305. doi: <http://doi.org/10.1016/j.tra.2010.02.001>
- Lord, D., & Park, P. Y.-J. (2008). Investigating the effects of the fixed and varying dispersion parameters of Poisson-gamma models on empirical Bayes estimates. *Accident Analysis & Prevention*, 40(4), 1441-1457. doi: <http://doi.org/10.1016/j.aap.2008.03.014>
- Lord, D., Washington, S., & Ivan, J. N. (2007). Further notes on the application of zero-inflated models in highway safety. *Accident Analysis & Prevention*, 39(1), 53-57. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2006.06.004>
- Mahalel, D., & Szternfeld, Z. (1986). Safety improvements and driver perception. *Accident Analysis & Prevention*, 18(1), 37-42. doi: [http://doi.org/10.1016/0001-4575\(86\)90034-5](http://doi.org/10.1016/0001-4575(86)90034-5)

- Maher, M. J., & Summersgill, I. (1996). A comprehensive methodology for the fitting of predictive accident models. *Accident Analysis & Prevention*, 28(3), 281-296. doi: [http://doi.org/10.1016/0001-4575\(95\)00059-3](http://doi.org/10.1016/0001-4575(95)00059-3)
- Malyshkina, N. V., & Mannering, F. L. (2010). Zero-state Markov switching count-data models: An empirical assessment. *Accident Analysis & Prevention*, 42(1), 122-130. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2009.07.012>
- Martin, A. (2006). *Factors influencing pedestrian safety: a literature review*: TRL Wokingham, Berks.
- Maycock, G., & Hall, R. (1984). Accidents at 4-arm roundabouts. Laboratory Report LR 1120, Crowthorne, Berks, UK. *Transport Research Laboratory*.
- Mayeur, A., Bremond, R., & Bastien, J. M. C. (2010). The effect of the driving activity on target detection as a function of the visibility level: Implications for road lighting. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 13(2), 115-128. doi: <http://doi.org/10.1016/j.trf.2009.12.004>
- McCullagh, P. (1984). Generalized linear models. *European Journal of Operational Research*, 16(3), 285-292. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217\(84\)90282-0](http://dx.doi.org/10.1016/0377-2217(84)90282-0)
- Miaou, S.-P., & Lum, H. (1993). Modeling vehicle accidents and highway geometric design relationships. *Accident Analysis & Prevention*, 25(6), 689-709. doi: [http://doi.org/10.1016/0001-4575\(93\)90034-T](http://doi.org/10.1016/0001-4575(93)90034-T)
- Millot, M. (2008). *Projet urbain et sécurité des déplacements: exemple de 4 quartiers en rénovation urbaine*: CERTU.
- Moyano Díaz, E. (2002). Theory of planned behavior and pedestrians' intentions to violate traffic regulations. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 5(3), 169-175. doi: [http://doi.org/10.1016/S1369-8478\(02\)00015-3](http://doi.org/10.1016/S1369-8478(02)00015-3)
- Nelder, J. A., & Baker, R. J. (1972). *Generalized linear models*: Wiley Online Library.
- Noland, R. B., & Oh, L. (2004). The effect of infrastructure and demographic change on traffic-related fatalities and crashes: a case study of Illinois county-level data. *Accident Analysis & Prevention*, 36(4), 525-532. doi: [http://doi.org/10.1016/S0001-4575\(03\)00058-7](http://doi.org/10.1016/S0001-4575(03)00058-7)
- Pan, W. (2001). Akaike's Information Criterion in Generalized Estimating Equations. *Biometrics*, 57(1), 120-125. doi: 10.1111/j.0006-341X.2001.00120.x
- Papadimitriou, E., Golias, J., & Yannis, G. (2010). Theoretical Framework for Modeling Pedestrians' Crossing Behavior along a Trip. *Journal of Transportation Engineering*, 136(10), 914-924. doi: [http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)TE.1943-5436.0000163](http://doi.org/10.1061/(ASCE)TE.1943-5436.0000163)

- Papadimitriou, E., Lassarre, S., & Yannis, G. (2016). Introducing human factors in pedestrian crossing behaviour models. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 36, 69-82. doi: <http://doi.org/10.1016/j.trf.2015.11.003>
- Papadimitriou, E., Yannis, G., & Golias, J. (2009). A critical assessment of pedestrian behaviour models. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 12(3), 242-255. doi: <http://doi.org/10.1016/j.trf.2008.12.004>
- Park, B.-J., & Lord, D. (2009). Application of finite mixture models for vehicle crash data analysis. *Accident Analysis & Prevention*, 41(4), 683-691. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2009.03.007>
- Persaud, B., Lord, D., & Palmisano, J. (2002). Calibration and Transferability of Accident Prediction Models for Urban Intersections. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1784, 57-64. doi: <http://doi.org/10.3141/1784-08>
- Pour, A. T., Moridpour, S., Rajabifard, A., & Tay, R. (2017). Spatial and temporal distribution of pedestrian crashes in Melbourne metropolitan area. *Road & Transport Research: A Journal of Australian and New Zealand Research and Practice*, 26(1), 4.
- Priyantha Wedagama, D. M., Bird, R. N., & Metcalfe, A. V. (2006). The influence of urban land-use on non-motorised transport casualties. *Accident Analysis & Prevention*, 38(6), 1049-1057. doi: <http://doi.org/10.1016/j.aap.2006.01.006>
- Pucher, J. (1997). Bicycling boom in Germany: a revival engineered by public policy. *Transportation Quarterly*, 51, 31-46.
- Pucher, J., & Dijkstra, L. (2000). Making walking and cycling safer: lessons from Europe. *Transportation Quarterly*, 54(3), 25-50.
- Rosenbloom, T. (2009). Crossing at a red light: Behaviour of individuals and groups. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 12(5), 389-394. doi: <http://doi.org/10.1016/j.trf.2009.05.002>
- Ruiz, A. P., Uriarte, A. M. L., & Pasqual, F. M. (2016). Aplicação de modelo multicritério difuso para a ponderação das características do ambiente construído que influenciam na caminhabilidade.
- Sawalha, Z., & Sayed, T. (2001). Evaluating Safety of Urban Arterial Roadways. *Journal of Transportation Engineering*, 127(2), 151-158. doi: [http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(2001\)127:2\(151\)](http://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(2001)127:2(151))
- Scheffé, H. (1953). A method for judging all contrasts in the analysis of variance. *Biometrika*, 40(1-2), 87-110. doi: <http://doi.org/10.1093/biomet/40.1-2.87>

- Schwebel, D. C., Stavrinou, D., & Kongable, E. M. (2009). Attentional control, high intensity pleasure, and risky pedestrian behavior in college students. *Accident Analysis & Prevention*, 41(3), 658-661. doi: <http://doi.org/10.1016/j.aap.2009.03.003>
- Seco, Á. J. M., Macedo, J. M. G., & Costa, A. H. P. d. (2008a). Manual do planeamento de acessibilidades e transportes - Peões. Porto: Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte.
- Seco, Á. J. M., Macedo, J. M. G., & Costa, A. H. P. d. (2008b). Manual do planeamento de acessibilidades e transportes - Princípios básicos de organização de redes viárias. Porto: Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte.
- SERNISid. (2015). SR-IPCS Passadeira Inteligente. Retrieved 25/07/2017, from http://www.sernisid.com/projectos_det.php?p=115
- Simpson, G., Johnston, L., & Richardson, M. (2003). An investigation of road crossing in a virtual environment. *Accident Analysis & Prevention*, 35(5), 787-796. doi: [http://doi.org/10.1016/S0001-4575\(02\)00081-7](http://doi.org/10.1016/S0001-4575(02)00081-7)
- Southworth, M. (2005). Designing the walkable city. *Journal of urban planning and development*, 131(4), 246-257. doi: [http://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9488\(2005\)131:4\(246\)](http://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9488(2005)131:4(246))
- Sze, N. N., & Wong, S. C. (2007). Diagnostic analysis of the logistic model for pedestrian injury severity in traffic crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 39(6), 1267-1278. doi: <http://doi.org/10.1016/j.aap.2007.03.017>
- Taylor, D., & Tight, M. (1997). Public attitudes and consultation in traffic calming schemes. *Transport Policy*, 4(3), 171-182. doi: [http://doi.org/10.1016/S0967-070X\(96\)00032-7](http://doi.org/10.1016/S0967-070X(96)00032-7)
- Tefft, B. C. (2013). Impact speed and a pedestrian's risk of severe injury or death. *Accident Analysis & Prevention*, 50, 871-878. doi: <http://doi.org/10.1016/j.aap.2012.07.022>
- Tom, A., Auberlet, J.-M., & Bremond, R. (2007). *Perceptive and cognitive process in the pedestrian decision-making: How Do Pedestrians Cross at Intersection?* Paper presented at the Proceedings of the Extra ICTCT Workshop.
- TRB, T. R. B. (2000). *Highway capacity manual*: TRB Business Office.
- Ulfarsson, G. F., Kim, S., & Booth, K. M. (2010). Analyzing fault in pedestrian-motor vehicle crashes in North Carolina. *Accident Analysis & Prevention*, 42(6), 1805-1813. doi: <http://doi.org/10.1016/j.aap.2010.05.001>
- Vilão, R., & Venâncio, C. (2010). *Projecto Mobilidade Sustentável* (Vol. Volume II – Manual de Boas Práticas para uma Mobilidade Sustentável): Agência Portuguesa do Ambiente.

- Wallman, C.-G., & Åström, H. (2001). *Friction measurement methods and the correlation between road friction and traffic safety: A literature review*: Statens väg-och transportforskningsinstitut.
- Wanvik, P. O. (2009). Effects of road lighting: An analysis based on Dutch accident statistics 1987–2006. *Accident Analysis & Prevention*, 41(1), 123-128. doi: <http://doi.org/10.1016/j.aap.2008.10.003>
- Wedagama, D. M. P., Bird, R., & Dissanayake, D. (2008). The influence of urban land use on pedestrians casualties: Case Study Area: Newcastle upon Tyne, UK. *IATSS Research*, 32(1), 62-73. doi: [http://doi.org/10.1016/S0386-1112\(14\)60201-6](http://doi.org/10.1016/S0386-1112(14)60201-6)
- WHO, W. H. O. (2004). World report on road traffic injury prevention.
- WHO, W. H. O. (2010). Decade of Action for Road Safety 2011–2020: global launch. *Geneva, Switzerland: World Health Organization*.
- WHO, W. H. O. (2013). *Pedestrian safety: a road safety manual for decision-makers and practitioners*: World Health Organization.
- WHO, W. H. O. (2015). *Global status report on road safety 2015*: World Health Organization.
- Wishart, D. M. G. (1967). Linear statistical inference and its application. *Journal of the London Mathematical Society*, s1-42(1), 382-383. doi: <http://doi.org/10.1112/jlms/s1-42.1.382b>
- Yagil, D. (2000). Beliefs, motives and situational factors related to pedestrians' self-reported behavior at signal-controlled crossings. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 3(1), 1-13. doi: [http://doi.org/10.1016/S1369-8478\(00\)00004-8](http://doi.org/10.1016/S1369-8478(00)00004-8)
- Zegeer, C. V., Stewart, J. R., Huang, H. H., & Lagerwey, P. A. (2004). Safety analysis of marked versus unmarked crosswalks in 30 cities. In Institute of Transportation Engineers. ITE Journal, 34-41 (Ed.).
- Zheng, Y., Elefteriadou, L., Chase, T., Schroeder, B., & Sisiopiku, V. (2016). Pedestrian Traffic Operations in Urban Networks. *Transportation Research Procedia*, 15, 137-149. doi: <http://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.06.012>

ANEXOS

A seguir serão apresentadas as tabelas correspondentes aos anexos enunciados ao longo da presente dissertação, com o objetivo de dar algumas informações que foram consideradas relevantes.

Anexo I: Freguesias correspondentes aos locais de estudo

O primeiro anexo, corresponde às freguesias as quais pertence cada arruamento em análise, pois estes foram utilizados para os cálculos da taxa de crescimento dos volumes de tráfego rodoviário e pedonal apresentados no Capítulo 3.

Tabela A.I.1 – Freguesias dos locais de estudo em Braga

Nome arruamento	Freguesia
Avenida da Liberdade	São José de São Lázaro
Avenida Doutor António Palha	Lamações
Avenida General Norton de Matos	São Vicente
Avenida João Paulo II	São Vítor
Avenida João XXI	São José de São Lázaro
Avenida Robert Smith	Lamações
Largo São João da Ponte	Maximinos
	Sé
	Cividade
Praça Conde de Agrolongo	São José de São Lázaro
	São João do Souto
	Maximinos
Praça Conselheiro Torres Almeida	Sé
	Cividade
	São José de São Lázaro
Rua 25 de abril	São João do Souto
	São José de São Lázaro
Rua Conselheiro Lobato	São José de São Lázaro
Rua da Feira	Sé
Rua de Caires	Maximinos
Rua do Fujacal	São José de São Lázaro
Rua Dom António Bento Martins Júnior	São Vítor
Rua Dom Frei Caetano Brandão	Sé
Rua dos Barbosas	São José de São Lázaro
Rua Padre Cruz	Maximinos
Rua Pascoal Fernandes	Lamações
Rua Santo Adrião	São José de São Lázaro

Tabela A.I.2 – Freguesias dos locais de estudo em Guimarães

Nome arruamento	Freguesia
Alameda de São Dâmaso	Guimarães (São Sebastião)
Alameda Doutor Alfredo Pimenta	Guimarães (São Paio)
Alameda Doutor Mariano Felgueiras	Creixomil
Avenida da Igreja	Sande (Vila Nova)
Avenida de Londres	Creixomil
Avenida Dom João IV	Urgezes
Avenida General Humberto Delgado	Guimarães (Oliveira do Castelo)
Avenida São Gonçalo	Guimarães (São Paio)
Largo do Toural	Guimarães (São Sebastião)
Largo República do Brasil	Guimarães (São Sebastião)
Rua 25 de Abril	Guardizela
Rua Arqueólogo Mário Cardoso	Creixomil
Rua Capitão Alfredo Guimarães	Azurém
Rua de Camões	Guimarães (São Sebastião)
Rua dos Mártires	Azurém
Rua Eduardo Manuel de Almeida	Urgezes
Rua Nossa Senhora da Conceição	Azurém
Rua Professor Doutor Arnaldo Sampaio	Guimarães (São Paio)
Rua Serpa Pinto	Guimarães (Oliveira do Castelo)
Rua Teixeira de Pascoais	Azurém

Anexo II: Dados das deslocações em veículos por freguesia dos censos de 2001 e 2011

Quanto ao segundo anexo, são apresentadas com mais detalhe os dados das deslocações em veículos dos censos do ano 2001 e 2011 nos concelhos de Braga e Guimarães, segundo a freguesia correspondente aos arruamentos da análise.

Tabela A.II.1 – Dados das deslocações em veículos Censos 2001 em Braga

Freguesia	2001					Total
	Autocarro	Transporte coletivo da empresa ou da escola	Automóvel ligeiro como condutor	Automóvel ligeiro como passageiro	Motociclo ou bicicleta	
Cidade	90	10	382	109	2	593
Lamações	98	15	534	163	7	817
Maximinos	1013	193	2135	794	32	4167
São João do Souto	28	2	86	20	0	136
São José de São Lázaro	1071	165	3330	1129	30	5725
São Vicente	1007	175	2946	1010	21	5159
São Vítor	1942	361	7071	2310	80	11764
Sé	389	66	662	266	10	1393

Tabela A.II.2 – Dados das deslocações em veículos Censos 2011 em Braga

Freguesia	2011						Total
	Automóvel ligeiro - como condutor	Automóvel ligeiro - como passageiro	Autocarro	Transporte coletivo da empresa ou da escola	Motociclo	Bicicleta	
Cidade	273	110	62	9	2	1	457
Lamações	1048	451	73	14	5	2	1593
Maximinos	2220	1130	670	103	17	15	4155
São João do Souto	66	24	19	2	1	1	113
São José de São Lázaro	2864	1124	650	116	18	10	4782
São Vicente	1661	685	133	5	10	0	2494
São Vítor	8438	3740	1351	258	48	39	13874
Sé	718	345	199	34	9	1	1306

Tabela A.II.3 – Dados das deslocações em veículos Censos 2001 em Guimarães

Freguesia	2001					Total
	Autocarro	Transporte coletivo da empresa ou da escola	Automóvel ligeiro como condutor	Automóvel ligeiro como passageiro	Motociclo ou bicicleta	
Azurém	1083	200	1834	682	47	3846
Creixomil	930	135	2505	886	29	4485
Guardizela	188	225	484	162	89	1148
Oliveira do Castelo	203	49	735	242	6	1235
São Paio	349	77	639	226	14	1305
São Sebastião	110	22	343	97	0	572
Sande (Vila Nova)	308	84	337	114	36	879
Urgezes	569	90	1181	413	28	2281

Tabela A.II.4 – Dados das deslocações em veículos Censos 2011 em Guimarães

Freguesia	2011						Total
	Automóvel ligeiro como condutor	Automóvel ligeiro como passageiro	Autocarro	Transporte coletivo da empresa ou da escola	Motociclo	Bicicleta	
Azurém	2277	957	548	82	15	3	3882
Creixomil	2725	1239	580	91	13	3	4651
Guardizela	631	202	66	226	29	2	1156
Oliveira do Castelo	739	330	104	33	4	1	1211
São Paio	442	130	142	25	5	0	744
São Sebastião	361	171	59	20	2	0	613
Sande (Vila Nova)	437	149	198	39	13	3	839
Urgezes	1363	559	363	98	5	3	2391

Anexo III: Distâncias medidas com a utilização do software *Google Maps*

Para realizar as medições das distâncias entre os atravessamentos pedonais demarcados e a largura das vias de circulação dos veículos foi utilizado a ferramenta do software *Google Maps*, estas medições segundo cada arruamento do estudo são apresentadas a seguir.

Tabela A.III.1 – Distância em metros entre atravessamentos pedonais de Braga

Arruamento	Distância entre atravessamentos [m]								Média
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	
Av. da Liberdade	180	50	180	170					145
Av. Dr. António Palha	450	60	215						242
Av. General Norton de Matos	200	70							135
Av. João Paulo II	270	370	135						259
Av. João XXI	100	170	150	320					185
Av. Robert Smith	130	60	350	55	155				150
Largo São João da Ponte	190								190
Praça Conde de Agrolongo	25	35	37	48					37
Praça Conselheiro Torres Almeida	30								30
Rua 25 de abril	120	25	75	190	200				122
Rua Conselheiro Lobato	125	95	85	155	100				112
Rua da Feira	160	105	77						114
Rua de Caires	160	100	205						155
Rua do Fujacal	140	80	200						140
Rua Dom António Bento Martins Júnior	55	100	180	100	55	80			95
Rua Dom Frei Caetano Brandão	110	70	130						104
Rua dos Barbosas	240	250							245
Rua Padre Cruz	170	120	165	350	30	160	165		166
Rua Pascoal Fernandes	100	92	108						100
Rua Santo Adrião	300	235							268

Tabela A.III.2 – Distância em metros entre atravessamentos pedonais de Guimarães

Arruamento	Distância entre atravessamentos (m)								Média
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	
Alameda de São Dâmaso	75	40	75	115					77
Alameda Dr. Alfredo Pimenta	120	140	90						117
Alameda Dr. Mariano Felgueiras	170								170
Av. da Igreja	25	115	90						77
Av. de Londres	140	40	95						92
Av. Dom João IV	80	125	120	115	115	95			109
Av. General Humberto Delgado	125	105							115
Av. São Gonçalo	110	120	115	50	115	50	90	90	93
Largo do Toural	85	87							86
Largo República do Brasil	70	50	80						67
Rua 25 de Abril	500								500
Rua Arqueólogo Mário Cardoso	70	50	240	35					99
Rua Capitão Alfredo Guimarães	105	145							125
Rua de Camões	190								190
Rua dos Mártires	500								500
Rua Eduardo Manuel de Almeida	100	140	125						122
Rua Nossa Senhora da Conceição	500								500
Rua Professor Dr. Arnaldo Sampaio	75	135	45	60					79
Rua Serpa Pinto	90								90
Rua Teixeira de Pascoais	130	125							128

Tabela A.III.3 – Larguras das vias de circulação dos locais em Braga

Arruamento	Largura das vias (m)						Média
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
Av. da Liberdade	3	3	3,1	3,1	3,1		3,1
Av. Dr. António Palha	3,3	3	3,3	4			3,4
Av. General Norton de Matos	4,2	4,2	3	2,9			3,6
Av. João Paulo II	3	3,2	3,2	3,1	3,1	3,1	3,2
Av. João XXI	3,3	3,4	3,3	3,5			3,4
Av. Robert Smith	4,5	4,7	3,3	3,5			4
Largo São João da Ponte	3	3	3,1	3,1	3,1		3,1
Praça Conde de Agrolongo	3,7	3,7					3,7
Praça Conselheiro Torres Almeida	3,5	3,4	3,7	3,5			3,6
Rua 25 de abril	3,5	2,9	2,8				3,1
Rua Conselheiro Lobato	3,3	3,3					3,3
Rua da Feira	3,3	3,7	3,6				3,6
Rua de Caires	3,3	3,3	3,3	3,3			3,3
Rua do Fujacal	5,3	4,5					4,9
Rua Dom António Bento Martins Júnior	3,3	3,4					3,4
Rua Dom Frei Caetano Brandão	3	3					3
Rua dos Barbosas	3,3	3,3					3,3
Rua Padre Cruz	3,6	3,2					3,4
Rua Pascoal Fernandes	3,6	4					3,8
Rua Santo Adrião	4,3						4,3

Tabela A.III.4 – Larguras das vias de circulação dos locais em Guimarães

Arruamento	Largura das vias (m)						Média
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
Alameda de São Dâmaso	2,8	3	3,3				3,1
Alameda Dr. Alfredo Pimenta	2,8	2,9	2,9	2,9			2,9
Alameda Dr. Mariano Felgueiras	3	3,4	3,4	3,6	3,5		3,4
Av. da Igreja	3,2	3,3					3,3
Av. de Londres	3,5	3,5					3,5
Av. Dom João IV	3,8	3,8					3,8
Av. General Humberto Delgado	3,3	3,4					3,4
Av. São Gonçalo	3	3,1	3	2,9			3
Largo do Toural	2,8	2,8	3,3				3
Largo República do Brasil	3,3	3,2	3	3			3,2
Rua 25 de Abril	3,3	3					3,2
Rua Arqueólogo Mário Cardoso	3	3,2					3,1
Rua Capitão Alfredo Guimarães	2,775						2,8
Rua de Camões	3,1						3,1
Rua dos Mártires	3,25						3,3
Rua Eduardo Manuel de Almeida	4	4,2					4,1
Rua Nossa Senhora da Conceição	3	3					3
Rua Professor Dr. Arnaldo Sampaio	3	3,1					3,1
Rua Serpa Pinto	3,8	4					3,9
Rua Teixeira de Pascoais	3,8	3,7					3,8

Anexo IV: Resultados completos dos modelos desenvolvidos com a base de dados agregada

Devido ao tamanho e quantidade de tabelas correspondentes aos modelos de previsão de atropelamento desenvolvidos, são apresentados no Anexo IV, no caso de ser obtidos através da base de dados agregada, e no Anexo V da base de dados desagregada.

Tabela A.IV.1 – Modelo no período 2009-2015 com o volume pedonal como variável offset

Parâmetro	Coefficiente Estimado	Erro Padrão	Limites de Confiança 95%		p-value
Intercept	-7,5983	1,2611	-10,0701	-5,1265	<,0001
PA	-2,6882	1,0105	-4,6686	-0,7077	0,0078
Pisolado	1,6645	0,7161	0,2610	3,0680	0,0201
Usolo	0,8659	0,2818	0,3136	1,4182	0,0021
Contp	-0,6039	0,3500	-1,2899	0,0821	0,0844
Classe	-0,5415	0,1530	-0,8414	-0,2416	0,0004
Sep	0,7546	0,2701	0,2252	1,2841	0,0052
Atrav	0,0047	0,0010	0,0028	0,0066	<,0001
Lvias	0,5246	0,2587	0,0176	1,0316	0,0426
Dispersion	0,1523	0,0584	0,0718	0,3228	

Tabela A. IV.2 – Modelo no período 2010-2015 com o volume pedonal como variável offset

Parâmetro	Coefficiente Estimado	Erro Padrão	Limites de Confiança 95%		p-value
Intercept	-6,2803	0,4256	-7,1146	-5,4461	<,0001
PC	1,1629	0,5847	0,0170	2,3089	0,0467
PD	1,0241	0,4538	0,1347	1,9134	0,0240
PE	2,7085	0,7602	1,2186	4,1984	0,0004
Classe	-0,3115	0,1431	-0,5919	-0,0310	0,0295
Sentidos	0,4960	0,2643	-0,0220	1,0141	0,0606
Sep	0,7309	0,2332	0,2739	1,1878	0,0017
Atrav	0,0052	0,0007	0,0038	0,0066	<,0001
Dispersion	0,1247	0,0655	0,0445	0,3493	

Tabela A. IV.3 – Modelo no período 2009-2011 com o volume pedonal como variável offset

Parâmetro	Coefficiente Estimado	Erro Padrão	Limites de Confiança 95%		p-value
Intercept	-13,6250	1,7542	-17,0633	-10,1868	<,0001
PA	2,8758	1,0648	0,7888	4,9627	0,0069
PB	2,7968	0,6775	1,4688	4,1247	<,0001
PC	2,6674	0,6235	1,4452	3,8895	<,0001
PD	1,1341	0,4805	0,1924	2,0759	0,0183
PE	2,8330	0,6457	1,5675	4,0985	<,0001
pfem	-1,5393	0,3797	-2,2835	-0,7951	<,0001
pisolado	1,9779	0,6023	0,7973	3,1585	0,0010
Autocarro	1,5496	0,3685	0,8274	2,2719	<,0001
Sep	0,9531	0,3008	0,3635	1,5426	0,0015
Lnvei	0,6434	0,2005	0,2504	1,0364	0,0013
Declive	13,6426	4,8758	4,0863	23,1989	0,0051
Dispersion	0,0000	0,0033			

Tabela A. IV.4 – Modelo no período 2013-2015 com o volume pedonal como variável offset

Parâmetro	Coefficiente Estimado	Erro Padrão	Limites de Confiança 95%		p-value
Intercept	-8,4252	0,6101	-9,6210	-7,2294	<,0001
PB	2,5554	0,7384	1,1082	4,0025	0,0005
PC	1,9020	0,7020	0,5261	3,2778	0,0067
PD	1,1970	0,4333	0,3477	2,0464	0,0057
PE	3,2734	0,6668	1,9665	4,5803	<,0001
pfem	1,3067	0,4472	0,4302	2,1832	0,0035
Iluminacao	0,9332	0,4428	0,0654	1,8010	0,0351
Sentidos	0,7329	0,2945	0,1557	1,3101	0,0128
Sep	0,5020	0,2123	0,0860	0,9180	0,0180
Atrav	0,0036	0,0009	0,0018	0,0054	<,0001
Dispersion	0,0368	0,0603	0,0015	0,9130	

Tabela A. IV.5 – Modelo no período 2013-2015 com o volume pedonal como variável offset e soma dos volumes pedonal e veicular Pmv

Parâmetro	Coefficiente Estimado	Erro Padrão	Limites de Confiança 95%		p-value
Intercept	-3,8266	1,5867	-6,9364	-0,7168	0,0159
PB	3,2679	0,7313	1,8346	4,7013	<,0001
PC	2,2092	0,6628	0,9101	3,5083	0,0009
PD	1,4623	0,4083	0,6620	2,2626	0,0003
PE	3,5780	0,6246	2,3538	4,8022	<,0001
pfem	1,2599	0,4234	0,4301	2,0897	0,0029
Sentidos	0,8791	0,3041	0,2832	1,4751	0,0038
Nvias	0,2547	0,1044	0,0500	0,4593	0,0147
Sep	0,8036	0,2424	0,3285	1,2787	0,0009
Lpas	-0,4287	0,1577	-0,7377	-0,1197	0,0065
Inpmv	-0,6558	0,2165	-1,0801	-0,2316	0,0024
Declive	7,1560	3,7690	-0,2310	14,5431	0,0576
Dispersion	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	

Tabela A. IV.6 – Modelo no período 2013-2015 com o volume pedonal como variável offset e o indicador Pv^2

Parâmetro	Coefficiente Estimado	Erro Padrão	Limites de Confiança 95%		p-value
Intercept	-2,3063	1,2434	-4,7433	0,1308	0,0636
PB	3,0894	0,7081	1,7015	4,4773	<,0001
PC	2,0396	0,6337	0,7976	3,2817	0,0013
PD	1,4521	0,4009	0,6664	2,2378	0,0003
PE	3,4917	0,6054	2,3051	4,6782	<,0001
pfem	1,1364	0,4035	0,3457	1,9272	0,0049
Sentidos	0,9877	0,3028	0,3943	1,5811	0,0011
Nvias	0,2235	0,0988	0,0297	0,4172	0,0238
Sep	0,7077	0,2394	0,2385	1,1769	0,0031
Lpas	-0,4276	0,1574	-0,7361	-0,1191	0,0066
Inpvq	-0,2961	0,0674	-0,4282	-0,1641	<,0001
Dispersion	0,0000	0,0028	,	,	

Anexo V: Resultados completos dos modelos desenvolvidos com a base de dados desagregada

Tabela A.V.1 – Modelo no período 2009-2015 com o volume pedonal como variável offset

Parâmetro	Coefficiente Estimado	Erro Padrão	Limites de Confiança 95%		p-value
Intercept	-10,0331	0,5009	-11,0149	-9,0513	<,0001
PA	1,0908	0,3085	0,4861	1,6955	0,0004
PB	1,1092	0,2662	0,5874	1,6310	<,0001
PC	1,1155	0,2421	0,6410	1,5900	<,0001
PD	0,9932	0,2230	0,5561	1,4302	<,0001
PE	1,363	0,2777	0,8188	1,9072	<,0001
pisolado	1,3358	0,2425	0,8606	1,8111	<,0001
Usolo	0,7509	0,2035	0,3520	1,1498	0,0002
Est	0,4595	0,1693	0,1276	0,7913	0,0067
Iluminacao	0,7124	0,2343	0,2532	1,1716	0,0024
Classe	-0,4194	0,1322	-0,6784	-0,1604	0,0015
Sep	0,4644	0,1920	0,0881	0,8408	0,0156
Datrav	0,0032	0,0005	0,0022	0,0043	<,0001
Lvias	0,4963	0,1459	0,2104	0,7822	0,0007
Ilha	0,0574	0,0290	0,0006	0,1142	0,0475

Tabela A.V.2 – Modelo no período 2009-2015 com o volume pedonal como variável offset e soma dos volumes pedonal e veicular Pmv

Parâmetro	Coefficiente Estimado	Erro Padrão	Limites de Confiança 95%		p-value
Intercept	-7,7518	1,2273	-10,1573	-5,3463	<,0001
PA	1,0619	0,3136	0,4473	1,6766	0,0007
PB	1,113	0,2635	0,5966	1,6295	<,0001
PC	1,0492	0,2508	0,5576	1,5408	<,0001
PD	0,9701	0,2335	0,5124	1,4277	<,0001
PE	1,2845	0,2805	0,7347	1,8343	<,0001
pisolado	1,3698	0,2547	0,8706	1,8690	<,0001
Usolo	0,5535	0,2749	0,0148	1,0923	0,0440
Est	0,4938	0,1553	0,1894	0,7981	0,0015
Iluminacao	0,5241	0,2618	0,0109	1,0373	0,0453
Classe	-0,4616	0,1265	-0,7096	-0,2136	0,0003
Sep	0,3257	0,1697	-0,0069	0,6584	0,0550
Datrav	0,0029	0,0005	0,0018	0,0039	<,0001
Lvias	0,6047	0,1469	0,3167	0,8926	<,0001
Inpmv	-0,3177	0,1744	-0,6595	0,0240	0,0684
Ilha	0,0663	0,0292	0,0091	0,1235	0,0231

Tabela A.V.3 – Modelo no período 2009-2015 com o volume pedonal como variável offset e o indicador Pv^2

Parâmetro	Coefficiente Estimado	Erro Padrão	Limites de Confiança 95%		p-value
Intercept	-5,8921	0,8749	-7,6068	-4,1773	<,0001
PA	1,1157	0,2952	0,5371	1,6942	0,0002
PB	1,1973	0,2774	0,6535	1,7411	<,0001
PC	1,006	0,2474	0,5211	1,4908	<,0001
PD	0,9934	0,2262	0,5501	1,4368	<,0001
PE	1,2792	0,2811	0,7282	1,8303	<,0001
pisolado	1,3311	0,2461	0,8488	1,8134	<,0001
Est	0,4432	0,1681	0,1137	0,7727	0,0084
Classe	-0,342	0,0810	-0,5008	-0,1832	<,0001
Datrav	0,0034	0,0005	0,0023	0,0044	<,0001
Lvias	0,7617	0,1437	0,4801	1,0433	<,0001
Inpvq	-0,2282	0,0385	-0,3036	-0,1528	<,0001
Ilha	0,0572	0,0256	0,0071	0,1073	0,0252

Tabela A.V.4 – Modelo no período 2010-2015 com o volume pedonal como variável offset

Parâmetro	Coefficiente Estimado	Erro Padrão	Limites de Confiança 95%		p-value
Intercept	-9,8838	0,5785	-11,0177	-8,7499	<,0001
PA	1,0437	0,2842	0,4867	1,6006	0,0002
PB	1,1663	0,2681	0,6409	1,6917	<,0001
PC	1,2453	0,2387	0,7774	1,7131	<,0001
PD	1,115	0,2161	0,6916	1,5385	<,0001
PE	1,5666	0,3161	0,9471	2,1860	<,0001
pisolado	1,4312	0,2529	0,9355	1,9270	<,0001
Usolo	0,7907	0,2195	0,3605	1,2208	0,0003
Est	0,4378	0,1778	0,0893	0,7864	0,0138
Iluminacao	0,8294	0,2144	0,4092	1,2497	0,0001
Classe	-0,4825	0,1193	-0,7162	-0,2488	<,0001
Sep	0,3888	0,1868	0,0228	0,7548	0,0374
Datrav	0,003	0,0006	0,0019	0,0041	<,0001
Lvias	0,4726	0,1589	0,1611	0,7840	0,0029
Declive	0,6909	0,2519	0,1971	1,1846	0,0061

Tabela A.V.5 – Modelo no período 2010-2015 com o volume pedonal como variável offset e soma dos volumes pedonal e veicular Pmv

Parâmetro	Coefficiente Estimado	Erro Padrão	Limites de Confiança 95%		p-value
Intercept	-5,7913	0,9568	-7,6667	-3,9160	<,0001
PA	1,0839	0,2827	0,5298	1,6380	0,0001
PB	1,2714	0,2898	0,7033	1,8394	<,0001
PC	1,1245	0,2531	0,6285	1,6205	<,0001
PD	1,1349	0,2239	0,6961	1,5736	<,0001
PE	1,4669	0,3236	0,8326	2,1012	<,0001
pisolado	1,3675	0,2504	0,8766	1,8583	<,0001
Est	0,421	0,1814	0,0655	0,7766	0,0203
Iluminacao	0,4706	0,1891	0,0999	0,8412	0,0128
Classe	-0,4348	0,1054	-0,6414	-0,2283	<,0001
Datrav	0,0033	0,0005	0,0023	0,0043	<,0001
Lvias	0,6633	0,1575	0,3545	0,9721	<,0001
lnpmv	-0,5751	0,1208	-0,8119	-0,3383	<,0001

Tabela A.V.6 – Modelo no período 2010-2015 com o volume pedonal como variável offset e o indicador Pv2

Parâmetro	Coefficiente Estimado	Erro Padrão	Limites de Confiança 95%		p-value
Intercept	-4,0544	1,0399	-6,0926	-2,0161	<,0001
PA	1,0706	0,2686	0,5442	1,5969	<,0001
PB	1,1994	0,2557	0,6982	1,7006	<,0001
PC	1,2161	0,2753	0,6766	1,7556	<,0001
PD	1,1571	0,2220	0,7219	1,5923	<,0001
PE	1,5367	0,3081	0,9329	2,1405	<,0001
pisolado	1,3153	0,2471	0,8310	1,7996	<,0001
Classe	-0,4001	0,0909	-0,5783	-0,2218	<,0001
Nvias	0,2235	0,0940	0,0392	0,4078	0,0175
Datrav	0,0024	0,0006	0,0013	0,0035	<,0001
Lvias	0,8677	0,1666	0,5412	1,1942	<,0001
Inpvq	-0,3518	0,0664	-0,4819	-0,2217	<,0001

Tabela A.V.7 – Modelo no período 2009-2011 com o volume pedonal como variável offset

Parâmetro	Coefficiente Estimado	Erro Padrão	Limites de Confiança 95%		p-value
Intercept	-26,8631	1,8013	-30,3936	-23,3327	<,0001
PA	17,9388	1,1101	15,7631	20,1146	<,0001
PB	17,2386	1,0558	15,1693	19,3078	<,0001
PC	17,2754	1,1043	15,1111	19,4397	<,0001
PD	17,383	1,1060	15,2153	19,5508	<,0001
PE	17,9859	1,0839	15,8614	20,1104	<,0001
PF	17,0662	1,0283	15,0508	19,0816	<,0001
pfem	-0,3752	0,1663	-0,7011	-0,0492	0,0241
Usolo	1,3439	0,2752	0,8045	1,8833	<,0001
Iluminacao	2,0122	0,4640	1,1027	2,9217	<,0001
Contp	-0,9513	0,3051	-1,5493	-0,3534	0,0018
Classe	-0,5751	0,1850	-0,9377	-0,2125	0,0019
Nvias	-0,2852	0,1237	-0,5276	-0,0429	0,0211
Sep	0,5029	0,2453	0,0221	0,9836	0,0404
Datrav	0,0037	0,0007	0,0024	0,0050	<,0001
Lnvei	0,6134	0,1523	0,3149	0,9118	<,0001

Tabela A.V.8 – Modelo no período 2013-2015 com o volume pedonal como variável offset

Parâmetro	Coefficiente Estimado	Erro Padrão	Limites de Confiança 95%		p-value
Intercept	-8,6715	0,3246	-9,3077	-8,0353	<,0001
PB	1,1157	0,4849	0,1654	2,0660	0,0214
PC	0,8238	0,2848	0,2656	1,3820	0,0038
PD	0,7528	0,2503	0,2623	1,2434	0,0026
PE	1,4946	0,3475	0,8136	2,1756	<,0001
pfem	0,6034	0,1969	0,2176	0,9893	0,0022
pisolado	1,0401	0,3625	0,3296	1,7506	0,0041
Est	0,4494	0,2579	-0,0561	0,9550	0,0814
Iluminacao	0,3402	0,1734	0,0003	0,6801	0,0498
Sep	0,4757	0,2069	0,0702	0,8813	0,0215
Datrav	0,004	0,0005	0,0031	0,0049	<,0001
Declive	0,565	0,3389	-0,0992	1,2292	0,0955

Tabela A.V.9 – Modelo no período 2013-2015 com o volume pedonal como variável offset e soma dos volumes pedonal e veicular Pmv

Parâmetro	Coefficiente Estimado	Erro Padrão	Limites de Confiança 95%		p-value
Intercept	-5,7017	1,0396	-7,7392	-3,6641	<,0001
PB	0,8498	0,4624	-0,0565	1,7561	0,0661
PC	0,5001	0,2962	-0,0804	1,0806	0,0913
PD	0,6034	0,2480	0,1173	1,0896	0,0150
PE	1,2483	0,4155	0,4339	2,0626	0,0027
pfem	0,4547	0,1753	0,1110	0,7984	0,0095
pisolado	1,2207	0,3720	0,4916	1,9498	0,0010
Classe	-0,2367	0,1453	-0,5214	0,0480	0,1033
Datrav	0,0033	0,0007	0,0021	0,0046	<,0001
Lvias	0,4319	0,2154	0,0098	0,8541	0,0449
lnpmv	-0,4584	0,1382	-0,7292	-0,1876	0,0009

Tabela A.V.10 – Modelo no período 2013-2015 com o volume pedonal como variável offset e o indicador Pv2

Parâmetro	Coefficiente Estimado	Erro Padrão	Limites de Confiança 95%		p-value
Intercept	-2,6386	1,3783	-5,3400	0,0628	0,0556
PB	0,7671	0,4286	-0,0730	1,6072	0,0735
PC	0,5617	0,3131	-0,0521	1,1754	0,0729
PD	0,5831	0,2540	0,0854	1,0809	0,0217
PE	1,1877	0,4454	0,3148	2,0606	0,0077
pfem	0,5275	0,1808	0,1732	0,8818	0,0035
pisolado	1,219	0,3561	0,5211	1,9169	0,0006
Autocarro	-0,5528	0,2708	-1,0836	-0,0221	0,0412
Classe	-0,2837	0,1474	-0,5726	0,0052	0,0543
Nvias	0,1858	0,0948	-0,0001	0,3717	0,0501
Datrav	0,0027	0,0006	0,0015	0,0040	<,0001
Lvias	0,7069	0,2159	0,2838	1,1300	0,0011
Inpvq	-0,3771	0,0820	-0,5379	-0,2163	<,0001
Declive	-0,718	0,3829	-1,4685	0,0324	0,0608