

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**ESCOLA DE ENGENHARIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Mara Chagas Diógenes

**MÉTODO PARA AVALIAR O RISCO POTENCIAL DE  
ATROPELAMENTOS EM TRAVESSIAS URBANAS EM  
MEIO DE QUADRA**

Porto Alegre

2008

Mara Chagas Diógenes

**Método para Avaliar o Risco Potencial de Atropelamentos em Travessias Urbanas em  
Meio de Quadra**

Tese de Doutorado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção, na área de concentração de Transportes.

Orientador: Luis Antonio Lindau, Ph.D

Porto Alegre

2008

Mara Chagas Diógenes

**Método para Avaliar o Risco Potencial de Atropelamentos em Travessias Urbanas em  
Meio de Quadra**

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

---

**Prof. Luis Antonio Lindau, *Ph.D.***

Orientador PPGEP/UFRGS

---

**Prof. Flávio Sanson Fogliatto, *Ph.D.***

Coordenador PPGEP/UFRGS

**Banca Examinadora:**

Professor Licinio da Silva Portugal, Dr. (COPPE/UFRJ)

Professora Suely da Penha Sanches, Dr. (DECiv/UFSCAR)

Professora Helena Beatriz Bettella Cybis, *Ph.D.* (PPGEP/UFRGS)

Professora Christine Tessele Norari, Dr. (PPGEP/UFRGS)

#### Dedicatória

Dedico este trabalho ao meu marido, Prashant Chaudhari, e aos meus pais e irmãos, por todo amor a mim concedido e pelo apoio durante o decorrer do curso de doutorado.

## AGRADECIMENTOS

A DEUS, por acreditar que sem ele nada sou e nada posso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudos concedida, imprescindível para a realização deste trabalho e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), por ter concedido uma bolsa de estudos para realização do estágio de doutorado no exterior.

À *University of California at Berkeley* (UCB), em particular ao *Traffic Safety Center* por possibilitar o desenvolvimento de parte deste trabalho em suas dependências.

À Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC) pelo fornecimento dos dados de atropelamentos da cidade de Porto Alegre, utilizados neste trabalho.

Ao professor Luis Antonio Lindau, pela orientação desta tese, e ao professor David R. Ragland, pela orientação do estágio de doutorado no exterior, profissionais que me proporcionaram grande crescimento profissional e pessoal.

A todos os funcionários, alunos, pesquisadores e professores do PPGEP e do *Traffic Safety Center*, por todo apoio durante a realização do trabalho.

Aos alunos bolsistas de iniciação científica, Henrique Simonetti, João Rodrigo Mattos e aos amigos Marcelo Hansen e Gustavo Meneses pelo auxílio no processo de coleta de dados.

A minhas amigas Paula Ariotti, por ajudar no desenvolvimento deste trabalho dando suporte técnico e emocional, e Ingrid Rosa, por todo companheirismo e auxílio na tese.

A todos os meus amigos que me deram força e apoio para escrever a tese.

Aos meus pais e irmãos por terem possibilitado a realização deste trabalho me dando suporte financeiro e emocional.

Ao meu marido, Prashant Chaudhari, por toda paciência, amor e compreensão, imprescindíveis para a conclusão deste trabalho.

## RESUMO

A alta ocorrência de atropelamentos nas áreas urbanas acarreta altos custos econômicos e sociais. Por isso, é importante a adoção de medidas de segurança viária que visem prevenir e mitigar os riscos de acidentes envolvendo pedestres. Para que essas medidas sejam eficazes, sua escolha deve estar embasada em informações sobre onde, como e porque os atropelamentos acontecem. Uma forma de obtenção dessas informações envolve as avaliações de risco. Este trabalho propõe um método de avaliação de risco potencial de atropelamentos em travessias urbanas em meio de quadra. O método proposto incorpora análises quantitativas e qualitativas através de técnicas de modelagem que relacionam a incidência de atropelamentos e a percepção de risco dos pedestres com os fatores de risco. A aplicação do método envolveu a análise dos dados de atropelamentos registrados na cidade de Porto Alegre durante o período de 1998 e 2006 e a identificação das travessias em meio de quadra onde ocorreu o maior número de atropelamentos nesse período. Foram identificadas e, então, analisadas 21 travessias em meio de quadra. A análise das travessias incluiu a coleta de dados referentes aos fatores de risco e uma simulação de vídeo, onde pedestres e especialistas avaliaram as travessias no que concerne a sua segurança. A partir dos dados coletados, foram construídos dois modelos de regressão, um embasado em dados de ocorrência de atropelamentos e outro em dados de percepção de risco. A análise desses modelos mostrou que o risco de atropelamento é influenciado por uma combinação de fatores de risco, entre os quais as características do transporte coletivo, a largura da via, o número de faixas de tráfego de veículos, o volume de pedestres e de veículos. Ressalta-se que os modelos construídos podem ser utilizados para relativizar o risco observado e percebido de travessias em meio de quadra de Porto Alegre e fornecer indicativos para o gerenciamento da segurança dos pedestres. O estudo de caso mostrou que a aplicação do método proposto é simples, sendo possível a sua transferência a realidades onde há escassez de dados e recursos para sua obtenção.

Palavras-chave: Pedestres; Travessias em meio de quadra; Avaliação de risco; Percepção de risco.

## **ABSTRACT**

The high occurrence of pedestrian crashes in urban areas results in high social and economic costs. To address this problem, it is important to adopt countermeasures that aim to prevent and reduce the risk of pedestrian crash. In order to obtain efficient countermeasures, their selection must be based on information of where, when and why the pedestrian crashes occur. This information can be obtained through risk evaluation. This dissertation proposes a method to evaluate the potential risk of pedestrian crash at midblock crosswalks. The proposed method incorporates quantitative and qualitative analyses, using modeling techniques to understand the relationship of risk factors with pedestrian crash occurrence and the relationship of risk factors with pedestrian risk perception. The method application comprised the analysis of reported pedestrian crashes in the city of Porto Alegre, in southern Brazil, over the period of 1998 to 2006 and the identification of midblock crosswalks with the highest incidence of pedestrian crash. Twenty one midblock crosswalks were identified and, then analyzed. The crosswalks' analysis included data collection about risk factors and video simulations. During the video simulations, pedestrians and experts evaluated the crosswalks' safety. Two regression models were developed using the data collected, one based on pedestrian crash occurrence and one based on risk perception data. The analysis of models showed that pedestrian crash risk is influenced by a combination of risk factors, such as public transportation characteristics, road width, number of through lanes, pedestrian and vehicle volumes. The developed models can be used to relativize the observed and perceived risk of midblock crosswalks in Porto Alegre and to provide information to the pedestrian safety management. The case study results showed that the application of the proposed method is simple and it is possible to use it on real world cases where data and resources to obtain such data are scarce.

**Keywords:** Pedestrians; Midblock crosswalks; Risk evaluation; Risk perception.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Artigos 69 e 70 do Capítulo IV do CBT _____	27
Figura 2 - Influência dos componentes nos atropelamentos _____	30
Figura 3 - Processo de avaliação de risco _____	31
Figura 4 - Caracterização da medida de exposição baseada em dados populacionais _____	39
Figura 5 - Caracterização da medida de exposição baseada em volumes dos pedestres _____	41
Figura 6 - Caracterização da medida de exposição baseada no número de viagens _____	42
Figura 7 - Caracterização da medida de exposição baseada na distância das viagens _____	43
Figura 8 - Caracterização da medida de exposição baseada no tempo das viagens _____	44
Figura 9 - Relação assumida entre exposição ao risco e incidência de atropelamentos _____	47
Figura 10 - Relação não linear entre a exposição e incidência de atropelamentos _____	49
Figura 11 - Ordem hierárquica dos indicadores de segurança _____	50
Figura 12 - Vias e travessias com alta incidência de atropelamentos _____	73
Figura 13 - Hipóteses e resultados do estudo de Knoblauch et al. (2001) _____	88
Figura 14 - Atropelamentos do tipo “perigo múltiplo” _____	111
Figura 15 - Fatores do componente humano (pedestres) _____	113
Figura 16 - Fatores do componente viário-ambiental _____	114
Figura 17 - Delineamento do método proposto _____	119
Figura 18 - Fluxo de dados dos acidentes de trânsito de Porto Alegre _____	129
Figura 19 - Esquema do registro do local do acidente _____	130
Figura 20 - Dados históricos dos atropelamentos em Porto Alegre _____	131
Figura 21 - Mapeamento dos pontos com maior número de atropelamentos _____	135
Figura 22 - Classificação dos atropelamentos de acordo com o local _____	137
Figura 23 - Área da travessia em frente aos pólos geradores de viagens _____	137
Figura 24 - Volume de pedestres fora da área da travessia _____	148
Figura 25 - Representação esquemática de uma travessia _____	154
Figura 26 - Visualização do Playback Tool _____	155
Figura 27 - Exemplo de fotos panorâmicas _____	160
Figura 28 - Variáveis explicativas _____	166



Figura 29 - Qualidade de ajuste do modelo, resíduos versus observados _____	172
Figura 30 - Qualidade de ajuste do modelo, valores observados versus estimados _____	172
Figura 31 - Qualidade de ajuste do modelo, resíduos versus estimados _____	174
Figura 32 - Qualidade de ajuste do modelo, valores observados versus estimados _____	174
Figura 33 - Sensibilidade do modelo devido ao percentual do volume veicular composto por transporte coletivo _____	177
Figura 34 - Sensibilidade do modelo devido à presença de corredor e parada de ônibus _____	177
Figura 35 - Sensibilidade do modelo devido ao número de etapas de travessia _____	178
Figura 36 - Sensibilidade do modelo devido à distância da travessia à parada de ônibus _____	179
Figura 37 - Sensibilidade do modelo devido à variação da largura da via _____	179
Figura 38 - Relação entre a taxa de atropelamentos e segurança percebida _____	182
Figura 39 - Mapeamento dos atropelamentos de Porto Alegre (1998-2006) _____	215
Figura 40 - Mapeamento dos atropelamentos fatais de Porto Alegre (1998-2006) _____	216
Figura 41 - Mapeamento das densidades de atropelamentos por km <sup>2</sup> de Porto Alegre (1998-2006) _____	217
Figura 42 - Mapeamento das densidades de atropelamentos fatais por km <sup>2</sup> de Porto Alegre (1998-2006) _____	218
Figura 43 - Distribuição das vítimas de atropelamento por sexo (2001-2006) _____	220
Figura 44 - Distribuição das vítimas de atropelamento por sexo e idade (2001-2006) _____	220
Figura 45 - Distribuição percentual das vítimas por sexo nos dias da semana (2001-2006) _____	222
Figura 46 - Distribuição percentual das vítimas por faixa etária nos dias da semana (2001-2006) _____	223
Figura 47 - Distribuição percentual das vítimas por sexo nos períodos do dia (2001-2006) _____	224
Figura 48 - Distribuição percentual das vítimas por faixa etária nos períodos do dia (2001-2006) _____	224
Figura 49 - Distribuição da taxa média de atropelamentos por dia por mês (1998-2006) _____	225
Figura 50 - Distribuição dos atropelamentos e das viagens a pé por período do dia (1998-2006) _____	226
Figura 51 - Distribuição dos atropelamentos por faixa horária (1998-2006) _____	227
Figura 52 - Percentual de atropelamentos por tipo de veículo envolvido (1998-2006) _____	228
Figura 53 - Esquema travessia Assis Brasil 2834 _____	232
Figura 54 - Esquema travessia Bento Gonçalves 2948 _____	232
Figura 55 - Esquema travessia Bento Gonçalves 3031 _____	232
Figura 56 - Esquema travessia Borges de Medeiros 1945 _____	233
Figura 57 - Esquema travessia Independência 1184 _____	233

Figura 58 - Esquema travessia Independência 1206	233
Figura 59 - Esquema travessia Ipiranga 5200	234
Figura 60 - Esquema travessia João Pessoa 1831	234
Figura 61 - Esquema travessia João Pessoa 2050	235
Figura 62 - Esquema travessia Júlio de Castilhos 284	235
Figura 63 - Esquema travessia Loureiro da Silva 1500	235
Figura 64 - Esquema travessia Loureiro da Silva 1520	236
Figura 65 - Esquema travessia Loureiro da Silva 2001	236
Figura 66 - Esquema travessia Paulo Gama 110	236
Figura 67 - Esquema travessia Praia de Belas 408	237
Figura 68 - Esquema travessia Praia de Belas 422	237
Figura 69 - Esquema travessia Protásio Alves 943	237
Figura 70 - Esquema travessia Protásio Alves 1210	237
Figura 71 - Esquema travessia Sertório 6600	238
Figura 72 - Esquema travessia Siqueira Campos 1300	238
Figura 73 - Esquema travessia Voluntários 650	238

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação entre taxas de fatalidades no trânsito utilizando distância e tempo de viagem para diferentes modais na União Européia _____	38
Tabela 2 - Pontos com alta incidência de atropelamentos _____	134
Tabela 3 - Travessias selecionadas e distribuição dos atropelamentos por ano _____	139
Tabela 4 - Características do transporte coletivo _____	150
Tabela 5 - Características físicas da via _____	151
Tabela 6 - Características das instalações _____	151
Tabela 7 - Características do fluxo veicular _____	154
Tabela 8 - Características do fluxo de pedestres _____	157
Tabela 9 - Tempo de espera _____	158
Tabela 10 - Notas da percepção de risco _____	161
Tabela 11 - Quadro resumo dos resultados da ANOVA (Pedestres vs. Especialistas) _____	162
Tabela 12 - Quadro resumo dos resultados da ANOVA (Mulheres vs. Homens) _____	162
Tabela 13 - Quadro resumo dos resultados da ANOVA (Posse veicular) _____	163
Tabela 14 - Correlações de Pearson _____	166
Tabela 15 - Modelo de taxas de atropelamentos _____	170
Tabela 16 - Modelo de percepção de risco _____	173
Tabela 17 - Taxas de atropelados por população e por número de viagens realizadas (2001-2006) _____	221
Tabela 18 - Distribuição dos atropelamentos por dia da semana (1998-2006) _____	226
Tabela 19 - Distribuição dos atropelamentos por período do dia (1998-2006) _____	226
Tabela 20 - Distribuição dos atropelamentos por tipo de veículo (1998-2006) _____	228

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
1.1	JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	17
1.2	HIPÓTESE E OBJETIVOS DA PESQUISA	19
<b>1.2.1</b>	<b>Hipótese</b>	<b>19</b>
<b>1.2.2</b>	<b>Objetivo geral</b>	<b>19</b>
<b>1.2.3</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>19</b>
1.3	MÉTODO E DELINEAMENTO DA PESQUISA	20
1.4	ESCOPO DA PESQUISA	21
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	21
<b>2</b>	<b>O PEDESTRE E O RISCO DE ATROPELAMENTO</b>	<b>23</b>
2.1	O PEDESTRE	23
2.2	A CIRCULAÇÃO DOS PEDESTRES NO SISTEMA DE TRANSPORTES	26
2.3	FATORES CONTRIBUINTES DOS ATROPELAMENTOS	27
2.4	AVALIAÇÃO DO RISCO	30
2.5	RISCO, EXPOSIÇÃO E TAXA DE ACIDENTES	34
<b>2.5.1</b>	<b>Exposição ao risco de atropelamento</b>	<b>36</b>
<b>2.5.2</b>	<b>Problemas decorrentes do uso de taxas de acidentes na avaliação do risco</b>	<b>45</b>
2.6	AVALIAÇÕES DE RISCO DE ATROPELAMENTOS	49
<b>2.6.1</b>	<b>Identificação dos pontos críticos</b>	<b>51</b>
<b>2.6.2</b>	<b>Estudos “antes” e “depois”</b>	<b>53</b>
<b>2.6.3</b>	<b>Técnicas de conflito de tráfego</b>	<b>54</b>
<b>2.6.4</b>	<b>Auditorias de segurança viária</b>	<b>57</b>
<b>2.6.5</b>	<b>Estudo da percepção de risco</b>	<b>61</b>
2.7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	66
<b>3</b>	<b>ATROPELAMENTOS EM ÁREAS URBANAS</b>	<b>68</b>
3.1	ESTUDOS EPIDEMIOLÓGICOS	68
<b>3.1.1</b>	<b>Pedestres envolvidos nos atropelamentos</b>	<b>69</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Condutores envolvidos em atropelamentos</b>	<b>71</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Locais de risco de atropelamento</b>	<b>72</b>

<b>3.1.4</b>	<b>Condições climáticas e temporais de risco de atropelamento</b>	<b>75</b>
<b>3.1.5</b>	<b>Veículos envolvidos nos atropelamentos</b>	<b>76</b>
<b>3.2</b>	<b>ESTUDOS DE COMPORTAMENTO HUMANO</b>	<b>76</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Observação do comportamento</b>	<b>78</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Avaliações psicológicas</b>	<b>89</b>
<b>3.3</b>	<b>ESTUDOS DE PESQUISA QUALITATIVA</b>	<b>91</b>
<b>3.4</b>	<b>ESTUDOS DE PREVISÃO DE ATROPELAMENTOS</b>	<b>99</b>
<b>3.4.1</b>	<b>Modelos de previsão de atropelamentos em áreas geográficas</b>	<b>101</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Modelos de previsão de atropelamentos em segmentos de via</b>	<b>104</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Modelos de previsão de atropelamentos em travessias</b>	<b>108</b>
<b>3.4.4</b>	<b>Outros modelos de previsão de atropelamentos</b>	<b>111</b>
<b>3.5</b>	<b>FATORES DE RISCO DE ATROPELAMENTO EM TRAVESSIAS URBANAS</b>	<b>112</b>
<b>3.6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>115</b>
<b>4</b>	<b>MÉTODO PROPOSTO</b>	<b>117</b>
<b>4.1</b>	<b>DELINEAMENTO DO MÉTODO PROPOSTO</b>	<b>117</b>
<b>4.2</b>	<b>DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO MÉTODO</b>	<b>118</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Etapa 1 – Análise dos bancos de dados</b>	<b>118</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Etapa 2 – Determinação dos dados a serem utilizados</b>	<b>119</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Etapa 3 – Determinação do critério de seleção das travessias</b>	<b>120</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Etapa 4 – Vistoria dos locais selecionados</b>	<b>121</b>
<b>4.2.5</b>	<b>Etapa 5 – Determinação dos fatores de risco e procedimentos de coleta de dados</b>	<b>122</b>
<b>4.2.6</b>	<b>Etapa 6 – Coleta de dados</b>	<b>124</b>
<b>4.2.7</b>	<b>Etapa 7 – Construção dos modelos de regressão</b>	<b>125</b>
<b>4.2.8</b>	<b>Etapa 8 – Análise de sensibilidade</b>	<b>126</b>
<b>4.2.9</b>	<b>Etapa 9 – Análise comparativa dos modelos de regressão</b>	<b>126</b>
<b>4.2.10</b>	<b>Etapa 10 – Discussão dos resultados</b>	<b>127</b>
<b>5</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b>	<b>128</b>
<b>5.1</b>	<b>ANÁLISE DO BANCO DE DADOS DE PORTO ALEGRE</b>	<b>128</b>
<b>5.1.1</b>	<b>Banco de dados de acidentes viários de Porto Alegre</b>	<b>128</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Caracterização geral dos atropelamentos</b>	<b>131</b>
<b>5.2</b>	<b>DADOS A SEREM UTILIZADOS NA AVALIAÇÃO DAS TRAVESSIAS</b>	<b>132</b>
<b>5.3</b>	<b>SELEÇÃO DAS TRAVESSIAS</b>	<b>133</b>
<b>5.4</b>	<b>VISTORIA DAS TRAVESSIAS SELECIONADAS</b>	<b>136</b>

5.5	DETERMINAÇÃO DOS FATORES DE RISCO E DOS PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS	139
<b>5.5.1</b>	<b>Pré-seleção dos fatores de risco</b>	<b>140</b>
<b>5.5.2</b>	<b>Seleção dos procedimentos de coleta de dados</b>	<b>145</b>
5.6	COLETA DE DADOS	148
<b>5.6.1</b>	<b>Observações de campo</b>	<b>148</b>
<b>5.6.2</b>	<b>Filmagem</b>	<b>152</b>
<b>5.6.3</b>	<b>Análise dos vídeos</b>	<b>152</b>
<b>5.6.4</b>	<b>Simulação de vídeos</b>	<b>158</b>
<b>6</b>	<b>MODELOS DE REGRESSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS</b>	<b>164</b>
6.1	DESENVOLVIMENTO DOS MODELOS DE REGRESSÃO	164
<b>6.1.1</b>	<b>Modelo de regressão baseado em dados de atropelamentos</b>	<b>168</b>
<b>6.1.2</b>	<b>Modelo de regressão baseado em dados de percepção de risco</b>	<b>172</b>
6.2	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS MODELOS DE REGRESSÃO	175
<b>6.2.1</b>	<b>Análise de sensibilidade do modelo baseado em dados de atropelamentos</b>	<b>176</b>
<b>6.2.2</b>	<b>Análise de sensibilidade do modelo baseado em dados de percepção de risco</b>	<b>178</b>
6.3	ANÁLISE COMPARATIVA DOS MODELOS DE REGRESSÃO	180
6.4	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	183
<b>7</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b>	<b>185</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>190</b>
	<b>APÊNDICE A: SOLICITAÇÃO DOS DADOS DOS ATROPELAMENTOS À EPTC</b>	<b>213</b>
	<b>APÊNDICE B: PERFIL DOS ATROPELAMENTOS DE PORTO ALEGRE</b>	<b>214</b>
	<b>APÊNDICE C: PLANILHA DE COLETA DE DADOS</b>	<b>230</b>
	<b>APÊNDICE D: DESENHOS ESQUEMÁTICOS DAS TRAVESSIAS</b>	<b>232</b>
	<b>APÊNDICE E: QUESTIONÁRIO DA SIMULAÇÃO DE VÍDEO</b>	<b>239</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A atividade de transporte envolve diversos riscos para a população, entre os quais os acidentes decorrentes do tráfego viário. Peden et al. (2004) afirmam que os acidentes de trânsito são um dos principais, porém negligenciado, problemas de saúde pública, requerendo esforços para prevenção efetiva e sustentável. O quadro da insegurança no trânsito é bastante preocupante: cerca de 1,2 milhões de pessoas morrem anualmente no mundo devido a acidentes de trânsito, uma média de 3.242 pessoas por dia. Essas fatalidades constituem cerca de 2% de todas as mortes, colocando os acidentes de trânsito na 11ª posição na lista (*ranking*) das causas de óbito. Verifica-se, ainda, que 90% das mortes de trânsito ocorrem em países de baixa e média renda, onde vivem 81% da população mundial e se concentra cerca de 20% da frota veicular. Além disso, o número de lesionados no trânsito é estimado na ordem de 20 a 50 milhões de pessoas por ano (PEDEN et al., 2004).

As estatísticas oficiais do Brasil não são menos alarmantes. Em 2005, aconteceram cerca de 385 mil acidentes com vítimas no país, resultando na lesão ou morte de 549.319 pessoas (DENATRAN, 2005). Entretanto, esse quadro pode denotar apenas uma parcela dos números reais dos acidentes viários brasileiros, uma vez que se observa um alto índice de sub-registro nas estatísticas oficiais, que se acredita que possa variar de 30 a 60% (ANDRADE; MELLO-JORGE, 2001; BARROS et al., 2003).

O problema da insegurança no trânsito ainda é mais grave para os pedestres, pois esses usuários encontram-se mais vulneráveis a se tornarem vítimas fatais do trânsito do que os ocupantes de veículos motorizados (BARROS et al., 2003; PEDEN et al., 2004). Por exemplo, no ano de 2005, os atropelamentos ocorridos no Brasil compuseram 17% dos acidentes com vítimas, totalizando 24% de todas as mortes do trânsito. Entretanto, ao analisar apenas os dados dos acidentes das aglomerações urbanas representadas pelas capitais brasileiras, conclui-se que os atropelamentos são responsáveis por cerca de 40% das vítimas fatais (DENATRAN, 2005).

Além disso, um estudo desenvolvido em Maringá, no estado do Paraná, identificou o pedestre como sendo o mais suscetível entre as vítimas de acidentes de trânsito a quadros de saúde graves, apresentando um índice de internamento de 29,7% (SOARES; BARROS, 2006). O alto grau de severidade das colisões envolvendo pedestres também foi constatado em outros estudos brasileiros (LAURENTI et al., 1972).

Frente a essas estatísticas, infere-se que os pedestres não são apenas os usuários mais vulneráveis do sistema de transportes, mas que também pouca prioridade foi dada às necessidades físicas e cognitivas desses usuários na condução de políticas públicas, principalmente nos países em desenvolvimento (MOHAN et al., 2006; SANT'ANNA, R. M., 2006). Assim, ao considerar que 35% das viagens nas grandes áreas urbanas brasileiras são realizados a pé (ANTP, 2004), fica clara a exposição de grande parcela da população ao risco de atropelamento.

Ademais, todo usuário do sistema de transportes é um pedestre em algum momento de sua viagem. Risser e Methorst (2007, p.116) consideram as atividades a pé como vitais para o sistema de transportes e metaforizam: “caminhar pode ser visto como o óleo lubrificante do sistema de transportes – sem ele o sistema não pode funcionar”. Ressalta-se, também, que as caminhadas são a forma mais básica de mobilidade humana, caracterizando-se como uma forma sustentável de transporte e uma atividade saudável. Então, a promoção de melhores condições de mobilidade e segurança para os pedestres é essencial para o desenvolvimento sustentável. Dentro desse contexto, torna-se necessária a utilização de medidas eficazes que minimizem e previnam a ocorrência e os danos dos atropelamentos à sociedade.

Uma das formas de prevenção de acidentes envolvendo pedestres é a utilização de métodos que identifiquem onde são os locais perigosos e quais são os fatores relacionados ao risco de atropelamento (SCHNEIDER et al., 2004). Isso pode ser feito através da aplicação de técnicas de avaliação de risco. Essas técnicas contribuem significativamente para a melhoria a segurança viária, uma vez que, através da identificação dos fatores de risco, podem-se priorizar as ações de melhoria da segurança, classificar o risco de uma determinada área e fornecer as informações necessárias para que a população se comporte de forma prudente (HØJ; KRÖGER, 2002).

Além disso, as avaliações de risco podem ser integradas ao planejamento da infraestrutura viária, incluindo medidas de segurança, procedimentos operacionais e previsão de



casos de emergência. É possível também obter informações para estabelecer relações de custo-benefício das medidas mitigadoras de acidentes e embasar os processos decisórios de forma a aplicar os recursos financeiros racionalmente (HØJ; KRÖGER, 2002).

Apesar de sua importância, a utilização de técnicas de avaliação de risco ainda é incipiente no campo da segurança dos pedestres. Durante essa pesquisa, observou-se que os estudos referentes aos fatores de risco de acidentes viários estão concentrados na melhoria da segurança e mobilidade dos veículos, com pouca ênfase à questão dos pedestres. Ainda, mais recentemente, esforços foram realizados para entender como esses usuários interagem no sistema de transportes de forma a diminuir os riscos de atropelamento. Porém, poucos se destinaram a criar um método que permita avaliar o risco de atropelamento continuamente.

Um estudo realizado nos Estados Unidos da América (EUA) revisou o estado da arte e da prática da pesquisa em segurança do pedestre nos EUA, Austrália, Canadá, Países Baixos, Suécia, e Reino Unido (CAMPBELL et al., 2004). Essa pesquisa permitiu traçar um perfil desse tipo de acidente e relatar as boas práticas na redução do risco aos pedestres nesses países. Entretanto, o estudo não identificou nenhum método sistemático e acessível para avaliar o risco ao qual o pedestre encontra-se exposto, principalmente pelo fato de não haver dados disponíveis referentes à exposição dos pedestres ao tráfego veicular.

Dessa forma, torna-se clara a necessidade de criar métodos que permitam quantificar a magnitude e características dos acidentes envolvendo os pedestres, principalmente nas áreas urbanas, onde os atropelamentos são mais frequentes. Essas ferramentas devem identificar locais propensos à ocorrência de atropelamentos, determinando os fatores de risco e sua importância relativa na probabilidade de acontecer um evento indesejado.

O desenvolvimento desses métodos de avaliação de risco demanda grande quantidade de dados e recursos. Por esse motivo, existe interesse que sejam simples e de fácil aplicação, sendo capazes de analisar os riscos estudados com o nível desejado de confiabilidade (SEILER, 2002).

## 1.1 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

A avaliação de risco de atropelamento envolve a identificação de fatores relacionados às características do meio ambiente viário, veículo e do comportamento humano. Aspectos relacionados às leis vigentes também devem ser observados. Seiler (2002) salienta que a legislação pode ter um caráter preventivo e repressivo no risco. O caráter preventivo busca regular as atividades de risco, visando que acidentes não ocorram, através da determinação de níveis aceitáveis de risco potencial para cada atividade. O caráter repressivo está relacionado às ações legais a serem tomadas em caso de infrações, tal como punição.

Na revisão teórica deste trabalho, observou-se que para identificar a relação dos fatores do sistema de transportes com o risco de atropelamento, as avaliações utilizam basicamente três tipos de dados: (i) dados históricos dos atropelamentos; (ii) dados sobre o comportamento dos usuários e conflitos de tráfego; (iii) dados sobre a percepção dos usuários ou especialistas. Os primeiros são os mais comumente usados na análise dos problemas da insegurança dos pedestres, e fazem parte de um gerenciamento reativo da segurança viária.

Embora dados históricos sejam de extrema importância na avaliação dos fatores contribuintes para os acidentes, eles são insuficientes para entender e prever como, onde e porque os atropelamentos ocorrem (HARKEY; ZEGEER, 2004). Dessa forma, dados provenientes de um gerenciamento da segurança pró-ativo ou preventivo, onde se busca encontrar problemas no sistema de transportes antes que ocorra o acidente, devem ser utilizados na identificação de locais propensos ao acontecimento de atropelamentos. Esses dados podem ser decorrentes da observação da interação entre os pedestres e veículos no ambiente viário ou de pesquisas qualitativas.

Com base na revisão teórica, conclui-se que a combinação de diferentes tipos de dados pode fornecer um quadro mais amplo da segurança dos pedestres, pois, por serem eventos esporádicos e estocásticos, locais com alta propensão à ocorrência de atropelamentos podem não apresentar um evento indesejado durante um longo período de tempo. Na literatura internacional, são encontrados estudos que combinaram esses dados no desenvolvimento de métodos de avaliação de risco de atropelamentos.

No Brasil, estudos na área de segurança do pedestre são realizados visando avaliar como e onde há perigos para os pedestres, conforme apresentado na revisão teórica desse trabalho. Algumas dificuldades encontradas nesses estudos estão associadas à falta de recursos e dados confiáveis sobre os atropelamentos ocorridos. Por isso, muitas pesquisas estão pautadas apenas na opinião dos usuários e de especialistas. Além disso, observou-se a deficiência de procedimentos para avaliar a segurança dos pedestres em áreas urbanas, principalmente em pontos de travessias de pedestres, onde há maior exposição ao tráfego veicular (CAMPBELL et al., 2004; JENSEN, 1998; LASSARRE et al., 2007).

Por este motivo é importante que sejam concebidos métodos de fácil aplicação, que seja capaz de avaliar e quantificar os riscos potenciais aos quais o pedestre é submetido diariamente nas travessias urbanas brasileiras. Percebeu-se que a replicabilidade de índices e modelos já desenvolvidos no âmbito internacional seria inviável para a realidade das áreas urbanas brasileiras. Isso acontece principalmente porque as condições dos pedestres são bastante variáveis de local para local, sejam elas climáticas, espaciais, relacionadas à quantidade e composição do tráfego ou a questões legais e culturais (RISSER; METHORST, 2007). Então, o desenvolvimento de métodos para avaliar o risco de um determinado local deve ser compatível com as características da área em estudo.

Partindo desse pressuposto, entendeu-se que o método a ser desenvolvido deveria ser aplicado à realidade de uma área urbana específica. Por isso, escolheu-se a cidade de Porto Alegre como local da pesquisa. Nessa cidade, a Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC) mantém uma base de dados georreferenciados de segurança viária desde 1998, o que torna possível uma análise robusta dos atropelamentos e a identificação dos locais onde esses eventos acontecem com maior frequência.

A escolha de desenvolvimento de um método de avaliação de travessias apenas em meio de quadra deveu-se a forma de armazenagem dos dados da EPTC. Observou-se que só seria possível identificar o local da ocorrência de atropelamentos em travessias em meio de quadra, pois os dados são codificados a partir do endereço do evento. Assim, nas interseções, os atropelamentos não estão vinculados a uma travessia específica, sendo difícil identificar em qual braço da interseção ocorreu o atropelamento.

## 1.2 HIPÓTESE E OBJETIVOS DA PESQUISA

Uma vez introduzido e justificado o tema central desta tese que diz respeito ao risco de atropelamento em áreas urbanas, foi possível definir a hipótese e os objetivos da pesquisa.

### 1.2.1 Hipótese

O risco potencial de atropelamento nas travessias em meio de quadra das áreas urbanas brasileiras pode ser avaliado e quantificado através de procedimentos de análise das características operacionais e físicas dessas travessias.

### 1.2.2 Objetivo geral

Desenvolver e aplicar um método de avaliação de risco potencial de atropelamentos em travessias urbanas em meio de quadra.

### 1.2.3 Objetivos específicos

O objetivo geral desta tese desdobra-se nos seguintes objetivos específicos:

- a) identificar os fatores de risco de atropelamento;
- b) identificar e analisar os locais com alto número de atropelamentos na malha viária de Porto Alegre entre os anos de 1998 e 2006;
- c) desenvolver modelos de regressão que estabeleçam associações entre os fatores de risco e a ocorrência de atropelamentos nos locais analisados;
- d) desenvolver modelos de regressão que estabeleçam associações entre os fatores de risco e a percepção de risco dos pedestres;

- e) realizar análise de sensibilidade para determinar a importância relativa de cada fator de risco nos modelos gerados.

### 1.3 MÉTODO E DELINEAMENTO DA PESQUISA

A pesquisa desse estudo pode ser classificada como de natureza aplicada, com abordagem mista. No que se refere ao objetivo, a pesquisa se caracteriza tanto por um caráter exploratório como explicativo, pois as etapas metodológicas empregadas envolvem levantamentos bibliográficos, avaliação da percepção de risco e análise de dados estatísticos para identificar os fatores que contribuem para o risco de atropelamento.

De forma geral, a pesquisa consiste de seis etapas principais. Inicialmente, foi explicitada a problemática da pesquisa, através da definição da hipótese e objetivos do estudo. Na segunda etapa, caracterizou-se o objeto de estudo através da revisão teórica. Durante esta etapa, buscou-se entender os conceitos e metodologias envolvidas na avaliação do risco de atropelamento e identificar os principais fatores de risco de atropelamento em travessias urbanas.

Na terceira etapa foram definidos os passos metodológicos da avaliação de risco de atropelamento em travessias urbanas em meio de quadra. A quarta etapa consistiu na aplicação do método proposto através de um estudo de caso. Durante esta etapa são descritos os processos de coleta de dados e a formulação de modelos de regressão que explicam a ocorrência dos atropelamentos e a percepção de risco dos pedestres.

A quinta etapa destinou-se a análise dos resultados do caso de estudo, buscando através de uma análise de sensibilidade indicar os fatores mais influentes no risco de atropelamento. A sexta e última etapa consistiu da conclusão e da proposição de temas para trabalhos futuros.

## 1.4 ESCOPO DA PESQUISA

A avaliação de risco de atropelamentos pode ser feita utilizando diferentes tipos de metodologias e dados (CARTER et al., 2006). Dessa forma, torna-se necessária a delimitação da pesquisa de acordo com sua amplitude e aplicabilidade. O método proposto visa avaliar as travessias em meio de quadra inseridas em meio urbano e terá aplicação restrita à realidade porto alegreense.

Ainda, o método não se destina a prever o número de atropelamentos esperados para um determinado local. Ele busca fornecer informações para embasar os processos decisórios concernentes à promoção da melhoria da segurança dos pedestres, tais como a priorização de locais para tratamento e a proposição de medidas mitigadoras de atropelamentos direcionadas a minimizar os problemas encontrados.

É importante ressaltar que qualquer método de avaliação de risco baseia-se em informações sujeitas a incertezas. Essas incertezas podem ser provenientes de variabilidades naturais, como as climáticas; da técnica de modelagem, seja essa relacionada aos parâmetros não incluídos no modelo ou ao modelo matemático empregado; e de erros estatísticos (SØRENSEN, 2004). Destaca-se também que a análise do risco só fornece um quadro geral da segurança da travessia. Cada indivíduo está sujeito a diferentes níveis de risco em uma mesma travessia, dependendo de seu comportamento e dos outros usuários da via no momento em que ele realiza a travessia.

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esse trabalho é composto por sete capítulos. O presente capítulo apresenta a contextualização do estudo, através da apresentação do tema, justificativa, hipótese, método, objetivos e delimitações da pesquisa.

Os dois capítulos seguintes apresentam o referencial teórico da tese. O Capítulo 2 tem por objetivo apresentar os conceitos envolvidos na avaliação de risco e as principais metodologias empregadas na análise da segurança dos pedestres.

O Capítulo 3 destina-se a apresentar exemplos de estudos que visaram avaliar a segurança dos pedestres, destacando suas peculiaridades. Através dos resultados desses estudos, são então listados os principais fatores de risco de atropelamento em travessias urbanas.

O Capítulo 4 expõe detalhadamente as etapas do desenvolvimento do método de avaliação de risco potencial de atropelamentos em travessias urbanas em meio de quadra.

No Capítulo 5 apresenta a aplicação do método proposto na cidade de Porto Alegre. Inicialmente, analisam-se os dados referentes aos atropelamentos ocorridos em Porto Alegre entre os anos de 1998 e 2006, identificando os locais com maior incidência desses eventos. Então, descreve-se o processo de coleta de dados nesses locais.

O Capítulo 6 apresenta o desenvolvimento dos modelos de regressão que explicam a ocorrência de atropelamentos e a percepção de risco dos pedestres e especialistas. Nesse capítulo também são apresentadas a análise de sensibilidade das variáveis independentes dos modelos gerados, a análise comparativa desses modelos e a discussão dos resultados.

O Capítulo 7 é composto pela conclusão do trabalho e recomendações para trabalhos futuros.

## 2 O PEDESTRE E O RISCO DE ATROPELAMENTO

No sistema de transportes os pedestres são apontados como usuários vulneráveis. Eles se encontram desprotegidos e representam grande parcela das vítimas dos acidentes viários graves, onde ocorrem mortes ou lesões. Os acidentes envolvendo esses usuários podem ser classificados em quedas ou atropelamentos. Esses últimos são caracterizados por colisões entre um ou mais pedestres e pelo menos um veículo, que incluem tanto as bicicletas, os veículos automotores e os de tração animal. Já as quedas não envolvem qualquer veículo, sendo caracterizadas por um pedestre que cai durante sua circulação na via ou calçada (BRASIL, 2005).

Os atropelamentos acontecem em diferentes cenários, e, para avaliar o risco desses eventos, é imprescindível entender os seus padrões e características. Uma das formas de estabelecer esses padrões é através de técnicas de avaliações de risco. Essas técnicas já foram aplicadas em distintas áreas do conhecimento e visam qualificar e quantificar o perigo de uma determinada atividade (HØJ; KRÖGER, 2002).

Esse capítulo, através da revisão da literatura, sintetiza os principais conceitos e critérios envolvidos nas avaliações de risco de atropelamentos. Inicialmente, aborda-se a inserção dos pedestres nos sistemas de transportes viários e as causas dos atropelamentos. Discorre-se, então, sobre as etapas e definições envolvidas nas avaliações de risco. Finalmente, são apresentadas as principais metodologias utilizadas nas análises de risco de atropelamentos.

### 2.1 O PEDESTRE

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1989) define os pedestres como “toda pessoa a pé que esteja utilizando-se de vias terrestres ou áreas abertas ao público, desde que não esteja em veículo a motor, trem, bonde, transporte animal ou outro veículo, ou sobre bicicleta ou sobre animal”. Esta definição pode ser considerada incompleta ou ambígua, pois



não caracteriza com clareza alguns dos usuários do sistema de transportes como pedestres, tais como os indivíduos com restrições de mobilidade em cadeiras de rodas, os bebês que ainda não caminham e aqueles que utilizam *skates*, patinetes ou patins. Esses usuários, embora não estejam andando, podem se locomover na malha viária sem utilizar veículos (motorizados ou não motorizados), seja ao manipular um equipamento de locomoção (cadeira de rodas, *skates*, patinetes, ou patins) ou ao ser passivamente transportado (bebês no colo da mãe ou em carrinhos de bebê). Eles estão naturalmente expostos aos mesmos riscos que as pessoas caminhando ou paradas nas vias ou áreas públicas.

Como esse estudo busca avaliar o risco de atropelamento, a definição de pedestre precisa considerar todas as pessoas passíveis de se envolverem nesses eventos. Dessa forma, os pedestres constituem todos os usuários do sistema de transporte que estejam andando, manipulando um equipamento de locomoção, sendo transportados passivamente ou parados em vias e/ou áreas públicas, e não estejam utilizando veículos automotores ou de tração animal, nem bicicleta. Por exemplo, uma pessoa atravessando com um bebê no colo representam dois pedestres. Através desta definição, subentende-se que os pedestres fazem parte de um grupo bastante heterogêneo, que inclui pessoas de todas as faixas etárias, classes sociais, nível de escolaridade e com diferentes restrições de mobilidade.

Todo usuário do sistema de transporte em algum momento de sua viagem se configura como um pedestre, seja ao caminhar de casa ao trabalho ou ao ponto de ônibus ou de um carro estacionado a um ponto de destino. A escolha das rotas e do modal a pé depende de uma variedade de características pessoais e sociais (idade, sexo e renda) como também das características do ambiente viário e do uso do solo (TOBEY et al., 1983). Porém, é importante reconhecer que nem sempre a escolha pela caminhada é voluntária, uma vez que pessoas de classes sociais desfavorecidas geralmente não têm a opção de outra escolha de locomoção, o que explica maiores taxas de viagens a pé envolvendo grupos dessas classes sociais (PUCHER; RENNE, 2003).

Entre as características do ambiente viário e do uso do solo que influenciam a escolha modal a pé, encontram-se o comprimento das quadras, o relevo do terreno, a presença de calçada e a distância entre a origem e o destino da viagem. Áreas urbanas com quadras curtas e calçadas contínuas apresentam um volume substancialmente maior de pedestres do que áreas do subúrbio com quadras longas e calçadas descontínuas (HESS et al., 1999). A presença de terrenos acidentados diminui a atratividade por viagens a pé, enquanto a presença

de calçadas em rotas curtas está correlacionada com uma maior propensão de escolha pelo modal a pé em viagens ao trabalho ou à escola (RODRÍGUEZ; JOO, 2004). A escolha modal das viagens não relacionadas ao trabalho é influenciada tanto pela forma urbana como pelas características da vizinhança da casa do indivíduo: vizinhanças com alta densidade de serviços geram um maior número de viagens a pé (GREENWALD; BOARNET, 2001; LARRÁNAGA, 2008).

Durante as viagens a pé, os pedestres apresentam comportamentos e atitudes distintas. Ao atravessar uma via, por exemplo, eles podem seguir as regras e procedimentos de segurança, atravessando nas faixas de travessias e obedecendo a sinalização, como também não respeitar o espaço e o tempo semafórico destinado a eles. Ainda, podem aceitar pequenas brechas na corrente de tráfego (*gaps*) ou atravessar apenas algumas faixas da via e esperar por novas brechas para completar a travessia (MARTIN, 2007).

O mesmo pedestre pode adotar diferentes estratégias em diferentes ocasiões, dependendo do motivo da viagem e das suas necessidades no momento desta (MARTIN, 2007). Viagens para o trabalho estão vinculadas a escolhas de menor distância e ou tempo de viagem, significando que o pedestre só obedecerá a uma regra se a julgar sensível e necessária, aceitando menores brechas na corrente de tráfego para diminuir seu tempo de viagem, ou atravessando fora das travessias regulamentadas para minimizar seu trajeto. Nas viagens a lazer, normalmente, encontram-se mais distraídos e não se concentram no tráfego ou nas regras do sistema de transportes (OECD, 1998).

Segundo Zegeer et al. (2006b), os pedestres agem de acordo com a natureza humana, e suas escolhas normalmente se fundamentam na rota mais conveniente e curta entre dois pontos. Por exemplo, é mais provável que um pedestre, cuja casa se localiza em frente a uma padaria, quando deseja ir a esse ponto comercial, atravesse a via no ponto de saída de sua casa ao invés de realizar a travessia em pontos regulamentados. Nesses casos, é comum que o pedestre dê prioridade à conveniência em detrimento da segurança.

Pode-se afirmar, então, que os pedestres são extremamente flexíveis em suas escolhas se locomovendo à sua própria maneira, apresentando características mentais e físicas únicas que os distinguem entre si (CLIFTON; KRIZEK, 2004). Ao contrário dos outros modais, eles podem se locomover por todos os pontos da rede viária e transpor os obstáculos da sua rota. Isto torna o movimento do pedestre bastante complexo e de difícil previsão.

## 2.2 A CIRCULAÇÃO DOS PEDESTRES NO SISTEMA DE TRANSPORTES

Na malha viária, os pedestres podem se locomover nas instalações destinadas a eles, denominadas na literatura de língua inglesa como *facilities*, ou sobre a via por onde circulam os veículos, quando não existirem essas instalações. Ao cruzar uma via, eles podem utilizar travessias regulamentadas ou infringir a lei, atravessando fora delas. A travessia regulamentada pode ser definida como todo ponto da via que o pedestre pode cruzar a via e tem prioridade de passagem. A regulamentação de onde o pedestre pode ou não circular difere entre os países. Nesse trabalho, são observadas apenas as regulamentações brasileiras, que serão utilizadas para definir os parâmetros de avaliação de risco de atropelamentos em Porto Alegre.

No Brasil, o Capítulo IV do Código Brasileiro de Trânsito (CBT) (BRASIL, 2005) estabelece as regras de circulação para os pedestres e condutores de veículos não motorizados. O Artigo 68 desse capítulo determina que nas áreas urbanas os pedestres devem utilizar passeios ou passagens destinadas a eles, porém, “quando não houver passeios ou quando não for possível a utilização desses, a circulação de pedestres na pista de rolamento será feita com prioridade sobre os veículos, pelos bordos da pista, em fila única, exceto em locais proibidos pela sinalização e nas situações em que a segurança ficar comprometida” (BRASIL, 2005). Os Artigos 69 e 70 desse mesmo capítulo regulamentam as travessias de pedestres (Figura 1).

Analisando as leis estabelecidas pelo CTB, observa-se certo nível de imprecisão na definição das áreas de circulação quando não houver passeios, principalmente no que se refere às situações de comprometimento da segurança, uma vez que a percepção da segurança é variável entre as pessoas e nem todas tem o discernimento de identificar uma situação insegura no trânsito. Porém, é possível estabelecer quais as travessias regulamentadas no Brasil: (i) passarelas elevadas ou subterrâneas para pedestres; (ii) as interseções com ou sem faixa de travessia; (iii) as faixas de travessias (marcas sobre a pista); e (iv) qualquer ponto da via, onde não exista uma faixa de travessia ou passarela em uma distância menor do que 50 metros. Nesse último caso, a lei não é clara se o pedestre tem prioridade sobre os veículos, advertindo apenas que esses usuários devem tomar as precauções de segurança ao realizar a travessia.

Art. 69. Para cruzar a pista de rolamento o pedestre tomará precauções de segurança, levando em conta, principalmente, a visibilidade, a distância e a velocidade dos veículos, utilizando sempre as faixas ou passagens a ele destinadas sempre que estas existirem numa distância de até cinquenta metros dele, observadas as seguintes disposições:

I - onde não houver faixa ou passagem, o cruzamento da via deverá ser feito em sentido perpendicular ao de seu eixo;

II - para atravessar uma passagem sinalizada para pedestres ou delimitada por marcas sobre a pista:

a) onde houver foco de pedestres, obedecer às indicações das luzes;

b) onde não houver foco de pedestres, aguardar que o semáforo ou o agente de trânsito interrompa o fluxo de veículos.

III - nas interseções e em suas proximidades, onde não existam faixas de travessia, os pedestres devem atravessar a via na continuação da calçada, observadas as seguintes normas:

a) não deverão adentrar na pista sem antes se certificar de que podem fazê-lo sem obstruir o trânsito de veículos;

b) uma vez iniciada a travessia de uma pista, os pedestres não deverão aumentar o seu percurso, demorar-se ou parar sobre ela sem necessidade.

Art. 70. Os pedestres que estiverem atravessando a via sobre as faixas delimitadas para esse fim terão prioridade de passagem, exceto nos locais com sinalização semafórica, onde deverão ser respeitadas as disposições desse Código.

### **Figura 1 - Artigos 69 e 70 do Capítulo IV do CBT**

Fonte: Brasil (2005)

## 2.3 FATORES CONTRIBUINTES DOS ATROPELAMENTOS

Os motivos pelos quais os atropelamentos ocorrem são diversos e estão geralmente associados à combinação de fatores interativos do sistema de transporte viário (GELAU et al., 2000; MOHAN et al., 2006). Alguns fatores contribuem para a ocorrência do atropelamento e são justificativas de sua causa. Outros agravam os efeitos do atropelamento e contribuem para a severidade deste. Há ainda aqueles que, embora relacionados à ocorrência do atropelamento, não apresentam uma relação direta a eles, o que dificulta sua identificação (MOHAN et al., 2006).

Os fatores causais ou contribuintes para os atropelamentos são, normalmente, agrupados em três categorias: (i) componente humano; (ii) componente veicular; e (iii) componente viário-ambiental. Os fatores agrupados no componente humano estão relacionados aos aspectos comportamentais dos usuários, sejam eles pedestres ou condutores, tais como travessia em locais não regulamentados, uso de álcool, excesso de velocidade e manobras de risco. As características geométricas das vias, sua adjacência e os efeitos resultantes das condições climáticas estão enquadradas no componente viário-ambiental. O

componente veicular abrange todos os fatores associados às características do veículo, como, por exemplo, o desempenho dos freios e as condições dos pneus e visibilidade.

Alguns autores acrescentam aos fatores contribuintes o componente institucional, referente à regulamentação, fiscalização e educação para o trânsito (PORATH, 2002; WEGMAN, 2001). Porath (2002) justifica esta inclusão devido ao fato de a falta de conhecimento das leis poder ser um fator determinante no comportamento inadequado dos usuários. Além disso, a legislação e a fiscalização podem apresentar falhas que contribuam para o comportamento inseguro. Embora esta justificativa seja verdadeira, esse componente está relacionado aos outros três, não sendo possível estabelecer relações causais diretas com a ocorrência dos acidentes. Além disso, a maior parte dos estudos que relacionam os acidentes viários aos fatores contribuintes, não leva em consideração os aspectos institucionais (AUSTROADS, 1994; BID, 1998; RUMAR, 1999). Porém, Rumar (1999, 2002) salienta que, antes de definir as ações de melhoria da segurança viária, todos os tipos de problemas precisam ser identificados, sejam eles relacionados aos fatores contribuintes, institucionais ou gerenciais.

Ao analisar as causas dos atropelamentos normalmente sobressaem-se fatores contribuintes em um ou mais componentes. Porém, é ao componente humano que é atribuída a maior parte das falhas que geram os atropelamentos. Um estudo dos Estados Unidos da América (EUA) identificou que a causa de 78% dos atropelamentos foi atribuída unicamente a falhas dos pedestres (43%) ou dos condutores (35%). A culpabilidade pelo acidente é variável por tipo de atropelamento. Aqueles que ocorrem no meio da quadra normalmente têm como causa as falhas dos pedestres. Na maioria dos casos de atropelamentos envolvendo conversões à direita e à esquerda os condutores são considerados “culpados” (CAMPBELL et al., 2004; PREUSSER et al., 2002). Os autores, porém, alertam que as causas dos acidentes normalmente estão relacionadas ao julgamento do policial que preencheu o boletim de ocorrência, o que pode se configurar como uma fonte de erro.

Embora a causa primária possa realmente estar vinculada a um comportamento inseguro dos pedestres ou condutores, é importante entender que esse comportamento é influenciado pelas características do sistema de transportes (OGDEN, 1996; ZEGEER et al., 2006b). Por exemplo, vias largas encorajam maiores velocidades; vias com diversas faixas de rolamento, volumes veiculares elevados e baixa densidade de travessias regulamentadas e seguras contribuem para que os pedestres cruzem a via em áreas não permitidas,

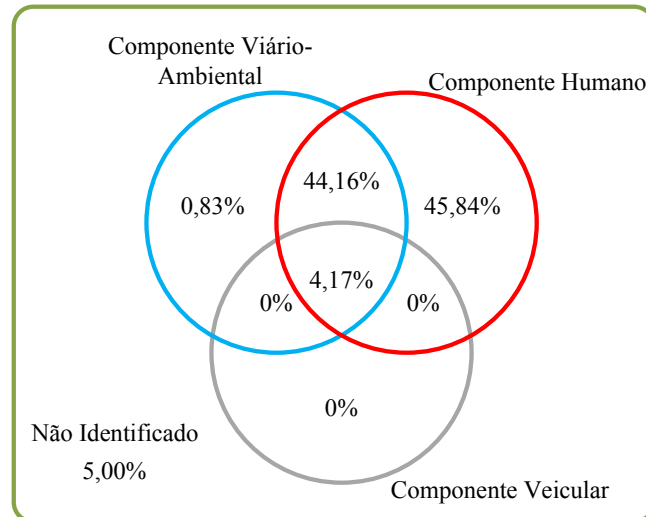
principalmente os pedestres que não podem ou não querem andar longas distâncias até essas travessias (ZEGEER et al., 2006b).

A falta de iluminação e conspicuidade, seja por parte do pedestre ou do condutor, pode também gerar comportamentos inseguros. Durante a noite e/ou locais onde há veículos estacionados, os condutores podem falhar ao perceber as pessoas atravessando em uma faixa de travessia e não parar ou diminuir sua velocidade (LANGHAM; MOBERLY, 2003; OECD, 1998). Os pedestres, por sua vez, tendem a não aceitar que suas intenções possam ser imprevisíveis para os condutores e que eles também sejam responsáveis pela avaliação da visibilidade do ponto de travessia (OECD, 1998).

Dessa forma, ao identificar a falha humana como o principal responsável pelos acidentes viários, incrimina-se implicitamente o usuário, tornando-o uma vítima de um sistema de transporte falho (CARSTEN, 2002). Além disso, estudos demonstram que o nível de segurança da via depende tanto de sua construção, manutenção e operação, quanto do comportamento seguro dos seus usuários (BRANCO, 1999).

Um estudo conduzido em Brasília buscou identificar os fatores contribuintes para os atropelamentos em rodovias inseridas em áreas urbanas. Os resultados mostraram que as falhas do componente humano estavam presentes em 94,7% dos atropelamentos e os pedestres foram os responsáveis por um maior número de falhas (75,84%). Porém, em 48,33% dos atropelamentos houve interação entre um ou mais componentes (VELLOSO, 2006). A Figura 2 apresenta os resultados do estudo, indicando a influência de cada componente e suas interações nos atropelamentos investigados. É importante notar que as interações ocorridas em outros tipos de vias ou em outras regiões do Brasil podem gerar resultados diferenciados ao de Velloso (2006), devido a diferentes características do ambiente viário, econômico e sócio-cultural das aglomerações urbanas brasileiras (NODARI, 2003).

O estudo realizado em Brasília indica que, embora o ser humano tenha cometido falhas na maior parte dos atropelamentos, medidas de segurança que foquem outros componentes do sistema podem atenuar o risco do trânsito. Isto porque o problema da insegurança encontra-se no sistema como um todo e não apenas no usuário, conforme salientado pela *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD, 1998, p. 91) “os acidentes são indicadores de mau funcionamento do sistema de mobilidade e geralmente estão associados a muitos de seus componentes”.



**Figura 2 - Influência dos componentes nos atropelamentos**

Fonte: Dados obtidos da obra de Velloso (2006)

Então, ao avaliar as causas dos atropelamentos é necessário observar o processo que levou a esse evento e examinar a relação entre os atropelamentos e o contexto no qual ele ocorreu (FLEURY; BRENAC, 2001; MCMILLAN, 2005). Isso significa que, ao detectar o erro humano como causa do acidente, deve-se entender a relação entre três aspectos: (i) o ambiente que levou ao erro; (ii) as características dos elementos que podem promover um comportamento adverso; e (iii) a tendência do ser humano cometer erros e violações (GUIMARÃES, 2004). A análise desses processos faz parte das avaliações de risco.

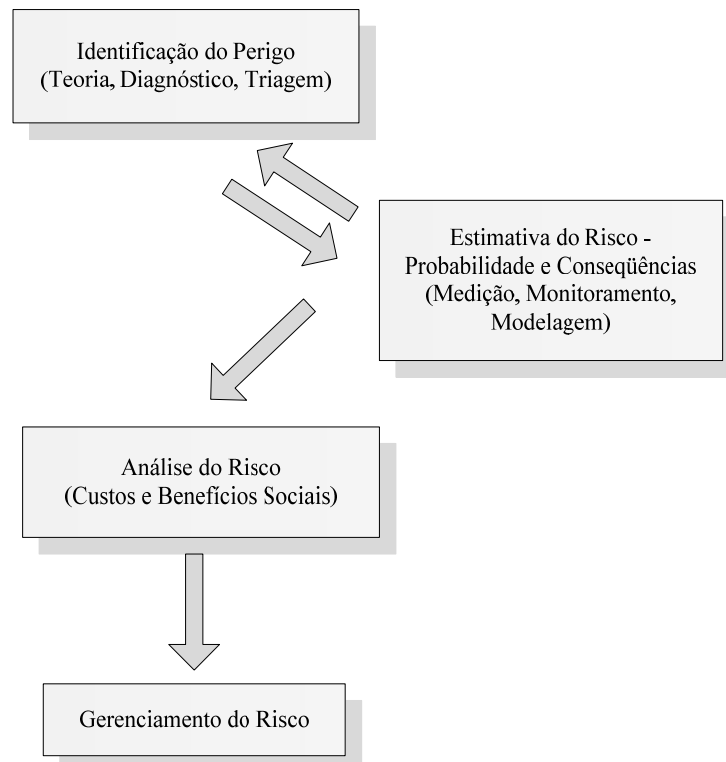
## 2.4 AVALIAÇÃO DO RISCO

A avaliação do risco é definida com o processo científico no qual são definidos os fatores relacionados a um determinado perigo (RENN, 1998). Seu objetivo principal é estimar a probabilidade de um evento acontecer devido a certa exposição ao risco. Ainda, busca-se fornecer informações para basear o processo decisório na definição de medidas de melhorias, seja no gerenciamento do risco ou nas questões relativas à regulação e regulamentação (BOROUGH, 1998).

A avaliação de risco sempre fez parte da engenharia, porém, a sistematização do uso destas avaliações nos sistemas de transportes baseou-se nas análises de riscos de estruturas de plataformas marinhas (HØJ; KRÖGER, 2002). No tráfego viário, o risco pode ser descrito como uma função de quatro elementos (PEDEN et al., 2004): (i) fatores relacionados à

exposição ao risco; (ii) fatores influenciando o acontecimento de acidentes; (iii) fatores influenciando a severidade do acidente; (iv) fatores influenciando a severidade do acidente após a ocorrência desse. Os fatores relativos à exposição são aqueles que estão relacionados às oportunidades de contato dos pedestres com o tráfego de veículos, entre os quais os fatores demográficos e econômicos. Entre os que influenciam o acontecimento dos acidentes pode-se citar o índice de alcoolemia dos usuários e falta de freios dos veículos. A severidade do acidente pode estar relacionada ao não uso dos equipamentos de segurança ou deficiências no atendimento médico.

Geralmente a avaliação do risco envolve 4 etapas, conforme Figura 3: (i) identificação do perigo; (ii) estimativa do risco; (iii) análise do risco; e (iv) gerenciamento do risco (RODRIGUE et al., 2006). Durante todas essas etapas é necessário considerar questões essenciais às análises do risco: (i) a severidade dos acontecimentos; (ii) a probabilidade de ocorrer um evento indesejado sob diferentes circunstâncias; e (iii) a possibilidade e dificuldade de se mitigar os problemas encontrados (WEINSTEIN, 1999).



**Figura 3 - Processo de avaliação de risco**

Fonte: Adaptada da obra de Rodrigue et al. (2006)



A etapa de identificação das situações de perigo é essencial, pois através dela são determinados os fatores de risco que contribuem para o acontecimento de um atropelamento. É com base nessa identificação que se pode propor intervenções de redução do perigo (MOHAN et al., 2006). Para esta etapa, várias metodologias e procedimentos podem ser utilizados, conforme enumerado por Høj e Kröger (2002):

- a) *brainstorming*: discussão em grupo de especialistas para identificar as situações de risco;
- b) análise de estatísticas de acidentes;
- c) pesquisas *what-if*: método informal de identificar situações de perigo, onde uma pessoa faz perguntas do tipo “o que – se” para analisar as causas dos acidentes;
- d) a metodologia de estudo de operabilidade e perigo, *HAZOP (Hazard and Operability Study)*: forma estruturada de identificação de situações de risco, comumente utilizada nos primeiros estágios da avaliação do risco. Realizado utilizando técnicas de grupo focado onde normalmente são utilizadas questões qualitativas;
- e) análise de falhas e efeitos (*Failure Mode and Effects Analysis – FMEA*): identificação qualitativa dos efeitos de todo tipo de falha do sistema. Inicialmente, realiza-se uma descrição de todas as partes operacionais e do ambiente do sistema e, então, avaliam-se as conseqüências de qualquer medida de segurança a ser tomada.

Nas avaliações da segurança viária, outras metodologias também podem auxiliar a discriminação dos fatores de risco, que incluem a identificação dos pontos críticos, estudos do tipo “antes” e “depois”, as técnicas de análise de conflitos de tráfego, auditorias de segurança viária e análise da percepção do risco. Essas metodologias estão detalhadas no item 2.6 desse trabalho.

No caso específico do risco de atropelamento, durante a etapa de identificação do perigo é necessário levar em consideração as formas como os pedestres e os condutores pensam e agem. Assim, o avaliador precisa observar os movimentos desses usuários e repeti-los, de forma a obter um senso real das situações experimentadas pelo pedestre na área de estudo. Embora essas análises sejam limitadas ao exame subjetivo do observador, é possível

traçar um padrão de comportamento e obter fatores relacionados ao risco que não estão vinculados à análise dos dados de acidentes (ZEGEER et al., 2006b). Para maiores detalhes de como realizar esse tipo de análise, observar a metodologia desenvolvida por Zegeer et al. (2006b).

A segunda e terceira etapas do processo de avaliação do risco visam fornecer informações para embasar a etapa de gerenciamento do risco. Elas normalmente envolvem estudos de campo, modelagens e análises de custo e benefício. Uma vez identificado o problema são propostas medidas mitigadoras do perigo. Estas podem ser reativas e pró-ativas. As ações reativas visam “corrigir” problemas identificados através de análises estatísticas, como por exemplo, o tratamento de pontos com maior incidência de atropelamentos. As ações pró-ativas têm como principal objetivo prevenir ou minimizar os efeitos negativos dos atropelamentos: atendimento médico, adoção de medidas de moderação do tráfego (*traffic calming*) e educação para o trânsito.

As ações típicas de segurança viária podem ser agrupadas no campo da fiscalização, da educação para o trânsito, do encorajamento (programas de motivação e persuasão pública), do gerenciamento do trauma, da engenharia veicular e da engenharia viária. Dentro desse contexto, Harkey e Zegeer (2004) desenvolveram um guia com descrições e análises de 49 medidas mitigadoras ou tratamentos de engenharia, educação e fiscalização, que podem ser implementados para melhorar a segurança e mobilidade dos pedestres: “*PEDSAFE: Pedestrian Safety Guide and Countermeasure Selection System*”.

No PEDSAFE, para cada tratamento são apresentados os objetivos, as considerações para implementação e o custo estimado. O guia apresenta duas matrizes que buscam relacionar os tratamentos com o tipo de atropelamento e com os objetivos específicos desejados para uma determinada localidade. Por exemplo, quando se deseja reduzir a velocidade do fluxo de veículos ou a distância de travessia para os pedestres, é possível observar nas matrizes quais os tipos de tratamento que podem ser aplicados, tais como técnicas de moderação de tráfego; no caso de acidentes relacionados com veículos convertendo à direita ou à esquerda, são consideradas melhorias na sinalização. No final do estudo são apresentados 71 estudos de caso que ilustram a aplicação dos tratamentos em situações reais nos EUA e os resultados alcançados. Juntamente com o guia, foi desenvolvido um sistema que permite ao usuário selecionar os tratamentos baseando-se nas características

do local, geometria e operação da via, e o tipo do problema ou comportamento que se deseja tratar (HARKEY; ZEGEER, 2004)<sup>1</sup>.

No Brasil, um sistema foi desenvolvido visando guiar o tratamento de travessias de pedestres, o Sistema Especialista para Tratamento de Travessias de Pedestres (SETTP). A metodologia utilizada para identificar o tipo de tratamento da travessia baseia-se em indicadores de desempenho que incorporam dados referentes à segurança dos pedestres, à fluidez do tráfego e à visibilidade dos condutores e pedestres. Nesse sistema são propostos 29 tipos de tratamento de travessias, de acordo com as características da travessia observadas em campo. O SETTP já foi aplicado na cidade do Rio de Janeiro e observou-se que após aplicar o tratamento recomendado, os indicadores de desempenho estimados pelo sistema foram similares ao observado em campo (FARIA et al., 2000).

As avaliações de risco não são isentas de erros, dependem dos conceitos e princípios adotados. Os estudos de avaliação da segurança viária envolvem termos como risco, exposição e taxas de acidentes. Por muitas vezes esses conceitos se confundem e podem tornar a análise do risco de atropelamento errônea. Antes de entender quais são os fatores relacionados ao risco potencial de ocorrência de atropelamentos, faz-se importante ter um claro entendimento desses conceitos e compreender quando, como e onde utilizá-los.

## 2.5 RISCO, EXPOSIÇÃO E TAXA DE ACIDENTES<sup>2</sup>

Genericamente, pode-se afirmar que não existe um consenso na definição de risco, sua interpretação e avaliação dependem do contexto em que esse se insere, como por exemplo, risco de saúde, de segurança, econômico e político (MEACHAM, 2004). Porém, todos os conceitos de risco contêm um elemento em comum, a distinção entre realidade e a possibilidade (SJÖBERG et al., 2004). A realidade só poderá ser observada depois de o fenômeno estudado estar completamente finalizado e todos os resultados serem conhecidos.

Na engenharia define-se risco como a probabilidade de ocorrência de um evento indesejado resultando em perda ou dano, esteja esse relacionado à saúde, à propriedade, ao

---

<sup>1</sup> Este sistema encontra-se disponível *online* em [www.walkinginfo.org/pedsafe](http://www.walkinginfo.org/pedsafe).

<sup>2</sup> Parte da discussão apresentada desse tópico é proveniente da revisão teórica realizada pela autora em co-autoria com Ryan Greene-Roesel e David Ragland para o projeto “*Estimating Pedestrian Accident Exposure*” preparado para o Departamento de Transportes da Califórnia (Caltrans) (GREENE-ROESEL et al., 2007a).

meio ambiente ou ao bem estar. Danihelka (2004) ressalta que, ao aceitar essa definição, pode-se estudar o risco como uma questão científica e estimar a gravidade e probabilidade de eventos plausíveis.

O indício de que um determinado evento irá resultar em um fato indesejado é uma função de diversos fatores. Na área dos transportes, esses fatores incluem características do próprio sistema, sejam elas relacionadas aos usuários da via, ao ambiente viário ou aos veículos. Todas essas características estão relacionadas de alguma forma com a probabilidade de ocorrer um acidente de trânsito (HAUER, 1982).

A maior parte dos estudos de segurança viária utiliza taxas de acidentes para representar o risco. Essas taxas são tipicamente calculadas através da razão entre o número de acidentes ocorridos e a exposição ao tráfego em um período e local específico (CHU, 2004). A utilização de taxas de acidentes está atrelada ao conceito de risco epidemiológico, definido como a probabilidade de um evento prejudicial acontecer como resultado de uma determinada quantidade de exposição.

Assim, o risco é expresso como a razão entre o resultado de um evento prejudicial e uma determinada quantidade de exposição ao evento. O numerador dessa razão é a contagem de um determinado e mensurado evento ou objeto, tais como mortes, colisões, lesões, pessoas ou carros. O denominador fornece a exposição para a estimativa do risco (LAST, 2001). O termo exposição refere-se ao contato de uma pessoa com um perigo potencial. Por exemplo, toda vez que uma pessoa anda no centro da cidade ela encontra-se exposta à poluição do ar. Cada vez que alguém atravessa uma via, expõe-se ao tráfego de veículos, que pode ou não resultar em um atropelamento.

As taxas de acidentes como uma forma de avaliar o risco foram introduzidas com o intuito de minimizar os possíveis problemas decorrentes da análise de estatísticas puras de incidência dos acidentes. Esses problemas estão vinculados à superestimação ou subestimação da segurança de uma determinada localidade, ou, ainda, a problemas na caracterização dos grupos de risco. Keall (1995) ilustra esse fato ao avaliar as características dos pedestres em uma série temporal de acidentes utilizando o número absoluto de vítimas dos atropelamentos e a taxa expressa em vítimas de atropelamento por hora de caminhada. No primeiro caso o autor identifica as crianças e adolescentes como os grupos de risco. Porém ao utilizar a variável de exposição nas análises, o autor observou que os idosos com idade superior a 80

anos e as crianças com menos de 10 anos encontravam-se no grupo de risco. Esses resultados mostraram que a maior incidência de atropelamentos envolvendo vítimas adolescentes é explicada pelo maior tempo agregado de viagens que esse grupo realiza a pé, e não por ele ser mais propenso a se envolver em atropelamentos.

A importância de se utilizar medidas de exposição ao risco na avaliação dos acidentes viários é ressaltada em diversos estudos. Porém, a escolha e definição dessas medidas estão vinculadas a diferentes análises do risco e às vezes podem gerar conclusões distorcidas acerca do risco avaliado. Além disso, as taxas de acidentes representam apenas uma aproximação da probabilidade real de um evento acontecer, uma vez que se baseiam em fatos já acontecidos.

### **2.5.1 Exposição ao risco de atropelamento**

A exposição ao risco de atropelamento é um conceito abstrato que reflete a oportunidade de um evento indesejado suceder durante a interação entre pedestres e veículos. Em outras palavras, essa exposição representa um número de eventos que poderiam ou não resultar em atropelamentos. Mensurar diretamente a exposição ao risco é tarefa difícil, uma vez que ela envolve quantificar todas as possíveis interações entre os veículos e pedestres. Por esse motivo, a medida de exposição ao risco deve ser aproximada utilizando uma medida representativa dessa exposição.

Lassarre (2007) afirma que existem várias situações onde um atropelamento pode ocorrer, as quais podem ser analisadas em relação às ações dos pedestres e/ou veículos e a posição relativa desses na via. Dentro dessa perspectiva, o autor cita três situações onde o pedestre se expõe ao risco: (i) parado ou andando na calçada ou no passeio; (ii) parado ou andando na via destinada aos veículos; (iii) durante a travessia das vias. Os pedestres também estão expostos ao risco de atropelamento em áreas de estacionamentos públicos ou privados. Porém, é durante a travessia das vias que existe uma maior probabilidade de o pedestre encontrar um veículo e, conseqüentemente, quando acontece a maior parte dos atropelamentos (OECD, 1998).

Exemplos de medidas utilizadas para representar a exposição ao risco de atropelamento incluem o volume de pedestres; o produto entre o volume veicular e dos

pedestres em interseções ou segmentos da via ou segmentos da via; a raiz quadrada do produto entre esses volumes. Medidas utilizadas para representar exposição ao risco dos pedestres em estudos que visam avaliar a segurança desses usuários em cidades ou países incluem o número de vias atravessadas; o tempo total, a distância e o número das viagens realizadas pelo modal a pé. Em situações onde as medidas de exposição baseadas nas viagens não estão disponíveis, dados populacionais são utilizados como medidas de exposição (CAMERON, M. H., 1982; ETSC, 1999; KNOBLAUCH et al., 1984; PUCHER; DIJKSTRA, 2000, 2003; TRL, 2001).

A exposição do risco ainda pode ser mensurada através de modelos microscópicos. Lassarre et al. (2007) desenvolveu um modelo para calcular a exposição ao risco de atropelamentos durante as travessias em interseções e meio da quadra. As variáveis de entrada do modelo são a velocidade de caminhada do pedestre, a largura e o número de faixas da via, o volume e a velocidade do tráfego. É importante ressaltar que o modelo apenas estima a exposição de cada pessoa individualmente na travessia, devendo ser incluídas medidas de volume de pedestres para avaliar a exposição ao risco de atropelamento no local de travessia.

A escolha da medida de exposição exerce bastante influência no cálculo e na análise da taxa de atropelamento. Por exemplo, ao utilizar a distância das viagens como unidade de exposição para comparar a segurança entre diversos modais, pode-se chegar a conclusões distorcidas pelo fato de que o ato de caminhar apresenta velocidades bem mais baixas do que as dos veículos motorizados. Para melhor ilustrar esse fato, a Tabela 1 apresenta as taxas de acidentes na União Européia calculadas utilizando diferentes medidas de exposição: distância viajada por pessoa e horas viajadas por pessoas. Quando a medida de exposição adotada é a distância, os pedestres apresentam um índice de insegurança bem maior do que os riscos dos usuários dos veículos. Porém, quando o tempo é utilizado, esses dois modais encontram-se equiparados no que se refere à segurança. Por isso, é importante que a escolha das medidas de exposição para as análises de segurança estejam fundamentadas em duas premissas básicas:

- a) o numerador e o denominador da taxa de acidentes devem ser consistentes e refletir as características da população alvo (HAUER, 2001); se a medida de exposição é dada em volume de pedestres idosos, o numerador precisa expressar o número de atropelamentos envolvendo os pedestres dessa faixa etária;

- b) o denominador da taxa de acidente (exposição) deve refletir o propósito desejado para a mensuração do problema (HAKAMIES-BLOMQUIST, 1998). A taxa de acidentes utilizada para comparar a segurança entre diferentes modais necessita utilizar um denominador compatível com todos os modais de transportes em comparação.

**Tabela 1 - Comparação entre taxas de fatalidades no trânsito utilizando distância e tempo de viagem para diferentes modais na União Européia**

Modal	Variável de exposição		
	10 <sup>8</sup> pessoas x km/ano	10 <sup>8</sup> pessoas x horas/ano	
Viário	Total	1.1	33
	Ônibus	0.08	2
	Automóveis	0.8	30
	A pé	7.5	30
	Bicicleta	6.3	90
	Motocicletas	16.0	500
Trens	0.04	2	
Balsas	0.33	10.5	
Aviões	0.08	36.5	

Fonte: Adaptado de ETSC (1999)

Não existe uma medida ideal e única para avaliar a segurança dos pedestres. Porém é importante que a medida de exposição escolhida seja a mais apropriada para o propósito do estudo. Essa medida deve ser compatível com os equipamentos de medição que estão sendo utilizados e a população alvo em estudo dentro de uma área geográfica. A escolha da medida de exposição muitas vezes é determinada pela quantidade de dados e recursos disponíveis. Hakkert e Braimaister (2002) ressaltam que, em muitos casos, a falta de dados suficientes ou precisos impede que se escolha a melhor medida de exposição para uma determinada questão.

Para um melhor entendimento do conceito de exposição e de como esse influencia a avaliação de risco, são detalhadas cinco das métricas mais comumente utilizadas para avaliar a exposição dos pedestres ao risco de atropelamentos: (i) dados populacionais; (ii) volume de pedestres; (iii) número de viagens realizadas; (iv) distância das viagens; e (v) tempo das viagens.

#### 2.5.1.1 Medidas de exposição baseadas em dados populacionais

Os dados populacionais utilizados para representar a exposição ao risco de atropelamento referem-se ao número de pessoas que moram em uma determinada área, ou o

número de pessoas que fazem parte de um determinado grupo demográfico. Devido à disponibilidade e facilidade de obtenção, esses dados são freqüentemente utilizados como a medida de exposição ao risco de atropelamentos. Porém, vários problemas estão associados a esse uso.

Densidade populacional não representa uma boa estimativa da exposição ao risco, pois não considera quanto os pedestres estiveram em contato com o tráfego através de viagens a pé (IVAN et al., 2000; QIN; IVAN, 2001). Assim, ao se utilizar a população como exposição, assume-se que o risco encontra-se dividido homogeneamente entre todos os indivíduos, e, dessa forma, aqueles que realizam um maior número de viagens a pé tendem a ter o risco subestimado, enquanto os que utilizam mais os outros modais têm o risco superestimado.

Além disso, a população nem sempre se encontra diretamente relacionada com o número de pedestres de uma determinada área, como é o caso das áreas turísticas, onde inúmeros pedestres são provenientes de outras áreas, o que não os isenta de se envolver em atropelamentos (IVAN et al., 2000). A Figura 4 apresenta de forma resumida as vantagens e desvantagens de utilizar dados populacionais como medida de exposição ao risco de atropelamento.

<b>Uso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Utilizado como uma medida de exposição alternativa, quando existem recursos limitados e não é possível coleta dados mais precisos de exposição ao risco;</li> <li>✓ Utilizados mais freqüentemente para comparar a segurança ao longo do tempo ou entre diferentes cidades, devido à maior disponibilidade e confiabilidade dos dados populacionais.</li> </ul>
<b>Obtenção dos dados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Os dados populacionais estão disponíveis normalmente pelas pesquisas censitárias. No Brasil, esses dados podem ser obtidos <i>on-line</i> no <i>site</i> do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2007).</li> </ul>
<b>Vantagens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Facilidade e baixo custo de obtenção, uma vez que esses dados já são coletados e são disponíveis em séries temporais para a maioria dos municípios;</li> <li>✓ Pode ser a única forma de representar a exposição se a coleta de outros dados não for possível.</li> </ul>
<b>Desvantagens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Não é uma medida precisa para estimar a exposição ao risco de atropelamento;</li> <li>✓ Parte do pressuposto que em áreas onde há uma maior densidade populacional existe um maior número de viagens a pé, o que nem sempre é verdade;</li> <li>✓ Não leva em consideração o volume de pedestres na área de estudo.</li> </ul>
<b>Medidas comuns</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ População de uma determinada área: vizinhança, cidade, área metropolitana, estado ou país;</li> <li>✓ População de um determinado grupo demográfico: idade, sexo, raça, ou classe sócio-econômica.</li> </ul>

**Figura 4 - Caracterização da medida de exposição baseada em dados populacionais**



### 2.5.1.2 Medidas de exposição baseadas em volumes dos pedestres

A exposição ao risco de atropelamento pode ser mensurada através do número de pedestres que passam por um ponto fixo durante um intervalo específico de tempo. Esse ponto pode ser uma via, calçada, ou uma travessia. Ao determinar esse volume é importante distinguir se o ponto fixo é dentro de uma área de travessia, ou uma linha arbitrária no segmento da via ou do passeio. As linhas arbitrárias na via normalmente são utilizadas para mensurar o volume de pedestres andando ao longo da via e o risco associado a esses usuários.

O volume de pedestres é uma medida comum de exposição e pode ser estimada através de métodos diretos de contagem manuais ou automáticos (SCHNEIDER et al., 2005), ou indiretos, através de modelos que relacionam as características da área de estudo e a atividade dos pedestres (QIN; IVAN, 2001; RAFORD; RAGLAND, 2004, 2006; ZAMPIERI, 2006). Durante a etapa de planejamento das contagens utilizando métodos diretos é necessário determinar o ponto fixo e definir o que constitui um pedestre. Por exemplo, uma mãe com um carrinho de bebê é contabilizada como um ou dois pedestres? Adolescentes em patins são contados como pedestres? Essa definição depende dos objetivos da pesquisa de avaliação de risco.

Alguns estudos utilizam o volume dos pedestres em combinação com o volume veicular de uma determinada localidade como variável de exposição ao risco (CAMERON, M. H., 1982; KNOBLAUCH et al., 1984; TOBEY et al., 1983). Essa medida incorpora a visão de que quando não há veículos, não existe risco de atropelamento e vice-versa. Ela também parte do pressuposto de que a probabilidade de um atropelamento ocorrer aumenta quando há um acréscimo no fluxo veicular e/ou de pedestres e assume interdependência entre o comportamento dos pedestres e condutores.

Adotar o produto do volume de pedestres pelo volume veicular como medida de exposição é justificável se os volumes de pedestres e veículos forem contados dentro de um mesmo intervalo de tempo e se os períodos de observação forem curtos o suficiente para admitir que qualquer pedestre tem uma oportunidade realística de encontrar um veículo e vice-versa (CAMERON, M. H., 1982; TOBEY et al., 1983). Períodos longos de contagem podem subestimar ou superestimar a exposição durante alguns momentos, pois pode haver intervalos de tempo onde o fluxo de pedestres foi bem superior ou inferior ao de veículos.

<b>Uso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estimar o risco de atropelamento em uma dada localização (interseções, travessias em meio de quadra com ou sem faixas de travessias);</li> <li>✓ Avaliar a mudança no risco de atropelamento após a implementação de uma medida de segurança.</li> </ul>
<b>Obtenção dos dados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Contagem manual ou automática do volume de pedestres;</li> <li>✓ Estimativa do volume de pedestres através de modelos de previsão de viagens.</li> </ul>
<b>Vantagens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ As contagens são relativamente simples se comparada com a coleta de dados para estimar a distância ou tempo da viagem;</li> <li>✓ Pode ser utilizado para avaliar o risco de travessias em interseções ou meio do bloco;</li> <li>✓ Estão associadas ao contato do pedestre com o tráfego.</li> </ul>
<b>Desvantagens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Não diferencia o pedestre por velocidade da caminhada, idade ou outros fatores que podem influenciar o risco individual;</li> <li>✓ A estimativa do volume diário e anual em uma determinada localidade exige uma extensa coleta de dados.</li> </ul>
<b>Medidas comuns</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Volume médio de pedestres por dia (CAMERON, R. M., 1976; HOCHERMAN et al., 1988; ZEGEER et al., 2005);</li> <li>✓ Número de pedestre por período de tempo, como hora ou 15 minutos (COVE; CLARK, 1993; DAVIS et al., 1988).</li> </ul>

**Figura 5 - Caracterização da medida de exposição baseada em volumes dos pedestres**

### 2.5.1.3 Medidas de exposição baseadas em números de viagens

O número de viagens realizadas a pé, independentes da distância percorrida ou do tempo da jornada, é outra forma utilizada para mensurar o quão expostos ao risco estão os pedestres. Essas viagens podem ter diversos propósitos, entre os quais, trabalho, eventos sociais, lazer, compras ou mesmo sem um destino final, como as viagens de recreação. Para estimar o número de viagens realizadas, geralmente são realizadas pesquisas com uma parcela da população. Esses dados são úteis para avaliar a exposição dos pedestres em áreas abrangentes (bairro, cidade, estado ou país). Porém, é difícil relacionar o número de viagens contabilizado nessas pesquisas com as estatísticas de atropelamentos de locais específicos (pontos de travessia).

Embora o número de viagens não seja a métrica mais adequada para avaliar o risco de uma determinada interseção ou segmentos da via, ele pode ser utilizado para avaliar o comportamento e a atividade do pedestre, e para avaliar as mudanças da segurança de uma cidade ao longo do tempo (Figura 6).

<b>Uso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Avaliar o comportamento do pedestre em áreas abrangentes, e as mudanças do comportamento ao longo do tempo;</li> <li>✓ Comparar o risco de atropelamento entre diferentes jurisdições;</li> <li>✓ Avaliar as características das viagens (propósito e rota).</li> </ul>
<b>Obtenção dos dados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Através de pesquisas com usuários do sistema de transporte.</li> </ul>
<b>Vantagens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Apropriado para avaliar o risco agregado do sistema de transportes;</li> <li>✓ Relacionar as viagens a pé com o propósito da viagem;</li> </ul>
<b>Desvantagens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Os questionários devem ser aplicados em um grande número de pessoas, visando obter uma amostra significativa da população;</li> <li>✓ Não fornece informações detalhadas para avaliar o risco em locais específicos;</li> <li>✓ As viagens dos pedestres geralmente são subestimadas nas pesquisas, principalmente as viagens não pendulares e as viagens curtas (SCHWARTZ; PORTER, 2000).</li> </ul>
<b>Medidas comuns</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Número médio de viagens a pé realizadas por dia, semana ou ano;</li> <li>✓ Proporção de viagens de um determinado propósito.</li> </ul>

**Figura 6 - Caracterização da medida de exposição baseada no número de viagens**

#### 2.5.1.4 Medidas de exposição baseadas na distância das viagens

A distância das viagens pode ser avaliada em níveis individuais ou em níveis agregados. Nos níveis individuais, a medida da exposição é expressa como a distância total ou média que um pedestre caminha em um determinado período de tempo, tais como um dia, semana ou um ano. Nesse caso, a taxa de acidentes é representada pelo número de fatalidades por 100 milhões de quilômetros viajados (CHU, 2003). Assim como a métrica número de viagens, a distância percorrida por um pedestre normalmente é adquirida através de questionários. É possível também solicitar que os pedestres utilizem aparelhos que mensurem a distância percorrida, como, por exemplo, os pedômetros.

No nível agregado, a exposição é mensurada diretamente e representa a distância total de viagem de todos os pedestres dentro de uma área pré-determinada durante certo período de tempo. Por exemplo, a distância agregada pode ser calculada pela multiplicação do volume diário de pedestres que atravessaram uma via e a distância da travessia. Porém, esse cálculo não leva em consideração que a distância percorrida por um pedestre ao atravessar uma via não é estática, uma vez que os pedestres podem atravessar a via na diagonal ou sob diferentes ângulos.

Utilizar medidas de exposição para calcular as taxas de acidentes, assume que quanto maior a distância da caminhada maior o risco de ocorrer um atropelamento. Isto significa dizer que, quando todas as outras características do sistema de transporte são iguais, o risco de atravessar uma via com quatro faixas de fluxo veicular é aproximadamente o dobro de atravessar uma via com duas faixas. Essa medida não leva em consideração as diferenças na velocidade de caminhada ou outros fatores que podem alterar o risco associado à distância.

Ao comparar taxas de acidentes entre os diferentes modais, a utilização de distância como medida de exposição ao risco pode gerar conclusões distorcidas. Um quilômetro percorrido a pé representa muito mais exposição ao risco de acidente do que um quilômetro percorrido em veículos, pois devido à grande diferença de velocidade entre os modais, o tempo de contato com o tráfego é muito maior para os pedestres (CHU, 2003). A Figura 7 apresenta mais detalhes sobre a medida de exposição baseada na distância das viagens.

<b>Uso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estimar a exposição em nível micro e macro;</li> <li>✓ Avaliar como a largura da travessia afeta o risco.</li> </ul>
<b>Obtenção dos dados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Através de pesquisas com usuários do sistema de transporte;</li> <li>✓ Através do cálculo da distância percorrida por um grupo de pessoas.</li> </ul>
<b>Vantagens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pode ser utilizado para mensurar a exposição em níveis micro e macro;</li> <li>✓ Mais detalhado do que o volume de pedestres ou dados populacionais;</li> <li>✓ Medida mais comumente utilizada para avaliar a exposição dos usuários de veículos.</li> </ul>
<b>Desvantagens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Não leva em consideração a velocidade e não pode ser utilizado com confiabilidade para comparar o risco entre diferentes modais;</li> <li>✓ Assume que o risco é proporcional à distância percorrida;</li> <li>✓ Assume que os pedestres percorrem a mesma distância durante uma travessia ou ao longo da calçada;</li> <li>✓ Podem ser superestimados ou subestimados nos relatos fornecidos pelos pedestres nas pesquisas.</li> </ul>
<b>Medidas comuns</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Quilômetros viajados a pé, por pessoa e por dia;</li> <li>✓ Distância percorrida por um grupo de pedestres em uma travessia.</li> </ul>

**Figura 7 - Caracterização da medida de exposição baseada na distância das viagens**

#### 2.5.1.5 Medidas de exposição baseadas no tempo das viagens

Dados sobre o tempo da viagem há muito são utilizados para calcular as taxas de acidentes (ANDERSON et al., 1989; ETSC, 1999; JONAH; ENGEL, 1983). Essas taxas já

foram utilizadas para comparar a segurança entre diferentes grupos sociais ou entre diferentes modais. Keall (1995) estimou a segurança relativa de grupos de pedestres classificados por sexo e idade, utilizando dados de ocorrência de atropelamento com dados de pesquisas com usuários sobre o tempo de caminhadas realizadas e o número de vias atravessadas. Chu (2003) adotou as medidas de tempo para comparar as taxas de acidentes fatais envolvendo pedestres e passageiros de veículos por essas medidas levarem em consideração a diferença de velocidade entre os modais.

Como as medidas de exposição baseadas na distância da viagem, o tempo da viagem pode ser estimado ao nível individual através de pesquisas ou através de mensuração direta em locais específicos. O tempo de exposição dos pedestres durante uma travessia, por exemplo, é calculado multiplicando o número de pedestres pela média do tempo de travessia. Outra forma de calcular esse tempo é somar o tempo de travessia utilizado por cada pedestre. A Figura 8 apresenta as peculiaridades das medidas de exposição baseadas no tempo.

<b>Uso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Estimar o tempo total de exposição ao risco para locais específicos;</li> <li>✓ Comparar taxas de acidentes entre os diferentes modais dos transportes;</li> <li>✓ Avaliar a segurança das interseções com diferentes distâncias de travessia e entre indivíduos com diferentes velocidades de caminhada.</li> </ul>
<b>Obtenção dos dados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Através de pesquisas com usuários do sistema de transporte;</li> <li>✓ Através do cálculo do tempo utilizado nas viagens a pé por um grupo de pessoas.</li> </ul>
<b>Vantagens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Leva em consideração as diferentes velocidades de caminhada;</li> <li>✓ Permite que sejam feitas comparações com menores distorções entre os diferentes modais dos transportes;</li> <li>✓ Pode ser utilizada para mensurar a exposição em níveis macro e micro.</li> </ul>
<b>Desvantagens</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Medidas de exposição baseadas no tempo assumem que o risco é igual por toda a distância percorrida durante a viagem a pé. Porém, é durante apenas parte da viagem que se observa uma maior exposição ao tráfego, que incluem o tempo utilizado nas travessias das vias, nas caminhadas nas faixas de rolamento destinadas aos veículos ou nas caminhadas em vias onde não existe diferença de nível entre a calçada e a faixa de rolamento dos veículos (CHU, 2003);</li> <li>✓ O tempo das viagens realizadas a pé pode ser superestimado ou subestimados nas pesquisas qualitativas. As pessoas percebem que gastam mais tempo em atividades a pé do que realmente ocorre. As pessoas ainda podem não reportar uma viagem a pé por esquecimento ou por não a acharem relevante para ser relatada. Isto ocorre porque as viagens a pé são relativamente curtas e podem não ficar registradas na memória dos respondentes ou os respondentes podem julgar que viagens curtas não são importantes (CHU, 2003).</li> </ul>
<b>Medidas comuns</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tempo médio das viagens realizadas a pé, por pessoa, por dia ou ano;</li> <li>✓ Tempo total utilizado pelos pedestres para atravessar a via em um determinado período de tempo.</li> </ul>

**Figura 8 - Caracterização da medida de exposição baseada no tempo das viagens**

## 2.5.2 Problemas decorrentes do uso de taxas de acidentes na avaliação do risco

A utilização de taxas de atropelamentos na avaliação do risco é necessária para identificar os fatores de risco e os padrões desses eventos. Porém, ao utilizá-las o avaliador deve estar ciente das limitações das avaliações de risco realizadas com esses dados. Esses podem ser decorrentes principalmente das deficiências encontradas nos bancos de dados de acidentes e do efeito da “Segurança em Números” (*Safety in Numbers*).

### 2.5.2.1 Deficiências nos bancos de dados

Embora os dados dos acidentes sejam essenciais na avaliação de risco, inúmeras deficiências são encontradas nas estatísticas oficiais, sejam relativas à qualidade ou quantidade dos dados. No Brasil, observa-se descontinuidade nos registros de acidentes, duplicidade de dados e armazenamento não digital dos dados (NODARI, 2003).

Um estudo realizado por Barros et al. (2003) traçou o perfil dos acidentes viários com vítimas na cidade de Pelotas no Rio Grande do Sul nos anos de 1997 a 1999, utilizando fichas de atendimento do pronto-socorro e boletins de ocorrência (BOs) da polícia civil. Foi, então, identificado que existe sub-registro nos bancos de dados da polícia, principalmente nos acidentes sem vítima fatal. Observou-se que os acidentes ocorridos durante o dia, das 6 às 17 horas, têm mais chance de ser registrados (72-78%) do que os ocorridos à noite (62-64%). Os autores alertam que, embora as fichas estejam à disposição da polícia, elas não são utilizadas para registrar os acidentes.

O estudo de Barros et al. (2003) indicou que 39% dos acidentes com vítimas fatais ou com lesão só puderam ser identificados por meio de busca nos registros de atendimento do pronto-socorro municipal. O resultado da análise dos dados sobre acidentes envolvendo pedestres foi ainda mais crítica, onde o registro da polícia civil só registrou 47% dos atropelamentos (BARROS et al., 2003). O alto índice de sub-registro de atropelamentos foi também relatado em outros estudos nacionais e internacionais (ALSOP; LANGLEY, 2001; ANDRADE; MELLO-JORGE, 2001; ROSMAN, 2001).

Para agravar a situação, Barros (2003) observou que o preenchimento dos BOs não apresenta boa qualidade, e que informações relevantes são ignoradas. Os problemas encontrados nas fichas de atendimento são relativos ao seu caráter médico, limitando a análise do acidente. Durante o estudo, os autores buscaram contato pessoal com as vítimas, porém a análise se mostrou inviável, visto que na maioria dos casos o telefone ou endereço completo da vítima não estavam disponíveis ou eram fraudulentos.

O sub-registro de acidentes está associado a vários motivos. Conforme a OECD (1998) e Turner et al. (2006b), esses incidentes normalmente tendem a não ser relatados à polícia quando: (i) só houve um veículo motorizado envolvido no acidente; (ii) o acidente vitimou uma criança; (iii) as lesões foram leves; (iv) o acidente ocorreu em uma via local; (v) não houve veículo motorizado envolvido; (vi) ocorreram em locais que não uma via, tais como calçadas, estacionamentos, garagens, ou trilhas; e (iv) as vítimas contataram um médico ou hospital sem o envolvimento de polícia.

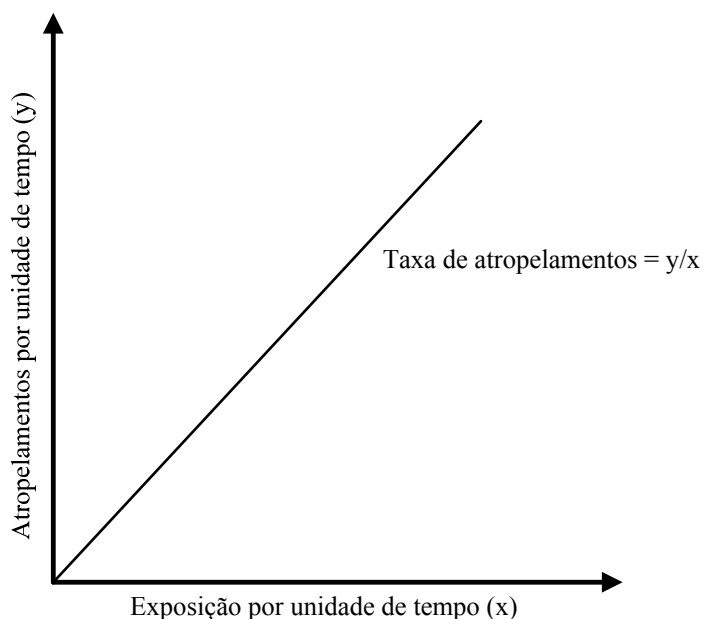
Deficiências no registro da severidade dos acidentes também são encontradas nos bancos de dados. A maior preocupação é relativa à morte no hospital, dias depois da ocorrência do incidente, que nem sempre é contabilizada como vítima fatal. Aconselha-se que as vítimas sejam acompanhadas por pelo menos uma semana, já que número de óbitos após uma semana é relativamente pequeno. De acordo com estudo realizado em Londrina com vítimas de acidentes viários, 92% dos óbitos ocorreram em um prazo de uma semana após a entrada no hospital (ANDRADE; MELLO-JORGE, 2001).

Outros problemas encontrados nos bancos de dados são referentes à determinação dos fatores contribuintes para a ocorrência dos atropelamentos (VELLOSO, 2006). Para resolver esses problemas, um projeto financiado pelo *Federal Highway Administration* (FHWA) desenvolveu um programa computacional (software), a “Ferramenta de Análise de Colisões com Pedestres e Bicicletas” (*Pedestrian and Bicycle Crash Analysis Tool, PBCAT*) (HARKEY et al., 2006). Este visa auxiliar o profissional envolvido na análise de acidentes envolvendo pedestres e bicicletas a lidar com o problema de falta de dados referentes aos processos causadores da ocorrência desses eventos, através do desenvolvimento de um banco de dados robusto e detalhado. O PBCAT, através de informações sobre o tipo de acidente, o ambiente viário, os usuários envolvidos, e as ações ocorridas antes do acidente, cria relatórios e seleciona medidas mitigadoras para os problemas identificados nos padrões dos acidentes (HARKEY et al., 2006).

As deficiências nas estatísticas oficiais, sejam relativas à quantidade de dados ou à qualidade, podem comprometer os resultados obtidos nas avaliações de risco. A realidade brasileira, embora em processo de melhoria, ainda é bastante precária no que se refere à disponibilidade de dados. Observa-se, porém, alguns esforços isolados no sentido de se desenvolver bases de dados amplas, detalhadas e confiáveis (NODARI, 2003).

### 2.5.2.2 Efeito da segurança em números

A utilização das taxas de acidentes na avaliação do risco pressupõe que o número de acidentes é diretamente proporcional à exposição. Em outras palavras, assume-se que, se todas as outras características forem iguais, um local com maior volume de pedestres apresentará um maior número de atropelamentos, e que o número desses eventos aumenta a uma taxa constante com o volume de pedestres, conforme ilustrado na Figura 9.



**Figura 9 - Relação assumida entre exposição ao risco e incidência de atropelamentos**

Embora nas avaliações tradicionais de risco assumam-se a relação linear (CHU, 2004), existem evidências que sugerem que isto é irreal. Diversos estudos indicam que o número de atropelamentos varia não linearmente com o volume de pedestres. Isto se deve ao efeito da segurança em números (*Safety in Numbers*) que indica que as taxas de atropelamentos decrescem com um maior número de pedestres (GEYER et al., 2006; 2007; JACOBSEN,

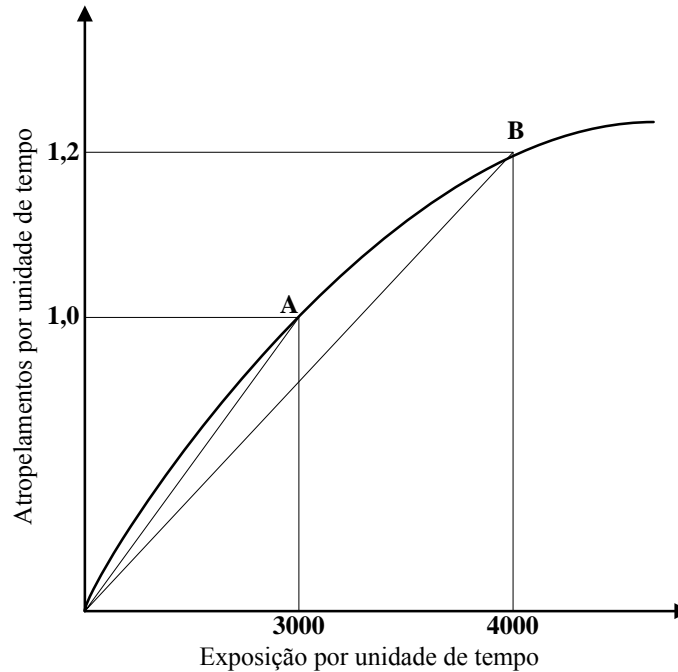


2003; LEDEN, 2002; TURNER et al., 2006). Similarmente, Lee e Abdel-Aty (2005) demonstraram que os atropelamentos também não variam linearmente com o volume veicular. A curva de relação entre o número de atropelamentos e o volume veicular é ascendente, porém a inclinação da curva é mais íngreme quando os volumes são mais baixos. Observa-se que quando o volume veicular é muito elevado e há congestionamento do tráfego, existe um ponto de deflexão da curva, diminuindo consideravelmente o risco de ocorrência de atropelamentos.

Explicações prováveis para o fenômeno da segurança em números foram enumeradas por Geyer et al. (2006): (i) nas áreas com alto fluxo de pedestres, os motoristas podem aumentar a expectativa de encontrar um pedestre e então diminuir a velocidade e aumentar a concessão de prioridade ao pedestre; e (ii) as áreas com maiores volumes de pedestres são mais seguras, devido à busca desses por rotas menos arriscadas.

Dessa forma, o cálculo de taxas de acidentes sem levar em consideração a relação não linear entre a exposição e a incidência dos acidentes pode gerar conclusões distorcidas nos estudos de segurança. Hauer (1995) ilustra os problemas da utilização de taxas de acidentes através do diagrama da Figura 10. Nessa figura, o número de atropelamentos aumenta com a exposição, mas a taxa de crescimento não é constante. A curva resultante é chamada de “Função de Desempenho da Segurança” da via (*Safety Performance Function*). Ela mostra que a taxa de atropelamentos (inclinação da curva) no ponto “B” é menor do que no ponto “A” e é influenciada unicamente pela variável de exposição. Isto indica que, se uma pessoa realiza análises comparativas utilizando as taxas de atropelamento, pode concluir que um determinado local é mais seguro do que o outro por apresentar taxas menores, mas na verdade a exposição ao tráfego que é diferenciada. Além disso, quando se aplicam medidas de segurança em uma determinada localidade, e observa-se que a taxa de atropelamentos mudou, é importante observar se a mudança decorreu de um maior volume de pedestres ou se a medida foi realmente efetiva.

A melhor forma de evitar esses problemas é construir modelos mais complexos de análise do risco. Porém, a modelagem também não está imune a erros e pode gerar maiores custos de coleta de dados. Por isso, as taxas de acidentes são muito utilizadas nas avaliações de risco.



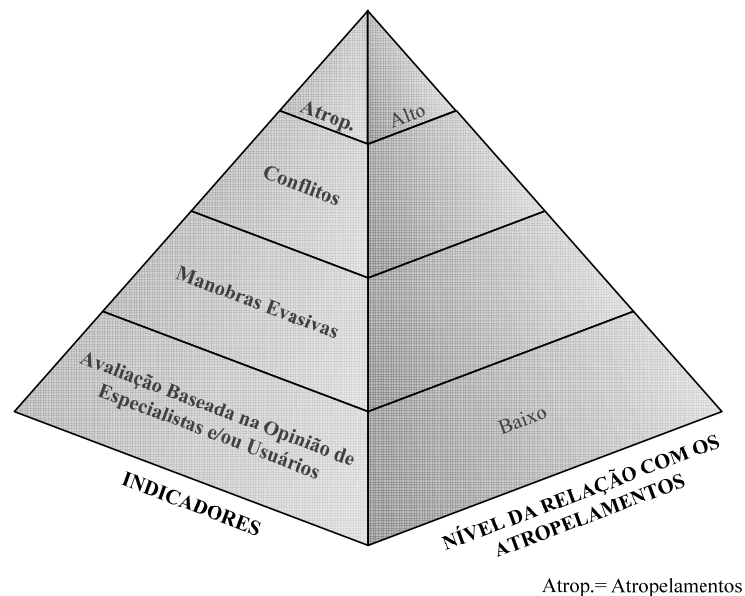
**Figura 10 - Relação não linear entre a exposição e incidência de atropelamentos**

Fonte: Adaptado de Hauer (1995)

## 2.6 AVALIAÇÕES DE RISCO DE ATROPELAMENTOS

As avaliações de risco de atropelamento normalmente estão embasadas em quatro tipos de informações que são utilizadas para gerar indicadores de segurança: (i) dados dos atropelamentos; (ii) dados sobre os conflitos ou quase-acidentes; (iii) dados sobre as manobras evasivas; e (iv) avaliações baseadas na opinião dos especialistas e/ou usuários. Indicadores calculados a partir desses dados nem sempre indicam uma relação direta com a incidência de atropelamentos, mas estão relacionados com a potencialidade de ocorrer um evento indesejado. Carter et al. (2006) hierarquizam os indicadores de segurança de acordo com essa relação, conforme a pirâmide da Figura 11.

O topo da pirâmide representa os indicadores calculados a partir das estatísticas oficiais e estão associados a um menor número de observações. Como os atropelamentos são eventos randômicos, utilizar somente esses indicadores nas análises dos riscos pode ocultar problemas relacionados ao risco potencial, pois um determinado local, embora bastante arriscado para os pedestres, pode não ter registrado ainda um único atropelamento (CARTER et al., 2006). Além disso, as análises das estatísticas recaem em um gerenciamento de segurança reativo, onde se busca corrigir os problemas e não preveni-los.



**Figura 11 - Ordem hierárquica dos indicadores de segurança**

Fonte: Adaptado de Carter et al.(2006)

Os conflitos e as manobras evasivas compreendem os dados relativos ao comportamento dos usuários do sistema de transporte viário. Os conflitos são definidos como uma interação súbita entre um pedestre e um veículo ou bicicleta, no qual um dos envolvidos tem que mudar rapidamente seu comportamento para evitar um acidente, tal como uma freada brusca. Já as manobras evasivas são aquelas na qual o pedestre ou condutor tem que mudar de direção ou velocidade para evitar interações entre os eles (CARTER et al., 2006). A diferenciação entre conflitos e manobras evasivas nem sempre é clara e alguns estudos classificam os dois como conflitos, distinguindo-os através de níveis de severidade. Embora indicadores embasados em informações sobre o comportamento dos usuários não estejam diretamente associadas à ocorrência de atropelamentos, eles indicam os riscos potenciais existentes.

Na base da pirâmide encontram-se os indicadores formulados a partir das avaliações dos especialistas e usuários e também são de extrema valia na identificação de perigos que ainda não foram comprovados com a ocorrência de atropelamentos. Tanto os dados dos comportamentos como das avaliações são necessários para se obter uma abordagem pró-ativa da segurança viária, visando prevenção dos acidentes.

É através de indicadores criados a partir dos quatro tipos de dados que a maior parte das metodologias avalia a segurança dos pedestres, e, conseqüentemente, também o risco de

atropelamentos, (CARTER et al., 2006): (i) identificação dos pontos críticos; (ii) estudos “antes” e “depois”; (iii) técnicas de conflito de tráfego; (iv) auditorias de segurança viária; e (v) estudo da percepção de risco. Algumas metodologias ainda utilizam indicadores fundamentados na observação do comportamento gerado pela interação dos usuários e os outros componentes do sistema de transporte viário. A escolha por uma determinada metodologia ou por um conjunto delas depende da disponibilidade e confiabilidade dos dados existentes. Além disso, a limitação de recursos e o propósito do estudo são elementos essenciais para fundamentar essa escolha. É importante destacar que a maior parte dos estudos que desenvolveram e aplicaram um método de avaliação de risco de atropelamentos embasaram-se em pelo menos uma metodologia de avaliação da segurança do pedestre.

### **2.6.1 Identificação dos pontos críticos**

Os pontos críticos (*black spots* ou *accident prone locations*) podem ser definidos como um local, um segmento ou uma área da malha viária onde o potencial de ocorrência de acidentes é maior do que o esperado pelos critérios pré-estabelecidos. Um dos principais objetivos de utilizar metodologias para identificação desses pontos é priorizar os locais para investimentos de melhoria de segurança. Através desses procedimentos, também é possível estabelecer as características do sistema de transporte viário que estão correlacionadas com a probabilidade de ocorrência de acidentes e determinar quais as medidas mitigadoras a serem aplicadas nos problemas visualizados.

O estabelecimento desses pontos pode ser feito através de análises dos bancos de dados dos acidentes, de técnicas de análise de conflitos, de estudos de percepção de risco ou técnicas de modelagem. Nesse item, será discutido apenas o uso das análises estatísticas dos acidentes nesses estudos, sendo os outros tópicos detalhados nos itens subsequentes.

A determinação dos pontos críticos através dos dados dos acidentes é feita através da construção e cálculo de indicadores. Aqueles locais onde os indicadores apresentam valores maiores ao pré-estabelecido são considerados críticos (CEFTRU, 2002). Os indicadores mais comumente utilizados são o número ou severidade dos acidentes e as taxas de acidentes ou severidade. A desvantagem do uso desses indicadores está vinculada a não utilização de

medidas apropriadas de exposição, às deficiências encontradas nos bancos de dados, e ao efeito da Segurança em Números.

Os indicadores baseados no número de ocorrências de acidentes consideram como pontos críticos aqueles locais onde esse número é igual ou maior do que a média esperada para a área de estudo. No caso dos atropelamentos, por serem eventos muito dispersos, a média esperada gira em torno de um ou dois atropelamentos por ano por travessia (CARTER et al., 2006).

Ao incorporar a severidade dos acidentes ao cálculo do indicador, busca-se priorizar os locais onde ocorrem colisões com maiores custos para a população (CEFTRU, 2002). O indicador consiste, então, em uma soma ponderada, onde cada acidente recebe um peso. O Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN, 1987) determinou esses pesos através da Unidade Padrão de Severidade (UPS): (i) 1 para acidentes sem vítimas; (ii) 5 para acidentes com feridos; (iii) 13 para acidentes com vítimas fatais.

A vantagem do uso desses dois indicadores recai no baixo custo e praticidade (CEFTRU, 2002). Porém, precisa-se entender que locais onde há baixa incidência de atropelamentos não indicam necessariamente condições seguras para os pedestres. Esses usuários podem evitar certas áreas porque eles percebem algum tipo de perigo e mudam seu comportamento. Conseqüentemente, uma menor incidência de atropelamentos pode estar associada à baixa atividade de pedestres, ou mesmo um comportamento mais atento nessas áreas (CARTER et al., 2006; ZEGEER et al., 2006b).

Os indicadores representados pelas taxas de acidentes ou severidades apresentam a vantagem de considerar a exposição ao risco na determinação dos pontos críticos. Porém, como nem sempre os dados de exposição ao risco de atropelamento estão disponíveis ou então são de difícil mensuração, a construção desses indicadores gera custos mais elevados. Além disso, ao avaliar as metodologias utilizadas para identificar os locais propensos à ocorrência de atropelamentos nos EUA, Vasudevan et al. (2007) concluíram que, quando os recursos são limitados, os índices baseados na frequência e severidade dos atropelamentos podem ser utilizados com consistência para identificar os pontos críticos.

Para auxiliar a identificação dos pontos críticos é comum o uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Os SIGs podem ser definidos como uma ferramenta computacional que permite realizar análises de dados espacialmente georreferenciados

(CARDOSO, 2006). Dessa forma, o SIG se configura como uma ferramenta importante na determinação de *clusters* espaciais de atropelamentos, facultando aos pesquisadores e especialistas tanto a avaliação das principais características desses eventos como a proposição de medidas mitigadoras mais direcionadas aos problemas encontrados em determinada região (SCHNEIDER et al., 2001).

## 2.6.2 Estudos “antes” e “depois”

Estudos “antes” e “depois” são comuns nas avaliações da eficiência dos tratamentos aplicados para melhorar a segurança dos pedestres (ABDULSATTAR et al., 1996; HUANG; CYNECKI, 2000; KNOBLAUCH et al., 2001). Eles consistem no monitoramento ao longo do tempo dos indicadores construídos a partir de dados sobre a frequência de atropelamentos. Quando existe uma redução no valor esperado para o indicador do local tratado, comprova-se a eficiência da medida. Porém, esse tipo de estudo apresenta diversas limitações. Uma é referente à disponibilidade e qualidade dos bancos de dados existentes e o efeito da Segurança em Números quando se utiliza taxas de acidentes (item 2.5.2).

Duas outras limitações são destacadas por Framarim (2003). A primeira é referente à inviabilidade de avaliar separadamente o efeito da medida mitigadora aplicada e o das variações nas características do sistema que estão correlacionadas com a ocorrência de um evento indesejado, tais como o comportamento dos usuários e as condições meteorológicas. Além disso, outras medidas podem ter sido aplicadas simultaneamente, podendo mascarar o efeito da medida avaliada. A segunda limitação está atrelada ao critério de seleção dos locais do tratamento. Quando são selecionados para a análise do tratamento pontos na via onde se observou uma incidência de acidentes superior ou inferior aos locais com características semelhantes, pode acontecer o fenômeno de regressão à média. Esse fenômeno estatístico prevê que locais com características semelhantes apresentem uma mesma média de número de acidentes ao longo do tempo. Assim, um aumento ou redução na ocorrência dos eventos indesejados pode não ter resultado do tratamento aplicado.

Para que as análises dos tratamentos sejam precisas, séries de dados históricos são necessárias (HAUER, 1997). Esta exigência pode dificultar a avaliação da efetividade dos tratamentos aplicados para melhorar a segurança dos pedestres, visto que os atropelamentos

são eventos raros e dispersos. É comum que, só depois de muitos anos, um atropelamento volte a ocorrer num mesmo local. Assim, os estudos do tipo “antes” e “depois” podem não ter dados numéricos suficientes para construir conclusões (CAMPBELL et al., 2004). Por isso, muitas vezes o monitoramento dos tratamentos utiliza indicadores construídos a partir de dados sobre conflitos ou referentes a questões comportamentais dos usuários.

Embora seja importante avaliar o efeito de um tratamento aplicado para entender se houve modificações na segurança e no comportamento dos usuários, os resultados dos estudos “antes” e “depois” podem gerar conclusões equivocadas. Por esse motivo, ao construir as conclusões provenientes desse tipo de estudo é essencial considerar todas as possíveis explicações para os resultados obtidos (OGDEN, 1996).

### **2.6.3 Técnicas de conflito de tráfego**

Uma forma de avaliar o risco de atropelamento é observar as interações entre os pedestres e os condutores, analisando os conflitos ou “quase-acidentes” entre os movimentos desses dois grupos (ABDULSATTAR et al., 1996; GÅRDER, 1989; HARKEY; CARTER, 2006; LORD, 1996; MIRANDA; CABRAL, 2002; PIETRANTONIO, 1999; REINHOLD; GOLDNER, 2006). Esse método apresenta a vantagem de se configurar como uma técnica pró-ativa, onde os problemas são identificados antes de o acidente acontecer. Além disso, observa-se que, ao contrário dos acidentes, os conflitos ocorrem mais freqüentemente e apresentam fácil detecção (FRAMARIM, 2003; PIETRANTONIO, 1991, 1999). Entretanto, os conflitos devem ser considerados eventos normais no tráfego. A anormalidade só é considerada quando esses eventos são muito severos e ou apresentam padrões repetitivos, indicando problemas operacionais e de segurança (PIETRANTONIO, 1991).

A determinação da quantidade e tipo dos conflitos pode ser utilizada na identificação dos pontos críticos, nos estudos do tipo “antes” e “depois” ou em estudos comparativos, através de comparações entre o número de conflitos por unidade de tempo e um parâmetro pré-estabelecido. Por exemplo, Harkey e Carter (2006) observaram que as rotatórias apresentam um maior número de conflitos nas saídas do que nas entradas, indicando que os condutores ao saírem de uma rotatória costumam não esperar que os pedestres finalizem seus movimentos de travessia.

O uso de as taxas de conflitos, representados pelo quociente do número de conflitos e uma variável exposição ao risco também é comum nas avaliações de segurança. Normalmente, nos estudos de conflitos entre pedestres e veículos, a unidade de exposição utilizada é o produto do volume de pedestres na travessia pelo volume de veículos nas trajetórias de conflitos potenciais observados. Nas interseções esses conflitos estão representados principalmente pelas conversões à esquerda ou à direita (CUI; NAMBISAN, 2003).

As técnicas de análises de conflito de tráfego (TCT) surgiram nos anos 60 com o objetivo de realizar um diagnóstico e avaliação precisa e detalhada dos problemas de segurança viária e dos efeitos das medidas de intervenção através de observações diretas no campo (PIETRANTONIO, 1991; 1999). Desde sua origem, esses procedimentos foram aprimorados e adotados em diversos países, que desenvolveram manuais e treinamentos para a sua aplicação. Entre as técnicas existentes destacam-se as TCT sueca, a francesa, a inglesa e a norte-americana. Além destas, foram desenvolvidas TCTs na Alemanha, no Canadá, na Finlândia e na Áustria.

A diferença entre as TCTs desenvolvidas no mundo estão na definição dos tipos e severidade dos conflitos e na metodologia de coleta de dados. Algumas são mais subjetivas e não apresentam medidas quantitativas para basear as análises, assim, o observador julga se a interação entre os usuários é um conflito através de sua experiência (austríaca, francesa, alemã, inglesa e norte-americana). Normalmente, essas técnicas utilizam os termos “comportamento inesperado” e “ação evasiva repentina” (OECD, 1998).

As técnicas sueca, canadense e finlandesa são consideradas mais objetivas, pois utilizam conceitos como: (i) o tempo para a colisão (*Time-To-Collision*), representado pelo tempo necessário para que um acidente ocorresse caso uma manobra evasiva não fosse realizada; e (ii) tempo de invasão posterior (*Post-Encroachment-Time*), definido como o tempo que um dos usuários deixa o ponto potencial de colisão e o momento que o outro usuário chega ao ponto de conflito (OECD, 1998). Uma descrição mais minuciosa sobre as diferenças entre as TCTs encontra-se nos trabalhos de Framarim (2003) e Pietrantonio (1999).

Nos manuais de TCT, observa-se que pouca atenção é dada aos conflitos entre os pedestres e os veículos. As orientações acerca de como avaliar esses conflitos estão mais voltadas para a investigação dos movimentos veiculares do que dos pedestres. A técnica



francesa é uma das únicas a diferenciar as severidades entre os conflitos envolvendo os pedestres (PIETRANTONIO, 1999) e é indicada para avaliar os conflitos entre os pedestres e os veículos nos áreas urbanas brasileiras (REINHOLD; GOLDNER, 2006). A utilização da técnica suíça na avaliação dos conflitos entre pedestres e veículos mostrou deficiências que necessitam ser adaptadas à realidade da segurança do pedestre (PIETRANTONIO, 1999).

Em virtude dos problemas encontrados nos manuais de TCT, a utilização destas no exame das interações entre os pedestres e veículos muitas vezes requer adaptações à realidade do estudo e aos tipos de acidentes que se deseja investigar. Um estudo desenvolvido em Belém, por exemplo, adequou a TCT francesa na avaliação dos conflitos entre os pedestres e os veículos dentro da realidade brasileira, adotando na análise apenas 4 tipos de conflitos (GALENO, 2002 apud CARDOSO, 2006)<sup>3</sup>. Além disso, muitas vezes, a análise dos conflitos com pedestres precisa ser combinada com a avaliação de outros aspectos comportamentais, tais como a hesitação ou violação (PIETRANTONIO, 1999).

A definição do que deve ser considerado um conflito também pode gerar conclusões distorcidas acerca da segurança do pedestre (LORD, 1996; PIETRANTONIO, 1999). É preciso que se distinga entre o que é uma manobra evasiva e uma situação normal de cessão de prioridade no uso da via, sendo essencial distinguir se uma frenagem foi realizada para evitar acidentes ou para obedecer às normas sociais. Esse tipo análise no Brasil pode gerar ambigüidades, pois nem sempre há clareza na definição de quem possui prioridade nas travessias não semaforizadas. Dessa forma, antes de conduzir TCTs, é preciso atentar para todos os problemas existentes no conceito de um conflito de forma a adequá-lo à realidade da área de estudo (PIETRANTONIO, 1999).

Ressalta-se que a utilização de dados de conflitos na análise de segurança dos pedestres pode suprir a falta de dados sobre os atropelamentos em determinadas localidades, ou mesmo a baixa incidência desses eventos. Segundo Gårder (1989), um dia de contagem de conflitos pode estimar com maior acurácia o número esperado de atropelamentos do que três anos de histórico de atropelamentos para os locais com menos de 1,7 atropelamentos ao ano. Porém, salienta-se que nem sempre existe uma correlação entre o número de conflitos e o número de acidentes observados (FRAMARIM, 2003).

---

<sup>3</sup> GALENO, S. P. **Uma técnica de conflitos de tráfego aplicada aos pedestres**: o caso de um corredor urbano de Belém. 2002. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002

É importante ressaltar que as TCTs não podem ser utilizadas como um substituto da análise das ocorrências do acidentes e sua aplicação é mais recomendada para avaliar interseções. No caso de análise de segmentos de vias elas apresentam maiores custos, pois requerem um tempo longo de coleta de dados para que seja observado um número suficiente de cada tipo de conflito analisado (NODARI, 2003).

#### **2.6.4 Auditorias de segurança viária**

A Auditoria de Segurança Viária (ASV) consiste em uma avaliação formal onde um grupo de auditores qualificados e independentes analisa o desempenho do ambiente viário existente ou projetado em relação à sua segurança (AUSTROADS, 1994; CAIRNEY, 1999; FHWA, 2006). Essa avaliação é considerada um processo formal e independente por basear-se em procedimentos pré-estabelecidos e gerar relatórios imparciais, uma vez que não é realizada pelos mesmos membros que conceberam o projeto viário (NODARI, 2003; NODARI; LINDAU, 2001).

As ASVs são classificadas como uma técnica para tratar a segurança viária de forma pró-ativa, uma vez que seu objetivo principal é identificar os fatores de risco ou deficiências do projeto viário ou da via em operação antes que acidentes venham a ocorrer (HOUGHTON, 2007; NODARI, 2003; NODARI; LINDAU, 2001; WARD, 2006). Essa identificação é importante para a proposição de soluções que objetivem evitar os acidentes ou mitigar as suas conseqüências. Assim, pode-se afirmar que as auditorias apresentam tanto um caráter de detecção como de prevenção (CUCCI NETO, 1996).

As auditorias podem ser conduzidas em várias etapas de planejamento e execução da via, que incluem as etapas de viabilização do projeto, do anteprojeto, do projeto definitivo, do período construtivo e da operação e manutenção (AUSTROADS, 1994). Entretanto, Morgan (2005) exalta o valor das auditorias durante as etapas de concepção da via, pois é durante elas que as mudanças podem apresentar uma maior eficiência e relação custo-benefício.

Embora a maior parte dos estudos de ASV apresente procedimentos para realizar avaliações em vias em operação, alguns autores consideram que as ASV são destinadas apenas a melhorar a segurança viária antes de a via ser aberta ou reaberta ao tráfego. Quando

auditorias são realizadas em vias existentes sem que haja alguma mudança planejada, elas podem receber o nome de Inspeção de Segurança Viária (ISV) (*Road Safety Inspection – RSI*) ou Revisão de Auditoria de Segurança Viária (RASV) (*Road Safety Audit Review – RSAR*) (ELVIK, 2006; MATENA et al., 2005).

Elvik (2006) define a ISV como uma avaliação sistemática do padrão de segurança da via existente, principalmente em relação aos perigos da sinalização do trânsito, fatores de risco ambientais, características e condições do pavimento da via. Contudo, esse autor afirma que os procedimentos utilizados nas inspeções são bastante similares aos procedimentos utilizados nas ASVs. Assim, nesse trabalho não será feita distinção entre as auditorias e inspeções (ou revisão de auditoria), sendo utilizado o termo Auditoria de Segurança Viária para as avaliações realizadas tanto nas etapas de projeto como de operação da via.

Os procedimentos utilizados para realização de ASV estão normalmente explicitados em guias ou manuais. Tradicionalmente, as auditorias se baseiam no uso de *checklists* e na experiência e conhecimento dos especialistas (NODARI, 2003; NODARI; LINDAU, 2001). A utilização dos *checklists* auxilia os auditores na identificação dos problemas de segurança. Apesar de sua importância, a utilização dessas ferramentas pode levar a um processo de apenas verificar os itens contidos nessas listas, o que pode limitar as avaliações realizadas, comprometendo os resultados da auditoria (MORGAN, 2005).

Mais recentemente, alguns programas computacionais estão sendo desenvolvidos para substituir a contratação de um grupo de auditores (HOUGHTON, 2007). Nos EUA, por exemplo, foi desenvolvido o Modelo Interativo de Projetos de Rodovias (*Interactive Highway Safety Design Model*). A vantagem desse programa é a utilização de dados estatísticos de acidentes e de modelos de previsão de acidentes na análise da segurança, porém, algumas limitações são destacadas: restrição do tipo de rodovia em que podem ser aplicados e não consideração da severidade dos acidentes (HOUGHTON, 2007). Além disso, essa ferramenta não aponta questões relativas à insegurança que não estejam incorporadas no modelo. Esta seria uma exigência das ASV, uma vez que estas devem ser pró-ativas e não reativas, sendo preciso que sejam consideradas tanto questões relativas ao padrão de ocorrência de acidentes, como também aquelas referentes aos riscos potenciais que não possuem uma relação direta com a causa principal dos acidentes (FHWA, 2006).

O produto final das auditorias é um relatório, cuja natureza é mais qualitativa do que quantitativa. Esse relatório inclui a lista dos problemas identificados e as análises relativas ao risco potencial de acidentes (FHWA, 2006). É também comum que os auditores proponham soluções para os problemas de insegurança identificados, embora seja questionada a adequabilidade das propostas e a aceitação das sugestões por parte da equipe dos projetos (NODARI, 2003). Cucci Neto (1996) ainda alerta sobre a importância de se monitorar a segurança nas vias auditadas através de dados de acidentes, de forma a manter um processo contínuo no processo de gerenciamento da segurança.

Através de uma retrospectiva histórica, verifica-se que a idéia das auditorias de segurança surgiu no início do século XIX, quando engenheiros do exército britânico foram incumbidos da investigação de freqüentes ocorrências de acidentes nas ferrovias. Com base nos resultados das avaliações desses engenheiros, foram instituídas recomendações para prevenção de acidentes, e determinado que antes de iniciar a operação de qualquer linha ferroviária, seriam realizadas inspeções de segurança (PROCTOR et al., 2001 apud MATENA et al., 2005)<sup>4</sup>. Porém, apenas na década de 80, as atuais técnicas de ASV foram estabelecidas por engenheiros britânicos (MATENA et al., 2005). Desde então, esses procedimentos têm sido aprimorados e adaptados à realidade de diversos países. No Brasil, as técnicas de ASV vêm sendo aplicadas desde os meados da década de 90 (BORNSZTEIN; PIETRANTONIO, 2006).

Apesar de as auditorias já terem sido amplamente difundidas no gerenciamento da segurança viária, a utilização dessas técnicas na avaliação exclusiva da segurança dos pedestres ainda é incipiente. Normalmente, as ASV consideram a perspectiva de todos os usuários do sistema de transportes, que incluem os pedestres (CAIRNEY, 1999; FHWA, 2006). Porém, os *checklists* e procedimentos utilizados não apresentam um foco mais específico nesses usuários. Por isso, a literatura indica que os processos de ASV no gerenciamento da segurança dos pedestres precisam ser adaptados para atender às necessidades e características desses usuários.

Como o comportamento do pedestre no trânsito é moldado por diversos fatores, que incluem questões relativas à conveniência, mobilidade e segurança pessoal, alguns autores defendem que essas questões precisam ser incorporadas nos processos de auditoria (DAFF;

---

<sup>4</sup> PROCTOR, S.; BELCHER, M.; COOK, P. **Practical road safety auditing**. London: Thomas Telford, 2001.

CRAMPHORNE, 1995 apud CAIRNEY, 1999)<sup>5</sup>. Além disso, é essencial que os auditores observem se a via é atrativa para a caminhada, pois o projeto de uma via deve prover mobilidade para todos os usuários, não priorizando o uso dos automóveis em detrimento dos pedestres. Dentro dessa perspectiva, esforços estão sendo gerados para criar *checklists* e procedimentos para analisar as instalações e vias destinadas aos pedestres.

O governo de Queensland na Austrália criou um guia para identificar os problemas das instalações destinadas aos pedestres. Esse guia contém um *checklist* que permite ao auditor avaliar a acessibilidade e segurança do meio ambiente viário (QUEENSLAND, 2006). Mais recentemente, o *Federal Highway Administration*, nos EUA, está desenvolvendo um manual para guiar as ASV dos pedestres, *Pedestrian Road Safety Audit Guidelines*, juntamente com *checklists* para auxiliar as auditorias, *Pedestrian Road Safety Audit Prompt List*. A publicação desse manual está prevista para o ano de 2007 (WARD, 2006). Conforme Ward (2006), esse irá contemplar tanto uma avaliação das necessidades dos pedestres, como das interações entre os usuários e o sistema de transportes. Por exemplo, irá observar se em uma travessia o condutor possui visibilidade suficiente para detectar um pedestre que está tentando atravessar a via ou se o raio de curvatura da esquina estimula os condutores a executarem manobras de conversão sem diminuir a velocidade.

No Brasil, a utilização de técnicas de auditoria para avaliar a segurança dos pedestres é aconselhada (CUCCI NETO, 1996). Embora até o momento não existam manuais em desenvolvimento para esse fim, essas técnicas já estão sendo utilizadas. Em Belo Horizonte, auditorias foram conduzidas para avaliar as características do ambiente viário nas interseções semaforizadas da área central. Entre as características analisadas, encontram-se a qualidade e o tempo da travessia, a sinalização horizontal e vertical, a iluminação, a visibilidade dos usuários e as condições do passeio (MEIRELLES; PEREIRA, 2003).

É importante observar que os processos e natureza das auditorias de segurança dos pedestres são bastante semelhantes aos utilizados para avaliar o nível de serviço das instalações destinadas aos pedestres (CAIRNEY, 1999) ou dos estudos de *walkability* cuja finalidade é avaliar o quão o ambiente construído é favorável a caminhadas (ABLEY, 2005).

---

<sup>5</sup> DAFF, M. AND CRAMPHORN, B. Pedestrian audit: a process to raise the consciousness of designers. In: AUSTRALIAN PEDESTRIAN AND BICYCLIST SAFETY AND TRAVEL WORKSHOP, 1994, Melbourne. **Anais...** Melbourne: ARRB Transport Research Vermont South, 1995. p. 223-230.

Essas duas metodologias buscam criar um conjunto de indicadores qualitativos e quantitativos para avaliar a mobilidade, conforto e segurança dos pedestres. Geralmente são criados índices com base nesses indicadores para identificar os locais com maiores problemas (DIXON, 1996; FERREIRA; SANCHES, 2001; KHISTY, 1994; KRAMBECK; SHAH, 2006; MATLICK; MILTON, 1998).

Por exemplo, o *Washington State Department of Transportation* desenvolveu um conjunto de processos para identificar de forma sistemática as deficiências das vias em operação, o “*Pedestrian Risk Project Identification*”, embora também seja possível avaliar os projetos de via. A elaboração do método envolveu a participação de especialistas em segurança viária e planejadores urbanos. O método de priorização de locais propensos a ocorrência de atropelamento incluiu a criação de três grupos de indicadores qualitativos: (i) indicadores referentes à presença de pedestres; (ii) indicadores relacionados a ausência de instalações para os pedestres; e (iii) indicadores do nível de periculosidade. Cada indicador recebe uma pontuação pré-definida, e então, é criado um índice representado pela soma da pontuação. As áreas mais inseguras são aquelas onde os índices apresentaram valores mais elevados (MATLICK; MILTON, 1998).

Embora os estudos de nível de serviço e de *walkability* sejam importantes para a análise do meio ambiente viário e de sua interação com os pedestres, esses não serão detalhados nesse trabalho, por apresentarem uma visão mais abrangente do que a identificação e quantificação dos fatores de risco.

### **2.6.5 Estudo da percepção de risco**

A percepção de risco refere-se à avaliação subjetiva da probabilidade de ocorrer um evento indesejado ou do nível de preocupação atribuído a suas conseqüências (SJÖBERG et al., 2004). Ela busca analisar a forma como um indivíduo entende e experimenta um determinado fenômeno (OLTEDAL et al., 2004). É através dessa percepção que as pessoas baseiam seus processos decisórios e ajustam seus comportamentos (LERNER et al., 1998; SCHNEIDER et al., 2004; SJÖBERG, 2000; SJÖBERG et al., 2004; SOLVIC, 1992; SOLVIC et al., 2000; WILDE, 1994, 2001). Quando uma pessoa é capaz de distinguir as

situações que podem levá-la a conseqüências adversas ou não desejáveis, ela se sente motivada a realizar ações para evitá-las (LAM, 2005).

Assim, pode-se afirmar que através da análise da percepção é possível entender como as pessoas estabelecem as prioridades para suas vidas em função de certo nível de risco e, determinar quais são as suas preocupações acerca dos fatores que influenciam seus processos decisórios (RENN, 1998; 2001). Essa idéia é ressaltada por Weinstein (1999, p.19) ao afirmar que “avaliar o entendimento de alguém sobre um perigo à saúde é estudar uma constelação de crenças que são relevantes para as decisões e comportamentos relativos àquele perigo”.

As pesquisas sobre a percepção de risco iniciaram nos anos 60, concomitantemente com o debate sobre o uso da energia nuclear (SJÖBERG, 2000). Desde então, os seus princípios e técnicas vêm sendo aplicados nas mais diversas áreas do conhecimento. No setor de transportes, mais especificamente da segurança viária, a importância dessas pesquisas está aumentando, principalmente nos estudos que visam entender como os usuários modelam seu comportamento em relação ao risco percebido e identificar os fatores relacionados à ocorrência de acidentes e os locais propensos à incidência desses eventos. Estudos também buscam investigar como as pessoas avaliam os riscos relativos a diferentes modais dos transportes, com o objetivo de verificar se elas estabelecem escolhas racionais em relação à segurança (ELVIK; BJØRNSKAU, 2005).

Os resultados dos estudos de percepção de risco contribuem para o desenvolvimento de medidas de segurança condizentes com as necessidades e comportamento dos usuários do sistema de transportes, tornando-as mais eficientes na redução do número de acidentes viários (OLTEDAL et al., 2004). Por exemplo, ao identificar as falhas na percepção dos usuários, é possível criar programas para alertar e educar as pessoas acerca da sua vulnerabilidade em relação aos perigos do trânsito, e, assim, elas se tornam mais aptas a tomarem as precauções necessárias para evitar os acidentes (WILL; GELLER, 2004). Outra vantagem do desenvolvimento desses estudos está associada ao fato de incentivar a sociedade a participar dos processos de análise e melhoria da segurança viária (SCHNEIDER et al., 2001; 2004).

As críticas da introdução dos estudos de percepção no gerenciamento da segurança viária recaem no fato de alguns autores alertarem que os usuários do sistema de transportes não são capazes de avaliar o risco real, uma vez que as pessoas podem subestimar ou superestimar os perigos existentes (SJÖBERG et al., 2004). Porém, os resultados de pesquisas

contestam essas críticas. Um estudo conduzido na Noruega identificou correlação positiva entre a insegurança percebida dos sistemas de transportes e a estimada estatisticamente (ELVIK; BJØRNSKAU, 2005). Em Israel, observou-se que os usuários jovens (menores de 25 anos) e adultos mais idosos (maiores de 59 anos) avaliam adequadamente os riscos relativos à sua faixa etária, porém julgam distorcidamente os riscos dos grupos de usuários pertencentes a outras faixas etárias. Isto pode indicar que os usuários não realizam ações para minimizar a probabilidade de ocorrência de acidentes envolvendo grupos de usuários mais vulneráveis por não o identificarem (RAFAELY et al., 2006).

Muitos estudos de avaliação de risco de atropelamento buscam, através de técnicas de percepção, avaliar a segurança do pedestre. Isto ocorre porque nem sempre é possível identificar os locais e os fatores relacionados à insegurança do pedestre por dados estatísticos, uma vez que os atropelamentos são eventos estocásticos e raros. Além disso, essas técnicas permitem um melhor entendimento do comportamento de pedestre e sua interação com o sistema de transportes (HINE, 1996).

Defende-se que as pesquisas de percepção podem revelar locais com alto potencial de ocorrência de futuros atropelamentos, embora até então não tenham ocorridos esses eventos. Da mesma forma, é possível identificar situações não percebidas como arriscadas pelos pedestres e condutores, apesar de ter sido observada alta incidência de atropelamentos na área, o que pode guiar o desenvolvimento de medidas de educação para alertar sobre os perigos existentes. Outra vantagem é a determinação dos padrões de percepção das pessoas pertencentes a diferentes grupos sócio-demográficos, permitindo uma melhor adaptação das medidas mitigadoras a cada grupo alvo (SCHNEIDER et al., 2001; 2004).

Schneider et al. (2001) utilizaram mapas para investigar a percepção de risco dos pedestres e motoristas na área do Campus da Universidade do Norte da Carolina, nos EUA. Os participantes eram instruídos a examinar o mapa da região em estudo e apontar três locais na malha viária que eles consideravam perigosas para os pedestres. Esses dados foram então comparados aos *clusters* de atropelamentos ocorridos na região, identificados através da utilização da ferramenta SIG. Através dessa comparação, pode-se concluir que os usuários só perceberam como arriscados dois dos quatro locais com maior incidência de atropelamentos. Porém, eles apontaram dois locais propensos à ocorrência de atropelamentos, não indicados através da análise das estatísticas.



Entretanto, Schneider et al. (2001) apontam algumas limitações da utilização da técnica utilizada em seu estudo para a avaliação da percepção do risco: (i) a falta de familiaridade com a leitura de mapas ou com a região de estudo pode inculcar erros nos resultados; (ii) os atropelamentos podem ter ocorrido em diferentes contextos do percebido na hora das entrevistas de percepção de risco; (iii) há possibilidade de erros tanto nos dados oficiais de atropelamentos como nos locais percebidos como locais de risco potencial. Alguns locais inseguros podem não registrar a ocorrência de atropelamentos e nem serem percebidos como perigosos pelos usuários.

No Brasil, os estudos de percepção de risco já guiam as análises de segurança viária e a proposição de medidas mitigadoras de acidentes. Uma pesquisa realizada em escolas do Rio de Janeiro identificou a percepção de alunos de escolas particulares e públicas sobre o comportamento arriscado dos condutores e dos pedestres. Observou-se que os pedestres de escolas particulares e/ou os pais que tinham uma maior escolaridade apresentavam visões mais críticas acerca desses comportamentos (FARIA, 2002; FARIA; BRAGA, 2003). Através desse estudo, Faria (2002) buscou fornecer subsídios para a criação e melhoria de programas de educação para o trânsito.

Reinhold e Goldner (2006) identificaram os pontos críticos de atropelamentos na região central da cidade de Blumenau utilizando dados estatísticos e a ferramentas SIG e analisaram a necessidade de implementação de faixas de segurança através de análises de percepção de risco e de técnica de conflitos de tráfego francesa. Os autores afirmaram que é possível antecipar os pontos considerados críticos sem a necessidade de se analisar os dados estatísticos de atropelamentos, concluindo que a percepção dos pedestres está associada ao risco real dos acidentes.

Para planejar os estudos de percepção de risco, é necessário ter em mente que as pessoas avaliam diferentemente os perigos e isto afeta como elas reagem em relação ao gerenciamento do risco. Essas diferenças podem ser resultantes de aspectos culturais e sociais (HAMPEL, 2006; LAM, 2005; RENN, 1998). Por exemplo, estudos apontam as mulheres como mais adversas ao perigo, atribuindo maiores valores ao risco do que os homens (BRENOT et al., 1998).

É importante ressaltar que as pessoas não fazem a mesma estimativa quando classificam os perigos para si, para a sua família ou para as outras pessoas, considerando que

o risco de uma mesma atividade é menor para si própria (OLTEDAL et al., 2004; SJÖBERG, 2000; SJÖBERG et al., 2004; WEINSTEIN, 1999). Isto está relacionado ao senso de controle da situação, onde as pessoas acreditam estarem menos vulneráveis ao perigo quando se engajam em um risco voluntário (SJÖBERG et al., 2004). Além disso, as pessoas tendem a acreditar em mitos que os ajudam a julgarem que não estão sujeitas a se envolverem em acidentes (WEINSTEIN, 1999).

Outros fatores são apontados como influentes na percepção de risco, como, por exemplo, a magnitude do acidente. As catástrofes, que envolvem um maior número de vítimas, sempre são mais temidas pelas pessoas, enquanto que os acidentes mais frequentes e que envolvem um pequeno número de indivíduos têm a probabilidade de ocorrência subestimada (HAMPEL, 2006; RENN, 1998).

Com relação ao senso de segurança e conforto do pedestre, Landis et al. (2001) afirmam que há um consenso sobre os fatores que permeiam a avaliação desses usuários: (i) a segurança pessoal referente ao trânsito; (ii) a segurança pessoal em relação aos crimes; (iii) o interesse pela arquitetura (ambiente viário); (iv) as características do passeio ou calçada e da iluminação; (v) a presença de outros pedestres; e (vii) as condições das interseções e travessias. No que se refere à avaliação de travessias semaforizadas, a opinião do pedestre é influenciada pelo conforto, segurança e tempo de espera para realizar uma travessia (PETRITSCH et al., 2005).

Diferentes métodos podem ser utilizados para avaliar a percepção dos usuários do sistema de transporte acerca da segurança dos pedestres, sendo sua escolha dependente do propósito do estudo e dos recursos disponíveis. Joshi et al. (2001) solicitaram que os usuários escrevessem diários de suas viagens relatando as situações e fatores de risco. Outros métodos para avaliar travessias foram citadas por Landis et al. (2005):

- a) pesquisa de campo em tempo real (*Staged real-time field event*): solicita-se que os participantes do estudo realizem um roteiro de viagem, e atribuam notas às travessias realizadas imediatamente após atravessar a via;
- b) avaliação contingente: solicita-se que os participantes do estudo dirijam-se aos pontos de travessias, as observem e atribuam uma nota a cada uma delas sem atravessar a via;

- c) pesquisas de interceptação: os pedestres são parados no local (*in loco*) depois de terem atravessado uma via, e, então, solicita-se que esses atribuam uma nota à travessia;
- d) simulação: os participantes do estudo assistem a vídeos do ambiente dos pedestres e são solicitados a identificar as situações de risco ou a atribuírem notas às travessias;
- e) grupos focados: os participantes são entrevistados em grupo acerca dos aspectos que influenciam as suas percepções e podem ser solicitados a atribuírem notas a várias travessias.

As pesquisas de percepção de risco indicam que as pessoas possuem uma forma própria de lidar com o risco que nem sempre é condizente com a forma que os cientistas avaliam o risco, mas que também não pode ser considerada menos racional (HAMPEL, 2006). Porém é importante salientar que essas pesquisas não podem substituir as avaliações científicas sobre a natureza e a probabilidade das conseqüências e ações humanas. Esses dois tipos de pesquisa devem ser utilizados em conjunto (RENN, 1998, 2001).

## 2.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para avaliar o nível de segurança do pedestre no sistema de transportes viário é preciso entender suas características e necessidades: (i) por que e onde os pedestres andam; (ii) os tipos de desenho da via que criam um ambiente mais seguro para o pedestre; (iii) o padrão de comportamento dos pedestres; (iv) o entendimento de grupos com diferentes características, tais como crianças, idosos e pessoas com restrições de mobilidade (ZEGEER et al., 2006b).

Porém, essa é uma tarefa difícil, devido à heterogeneidade dos grupos de pedestres e a flexibilidade de seus movimentos. O percurso entre pontos específicos de origem e destino pode ser realizado através de diversas rotas, com diferentes opções de travessias. A escolha entre onde atravessar e que rota seguir é variável para cada indivíduo e pode ser vista como um processo de *trade-off* entre a percepção de risco do pedestre, sua pressa de atingir o destino e seu desejo de conforto e conveniência (LASSARRE et al., 2007).

Apesar das dificuldades, a literatura aponta diversas metodologias para avaliar o risco de atropelamento, e essas podem ser fundamentadas em dados estatísticos referentes aos atropelamentos ocorridos, aos conflitos e comportamentos observados, ou em análises subjetivas sobre as percepções de risco. Cada metodologia apresenta peculiaridades que precisam ser consideradas na análise da segurança. Porém, elas não são mutuamente exclusivas e podem ser combinadas para melhor entender o “fenômeno” atropelamento. A escolha por uma determinada metodologia ou um conjunto delas depende principalmente do propósito do estudo e dos recursos disponíveis.

Ao realizar uma avaliação de risco, deve-se atentar para os problemas que podem ser gerados pelas definições e princípios adotados. Isto ocorre, porque essas avaliações envolvem várias suposições, já que o risco real não pode ser conhecido sem que todo o processo que o gera seja finalizado. Se o pesquisador entende as limitações dos dados manipulados, ele poderá inferir com maior precisão sobre os resultados dos estudos.

### 3 ATROPELAMENTOS EM ÁREAS URBANAS

Para avaliar o risco de atropelamento é necessário identificar os fatores relacionados à probabilidade de ocorrência desse evento. A literatura nacional e internacional apresenta diversos estudos que se propõem a determinar esses fatores, buscando entender quando, como, onde e por que as colisões entre os pedestres e os veículos acontecem. Esses estudos utilizam pelo menos uma das metodologias de avaliação da segurança viária apresentadas no capítulo 2.

Para melhor detalhamento desses estudos, eles foram classificados em quatro categorias: (i) estudos epidemiológicos; (ii) estudos de comportamento humano; (iii) estudos de pesquisa qualitativa; e (iv) estudos de previsão de atropelamentos. Esse capítulo revisa as particularidades desses estudos, com o objetivo de determinar os principais fatores associados ao risco de atropelamento em travessias urbanas.

#### 3.1 ESTUDOS EPIDEMIOLÓGICOS

Os estudos epidemiológicos são aqueles que analisam os dados dos atropelamentos já ocorridos e, através desses, traçam o perfil das colisões, examinando quando e onde elas aconteceram e quais foram os atores e tipos de veículos envolvidos. Ainda, é possível verificar as mudanças nos padrões dos atropelamentos ao longo do tempo (TOBEY et al., 1983). Esses estudos são os mais comumente encontrados na literatura, devido à maior facilidade de estabelecer relações diretas entre os fatores de risco e o atropelamento.

A maior crítica aos estudos epidemiológicos recai sobre o fato de a análise dos dados dos acidentes só fornecer uma imagem global da situação pretérita da segurança, o que irá guiar apenas o desenvolvimento de medidas reativas. Destaca-se que esses dados nem sempre são suficientemente detalhados para analisar a seqüência de eventos que levaram à ocorrência do acidente (CUI; NAMBISAN, 2003; OECD, 1998).

Além disso, uma baixa incidência de atropelamentos em uma determinada área não estabelece que esse local seja mais seguro para os pedestres, conforme discutido no Capítulo 2. Martin (2007) reforça essa idéia ao afirmar que as más condições de luminosidade e clima estão teoricamente relacionadas à maior insegurança, embora as estatísticas indiquem uma menor incidência de atropelamentos durante tais condições. Isto ocorre porque existe uma tendência de as pessoas optarem, quando possível, a não caminhar durante a noite ou em climas desfavoráveis, tais como chuva. Por esse motivo, é comum que as análises dos estudos epidemiológicos se fundamentem em taxas de atropelamentos, com o objetivo de minimizar o efeito da influência da exposição ao tráfego.

Apesar das críticas, os estudos epidemiológicos são considerados fundamentais. É através deles que são determinados os fatores de risco de padrões já observados, estando vinculados ao risco real do passado. Entre esses fatores destacam-se aqueles relativos aos atributos dos usuários e do meio ambiente viário. Poucos estudos retratam o tipo e as características dos veículos envolvidos nesse tipo de colisão.

### **3.1.1 Pedestres envolvidos nos atropelamentos**

Nem todos os pedestres apresentam a mesma probabilidade de se envolver em colisões, pois cada indivíduo possui características únicas que o distingue de qualquer outra pessoa. Porém, ao analisar as estatísticas dos acidentes, alguns grupos de risco são identificados. Os homens são as vítimas mais freqüentes nos atropelamentos, sejam eles fatais ou não. No referente à faixa etária, as crianças e os idosos são apontados como os mais vulneráveis, estando propensos a se configurarem como vítimas fatais nas colisões com pedestres (AL-MADANI; AL-JANAHI, 2006; CAMPBELL et al., 2004; GÅRDER, 2004; HOLUBOWYCZ, 1994; JENSEN, 1998; MARTINEZ; PORTER, 2004; ÖSTRÖM; ERIKSSON, 2001; SOUZA et al., 2006; VELLOSO, 2006).

Ressalta-se que um maior número de atropelamentos não caracteriza obrigatoriamente um grupo de risco, pois é esperado que os grupos mais expostos ao tráfego tenham um maior número de envolvidos em atropelamentos. Por exemplo, uma análise dos dados dos EUA revelou que o maior número de atropelamentos com vítimas fatais acometeram os pedestres

da faixa etária entre 25 e 44 anos. Porém, os idosos (com idade superior a 75 anos) apresentaram maior taxa de atropelamentos por unidade de população. As taxas de mortes e lesões por unidade da população também foram elevadas para os pedestres crianças e adultos jovens (idade entre 2 e 22 anos) (CAMPBELL et al., 2004).

Diversos estudos apontam que o consumo de bebidas alcoólicas pelos pedestres aumenta a sua propensão de envolvimento em atropelamentos fatais (BURNIER, 2005; HOLUBOWYCZ, 1994; JENSEN, 1998; MARTINEZ; PORTER, 2004; VELLOSO, 2006). Conforme Campbell et al. (2004), esse consumo está associado tanto a uma maior severidade como frequência de atropelamentos, principalmente para o tipo de atropelamento onde o pedestre está caminhando na via de circulação dos veículos (fora da calçada). Uma pesquisa realizada com dados sobre as vítimas atropeladas e autopsiadas em um hospital de Umeå, na Suécia, constatou índice de alcoolemia positivo em 20% dos pedestres. Entre esses, observou-se um maior percentual de pedestres do sexo masculino e jovens (15-24 anos) (ÖSTRÖM; ERIKSSON, 2001).

A atividade desenvolvida pelos pedestres é outro fator associado ao risco de atropelamento. Em um estudo com dados da França, Fointaine (1995) identificou quatro grupos de risco: (i) pedestres do sexo feminino com idade igual ou maior do que 65 anos atravessando a via em áreas urbanas; (ii) crianças em áreas urbanas correndo ou brincando; (iii) pedestres caminhando à noite em rodovias nos acostamentos, com índice de alcoolemia maior do que 0,8g/l; (iv) pedestres na via durante a troca de modalidade de transporte (ex.: saindo dos veículos ou ônibus). Em outro estudo, as crianças entre 5 e 8 anos ao atravessar vias em pontos próximos a veículos estacionados foram apontadas como um grupo de risco (JENSEN, 1998). A OECD (1998) ainda alerta que uma parcela significativa dos atropelamentos está relacionada à mudança de modal dos transportes, na qual os pedestres saíram do automóvel ou de um ônibus.

Outros fatores de risco apontados na literatura são as questões sócio-econômicas e de etnia (KRAUS et al., 1996; OGDEN, 1997). Em vários países, evidenciou-se que os pedestres atropelados são predominantemente de classes econômicas desfavorecidas, estando os desempregados mais propensos a serem atropelados (OECD, 1998).

Em um hospital de Belo Horizonte, no Brasil, uma pesquisa foi realizada com 100 pacientes vítimas de atropelamentos. Ao entrevistar os acidentados, concluiu-se que 76%

deles não tinham noções básicas sobre as normas de trânsito e que a maioria pertencia a classes sociais mais desfavorecidas. No que se refere ao nível de escolaridade, apenas um dos entrevistados tinha curso superior, 8% o ensino fundamental, 47% o ensino médio, 27% a educação infantil e 17% eram analfabetos (FAGUNDES-PEREIRA et al., 1999). O baixo nível de escolaridade também se apresentou como fator de risco em outros países em desenvolvimento (AL-MADANI; AL-JANAHI, 2006).

A nacionalidade dos pedestres foi investigada em estudos conduzidos no Reino de Barém e na Austrália, indicando que os estrangeiros, principalmente aqueles que não tinham domínio sobre a língua do país em estudo, representavam um grupo de risco de atropelamento (AL-MADANI; AL-JANAHI, 2006; DOBSON et al., 2004).

### **3.1.2 Condutores envolvidos em atropelamentos**

Na literatura, foram encontrados poucos estudos epidemiológicos que relacionassem as características dos condutores e a ocorrência de atropelamentos. Uma possível explicação é a não existência de dados suficientes e confiáveis sobre os condutores envolvidos nos atropelamentos.

Quanto ao sexo dos condutores, os homens mais uma vez são apontados como os que mais se envolvem em atropelamentos (GÅRDER, 2004). Através da análise dos dados dos atropelamentos ocorridos em rodovias inseridas em áreas urbanas de Brasília, Velloso (2006) concluiu que 70,8% dos condutores eram do sexo masculino. Porém, a autora adverte que parte desse resultado pode ser explicada pela distribuição proporcional por sexo dos condutores habilitados na população, onde mais da metade são homens. Nesse mesmo estudo, foi observado que os condutores entre 20 e 39 anos estão vinculados a 60% dos atropelamentos.

O uso de substâncias tóxicas pelos condutores exerce influência na segurança dos pedestres (MARTINEZ; PORTER, 2004; VELLOSO, 2006). Um estudo sueco concluiu que a maioria dos condutores envolvidos em atropelamentos fatais era jovem e do sexo masculino. Ainda, que 10% desses condutores apresentaram presença de álcool no sangue. Entretanto, acredita-se que esse percentual seja maior. Foi observado que o teste de alcoolemia não foi



realizado em todos os condutores, e a maioria dos que se submeteram ao teste obtiveram resultados positivos. Isto pode indicar que, na maior parte dos casos, os testes só foram realizados onde foi possível notar que o condutor estava embriagado (ÖSTRÖM; ERIKSSON, 2001).

### **3.1.3 Locais de risco de atropelamento**

A literatura consultada é unânime ao afirmar que a maior parte dos atropelamentos ocorre em áreas urbanas, relatando um percentual que varia entre 70 e 85% (CAMPBELL et al., 2004; JENSEN, 1998; MARTINEZ; PORTER, 2004; OECD, 1998; PETCH; HENSON, 2000; SANDT; ZEGEER, 2006). Apesar disso, observa-se uma maior proporção de fatalidades com pedestres de áreas rurais, apontando uma maior severidade desse tipo de acidente nessas áreas (CAMPBELL et al., 2004; OECD, 1998). Nas áreas urbanas os atropelamentos são mais comuns durante a travessia da via (CAMPBELL et al., 2004; JENSEN, 1998; LASSARRE et al., 2007). No referente ao espaço da travessia, os pedestres mais idosos tendem a ser atingidos por um veículo a partir do meio da travessia e as crianças no início desta (OECD, 1998). Já nas áreas rurais, a maior incidência de atropelamentos acontece com pedestres caminhando ao longo da via ou nos acostamentos (CAMPBELL et al., 2004; IVAN et al., 2000; OECD, 1998).

Através da revisão teórica foi possível caracterizar as travessias urbanas e os segmentos de vias nos quais elas se inserem onde ocorre o maior número de atropelamentos, conforme apresentado na Figura 12. Entretanto, as características exaltadas nessa tabela nem sempre representam um fator de risco, pois os estudos não levaram em consideração fatores de exposição ao tráfego. Por exemplo, é sabido que travessias alocadas logo após uma curva reduzem a conspicuidade, sendo, portanto, um fator de risco. Ainda, conforme Zegeer et al. (2006b), vias locais com várias curvas acarretam vários problemas para os pedestres: (i) aumentam as distâncias para os destinos desejados; (ii) aumentam o tempo de exposição ao risco; e (iii) desencorajam viagens a pé. Apesar disso, não é comprovado um maior número de atropelamentos nesses locais.

<b>Características</b>	
<b>Segmentos de Vias</b>	<p>Retas, sem presença de curva (GÅRDER, 2004);</p> <p>Pista derrapante (VELLOSO, 2006);</p> <p>Inseridas em áreas com uso do solo residencial e/ou comercial (BURNIER, 2005; CAMPBELL et al., 2004);</p> <p>Inseridas em áreas com baixo percentual de pessoas que optam pelo modal a pé para viagens pendulares (BURNIER, 2005);</p> <p>Inseridas em áreas com pouca densidade de estacionamentos (BURNIER, 2005);</p> <p>Inseridas em áreas de baixa e média renda (BURNIER, 2005);</p> <p>Com limite de velocidade baixo ou moderado (CAMPBELL et al., 2004), porém, é nas vias com limites de velocidade elevados onde ocorrem o maior número de atropelamentos fatais (GÅRDER, 2004; JENSEN, 1998).</p>
<b>Travessias</b>	<p>Não semaforizadas (BURNIER, 2005; CAMPBELL et al., 2004; GÅRDER, 2004; SANDT; ZEGEER, 2006);</p> <p>Com problemas ou ausência de sinalização vertical ou horizontal (CAMPBELL et al., 2004; GÅRDER, 2004; VELLOSO, 2006).</p>

**Figura 12 - Vias e travessias com alta incidência de atropelamentos**

As localizações com maior frequência de atropelamentos divergem de acordo com as características dos pedestres, o tipo de atropelamento e as características do meio ambiente viário. Por exemplo, foi observado que nos EUA os homens tendem a ser atropelados com maior frequência em travessias em meio de quadra (SANDT; ZEGEER, 2006). Campbell et al. (2004) determinaram que 75% de todos os atropelamentos foram em travessias não semaforizadas, 17% nas travessias semaforizadas e 7% onde não existia sinalização com a placa “Pare”. Porém, esses percentuais foram variáveis para cada tipo de atropelamento. Por exemplo, 63% dos atropelamentos que envolveram conversões de veículos à direita ou à esquerda nas interseções aconteceram em locais com controle semafórico. Além disso, os autores inferiram que a idade do pedestre está correlacionada ao local do atropelamento: 75% dos atropelamentos envolvendo crianças aconteceram fora da área das interseções, já os idosos foram mais frequentemente atropelados nas interseções.

Alguns autores traçam o perfil dos atropelamentos incidentes em tipos específicos de travessias. Cui e Nambisan (2003) investigaram esse perfil em travessias em meio de quadra, sem faixa de travessias ou passarelas, inseridas na área metropolitana de Las Vegas. A análise da distribuição espacial dos dados demonstrou que 12% dos atropelamentos se localizaram a exatos 45,72 metros (150 pés) de distância de uma interseção. A maioria se concentrou em pontos cuja distância à interseção mais próxima variou de 15,24 a 60,96 metros (50 a 200

pés). Para avaliar às características dos indivíduos foram realizados testes de hipóteses com a estatística z. Conforme já apresentados em outros estudos, os pedestres do sexo masculino e as crianças se configuraram como grupos de risco em travessias em meio de quadra, porém os idosos não. O consumo de álcool também esteve vinculado a uma maior incidência de colisões com pedestres, principalmente durante o período noturno.

Um estudo sueco comparou o nível de segurança de interseções com e sem faixa de travessia utilizando taxas de atropelamentos por volume de pedestres, concluindo que essas taxas são maiores quando existe marcação de faixa e o fluxo veicular é superior a 100 veículos por hora. Esse resultado também foi observado quando os autores avaliaram essas travessias através da técnica de conflitos de tráfego. Porém, concluíram que a presença de canteiro central ou ilhas de refúgio aumentam a segurança do pedestre (EKMAN; HYDEN, 1999).

É importante notar que, apesar de haver uma maior probabilidade de ocorrência de atropelamentos na área da via de circulação de veículos, esses podem incidir em outros locais. Stutts et al. (1996) avaliaram os tipos de atropelamentos ocorridos nos EUA e verificaram que cerca de 9% dos pedestres foram atingidos por um veículo quando não estavam na via, incluindo áreas de estacionamento, entradas para garagem das edificações, e calçadas. Dentre esses, foram nos estacionamentos que aconteceu quase metade dos acidentes com pedestres.

No que tange às características do entorno da via, a presença de paradas e/ou corredores de ônibus são consideradas um fator de risco. Áreas com alta acessibilidade ao transporte coletivo apresentam maior incidência de atropelamentos (BURNIER, 2005). Campbell et al. (2004) relataram que dois por cento de todos os atropelamentos nas áreas urbanas dos EUA podem ser classificados como “atropelamentos em paradas de ônibus”. O quadro típico é representado por um pedestre atravessando em frente ao ônibus e sendo atropelado por outro veículo. Isto ocorre porque veículos de grande porte diminuem a visibilidade dos condutores e pedestres.

Cardoso e Goldner (2004) alertam que vias com corredores de ônibus tendem a apresentar atropelamentos mais severos. Os autores discorreram que, nas vias com corredores exclusivos de ônibus da cidade de Porto Alegre, os atropelamentos são responsáveis por 73% dos acidentes com vítimas fatais, enquanto na cidade esse percentual é de 51%. Além disso,

foi verificado que as áreas próximas às estações de embarque/desembarque são aquelas onde há maior incidência de atropelamentos.

Lopes et al. (2001) também analisaram a relação entre a existência de corredores de ônibus e a incidência de atropelamentos em Porto Alegre. A metodologia utilizada comparou taxas de acidentes entre vias com e sem corredores de ônibus. As variáveis de exposição empregadas nos cálculos das taxas foram: (i) a extensão da via em análise; e (ii) volume de tráfego de ônibus. Os resultados mostraram que onde há presença de corredores de ônibus, as taxas de atropelamentos são mais elevadas. Resultados similares foram encontrados no estudo sueco de Hedelina et al. (2002) que analisou os atropelamentos em áreas com transporte coletivo em corredores de vias segregadas. Os autores utilizaram a distância percorrida pelo transporte coletivo multiplicada pela população da cidade de Göteborg, na Suécia, como fator de exposição.

Nos dois estudos sobre os corredores de transporte coletivo não foram observados o volume de pedestres nas áreas de estudo. Ao considerar que esses locais constituem áreas onde há um elevado fluxo de pedestres, esta seria uma variável importante na análise dos dados. Prevê-se uma maior incidência de atropelamentos onde há um maior fluxo de pedestres e veículos, embora haja indicativos de que essa relação não seja linear (item 2.5.2). É natural ainda se esperar um maior percentual de atropelamento por ônibus nessas áreas.

### **3.1.4 Condições climáticas e temporais de risco de atropelamento**

A incidência de atropelamentos não é constante ao longo do tempo (hora do dia, dias da semana, mês ou ano). A distribuição temporal desses eventos depende principalmente da composição do fluxo veicular e de pedestres, das condições climáticas e do motivo das viagens realizadas em cada período. Observa-se que nos períodos onde há um maior número de viagens a lazer e compras ocorrem mais atropelamentos (OECD, 1998). Nos EUA, há um maior percentual de atropelamentos envolvendo crianças durante o verão, período no qual as crianças estão de férias (CAMPBELL et al., 2004).

A distribuição temporal dos acidentes é muito variável entre os estudos revisados, tendo sido identificados poucos padrões. Estudos internacionais apontam os sábados

(CAMPBELL et al., 2004; GÅRDER, 2004) e as sextas-feiras como os dias com maior número de atropelamentos, e o domingo com o menor (CAMPBELL et al., 2004). Porém, o estudo de Velloso (2006), conduzido em Brasília, apontou maior ocorrência de atropelamentos tanto no sábado como no domingo, não sendo observadas discrepâncias significativas nos outros dias da semana. No que tange o período do dia, os noturnos apresentam um maior percentual de vítimas fatais, embora os diurnos uma maior incidência de atropelamentos (BURNIER, 2005; CAMPBELL et al., 2004; GÅRDER, 2004; JENSEN, 1998; VELLOSO, 2006). No referente às condições climáticas, aquelas desfavoráveis como chuva, neblina e neve são apontadas como fatores de risco, embora, exista um menor número de incidência de atropelamentos nessas condições (GÅRDER, 2004).

### **3.1.5 Veículos envolvidos nos atropelamentos**

As características dos veículos estão vinculadas tanto à severidade dos atropelamentos como ao comportamento inseguro dos condutores. Além disso, a falta de manutenção dos veículos pode acarretar acidentes. Apesar disso, poucos estudos epidemiológicos buscaram descrever os fatores de risco do componente veicular. A literatura afirma que os automóveis são aqueles que mais se envolvem em atropelamentos (CAMPBELL et al., 2004; FAGUNDES-PEREIRA et al., 1999; KEALL, 1995; VELLOSO, 2006), o que é coerente com a maior incidência desses veículos na frota. Já as motocicletas e caminhões são apontados por gerarem um maior percentual de vítimas fatais (CAMPBELL et al., 2004).

## **3.2 ESTUDOS DE COMPORTAMENTO HUMANO**

Falhas no comportamento humano são designadas como as principais causas dos atropelamentos. Burnier (2005) analisou os dados dos atropelamentos ocorridos na cidade de Baltimore, nos EUA, e relatou que 12,8% dos pedestres envolvidos nesses eventos não obedeceram às normas relativas ao tempo semaforico. Entre os acidentados, os homens e as crianças apresentaram um maior percentual de desobediência às leis do trânsito em travessias semaforizadas.

Além disso, um estudo desenvolvido em Porto Alegre demonstrou que em áreas onde há corredores exclusivos de ônibus, existe correlação entre o respeito às leis do trânsito e a taxa de atropelamentos cujo denominador é o produto dos volumes de pedestres e veículos. Verificou-se que, nessas áreas, as taxas de atropelamentos decrescem em função exponencial com o aumento do percentual de pedestres atravessando a via sobre as faixas de travessia e durante o foco verde do semáforo destinado a eles (CARDOSO; GOLDNER, 2004).

Porém, entender e prever o comportamento humano no trânsito é uma tarefa complexa, tornando-se um dos principais desafios das avaliações do risco. Sabe-se que as pessoas reagem de formas diferenciadas a uma mesma situação. Por exemplo, algumas tendem a obedecer às normas sociais, outras a adotarem atitudes arriscadas. No entanto, o comportamento individual não é constante ao longo do tempo e espaço, sendo influenciado por diversos fatores: (i) percepção do risco; (ii) características pessoais (ex.: idade, sexo, altura, saúde); (iii) características da viagem realizada (ex.: propósito, distância; familiaridade com a rota); (iv) características do meio viário-ambiental (ex.: condições climáticas, qualidade das vias; presença de semáforos; segurança pública); e (v) presença e comportamento de outros usuários.

O objetivo dos estudos de comportamento humano é estabelecer relações entre cada fator e as atitudes dos motoristas e dos pedestres. Para atingir esse objetivo, podem-se utilizar três formas de estimativa: (i) observar o comportamento que ocorre naturalmente no âmbito real; (ii) criar situações artificiais e observar o comportamento diante das tarefas definidas para essas situações; e (iii) perguntar às pessoas sobre o seu comportamento, o que fazem e fizeram e sobre os seus estados subjetivos, o que, por exemplo, pensam e pensaram (GÜNTHER, 2006). As estimativas que não envolvem a observação do comportamento podem ser feitas através de avaliação psicológica ou pesquisa qualitativa. Esta última será abordada somente no item subsequente, uma vez que seus princípios podem ser utilizados para analisar outras questões que não o comportamento humano.

### 3.2.1 Observação do comportamento

A observação do comportamento dos pedestres e motoristas visa identificar quais são os fatores do ambiente que induzem a um comportamento considerado inseguro, no qual o usuário comete um erro ou violação na presença de um perigo potencial (REASON, 1990). Reason (1990) classifica esse comportamento como não intencional e intencional. Os atos não intencionais são aqueles executados sem planejamento prévio, podendo ocorrer na forma de deslizes (falhas de atenção) ou de lapsos (falhas de memória). Já os intencionais são aqueles planejados, sejam eles em forma de violações ou erros baseados em regras (mau emprego de uma boa regra ou aplicação de uma má regra) ou em conhecimento (no caso, falta de conhecimento).

O comportamento dos usuários pode ser observado tanto em campo (*in loco*) como através de simuladores, sendo esses menos frequentes na avaliação da segurança dos pedestres. Os dados coletados são utilizados para diversos fins, entre os quais: (i) avaliar a obediência às normas de trânsito; (ii) avaliar o comportamento dos pedestres em diferentes instalações e situações; e (iii) avaliar a eficiência de medidas mitigadoras de atropelamentos.

Existe uma vasta literatura de estudos comportamentais, os quais utilizaram metodologias variadas, desenvolvidas a partir das questões e hipóteses de pesquisa. Devido a essa diversidade é difícil estabelecer relações entre os estudos, embora alguns tenham apontados resultados semelhantes. Exemplos de estudos de observação considerados mais relevantes para esse trabalho são apresentados a seguir.

#### 3.2.1.1 Avaliação da obediência às normas do trânsito

Identificar os fatores que estão vinculados à conformidade da travessia é o objetivo de vários estudos comportamentais. A conformidade é definida pelo uso adequado das instalações pelos pedestres e/ou condutores, através dos respeito às normas sociais impostas pela legislação.

Os estudos de observação do comportamento dos condutores buscaram avaliar principalmente o respeito desses às faixas de travessias, dando prioridade aos pedestres ou diminuindo a sua velocidade de aproximação. Ao examinar os atos dos condutores em faixas de travessias locadas em uma via arterial da cidade de Lund, na Suécia, Várhelyi (1998) concluiu que esses não cumprem nem a lei existente para diminuir a velocidade de aproximação nem a de prioridade dos pedestres e que somente 5% pararam os veículos na presença dos pedestres. Essa baixa conformidade pode estar associada às características das vias arteriais que comportam velocidades mais elevadas e maiores volumes de tráfego. Conforme concluiu Gårder (2004), através do exame da conformidade das travessias pelos condutores americanos, quanto maior a velocidade do fluxo veicular menor a probabilidade de o condutor conceder a prioridade ao movimento do pedestre em uma faixa de travessia não semaforizada.

Outros fatores podem estar relacionados à cessão de prioridade aos pedestres pelos condutores. Katz et al. (1975 apud ZEGEER et al., 2005)<sup>6</sup> analisaram o comportamento desses usuários quando havia um pedestre atravessando a via e concluíram que eles são mais propensos a parar os veículos dando prioridade aos pedestres em cinco situações: (i) quando a velocidade de aproximação do veículo é baixa; (ii) quando o pedestre encontra-se em uma faixa de travessia; (iii) quando a distância entre o veículo e o pedestre não é muito grande ou muito pequena; (iv) quando os pedestres estão em grupos; e (v) quando os pedestres não fazem contato visual com o condutor.

Ao avaliar o comportamento dos pedestres nas travessias semaforizadas, pode-se examinar a conformidade espacial e/ou temporal (ARIOTTI, 2006; ARIOTTI et al., 2006; SISIOPIKU; AKIN, 2003). A conformidade temporal é aquela na qual o usuário respeita o tempo semafórico, sendo mensurada através do percentual de pedestres atravessando no tempo de ciclo semafórico vermelho para os veículos. Já a conformidade espacial é relativa ao local onde os pedestres cruzam a via e é representada pelo percentual de pedestres atravessando dentro da área regulamentada a eles. Para calcular esse percentual utiliza-se o número de pedestres atravessando na área da faixa de travessia e na área de influência dessa instalação. O conceito de área de influência parte do pressuposto de que toda travessia têm uma área na qual os pedestres são atraídos para cruzar a via. Na literatura não existe um

---

<sup>6</sup> KATZ, A.; ZAIDEL, D.; ELGRISHI, A. An experimental study of driver and pedestrian interaction during the crossing conflict. **Human Factors**, v. 17, n. 5, 1975, p. 514–527.



conceito padrão do que constitui a área de influência e a determinação desta varia entre os autores.

Van Houten et al. (2007) investigaram a relação entre o comportamento dos pedestres e o efeito do tempo de espera para atravessar nas faixas de travessia em meio de quadra controladas por semáforo. Para alcançar esse objetivo, os pesquisadores variaram o tempo de verde do semáforo para os veículos em duas travessias do condado de Miami, nos EUA, e examinaram o comportamento dos pedestres diante dos diferentes cenários. Foi concluído que a conformidade temporal da travessia está inversamente relacionada ao tempo mínimo de verde para os veículos, o que por sua vez está associado ao tempo de espera do pedestre para iniciar a travessia. Ao aumentar o tempo de verde para os veículos na travessia de sentido duplo, observou-se que um maior número de pedestres esperou no meio da via para finalizar a travessia.

Os autores ainda afirmaram que a conformidade temporal está relacionada à dificuldade de realizar a travessia. Então, maiores volumes diários de tráfego (VDT), maior número de faixas de circulação a serem atravessadas, vias de sentido duplo e maiores velocidades de fluxo estão associados a uma maior conformidade temporal. Em contrapartida, os pedestres estão mais propensos a violarem a sinalização quando existem grandes brechas no fluxo de tráfego (VAN HOUTEN et al., 2007).

Ainda, objetivando entender a relação entre o tempo de espera e a conformidade temporal, Tiwari et al. (2007) filmaram sete interseções semaforizadas de Deli, na Índia. Através de uma análise detalhada dos vídeos, os autores estabeleceram relações entre o comportamento de indivíduos de diferente sexo e o tempo de ciclo semaforico. Os resultados do estudo indicaram que cerca de 90% dos pedestres realiza pelo menos parte da travessia durante o foco de verde ou amarelo para os veículos. Porém, foi comprovado que o tempo efetivo de verde para os pedestres em várias interseções era menor do que o necessário para cruzar toda a via, onde se infere que os pedestres não se engajam em situações perigosas desnecessariamente. Nessas condições, os pedestres tendem a atravessar metade da via respeitando o tempo de semáforo destinado a eles e a outra metade infringindo as leis do trânsito. Quanto ao sexo dos pedestres, as mulheres configuraram-se como mais cautelosas, e a média de seu tempo de espera foi 27% maior do que a média dos homens.

As conclusões do estudo indiano foram coerentes com os resultados da pesquisa de Van Houten et al. (2007). Elas mostraram que o tempo do verde do ciclo semaforico exerce forte influência no comportamento do pedestre, ou seja, quanto maior o tempo de espera para atravessar a via, maior a probabilidade de os pedestres não optarem pela conformidade temporal. Contudo, os autores alertam que muitos pedestres não toleram a espera mesmo que essa seja pequena, e os poucos que o fazem são adversos ao risco, apresentando conformidade temporal em qualquer situação (TIWARI et al., 2007).

No Brasil, a conformidade espacial e temporal das travessias também foi investigada. Ariotti (2006) observou o comportamento dos pedestres em cinco travessias semaforizadas da área central da cidade de Porto Alegre. A autora concluiu que geralmente nessa área os pedestres se comportaram de forma segura: 81% deles apresentaram comportamento prudente, atravessando dentro da área da travessia regulamentada e 89% foram caracterizados como pedestres obedientes, atravessando no tempo verde para o pedestre. As análises dos dados coletados revelaram que a quantidade e o tamanho das brechas da corrente de tráfego são as variáveis mais influentes nos atos dos pedestres; quanto mais freqüentes e maiores essas brechas, maior a probabilidade de os pedestres desrespeitarem as leis. Outras características que explicaram o comportamento dos pedestres foram: a largura da via, o tempo de espera pelo verde dos pedestres, a velocidade do fluxo veicular e o volume veicular e dos pedestres.

Ariotti (2006) ainda realizou entrevistas com os pedestres para avaliar os fatores que influenciam seus atos, sendo reportados comportamentos mais imprudentes e desobedientes do que o observado na prática. Os entrevistados relataram que a distância entre seu ponto de origem e seu destino, assim como as características do volume e velocidade veicular são os fatores que mais influenciam seu comportamento.

A busca pelo menor percurso relatada pelos pedestres do estudo de Ariotti explica os resultados do estudo de Cucci Neto (1996) em São Paulo, onde foi observada uma baixa conformidade espacial em áreas onde há pólos geradores de viagens, tais como *shopping centers*, e pontos de parada de ônibus ou saída de estações de metrô. O autor verificou que os pedestres procuram brechas no tráfego para atingir o destino de forma a caminharem menos. Assim, se a travessia regulamentada não tem uma posição estratégica que ligue os pontos de

transporte coletivo e a entrada do pólo gerador de tráfego, vários pedestres optarão por não utilizar a instalação.

Além das características físicas do ambiente viário, é importante notar que pedestres e condutores estão mais propensos a cumprir uma norma social se eles percebem que os outros usuários modelam seu comportamento de acordo com as leis, ou se eles acreditam que aqueles que não as cumprem são punidos (ROTHENGATTER, 1991 apud OECD, 1998)<sup>7</sup>. Isto significa dizer que se um pedestre observa que a maior parte dos outros pedestres não atravessa a via nas faixas de segurança, ele também não o fará. O mesmo é válido para os condutores, eles só irão conceder prioridade aos pedestres na faixa de travessia se notarem que os outros condutores o fazem.

### 3.2.1.2 Avaliar o comportamento dos pedestres em diferentes instalações e situações

O comportamento dos pedestres em diferentes cenários foi o objeto de estudo de vários autores. Tobey et al. (1983) examinaram os movimentos desses usuários durante uma semana em todas as áreas territoriais dos EUA. De acordo com esse estudo, os homens e os mais jovens realizaram comportamentos mais perigosos ao atravessar a via. Além disso, eles tenderam a ficar mais na área de circulação de veículos do que as mulheres. As crianças foram as que mais atravessaram a via correndo ou na diagonal. Já os idosos andaram menos na via ou nos acostamentos e efetuaram travessias mais seguras. Quando acompanhados, os pedestres pareceram ser mais prudentes. As características do componente viário-ambiental também se correlacionaram com a conduta dos pedestres. As áreas de uso do solo misto (residencial e comercial) caracterizaram-se por um maior percentual de travessias inseguras, assim como áreas com baixo volume veicular e com quadras longas (TOBEY et al., 1983).

Através de observações de campo, concluiu-se que em Amman, na Jordânia, a probabilidade de os motoristas diminuírem a velocidade e concederem prioridade ao pedestre é bastante baixa. Por esse motivo, os pedestres procuram forçar sua prioridade iniciando a

---

<sup>7</sup> ROTHENGATTER, J.A. Normative behaviour is unattractive if it is abnormal: relationship between norms, attitudes and traffic law. In:INTERNATIONAL ROAD SAFETY SYMPOSIUM ON ENFORCEMENT AND REWARDING: STRATEGIES AND EFFECTS, 1990, Copenhagen, Dinamarca. **Anais...** Leidschendam: SWOV, 1991.

travessia de forma a fazer com que os motoristas diminuam a velocidade ou parem, caso isto não ocorra, eles voltam para a calçada e tornam a executar o mesmo procedimento até obterem sucesso. Entretanto, notou-se que embora esse seja um procedimento padrão, as atitudes inseguras são influenciadas pelas características individuais dos pedestres e do ambiente viário (HAMED, 2001).

Assim, Hamed (2001) decidiu modelar o comportamento do pedestre em relação ao tempo de espera e número de tentativas para atravessar a via. Para alcançar seu objetivo, ele analisou os movimentos dos pedestres em dez faixas de travessias em meio de quadra locadas em áreas urbanas com características semelhantes quanto à geometria e às condições de tráfego: cinco em vias com canteiro central e cinco em vias sem canteiro central. Durante a coleta de dados, cada pedestre foi monitorado do período em que chegou ao local de estudo até o momento em que conseguiu realizar a travessia. Após finalizar esse percurso, o pedestre foi interceptado para responder questões relativas ao seu estado civil, idade, número de filhos, posse de veículo privado, localização da casa, origem e destino da viagem, e se já havia se envolvido em um atropelamento ou testemunhado algum.

A partir das observações dos atos dos pedestres, Hamed (2001) inferiu que aqueles que moram perto da travessia ou a utilizam freqüentemente aceitam um maior risco e são intolerantes à espera. Por outro lado, aqueles que já foram atropelados ou presenciaram esse tipo de incidente aceitam um maior tempo de espera para iniciar a travessia da via de forma segura. Comportamentos mais cautelosos também foram adotados pelos pedestres do sexo feminino, pedestres com crianças, pedestres idosos e pedestres que dirigem veículos privados. O tempo de espera para iniciar o processo de travessia foi menor quando o motivo da viagem era trabalho, o intervalo entre veículos (*headway*) era curto ou existia um grande número de pedestres procurando atravessar. O número de tentativas necessárias para cruzar a via foi menor quando o veículo de aproximação era um ônibus e maior quando era um veículo de passeio (HAMED, 2001).

Os modelos desenvolvidos por Hamed (2001) indicaram que, nas vias onde há divisão física, os pedestres que esperam um maior tempo para atravessar a via até o canteiro central estão mais propensos a optarem por atitudes mais arriscadas para completar a travessia a partir desse ponto. Porém, o número de tentativas não exerceu influência significativa no

comportamento dos pedestres, concluindo-se que eles são mais sensíveis ao tempo requerido para iniciar a travessia do que ao número de tentativas frustradas.

Ainda buscando entender o comportamento dos pedestres frente a diferentes cenários, Sisiopiku e Akin (2003) pesquisaram as atitudes e percepções dos pedestres em diversas instalações para pedestres localizadas perto ao campus universitário da Universidade Estadual de Michigan (*Michigan State University*), nos EUA. A coleta de dados da pesquisa foi feita através de entrevistas com pedestres e observação de imagens de vídeo das áreas de estudo. Os resultados foram condizentes com outros estudos que afirmaram que o projeto e o local da travessia influenciam o comportamento do pedestre e que o processo decisório de onde atravessar considera a distância entre a travessia regulamentada e o destino do pedestre. Assim, nas áreas onde estão os pólos geradores de viagens, tais como *shopping centers*, universidades, hospitais e estabelecimentos comerciais, os pedestres tendem a escolher o caminho mais curto, caso não existam travessias destinadas a eles em locais e número apropriados, como já verificado por Cucci Neto (1996).

No estudo de Sisiopiku e Akin os pedestres relataram que travessias em meio de quadra não semaforizadas são as que mais os atraem, sendo a preferência de 83% dos entrevistados. Porém, foi observado que as travessias em interseções semaforizadas canalizaram o tráfego de pedestres, mas não os persuadiram a respeitar a sinalização, principalmente quando o volume de tráfego veicular era baixo. No referente ao comportamento do condutor, os autores observaram que a grande maioria que realizou conversões à direita ou esquerda falhou ao ceder prioridade durante o foco verde do pedestre nas travessias em interseções semaforizadas, aumentando o risco de atropelamento. Os autores, então, supuseram que esse seja um dos motivos da escolha dos usuários por travessias em meio de quadra (SISIOPIKU; AKIN, 2003).

Alguns estudos ainda procuraram relacionar o uso do telefone celular ao comportamento do pedestre. Através de observações de campo, concluiu-se que os pedestres adotam atitudes mais inseguras quando estão falando ao celular (HATFIELD; MURPHY, 2007; NASAR et al., 2008). O estudo de Nasar et al. (2008) inferiu que os pedestres ao falar ao telefone celular reduzem seu grau de atenção ou de memória. Além disso, esses autores alertaram que o uso de outros aparelhos, tais como os *iPods*<sup>8</sup>, pode criar um déficit de atenção

---

<sup>8</sup> Os iPods são aparelhos de áudio digital (*MP3 player*) fabricados pela empresa Apple Inc.

nos usuários e gerar atos perigosos. Porém, essa constatação não pôde ser comprovada durante o estudo, devido ao pequeno número de observações com pedestres utilizando esses aparelhos. Segundo os autores a relação entre o uso de outros aparelhos, que não o telefone celular, e os atos dos pedestres deve ser investigada com maior profundidade, pois o uso do *iPods* já foi apontado como uma das causas de três atropelamentos fatais em Nova York (NASAR et al., 2008).

Outros estudos comportamentais evidenciaram que a presença de outros pedestres influencia os atos dos indivíduos. Segundo Andrew<sup>9</sup> (1996 apud YAGIL, 2000), quando existe um menor número de outros pedestres para atravessar a via nas interseções, maior é a probabilidade de os pedestres conferirem o tráfego de veículos.

Ao invés de realizarem observações de campo, alguns estudos analisaram os atos dos pedestres através de experimentos, onde situações do tráfego são simuladas. Utilizando essa metodologia, duas pesquisas investigaram como os pedestres selecionam as brechas no tráfego para realizar a travessia. Determinou-se, então, que os pedestres baseiam seu processo decisório de cruzar uma via na distância do veículo de aproximação, e não no tempo em que os veículos precisarão para chegar até a travessia. Dessa forma, infere-se que a velocidade veicular é um fator de risco de acidentes, pois maiores velocidades implicam em maior oportunidade de conflitos (LOBJOIS; CAVALLO, 2007; OXLEY et al., 2005).

Além de analisarem os atos inseguros dos usuários, os estudos comportamentais examinaram o tempo de exposição do pedestre ao tráfego através da determinação da sua velocidade de caminhada. Pressupõe-se que quanto menor a velocidade de caminhada durante uma travessia, maior o contato do pedestre com o tráfego, e, conseqüentemente a probabilidade de acontecer um evento indesejado. A literatura afirma que os pedestres tendem a andar mais devagar se estão carregando um objeto pesado, se estão acompanhados por uma criança ou se são portadores de necessidades especiais (MARTIN, 2007).

Para determinar outros fatores correlacionados à velocidade de caminhada, Knoblauch et al. (1996) observaram o comportamento dos pedestres em 16 interseções controladas por semáforo localizadas em quatro cidades dos EUA e concluíram que:

---

<sup>9</sup> ANDREW, H. W. The safety of older pedestrians at signal-controlled crossings. **International Journal of Aging and Human Development**, v.42, p. 65-79, 1996.

- a) jovens do sexo masculino apresentam as maiores velocidades de travessia e as mulheres idosas apresentam as menores velocidades de travessia;
- b) pedestres sozinhos andam mais rápido do que aqueles que estão em grupo;
- c) pedestres que iniciam e terminam a travessia fora das áreas destinadas a eles apresentam velocidade de caminhada mais elevada;
- d) pedestres que iniciam a travessia durante o verde do pedestre apresentam menores velocidades do que aqueles que atravessam durante o meio do ciclo ou o vermelho para os pedestres.

Os resultados do estudo de Knoblauch et al. (1996) indicaram que os pedestres comportam-se de forma compensatória quando desrespeitam as leis, aumentando sua velocidade de travessia e diminuindo, assim, sua exposição ao risco.

Já com o objetivo de estudar o processo de escolha de onde realizar uma travessia, pesquisadores seguiram por no máximo cinco minutos 78 pedestres adultos que saiam de uma estação de metrô em Villeneuve d'Ascq na França. Eles observaram que os pedestres estão mais propensos a realizar travessias durante o começo da viagem, de forma a caminharem no lado da via que se encontra o seu destino. Através da análise dos dados coletados em campo, foi possível inferir que os pedestres preferem atravessar em pontos mais seguros onde há controle semafórico ou presença de faixa de travessia demarcada (LASSARRE; BONNET, 2007).

### 3.2.1.3 Avaliar a eficiência de medidas mitigadoras de atropelamentos

A avaliação da efetividade de medidas mitigadoras utilizando dados comportamentais é uma das formas de suprir problemas existentes nos bancos de dados de acidentes (RETTING et al., 2003). Vários estudos utilizaram-se dessa estratégia para embasar suas pesquisas. Porém, foge do escopo desse estudo avaliar a eficiência de medidas mitigadoras. Então, serão apresentados nesse tópico apenas alguns exemplos ilustrativos dos estudos julgados mais pertinentes para a identificação dos fatores de risco de atropelamento.

Um estudo realizado nos EUA objetivou analisar o efeito da presença ou não de marcações de faixas de travessias em interseções não semaforizadas no comportamento dos condutores e pedestres. Para alcançar esse objetivo, as observações em campo objetivaram determinar: (i) se o pedestre está mais propenso a atravessar uma via quando existe a presença de faixa de travessia; (ii) se os condutores dirigem em menores velocidades e param mais freqüentemente para os pedestres quando há uma faixa de travessias; e (iii) se os pedestres se apresentam mais cautelosos quando não há a presença de faixa de travessias. A metodologia de estudo utilizou avaliações do tipo “antes” e “depois” em 11 interseções selecionadas em quatro cidades localizadas em diferentes regiões geográficas do país. Coletaram-se dados sobre o volume veicular e de pedestres, brechas na corrente do tráfego veicular, velocidade dos veículos, comportamento dos condutores e dos pedestres. As hipóteses testadas na pesquisa estão apresentadas na Figura 13 (KNOBLAUCH et al., 2001).

De forma geral o estudo indicou que a presença de faixas de travessia em interseções não semaforizadas têm uma relação positiva com a maior segurança do pedestre: (i) os condutores parecem ficar mais atentos quando existe a marcação e dirigem um pouco mais devagar; (ii) a presença da marcação da faixa de travessias ajuda a canalizar os pedestres para a interseção; (iii) não foram mostradas evidências de que, por estarem atravessando em uma faixa de travessia, os pedestres apresentam um comportamento menos cauteloso (KNOBLAUCH et al., 2001).

Já Abdulsattar et al. (1996) utilizaram análises “antes” e “depois” para estudar o efeito de uma placa de advertência no comportamento dos motoristas convertendo à direita ou à esquerda em interseções semaforizadas durante o foco verde para os pedestres. A placa lembrava aos motoristas que ao realizar a conversão eles deveriam conceder a prioridade aos pedestres. Como medida de efetividade, os autores utilizaram o percentual de travessias conflituosas envolvendo pedestres e os veículos convertendo. No total doze interseções dos EUA foram avaliadas, seis em Omaha e seis em Lincoln. A análise dos resultados indicou que após a implementação da placa houve uma redução significativa no percentual de conflitos. Além disso, os autores observaram que o percentual de conflitos decresce quando o tamanho do grupo de pedestres aumenta. Em compensação, outros estudos mostraram que quanto maior o volume de veículos convertendo à esquerda ou direita concomitantemente com a travessia de pedestres, maior o número de conflitos (HUBBARD et al., 2007).



Hipóteses da pesquisa	Medidas de Efetividade	Resultados	Conclusões
1. As diferenças das análises "Antes" e "Depois" estão associadas unicamente à marcação de faixas de travessias e não a outros fatores	Volume dos veículos; Brechas na corrente de tráfego; Volume de pedestres.	Não houve diferenças significativas nas análises "Antes" e "Depois" em nenhuma das medidas de efetividade.	Como não houve diferenças nas características do tráfego veicular e de pedestres, pode-se afirmar que as diferenças comportamentais observadas podem ser atribuídas com maior confiabilidade à instalação de faixas de travessias.
2. A presença de marcação de faixa de travessias não afeta o modo como os condutores se comportam em relação aos pedestres	Velocidade de aproximação do veículo.	Observadas pequenas mudanças na velocidade de aproximação.	Embora a magnitude da diferença entre as velocidades observadas foi pequena, os condutores indicaram uma diferença de comportamento.
3. A marcação de faixas de travessias causa perturbações no fluxo do tráfego veicular porque alguns condutores irão parar e dar prioridade aos pedestres	Comportamento do condutor.	Não foram observadas diferenças no comportamento dos condutores no que se refere a dar prioridade aos pedestres .	Os condutores não mudam seu comportamento e não param o veículo para dar prioridade ao pedestre porque foi instalada uma faixa de travessia.
4. Os pedestres se sentem mais protegidos na presença de faixas de travessias e agem mais agressivamente ao realizarem a travessia	Comportamento agressivo dos pedestres (fazendo com que o condutor pare ou diminua a velocidade).	Não foram observadas mudanças no comportamento do pedestre no que tange sua agressividade.	Os pedestres não se sentem mais protegidos devido à existência de marcação de uma faixa de travessia.
5. Os pedestres não usaram a faixa de travessia	Percentual de pedestres atravessando na faixa de travessia.	Os pedestres andando sozinho tendem a utilizar as faixas de travessias principalmente em interseções com alto volume de tráfego veicular;  Os pedestres em grupo tendem a não utilizarem as faixas de travessias.	Houve um aumento na taxa de utilização da travessia na interseção após a marcação da faixa de travessia.

**Figura 13 - Hipóteses e resultados do estudo de Knoblauch et al. (2001)**

Outros estudos de análises “antes” e “depois” foram realizados visando entender como medidas de moderação do tráfego atuam no comportamento dos condutores e pedestres (HUANG; CYNECKI, 2000). Embora essas medidas sejam apontadas como uma forma de atuar no comportamento dos usuários da via, foi inferido que algumas delas, tais como elevação da travessia e utilização de calçadas mais largas nas interseções para diminuir a distância da travessia, são pouco eficiente para esse fim. Os autores observaram que nos locais onde essas melhorias foram implementadas não houve um aumento de conformidade da travessia pelos usuários.

Através de análise comparativa, Turner et al. (2006a) examinou a efetividade de diferentes tratamentos utilizados para melhorar a segurança dos pedestres em faixas de travessias em vias arteriais, observando o comportamento dos condutores. Esses tratamentos foram agrupados em três categorias: (i) semáforo ou sinalização de pare; (ii) dispositivos ativados quando há pedestres presentes; (iii) dispositivos para aumentar a conspicuidade. Os resultados do estudo indicaram que os condutores apresentam um maior percentual de conformidade da travessia quando há um semáforo ou placa de pare. Os outros tratamentos tiveram uma taxa de conformidade variável de acordo com as características da via: (i) quanto maior o número de faixas de circulação de veículos, menor a taxa de conformidade; (ii) quanto menor o limite de velocidade veicular da via maior a taxa de conformidade.

### 3.2.2 Avaliações psicológicas

As avaliações psicológicas aplicam entrevistas e testes para avaliar o comportamento dos pedestres e motoristas. Um dos métodos utilizados nessas avaliações fundamenta-se na Teoria do Comportamento Planejado (*Theory of planned behavior*). Esta busca prever e explicar as atitudes através da análise da intenção de uma determinada ação. Três questões são levantadas nos questionários: (i) motivação para realizar um determinado comportamento; (ii) a norma subjetiva, que se refere à pressão social percebida para realizar um determinado comportamento; e (iii) a percepção do controle do comportamento (AJZEN, 1991 apud HOLLAND; HILL, 2007)<sup>10</sup>.

---

<sup>10</sup> AJZEN, I. The theory of planned behavior. **Organizational Behavior and Human Decision Processes**, v. 5, p. 179–211, 1991.

Através da Teoria do Comportamento Planejado, Díaz (2002) e Holland e Hill (2007) investigaram as atitudes dos pedestres em relação às violações das leis do tráfego. A metodologia utilizada por Díaz incluiu questionários aplicados a jovens (17-25 anos) e adultos (maiores de 25 anos), onde os participantes relatavam comportamentos em relação a violações, erros e lapsos durante travessias. Os resultados mostraram que os pedestres do sexo masculino estão mais propensos a violarem as leis. Além disso, os jovens relataram uma atitude e intenção mais positiva em relação a cometer uma violação, percebendo as normas sociais como menos inibidoras, tendo menos controle sobre as violações e mencionando mais atitudes de erros e lapsos (DÍAZ, 2002).

Na pesquisa de Holland e Hill (2007), os participantes, cujas idades variaram de 17 a 92 anos, foram solicitados a avaliar três cenários hipotéticos, relatando sua percepção de risco e intenção de comportamento. A partir dos dados coletados, foram desenvolvidos modelos de regressão linear de previsão do comportamento dos pedestres. Os resultados indicaram que os pedestres idosos têm maior aversão ao risco e optam por travessias mais seguras. Embora as mulheres tenham demonstrado uma maior preocupação com a probabilidade de ocorrência de um atropelamento, elas não revelaram atitudes mais seguras do que os homens, diferentemente do observado por Díaz (2002).

Estudos psicológicos ainda examinaram as declarações dos pedestres sobre seu comportamento no trânsito em relação às suas crenças relacionadas a possíveis conseqüências de atos inseguros, aos motivos que afetam o respeito às leis do trânsito e aos fatores situacionais. Dentro desse contexto, Yagil (2000) aplicou questionários em 205 estudantes universitários israelitas. De acordo com as respostas dos entrevistados, o comportamento dos pedestres nas travessias semaforizadas é afetado pela percepção das conseqüências do comportamento, mas não pela percepção da vulnerabilidade e seriedade. É importante notar que, quando os pedestres evitam atravessar a via durante a fase semafórica vermelha para pedestres, eles estão propensos a atribuir o ato a valores pessoais e não a estimativas de perda e ganho.

No que se refere ao sexo do pedestre, Yagil concluiu que mulheres têm uma maior percepção de sua susceptibilidade ao risco, acreditando mais que sua vida pode ser afetada por um atropelamento e que atravessar durante o semáforo com foco verde para os veículos irrita os condutores. Ainda, demonstraram maior preocupação em relação a serem abordadas por um policial ao transgredirem as leis do trânsito. Já os homens apresentaram mais indicativos

de crenças de que os semáforos designados aos pedestres são destinados às crianças e aos idosos. Os fatores contribuintes para os atos masculinos durante a travessia estão relacionados aos motivos normativos, tais como o senso de obrigação de obedecer à lei e os benefícios percebidos. Já as mulheres modelam seu comportamento através dos benefícios e os perigos percebidos. Entre as características do ambiente viário, o volume do tráfego foi o fator mais influente nos atos dos pedestres, estando maiores volumes relacionados a maiores índices de respeito às regras (YAGIL, 2000).

Os estudantes israelitas ainda relataram que quando estão de mau humor tendem a desrespeitar os tempos semaforicos. Porém, a presença de crianças ou de outros pedestres que respeitam o tempo semaforico influenciam de maneira positiva os atos dos pedestres. De uma forma geral, concluiu-se que o comportamento do homem é mais afetado pelo volume do tráfego e das condições do ambiente viário e os das mulheres pela presença de outros pedestres e no que crêem ser o comportamento das outras pessoas (YAGIL, 2000).

Outros estudos que revelam aspectos psicológicos apontam as crianças como um grupo de risco. Geralmente, elas possuem problemas com a percepção do risco, atenção e impulsos, tornando-as mais vulneráveis a atropelamentos. Os seus conceitos de segurança são formulados pobremente, e seus esquemas de comportamento crítico, tais como atravessar uma via, não estão bem desenvolvidos. As mais jovens, menores de 10 anos, ainda retêm um conceito limitado das regras e de o porquê as regras (FITZPATRICK et al., 2006).

### 3.3 ESTUDOS DE PESQUISA QUALITATIVA

Os estudos de pesquisa qualitativa visam entender qual a perspectiva dos usuários e especialistas acerca do risco de atropelamento. É através deles que são determinados os fatores que influenciam a percepção de risco dos pedestres e motoristas. Ainda, é possível inferir sobre os motivos ou razões que induzem os pedestres e motoristas a realizarem um comportamento inseguro.

As bases metodológicas empregadas nesses estudos são bastante divergentes e devem ser adaptadas ao objeto de estudo e a quantidade de recursos disponíveis. Elas incluem diferentes técnicas que visam descrever e interpretar os componentes do sistema em

investigação (NEVES, 1996). Geralmente, essas técnicas não se fundamentam em análises estatísticas, e a obtenção dos dados é feita através o contato direto e interativo do pesquisador com o fenômeno estudado.

As críticas aos estudos de pesquisa qualitativa concentram-se na subjetividade dos resultados gerados, pois esses são decorrentes de um processo indutivo e teórico. Porém, a amplitude e complexidade das análises que podem ser conduzidas nessas pesquisas justificam sua utilização na avaliação do risco de atropelamento, permitindo que sejam explorados temas não muito racionalizados como as opiniões, atitudes e sentimentos dos usuários.

É importante salientar que os estudos qualitativos também podem ser combinados a técnicas quantitativas, com o objetivo de enriquecer os resultados da pesquisa realizada. Por exemplo, Schneider et al. (2004) solicitaram aos pedestres e condutores que identificassem os locais perigosos para os pedestres no mapa da rede viária da área onde se insere o Campus da Universidade do Norte da Carolina, nos EUA, e compararam com os dados referentes aos atropelamentos ocorridos nessa área. Os autores também desenvolveram modelos de regressão de Poisson e Binomial Negativa para avaliar quais as características que influenciam a ocorrência dos atropelamentos e a percepção de risco dos usuários.

Durante seu estudo, Schneider et al. (2004) concluíram que quanto maior o volume de pedestres e a densidade de faixas de travessia maior a insegurança dos pedestres. Porém, uma maior densidade de paradas de ônibus esteve relacionada à maior segurança desses usuários. No que se refere às edificações presentes na área, observou-se que edifícios acadêmicos e estádios estão associados a uma maior ocorrência de atropelamentos, enquanto as proximidades das bibliotecas apresentaram uma menor incidência desses eventos. Porém, ao contrastar esse resultado com a percepção dos usuários, observou-se que esses atribuem maior risco exatamente nas áreas adjacentes às bibliotecas, onde se observou menor número de atropelamentos, e menor risco naquelas próximas a edifícios acadêmicos e estádios.

Os resultados do estudo de Schneider et al. (2004) indicam que a utilização de técnicas qualitativas em combinação com técnicas quantitativas podem revelar deficiências na percepção de risco, mas também apontar para problemas de insegurança não verificados através das estatísticas oficiais. Ao combinar essas duas técnicas através da análise de dados de percepção de risco e de atropelamentos, Schneider et al. (2004) classificaram as áreas da

rede viária em quatro tipos e propuseram melhorias para a segurança dos pedestres de acordo com o tipo do local:

- a) *locais com alta incidência de atropelamento e alta percepção de risco*: áreas prioritárias para as ações de segurança viária, incluindo tratamentos de engenharia, educação e fiscalização;
- b) *locais com alta incidência de atropelamentos e baixa percepção de risco*: essas áreas, embora apresentando risco de atropelamento, ainda não são percebidas pelos usuários como perigosas, o que pode gerar maior probabilidade de conflito entre os pedestres e os veículos. Assim, ações referentes à educação devem ser prioritárias, principalmente no que se refere à comunicação do risco. Melhorias do meio ambiente viário também devem ser realizadas para minimizar os problemas encontrados;
- c) *locais com baixa incidência de atropelamentos e alta percepção de risco*: essas áreas devem ser avaliadas de forma a identificar os problemas e, assim, serem tratadas de forma pró-ativa através de ações de engenharia, educação e fiscalização;
- d) *locais com baixa incidência de atropelamentos e baixa percepção de risco*: não há indicação que medidas de segurança precisem ser realizadas, mas deve-se fazer o monitoramento da área ao longo do tempo.

É importante também ressaltar que o uso de técnicas qualitativas é indicado em casos onde há deficiências nos bancos de dados de atropelamentos. Dessa forma, esse item visa apresentar alguns dos estudos de pesquisa qualitativa referentes à segurança do pedestre, ilustrando a utilidade desses.

Uma das formas de conduzir pesquisas qualitativas é através da promoção de discussões em grupos, utilizando a técnica de grupos focados. Por meio dessa técnica, Ariotti et al. (2006) basearam-se na opinião das pessoas com conhecimento técnico em circulação urbana para identificar os principais fatores intervenientes no comportamento do pedestres, no que tange à conformidade temporal e espacial das travessias situadas na cidade de Porto Alegre.

Os resultados do estudo de Ariotti et al. (2006) apontaram 25 fatores intervenientes, entre os quais sobressaíram as condições de visibilidade do ambiente viário; as características do fluxo de veículos; a velocidade dos veículos; a largura da via; a disponibilidade ou não de tempo do pedestre; as condições climáticas; a idade do pedestre e a sensação de segurança pública próximo à travessia. Na opinião dos participantes da pesquisa, os fatores de engenharia, principalmente relacionados aos aspectos de infra-estrutura e operação do tráfego veicular, são os que mais exercem poder no comportamento do pedestre.

A técnica de grupos focados também foi empregada na determinação dos principais fatores causais dos atropelamentos ocorridos na rede viária de Porto Alegre na opinião dos pedestres e agentes de fiscalização do trânsito: (i) desrespeito às normas de segurança viária, por parte de pedestres e condutores; (ii) deficiência na infra-estrutura urbana destinada a pedestres; (iii) falta de conhecimento de sinalização viária e regras de trânsito pela população; (iv) fatores comportamentais; (v) choque de interesse entre a pressa de condutores e de pedestres, ocasionando o desrespeito às normas de circulação (CARDOSO et al., 2003).

Já no Rio de Janeiro, pesquisas qualitativas investigaram a percepção de risco de atropelamento das crianças. Estas foram solicitadas a elaborarem redações narrativas, onde fossem apontadas situações de perigo e propostas soluções de melhoria no trânsito. Através da análise das redações foi possível identificar os fatores relacionados ao risco de atropelamento envolvendo esse grupo de usuários: (i) o comportamento dos condutores – excesso de velocidade, avanço de sinal, desatenção, tráfego ou estacionamento sobre as calçadas, uso de celular e de bebida alcoólica; (ii) o comportamento dos pedestres e ciclistas – desatenção, falta de manutenção da bicicleta e uso de bebida alcoólica; e (iii) as más condições da infra-estrutura viária – falta de iluminação, buracos, sinalização inadequada ou defeituosa (FARIA; BRAGA, 2000; 2003). Ao entrevistar os pedestres idosos nessa mesma cidade, Sant’Anna, R. M. (2006) concluiu que eles percebem o ambiente viário como hostil e inseguro e atribuem aos demais usuários do sistema de transportes e ao poder público a responsabilidade por sua insegurança.

Pesquisas internacionais também aplicaram entrevistas para avaliar a opinião dos usuários. Pessoas do Sul da África com renda social baixa foram solicitadas a opinarem sobre as causas e soluções dos problemas da insegurança viária. O estudo revelou que a percepção de cada pessoa depende das características do meio em que vive. Por exemplo, as pessoas que viviam próximas de uma *freeway*, na qual cerca de 10 pedestres morrem por ano ao tentarem

atravessar a via, apontaram como principal causa de acidentes a falta de pontos seguros de travessias. Mas na opinião da maior parte dos entrevistados foi o comportamento imprudente e desrespeitoso dos condutores o principal vilão da insegurança no trânsito (BUTCHARTA et al., 2000).

Os resultados do estudo africano ainda demonstraram que muitos dos entrevistados acreditam serem os atos do pedestre uma das causas primárias dos atropelamentos. Entre os atos inseguros citados estão a falta de cuidado do pedestre, a “estupidez” e o consumo de bebidas alcoólicas. Quando questionados sobre a causa dos atropelamentos envolvendo crianças, os entrevistados culpavam os pais, afirmando que esses não supervisionam ou treinam adequadamente o filho para a tarefa de atravessar as vias. Os entrevistados também demonstraram preocupação com o roubo de carros, pois, conforme eles relataram, os ladrões dirigem de forma insegura durante a fuga, gerando conflitos de tráfego (BUTCHARTA et al., 2000).

Outra pesquisa objetivou avaliar diferentes tipos de instalações para pedestres e de operação do tráfego, ao aplicar questionários em usuários do sistema de transporte da cidade de Viena, na Áustria. Os resultados revelaram que os participantes da pesquisa julgaram as interseções semaforizadas como as mais seguras para o pedestre. A presença de canteiros centrais e a elevação das interseções foram consideradas como instalações importantes na diminuição do risco de atropelamento. Já um maior número de faixas de pedestres foi indicado como uma das formas de promover a melhoria da qualidade de vida dos pedestres (CHALOUPEKA-RISSER; HAINDL, 2007).

Alguns estudos utilizaram técnicas qualitativas para avaliar o conhecimento das leis pelos condutores e pedestres. Sarkar e Andreas (2004) questionaram motoristas que violaram as leis do trânsito e perceberam que mais da metade deles não conheciam os direitos dos pedestres. Segundo Mitman e Ragland (2007), os usuários do sistema de transporte entendem as leis referentes ao direito de prioridade dos pedestres quando a mensagem fornecida pela sinalização é simples e clara. Por isso, os autores inferem que um grande número de violações ocorre porque as leis não são intuitivas ou porque elas são percebidas como inapropriadas para a cultura local.

Estudos ainda avaliaram a percepção dos usuários através de uma metodologia na qual o participante é solicitado a observar durante um determinado período o ambiente viário e



atribuir uma nota ao grau de dificuldade de atravessar a via na área analisada. Foi através dessa metodologia que Baltés e Chu (2002) criaram um modelo de regressão linear para prognosticar o nível de serviço de travessias em meio de quadra. Esse modelo teve como variável determinante as notas dos participantes da pesquisa para 33 travessias inseridas em duas cidades americanas e 15 variáveis explicativas referentes às características geométricas e operacionais da via. Os resultados indicaram que, quando existe faixa de travessia e presença de controle semafórico e, quanto maior a largura da divisão central (pintada ou elevada), maior a percepção de facilidade de cruzar a via na travessia em meio de quadra. Em compensação, aumentos no volume de tráfego e velocidade veicular, na largura da via, no ciclo semafórico ou na distância entre a travessia analisada e a travessia semaforizada mais próxima, implicam em um acréscimo na dificuldade de realizar a travessia em meio de quadra.

Outra técnica utilizada nos estudos de pesquisa qualitativa engloba a avaliação dos fatores relativos ao risco de atropelamento durante o percurso de um trajeto específico. Joshi et al. (2001) solicitou a 291 usuários do sistema de transporte viário de Oxford, na Inglaterra, que criassem um diário de viagem durante uma semana, anotando detalhes das jornadas e os incidentes ou quase-acidentes presenciados. Os incidentes foram definidos como qualquer evento no qual o participante teve que evitar uma ação e/ou sentiu-se preocupado ou irritado. Os pedestres da pesquisa relataram com frequência a necessidade de sair repentinamente do caminho dos veículos e mostraram-se mais enfurecidos com os conflitos entre eles e os ciclistas. É importante frisar que os pedestres perceberam mais incidentes com ciclistas do que o esperado pelas análises dos dados de exposição ao tráfego e de atropelamentos envolvendo essas duas categorias de usuários do espaço viário. Entre os incidentes citados pelos pedestres: 6,3% envolveram outros pedestres, 28,1% ciclistas e 46,9% veículos, enquanto 6,3% estiveram relacionados às más condições da infra-estrutura viária.

A análise estatística dos dados coletados na pesquisa de Joshi et al. (2001) mostrou que os motociclistas, condutores de automóveis e de ônibus relataram um número significativamente menor de incidentes por distância viajada do que os pedestres e ciclistas. Além disso, os condutores de automóveis tornaram evidente que são muito mais atentos aos veículos que podem causar algum tipo de dano a eles do que a quem eles podem representar um perigo, tais como os usuários mais vulneráveis (ciclistas, pedestres e motociclistas).

Landis et al. (2001) também recorreram à técnica de avaliação de percurso realizado para estabelecer a percepção dos pedestres em segmentos de vias de áreas urbanas dos EUA. Durante a pesquisa, os participantes foram instruídos a caminharem por uma rota pré-estabelecida e a darem notas a cada segmento da via, de acordo com sua sensação de conforto e segurança. Os autores, então, correlacionaram essas notas às características dos segmentos de via através da construção de um modelo de avaliação do nível de serviço.

As variáveis consideradas como explicativas do modelo de Landis et al. (2001) foram a presença de calçada, a distância de separação do tráfego, o volume e velocidade do tráfego veicular. Como esperado, a presença de calçada e uma maior distância física da área de circulação dos veículos causou menor percepção de risco durante o percurso. Isto ocorre porque quando há estacionamento lateral, calçada, árvores ou qualquer outro elemento separando a área de circulação dos pedestres e dos veículos, existe uma menor probabilidade de os veículos invadirem a área destinada aos pedestres. Em contrapartida, maiores volumes veiculares e velocidades de tráfego geraram maior desconforto e impressão de insegurança nos participantes.

Outro modelo de avaliação do nível de serviço baseado na percepção dos pedestres nos EUA foi desenvolvido por Petritsch et al. (2005). Porém, diferentemente do estudo de Landis et al. (2001), os pedestres foram instruídos a avaliarem com notas as travessias em interseções semaforizadas da rota percorrida e não os segmentos de via. Os fatores incorporados ao modelo sugeriram que a percepção dos pedestres é influenciada pelos conflitos potenciais da interseção (conversões permitidas à esquerda e à direita durante o foco verde para os pedestres), pela exposição ao risco (volume e velocidade do tráfego veicular na via da travessia, número de faixas de circulação de veículos), e o tempo de espera. Observou-se que, quanto maior qualquer um desses fatores considerados significantes para prever o nível de serviço da interseção, menor é a sensação de conforto e segurança dos pedestres. Os autores ainda frisaram que, embora a largura da via indique uma maior exposição ao tráfego, essa não exerce tão forte poder na percepção dos pedestres como o número de faixas atravessadas.

Simultaneamente ao estudo de Petritsch et al. (2005), como parte do mesmo projeto, Landis et al. (2005) utilizaram simulação de vídeo para que os pedestres atribuíssem notas a 22 travessias em interseções semaforizadas, das quais 17 já estavam incluídas no primeiro estudo. Confrontando os resultados dos dois estudos, inferiu-se que durante a simulação de

vídeo os participantes focam mais em questões físicas da via e visibilidade do que no conflito com os veículos. Isto não acontece com os dados coletados no campo com os pedestres caminhando, que não demonstraram muita preocupação com a visibilidade e condições da sinalização. Além disso, os participantes da simulação atribuíram notas piores ao nível de serviço do que os que realizaram o percurso a pé. Uma possível explicação para essa diferença está no alto nível de atenção requerida aos pedestres durante a realização de um percurso a pé, o que talvez diminua a capacidade de percepção do risco.

A técnica de simulação de vídeo também foi utilizada no desenvolvimento de um índice de avaliação da segurança potencial de travessias em interseções nos EUA. A metodologia utilizada consistiu no desenvolvimento de uma página da *internet* com vídeos de 68 travessias em interseções, cada um com duração de 40 segundos. Essa página teve acesso restrito a especialistas com conhecimento em questões sobre o pedestre e sua circulação e que concordaram em participar da pesquisa. Eles avaliaram através de notas cada travessia sob a perspectiva dos pedestres, inclusive aqueles com restrições de mobilidade (CARTER et al., 2006; ZEGEER et al., 2006a).

Considerando a média das notas dos especialistas, um modelo preliminar de regressão linear múltipla foi elaborado para avaliar a segurança dos pedestres. Esse modelo indicou que os especialistas percebem maior insegurança quando há um maior número de faixas de circulação; quando a velocidade veicular é elevada; e quando a interseção está inserida em uma área de uso do solo tipo comercial. Já a presença de controle semafórico ou placa “Pare” representaram uma percepção de maior segurança (CARTER et al., 2006; ZEGEER et al., 2006a).

Para incorporar questões relativas ao comportamento dos usuários ao índice em desenvolvimento, um modelo linear generalizado com distribuição de Poisson foi formulado, cuja variável de resposta foi o número de conflitos e manobras evasivas observadas nas 68 travessias. Esse modelo indicou que a segurança dos pedestres também é prejudicada quando há um alto fluxo veicular. Dessa forma, essa variável foi incluída ao modelo preliminar de percepção dos especialistas, compondo, assim, o índice final de avaliação de segurança de pedestres em interseções, conforme equação 1 (CARTER et al., 2006; ZEGEER et al., 2006a).

$$\text{PedISI} = 2,372 - 1,867\text{Sig} - 1,807\text{Stop} + 0,335\text{Thlns} + 0,018\text{Speed} + 0,006(\text{MADT} * \text{Sig}) + 0,238\text{Comm} \quad (1)$$

Onde:

PedISI: índice de avaliação de segurança de pedestres em interseções, onde  $PedISI \geq 6$  indicam travessias muito inseguras e  $PedISI \leq 1$  indicam travessias muito seguras

Sig: presença de semáforo (assume valores 1= “sim” ou 0 = “não”)

Stop: presença de sinalização com placa “Pare” (assume valores 1= “sim” ou 0 = “não”)

Thlns: número de faixas de circulação de veículos nas duas direções de tráfego

Speed: velocidade veicular em milhas por hora (85 percentis)

MADT: Volume diário de tráfego na via principal

Comm: Uso de solo da área predominantemente comercial (assume valores 1= “sim” ou 0 = “não”)

### 3.4 ESTUDOS DE PREVISÃO DE ATROPELAMENTOS

Os estudos de previsão de acidentes viários pretendem estabelecer relações numéricas entre os fatores risco e sua incidência em um determinado local ou área através do desenvolvimento de modelos de regressão. Para o desenvolvimento desses, os pesquisadores coletam dados sobre os fatores em estudo e analisam a sua correlação com a ocorrência dos acidentes, através de modelos matemáticos. Para melhor explicar a variabilidade dos tipos de acidentes em estudo, é preciso que os fatores escolhidos como variáveis explicativas do modelo sejam relevantes para a realidade de cada área de estudo e coerentes com os recursos disponíveis. Isto explica parte da grande diversidade de modelos existentes para prever os acidentes viários, e o baixo poder de reaplicação em áreas distintas.

Assim como os estudos epidemiológicos, os modelos de previsão são criticados por basearem-se nos bancos de dados de acidentes que podem provir de sub-registros. Além disso, Nodari (2003) ressalta que, como os acidentes são eventos esporádicos e estocásticos, um grande volume de dados tanto no tempo como no espaço se faz necessário para evitar erros aleatórios no modelo, os quais podem invalidar seu poder explicativo. É importante salientar que embora os acidentes sejam eventos estocásticos, os fatores que os produzem geralmente não o são. A combinação dos fatores é que é randômica, porém previsível (OECD, 1998).

Apesar das incertezas existentes nos modelos de previsão, eles constituem uma ferramenta importante na especificação dos principais fatores relacionados à ocorrência do acidente, o que pode guiar os processos decisórios acerca das melhorias da segurança. Ademais, os modelos de previsão podem ser utilizados para avaliar a segurança de locais onde não existem dados suficientes sobre acidentes ocorridos.

Diversos modelos de previsão de acidentes são encontrados na literatura internacional, conforme revisado por Cardoso (2006) e Turner, S. A. et al. (2006). Porém, poucos deles destinam-se à previsão dos acidentes envolvendo pedestres. Isto acontece em parte pela escassez de dados confiáveis sobre os atropelamentos. Além disso, um dos problemas mais relatados nos estudos para estabelecer relações entre fatores de risco e o número de atropelamentos ocorridos em locais específicos, tais como pontos de travessia, é a raridade desse evento. Devido à dispersão dos atropelamentos na malha viária, é possível perceber que em alguns locais com visíveis problemas em relação à segurança do pedestre são decorridos vários anos sem que ocorra um atropelamento (CARTER et al., 2006; SCHNEIDER et al., 2001; TURNER, S. A. et al., 2006; ZEGEER et al., 2006a).

Lord (1996) investigou os conflitos entre pedestres e veículos em conversão em oito interseções, mas não pode correlacionar o número de conflitos observados com o de atropelamentos. Isso ocorreu porque no período de três anos (1983 a 1986) apenas três atropelamentos foram registrados, o que resulta uma média de 0,13 atropelamentos anual por interseção. No estudo de Carter et al. (2006), a média de atropelamentos anual por travessia em interseção foi ainda menor (0,10), e a travessia com maior número desse tipo de acidente, apresentou uma taxa de 0,80 atropelamentos por ano.

Para suprir os problemas de análise referentes ao baixo número de atropelamentos em locais específicos, muitas vezes os autores optam por análises comparativas ao invés de construir modelos preditivos. Gårder (2004) avaliou a segurança de 70 travessias em interseção e 52 travessias com ou sem faixa de segurança em meio de quadra do estado de Maine, nos EUA e através de comparações verificou que em vias mais largas e com maiores velocidades ocorre um maior número de atropelamentos.

Assim, a maior parte dos modelos de previsão de atropelamentos é realizada para áreas geográficas ou segmentos de vias. Entretanto, isto possibilita o aparecimento de novas fontes de erro, uma vez que áreas ou segmentos longos podem conter características muito díspares, incluindo locais com alto e baixo risco para os pedestres. Portanto, a agregação dos dados pode reduzir o poder de explicação do modelo, não tornando possível o estudo de questões específicas, como, por exemplo, atributos das travessias.

Alguns autores estimam o número esperado de atropelamentos em determinado local utilizando apenas variáveis de exposição ao tráfego, através de modelos lineares

generalizados, por acreditarem que estas são as variáveis que mais explicam a variação da ocorrência dos atropelamentos (GEYER et al., 2006; 2007; LEDEN, 2002; LYON; PERSAUD, 2002; TURNER, S. A. et al., 2006). Esses modelos baseiam-se em funções exponenciais e são geralmente construídos utilizando a distribuição de Poisson ou a Binomial Negativa. A escolha entre qual distribuição utilizar depende da variância do número de atropelamentos: se for próximo a média, deve-se optar pela distribuição de Poisson (GREENE, 2000).

De forma geral, os modelos de previsão de atropelamentos cujas variáveis explicativas são referentes à exposição ao tráfego assumem a forma da equação 2 ou da equação 3. É importante notar que a equação 2 leva em consideração que só pode acontecer um atropelamento se houver pelo menos um veículo e um pedestre, assim, quando não há pedestres ou veículos no fluxo o modelo retorna o valor zero. Outras variáveis de exposição, que não o fluxo veicular e de pedestres, também podem ser adicionadas às equações, entre as quais o tipo de uso do solo e a largura da travessia.

$$A = b_0 F_p^{b_1} F_v^{b_2} \quad (2)$$

$$A = e^{b_0 + b_1 F_p + b_2 F_v} \quad (3)$$

Onde:

A: é a variável determinante do modelo, normalmente representada pelo número de atropelamentos por ano ou pela taxa de atropelamentos por volume de pedestres

$F_p$ : fluxo de pedestres por unidade de tempo

$F_v$ : fluxo de veículos por unidade de tempo

$b_0, b_1, b_2$ : parâmetros da equação a serem estimados

### 3.4.1 Modelos de previsão de atropelamentos em áreas geográficas

Normalmente, os modelos de previsão de atropelamentos em áreas geográficas foram formulados a partir de dados sobre uso do solo e características sócio-demográficas de uma determinada região. Clifton e Kreamer-Fults (2007) relacionaram os atributos do ambiente de áreas escolares e a ocorrência de atropelamentos na cidade de Baltimore nos EUA. Foram então desenvolvidos quatro modelos de regressão linear múltipla pelo método dos mínimos quadrados ordinários, com coeficientes de determinação ( $R^2$ ) variando entre 0,30 e 0,56. As variáveis de resposta dos modelos foram: (i) severidade dos atropelamentos com vítimas de

todas as faixas etárias; (i) severidade dos atropelamentos com vítimas com idade apropriada para freqüentar as escolas; (iii) taxa de vítimas de todas as faixas etárias por número de alunos inscritos na escola; (iv) taxa de vítimas com idade apropriada para freqüentar as escolas por número de alunos matriculados na escola.

Em todos os modelos de Clifton e Kreamer-Fults (2007), foram encontradas associações positivas entre a etnia da população da área de estudo e a incidência dos atropelamentos, onde a etnia foi definida como o percentual da população residente não branca. Os autores, porém, advertem que a etnia está relacionada às desigualdades sociais, pois em média os não brancos possuem menores rendas na área de estudo. A pesquisa ainda identificou que a existência de áreas de recreação próximas às escolas representa uma maior propensão à ocorrência de colisões severas envolvendo pedestres jovens (faixa etária de 0 a 15 anos). Entretanto, salienta-se que o maior número de colisões pode estar relacionado a uma maior exposição ao tráfego, pois essas áreas se caracterizam por pólos atratores de crianças e adolescentes.

O percentual da população não branca igualmente se apresentou como variável explicativa com efeito positivo nos três modelos de regressão linear para atropelamentos, construídos por Burnier (2005) também para a cidade de Baltimore nos EUA. As variáveis de resposta dos modelos foram: (i) logaritmo natural do número de atropelamentos por  $\text{km}^2$ ; (ii) logaritmo natural do número de atropelamentos por  $\text{km}^2$  e por população; e (iii) logaritmo natural do número de atropelamentos por  $\text{km}^2$  por volume de pedestres.

Os resultados dos dois primeiros modelos de Burnier (2005) indicaram que áreas de uso de solo misto, com alta densidade de vias e/ou acessibilidade comercial apresentam maior propensão a ocorrência de colisões com pedestres. Em contrapartida, áreas com valores elevados de renda, posse de veículo, acessibilidade ao transporte coletivo, viagens ao trabalho pelo modal a pé ou densidade populacional resultam em um menor número esperado de atropelamentos. Porém, ao utilizar a variável de exposição ao risco como resposta do terceiro modelo, determinou-se que a posse de veículos passou a ter uma relação positiva com os atropelamentos. A autora explicou esse resultado supondo que como há um maior fluxo veicular nessas áreas, a probabilidade de conflitos é majorada. Ela ainda presumiu que as vizinhanças com baixo fluxo de pedestres podem causar uma sensação falsa no motorista de que não há pedestres na área. Isto explica a relação negativa do percentual de pessoas que realizam viagens pendulares pelo modal a pé com os atropelamentos (BURNIER, 2005).

A função primária do uso do solo e a densidade populacional também se configuraram como variáveis explanatórias em modelos de previsão do número de atropelamentos na cidade de Newcastle upon Tyne, na Inglaterra, por quilômetro da malha viária. Esses modelos foram construídos através de modelos lineares generalizados com distribuição de Poisson. Foram feitas análises separadas por idade das vítimas e hora de trabalho (WEDAGAMA et al., 2006).

Os resultados do estudo inglês apontaram que as colisões com pedestres nas áreas comerciais, onde existe grande concentração de shoppings ou atividades para a comunidade, tais como escolas, hospitais e igrejas, ocorrem durante as horas de trabalho. Fora do horário de trabalho, os atropelamentos acontecem em áreas com presença de comércios, as quais os autores acreditam serem locais onde existem bares e clubes. A densidade populacional e o número de interseções por quilômetro também foram incluídas nos modelos, pois apresentaram relações significativas e positivas com o número de colisões envolvendo pedestres (WEDAGAMA et al., 2006).

Seguindo a mesma linha de pesquisa de previsão do número de atropelamentos por área geográfica, LaScala et al. (2000) realizaram análises desagregadas ao elaborarem modelos relacionando incidência de colisões com pedestres e os fatores referentes às características do ambiente viário e demográficas em 149 regiões censitárias da cidade de São Francisco, nos EUA. Para incluir fatores relativos ao tipo do uso do solo de cada região no modelo os autores calcularam a densidade de certos tipos de estabelecimentos comerciais por quilômetro da malha viária.

Dois modelos de regressão espacial foram concebidos por LaScala et al. (2000), os quais tiveram como variáveis determinantes taxas de atropelamentos por quilômetro da malha viária. No primeiro modelo todos os tipos de colisões envolvendo pedestres integraram a variável de resposta, e seis dos quatorze fatores investigados se configuraram como estatisticamente significativos para explicar o fenômeno estudado. Concluiu-se que quanto maior a densidade populacional, o percentual de homens na população, o percentual de desempregados e/ou o volume diário de veículos, maior é a taxa de atropelamentos esperada para a região. Por outro lado, se existe um grande percentual de crianças (idade inferior a 15 anos) e/ou de pessoas com nível de escolaridade superior, o modelo prevê uma menor taxa de atropelamentos na região.



O segundo modelo só utilizou dados dos acidentes nos quais os pedestres haviam consumido bebidas alcoólicas e somente duas variáveis se mostraram significativas para explicar esse fenômeno: (i) densidade de bares por quilômetro da malha viária; (ii) percentual de desempregados na população. Conforme já previsto pelos autores, a acessibilidade a pontos de venda de bebidas alcoólicas esteve diretamente associada ao atropelamento de pedestres intoxicados (LASCALA et al., 2000).

Em estudo posterior, LaScala et al. (2004) comprovou que os atropelamentos de crianças estão positivamente vinculados ao fluxo veicular, à renda e ao percentual de crianças na população, através da criação de um modelo de regressão linear para prever o número de crianças atropeladas. A elasticidade do modelo construído foi maior para o fluxo veicular e para a renda da população. Ao aumentar em 10% o percentual da densidade populacional de crianças, a variável de resposta sofreu uma variação de 0,2%. Porém, quando houve um acréscimo de 10% no percentual de famílias com renda baixa, obteve-se uma diferença de 9,4% na taxa esperada de atropelamentos por quilômetro da malha viária. Resultados similares foram encontrados em um estudo sobre colisões com pedestres crianças desenvolvido para Salford, no Reino Unido. Nesse estudo, o volume do tráfego e a densidade populacional foram os responsáveis por um grande percentual de poder explicativo dos modelos desenvolvidos (PETCH; HENSON, 2000).

### **3.4.2 Modelos de previsão de atropelamentos em segmentos de via**

Modelos de previsão também procuraram estimar a incidência de atropelamentos em segmentos de via investigando características do ambiente viário. No estado de Washington, nos EUA, dados de acidentes ocorridos em 440 segmentos de via com aproximadamente 1,6 quilômetros (1 milha) foram utilizados para estimar a taxa de atropelamentos anual através de modelos de regressão binomiais negativos e de Poisson inflacionada de zeros. Por não existirem dados disponíveis sobre o volume de pedestres e o tipo de uso de solo, estas variáveis não foram incluídas na entrada dos modelos. Assim, indicadores de uso do solo foram empregados como aproximação da exposição ao risco: presença de lojas; presença de moradias de uma única pessoa; presença de escritórios comerciais; e presença de moradias com mais de uma pessoa (SHANKAR et al., 2003).

Os resultados dos modelos de Washington não apontaram nenhum dos indicadores do uso do solo como significativos para explicar a variável de resposta. Em contrapartida, altos fluxos veiculares, a presença de faixas na via para conversão de veículos, a distância superior a 0,8 quilômetros entre semáforos e a ausência de iluminação se configuraram como bastante influentes na predição de um maior número de atropelamentos (SHANKAR et al., 2003).

Já Berhanu (2004) desenvolveu modelos para estimar a ocorrência de acidentes em vias arteriais em Addis Abeba, na Etiópia, através de técnicas de regressão binomial negativa e de distribuição de Poisson, apresentando coeficiente variando entre 0,51 e 0,89. Os modelos foram gerados separadamente para 29 segmentos das vias com divisão central e para 25 sem essa divisão. É importante notar que na área de estudo 91% dos acidentes viários eram atropelamentos, então modelos também foram formulados tendo somente esse tipo de acidente como variável determinante.

Nos modelos de Berhanu (2004) de previsão de atropelamentos, apresentados nas equações 4 e 5, volumes de tráfego veicular e de pedestres estiveram positivamente correlacionados à variável de resposta, conforme já esperado. Nas vias sem divisão central, equação 4, segmentos curvilíneos e as características da calçada (largura, pavimentação e a altura) também se configuraram como variáveis explicativas do modelo. Surpreendentemente a presença de curvas na via associou-se a um menor número de acidentes envolvendo pedestres. O autor, porém, supôs que esse fato está relacionado ao comportamento dos motoristas, que tendem a diminuir a velocidade quando não estão em segmentos retos.

$$PEDACC_{sd} = v^{0,4871} e^{2,8938 - 0,0018BND - 0,7754LPED - 0,3664MPED - 0,1716SW - 0,6158CE} \quad (4)$$

$$PEDACC_d = v^{0,6816} e^{1,3077 - 0,9770LPED - 0,3136MPED} \quad (5)$$

Onde:

$PEDACC_{sd}$ : número de atropelamentos em vias sem divisão central

$PEDACC_d$ : número de atropelamentos em vias com divisão central

$v$ : produto de o volume veicular anual pelo comprimento do segmento da via

BND:curvatura da via

LPED: variável *dummy* representada pelo valor 1 se o volume de pedestres for baixo e 0 caso contrário

MPED: variável *dummy* representada pelo valor 1 se o volume de pedestres for moderado e 0 caso contrário

SW: largura média das calçadas de cada lado

CE: variável *dummy* representada pelo valor 1 se houver calçada e 0 caso contrário

O interessante do estudo etíope foi apontar uma maior largura e altura da calçada como um fator de segurança dos pedestres. Embora outros estudos tenham apontado essas características como um fator de percepção de maior conforto dos pedestres, não foi encontrado na literatura outro estudo que associasse esses atributos com a segurança desses usuários. Isto elucida a importância das características da área de estudo na análise da segurança do pedestre. Na área estudada por Berhanu (2004) a alta densidade de pedestres na calçada, o induzem a caminharem na via destinada aos veículos, aumentando a sua exposição ao risco.

Para verificar a relação da presença de divisão física central com a segurança dos pedestres, Berhanu (2004) ainda conduziu análises de sensibilidade. Os resultados estabeleceram que a predição do número de atropelamentos é 24% menor quando há divisão. Apesar da melhoria da segurança dos pedestres, a presença de divisão física se mostrou como um fator de insegurança para os acidentes envolvendo apenas veículos.

No Brasil, um estudo conduzido em Porto Alegre objetivou avaliar a associação da exposição ao tráfego e características do ambiente viário com a ocorrência de atropelamentos em segmentos de vias arteriais através de modelos lineares generalizados com distribuição de Poisson, cuja formulação encontra-se na equação 6. A concepção dos modelos envolveu a coleta de dados em 74 segmentos de via e utilizou como variáveis determinantes o número de atropelamentos e a severidade dos atropelamentos calculada a partir Unidade Padrão de Severidade (UPS) definida pelo DENATRAN (1987). Porém, o autor relatou que só foi possível gerar modelos com poder explicativo para a severidade dos atropelamentos. Entre as variáveis explicativas dos modelos estiveram o volume veicular, o fluxo de pedestres, o percentual de pedestres que não apresentaram conformidade espacial e/ou temporal, as más condições do pavimento e a densidade de vegetação na calçada, todas apresentando associação positiva com a severidade dos atropelamentos (CARDOSO, 2006).

$$VR = e^{b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_i X_i} \quad (6)$$

Onde:

VR: Variável de resposta

$b_0$ : constante

$b_1, b_2 \dots b_i$ : parâmetros do modelo

$X_1, X_2 \dots X_i$ : variáveis explicativas (fatores de risco e exposição analisados)

É interessante notar que em outros estudos a densidade da vegetação não foi incluída na entrada de modelos, porém, é plenamente justificada a relação dela com a ocorrência de atropelamentos, pois a presença de vegetação nas calçadas pode prejudicar a conspicuidade dos pedestres e condutores (CARDOSO, 2006).

Objetivando examinar a relação entre a presença de passageiros embarcando e desembarcando em ônibus nas vias arteriais urbanas e rodovias do King County, no estado de Washington, nos Estados Unidos, três modelos de regressão logística binária de previsão de probabilidade de um determinado local ser considerado um “local de atropelamentos” (*Pedestrian Accident Locations*) definido pelo *Washington State Department of Transportation* como um segmento de via de 0,16 quilômetros (0,10 milhas) de extensão onde acontecem quatro ou mais atropelamentos no período de seis anos (HESS et al., 2004; MOUDON; HESS, 2003).

Os modelos de King County mostraram consistência e relação positiva entre o uso dos ônibus e os locais de ocorrência de atropelamentos. As outras variáveis em estudo, tais como características do uso do solo, volume de tráfego e número de faixas da via, demonstraram menor poder de explicação desse tipo de acidente. Os autores ressaltam, porém, que a relação das outras variáveis com os atropelamentos pode ter sido subestimada porque o modelo avaliou dados agregados de acidentes, com segmentos de vias com pelo menos 160 metros de comprimento. Isso dificultou o estabelecimento das associações entre as especificidades de cada local e o evento estudado. Além disso, essa dissociação esteve atrelada à pouca variabilidade das características analisadas na área de estudo (HESS et al., 2004; MOUDON; HESS, 2003).

Outras pesquisas de segmento de via ainda investigaram os fatores que influenciam a incidência de atropelamentos envolvendo pedestres caminhando na via de circulação dos veículos, através de modelos logísticos binários. Foi identificado que a ausência de calçada, maiores volumes de tráfego veicular e limites de velocidade mais elevados são determinantes desse tipo de atropelamento (MCMAHON et al., 2002).

### 3.4.3 Modelos de previsão de atropelamentos em travessias

Análises mais específicas sobre as relações entre os atropelamentos e as características físicas e operacionais dos pontos de travessias são menos freqüentes na literatura, devido à dificuldade encontrada pelos autores na investigação dos atropelamentos. Por exemplo, Greibe (2003) desenvolveu modelos lineares generalizados com distribuição de Poisson para estimar os diferentes tipos de acidentes em interseções e em segmentos viários nas vias urbanas da Dinamarca. Os modelos de previsão para as interseções levaram em consideração os acidentes ocorridos em todos os braços das interseções, e encontra-se formulado na equação 7.

Nos modelos de Greibe (2003), o volume de tráfego veicular foi a variável que mais explicou a ocorrência de atropelamentos nas 1036 interseções analisadas durante o período de 5 anos. Ressalta-se que na concepção dos modelos não foram utilizados dados relativos ao fluxo de pedestres nas interseções, devido à indisponibilidade desses dados e dificuldade de obtenção. Entretanto, o autor afirma que houve muita dificuldade de obter variáveis explicativas significantes e estáveis nos modelos de previsão de atropelamentos em interseções. Greibe (2003) ainda alerta que o tamanho da amostra deve ser ampliado para obter resultados mais precisos sobre a influência das características do sistema de transportes na segurança do pedestre, pois as interseções avaliadas apresentavam características homogêneas e sem diferenças significativas.

$$E(\mu) = aN_{pri}^{p_1}N_{sec}^{p_2}e^{\sum \beta_j x_{ij}} \quad (7)$$

Onde:

$E(\mu)$ : número de atropelamentos esperado por ano

$N_{pri}$ : volume de tráfego veicular anual na via primária

$N_{sec}$ : volume de tráfego veicular anual na via secundária

$x$ : variáveis descritivas das características geométricas ou do ambiente viário

$a, p_1, p_2, \beta_j$ : parâmetros do modelo

Por outro lado, ao agregar os dados para segmentos viários, Greibe (2003) observou que outras variáveis estão associadas aos atropelamentos, porém não apresentou o modelo para esse tipo de acidente no estudo. Contudo, o autor afirmou que a incidência dos acidentes

foi explicada pelo volume diário de veículos, características do uso do solo, número de interseções, presença de estacionamento, velocidade limite da via, largura da via, número de acessos e número de faixas. Ainda, a presença de estacionamentos implicou em maior número de acidentes, principalmente aqueles envolvendo pedestres.

Uma pesquisa dos Estados Unidos investigou 1297 interseções urbanas em quinze cidades, cuja incidência de atropelamentos foi de 2081 pedestres no período de três a seis anos. O principal objetivo da pesquisa foi verificar como a sinalização destinada aos pedestres influencia a sua segurança. A metodologia empregada procurou estabelecer quais os fatores que estão associados à segurança do pedestre através de comparações entre interseções com e sem sinalização para pedestres. As análises incluíram fatores relacionados ao desenho, ao ambiente e à operação da interseção. O modelo de previsão indicou que somente as características do fluxo veicular e de pedestres foram significativas para explicar o fenômeno. Porém, os autores identificaram novas correlações ao utilizar outras técnicas estatísticas comparativas: análise de covariância; teste do qui-quadrado; e processos de ramificação. Os autores alertaram que embora essas análises não sejam capazes de identificar relações de causa e efeito, tais como os modelos de previsão, elas permitem a identificação de relações entre as variáveis em estudo (ZEGEER et al., 1985).

Os resultados da pesquisa americana indicaram que o sentido e a largura da via, o tipo de uso do solo, a presença de linhas de ônibus e o volume de veículos que realizam conversões à esquerda e à direita estão associados à ocorrência de atropelamentos. Ainda, semáforos com tempo exclusivo para pedestres aumentam a segurança dos pedestres (ZEGEER et al., 1985).

Para entender a relação entre a marcação de faixa de travessias e a ocorrência de atropelamentos, modelos lineares generalizados com distribuição binomial negativa foram formulados para 1.000 travessias com marcação de faixa e 1.000 sem essa sinalização horizontal de trinta cidades americanas, conforme a equação 8. No total, 229 atropelamentos aconteceram nesses dois mil pontos de travessia no período médio de cinco anos, significando que em média aconteceu um atropelamento por travessia a cada 43,7 anos. Porém, a escolha dos pontos de estudo não levou em consideração os pontos da malha viária com alta incidência de atropelamentos, e sim a ausência de controles semaforicos e a semelhança das características entre os pontos com e sem marcação de faixa. Os resultados dos modelos indicaram que maiores volumes veiculares e de pedestres e um maior número de faixas de

circulação estão relacionados a uma maior frequência de atropelamentos. Em compensação, a presença de canteiro central em vias com três ou mais faixas de circulação aumentam a segurança dos pedestres (ZEGEER et al., 2003; 2005).

$$E(\text{Accs}_i) = \text{yrs}_i (\text{ADP}_i)^{p_1} (\text{ADT}_i)^{p_2} e^{\sum \beta_j x_{ij}} \quad (8)$$

Onde:

$E(\text{Accs}_i)$ : número de atropelamentos esperado no local  $i$

$\text{yrs}_i$ : número de anos referentes aos dados sobre os atropelamentos disponíveis no local  $i$

$\text{ADP}_i$ : volume de tráfego diário de pedestres no local  $i$

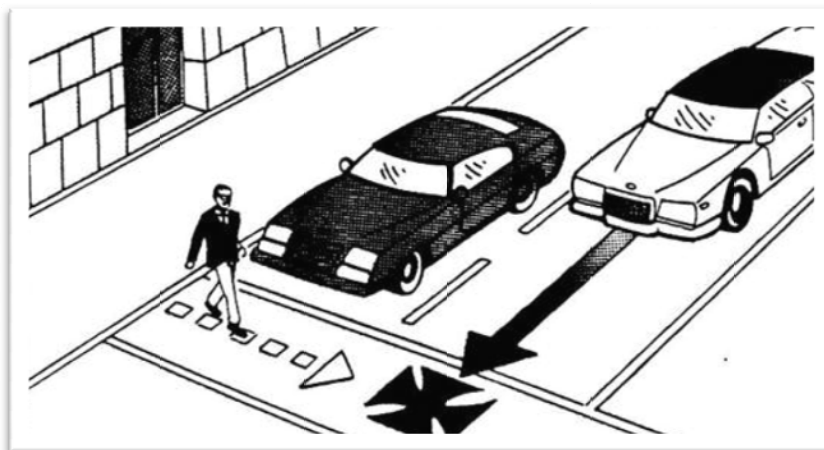
$\text{ADT}_i$ : volume de tráfego diário de veículos no local  $i$

$x_{ij}$ : variáveis descritivas das características geométricas ou do ambiente viário

$p_1, p_2, \beta_j$ : parâmetros do modelo

Através dos modelos concebidos por Zegeer et al. (2003; 2005) foi possível estabelecer análises comparativas entre travessias com e sem marcação de faixa. Observou-se que em vias com duas faixas de circulação ou com fluxo veicular inferior a 12.000 veículos por dia não apresentaram diferenças significativas na segurança os locais com ou sem faixa de travessia. Porém, em vias com volume veicular elevado, os resultados indicaram maior segurança nos locais sem marcação de faixa de travessia. Os autores advertem que não se pode concluir que faixas de travessia não melhoram a segurança dos pedestres. Uma possível explicação para os resultados obtidos encontra-se na força de atração exercida pela faixa de travessia em grupos de pedestres mais vulneráveis, particularmente crianças e idosos. Cerca de 80% dos pedestres pertencentes a esses dois grupos escolhem cruzar a via em faixas de travessia.

Além disso, 17,6% dos atropelamentos nas faixas de travessia foram classificados como “perigo múltiplo” (*multiple-threat*), onde um pedestre é atingido por um veículo trafegando na segunda faixa de circulação, quando o veículo da primeira faixa de circulação parou na faixa de travessia, conforme ilustrado na Figura 14. Já nas travessias sem faixa de segurança não ocorreu atropelamento desse tipo. Assim, os autores supuseram que a insegurança observada nas faixas de pedestre pode ser também explicada pelo comportamento dos motoristas, que estão mais propensos a concederem prioridade aos pedestres em faixas de travessia, mas, como nem todos respeitam as leis, o atropelamento do tipo “perigo múltiplo” acontece. Nesses pontos, os pedestres também podem diminuir sua atenção sobre o fluxo veicular após um condutor ter parado o veículo para que ele realizasse a travessia (ZEGEER et al., 2005).



**Figura 14 - Atropelamentos do tipo “perigo múltiplo”**

Fonte: Zegeer et al. (2005)

#### **3.4.4 Outros modelos de previsão de atropelamentos**

Observa-se ainda que alguns modelos de previsão, ao invés de estudar a relação entre as características do sistema de transportes e a ocorrência dos atropelamentos, estabelecem os fatores que estão mais relacionados à severidade dos atropelamentos. Para tal, eles geram modelos de regressão logística utilizando dados provenientes das estatísticas oficiais. Foi utilizando essa metodologia que Martinez e Porter (2004) mostraram que a probabilidade de se envolver em um atropelamento fatal na Virgínia, nos EUA, é maior se a pessoa for do sexo masculino, se tiver consumido bebida alcoólica, e se a viagem for realizada em áreas rurais ou durante o período de 00:00 e 5:59 horas.

Sze e Wong (2007) criaram modelos de regressão logística para prever a severidade dos atropelamentos em Hong Kong, na China. Os autores concluíram que os pedestres que têm menor chance de ser uma vítima fatal ou com lesões graves são pessoas do sexo masculino com idade inferior a 15 anos envolvidos em atropelamentos durante o dia, em uma travessia com fluxo saturado de pedestres localizada em um segmento de via com congestionamento de moderado a intenso. Em contrapartida, os pedestres com idade superior a 65 anos ou que tiveram lesões na cabeça, atropelamentos ocorrendo em até 15 metros de uma travessia regulamentada, em vias cuja velocidade limite é superior a 50 km/h ou em vias com duas ou mais faixas de circulação implicam em uma maior probabilidade gerar uma vítima fatal ou com lesão grave.



### 3.5 FATORES DE RISCO DE ATROPELAMENTO EM TRAVESSIAS URBANAS

A identificação dos fatores relacionados à ocorrência de atropelamentos é uma etapa essencial no processo de avaliação de risco. É através dela que podem ser determinados os fatores de risco a serem investigados e/ou incluídos em modelos de avaliação de risco. Conforme a revisão teórica, a maior parte dos atropelamentos acontece durante a travessia de uma via e em ambientes urbanos. Por isso, esse item se dedica apenas a explicitar os principais fatores de risco de travessias urbanas identificados a partir da revisão dos estudos revisados neste capítulo.

Dessa forma, foi possível listar 60 fatores relacionados à ocorrência de atropelamentos em travessias: 24 fatores do componente humano, 5 referentes aos condutores e 19 aos pedestres, e 36 fatores do componente viário-ambiental. Como poucos fatores relacionados ao componente veicular foram identificados na literatura, esses não foram detalhados nesse item. Porém, existe uma alusão a esse componente no grupo de fatores do componente viário-ambiental, que considera que a composição do tráfego veicular influencia a probabilidade de ocorrência de atropelamentos.

Os fatores do componente humano concernentes aos condutores incluem basicamente o sexo, a faixa etária e o comportamento do condutor. Esse comportamento agrupa três fatores de risco: uso de substância tóxica, desrespeito às faixas de travessia e à velocidade regulamentada. Já os fatores referentes aos pedestres foram agrupados em três categorias: (i) estado sócio-econômico; (ii) condições variáveis; e (iii) questões relativas à viagem. Esses fatores estão explicitados na Figura 15.

O estado sócio-econômico englobou as características inerentes do pedestre, que não se modificam em um espaço curto de tempo, tais como sexo, faixa etária, etnia e classe social. Nesse grupo, também se inseriu o fator envolvimento prévio em atropelamentos, que embora não represente uma característica sócio-econômica, é relativo a um atributo não variável de acordo com o propósito da viagem ou questões operacionais da via. As condições variáveis incluíram as características momentâneas do pedestre, entre as quais o seu estado mental, humor e pressa, e o seu comportamento. As questões relativas à viagem estão relacionadas às escolhas e necessidades de mobilidade dos pedestres, abrangendo o motivo da viagem, a

familiaridade com a rota, a companhia do pedestre durante a viagem (acompanhado ou sozinho) e a mudança de modal de transportes.

<b>Estado sócio-econômico</b>	<b>Condições variáveis</b>	<b>Questões relativas à viagem</b>
Faixa etária	Humor	Motivo da viagem
Sexo	Pressa	Familiaridade com a rota
Etnia	Uso de substâncias tóxicas	Companhia durante viagem
Classe social	Uso de celular durante caminhada	Mudança de modal de transportes
Condição empregatícia	Uso de aparelhos de áudio portátil	
Nível de Escolaridade	Conformidade espacial e/ou temporal	
Conhecimento das leis de trânsito		
Posse de veículo e/ou carteira de habilitação		
Envolvimento prévio em atropelamento		

**Figura 15 - Fatores do componente humano (pedestres)**

Os fatores do componente viário-ambiental foram divididos em dois grupos: (i) fixos, quando são constantes durante certo período de tempo; e (ii) variáveis, quando têm sua condição modificada ao longo do dia, semana, mês ou ano. Em cada um dos grupos foram identificadas características relativas ao ambiente, à infra-estrutura e à operação da via e ao local da travessia, conforme apresentado na Figura 16.

O ambiente foi caracterizado pelas características fixas do uso do solo e do nível de segurança pública, e as características variáveis das condições temporais e climáticas. As características viárias fixas referem-se à infra-estrutura local, tais como largura da via, número de faixas de circulação e condições do pavimento. As características variáveis abrangem basicamente questões operacionais, como, por exemplo, a velocidade do fluxo veicular. Os fatores relativos às travessias englobam atributos físicos, como a presença de marcação de faixa de travessia e de controle semafórico, e atributos oscilantes, como o fluxo de pedestres e veículos.

É importante salientar que a classificação dos fatores relativos ao risco de atropelamento não é uma tarefa simples, uma vez que esses fatores encontram-se correlacionados. Por exemplo, o fluxo de pedestres depende das condições climáticas e do tipo de uso do solo. Além disso, alguns fatores podem ser incluídos em dois ou mais grupos, como, por exemplo, a presença de parada de ônibus que tanto pode ser uma característica da travessia como do tipo de uso do solo.

	<b>Fixos</b>	<b>Variáveis</b>
<b>Ambiente</b>	Tipo do uso do solo (residencial, comercial, misto)	Condições climáticas
	Presença de pólos geradores de viagens (escolas, shoppings, hospitais)	Período do ano
	Nível da segurança pública	Dia da semana
	Presença de vegetação na calçada	Período do dia
	Luminosidade	
<b>Infra-estrutura e Operação da Via</b>	Largura da via	Velocidade do fluxo veicular
	Número de faixas de circulação de veículos	Brechas no fluxo de tráfego
	Sentido da via	
	Presença de curvas antes ou no local da travessia	Tempo de ciclo semafórico
	Presença de canteiro central ou ilha de refúgio	Composição do tráfego de pedestres
	Presença de conflitos potenciais (conversões veiculares)	Composição do tráfego veicular
	Presença de calçada	
	Largura da calçada	
	Condições da sinalização vertical e horizontal	
	Permissão de estacionamento lateral	
	Condições do pavimento	
	Visibilidade	
	Presença de corredores de ônibus	
Presença de paradas de ônibus		
<b>Travessia</b>	Tipo de travessia (interseção, meio de quadra)	Fluxo de pedestres na travessia
	Presença de faixas de pedestres	Fluxo veicular na travessia
	Presença de controle semafórico	Tempo de espera para iniciar a travessia
	Distância da travessia à interseção mais próxima	
	Distância do ponto de travessia à faixa de travessia mais próxima	

**Figura 16 - Fatores do componente viário-ambiental**

Observa-se, também, que os fatores são interativos, de forma que um comportamento arriscado é compensado por um aumento de velocidade de caminhada, diminuindo a exposição ao risco, ou, o alto fluxo veicular é compensado por um maior número de pessoas atravessando a via na faixa de travessia e no tempo semafórico verde para os pedestres. Assim, entende-se que o risco depende de um conjunto de fatores, e que as relações dos fatores com o risco de atropelamentos nem sempre são lineares.

### 3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse capítulo caracterizou, através da revisão da literatura, vários fatores interativos que contribuem para a ocorrência de atropelamentos. Observou-se que o risco de atropelamento está associado principalmente aos atributos dos usuários e do meio ambiente- viário. Alguns atributos referentes ao veículo, tais como forma e tamanho, também podem ser atribuídos a um comportamento distinto por parte do condutor ou a um maior nível de severidade dos atropelamentos, entretanto, esse assunto ainda deve ser estudado com maior profundidade para entender essa relação. Porém, estudos destacam que a instalação de equipamentos específicos no veículo pode diminuir o risco de atropelamento: (i) sistemas inteligentes de adaptação da velocidade, que em alertam e regulam a velocidade do veículo de acordo com os limites de velocidade da via (MA; ANDRÉASSON, 2005); e (ii) sensores de detecção dos pedestres, que alertam aos motoristas quando um pedestre está atravessando a via à sua frente (CHAN et al., 2006).

Embora se observe alguns padrões na ocorrência dos acidentes envolvendo pedestres, no comportamento e na percepção de risco dos usuários, não é possível indicar qual fator está associado ao maior risco de atropelamentos. Além disso, os fatores associados ao risco estão vinculados às peculiaridades da área de estudo, pois os aspectos sócio-econômicos e culturais exercem forte influência no comportamento e percepção de risco dos usuários.

Essa influência foi demonstrada, por exemplo, no estudo conduzido na Etiópia, onde os entrevistados de classe social mais desfavorecida apontaram a “estupidez” e a falta de supervisão e treinamento dos filhos por parte dos pais como causa dos atropelamentos. Dessa forma, eles sobressaíram a percepção de que os atropelamentos só acometem os outros, se julgando mais capazes e demonstrando uma avaliação de perigo menor para si próprio. Essa falsa sensação de segurança, pautada na autoconfiança, também está vinculada ao engajamento em situações mais arriscadas. Nesse caso específico, medidas educacionais deveriam ser aplicadas na área com o objetivo de alertar as pessoas sobre os perigos do trânsito.

Entretanto, observa-se que alguns fatores de risco são comuns a diversos países, como é o caso do sexo dos pedestres e faixa etária. Os pedestres do sexo masculino são apontados como um grupo de maior risco, pois estão envolvidos em um maior número de atropelamento

e apresentam comportamentos mais arriscados. Essa constatação pode ser explicada pela própria natureza do homem em superestimarem suas habilidades físicas e apresentarem menor aversão ao risco. Além disso, infere-se que em algumas cidades os condutores tendem a respeitar mais os pedestres do sexo feminino do que do masculino, dando mais oportunidades para que as mulheres atravessem as vias (AL-MADANI; AL-JANAHI, 2006).

As crianças e os idosos também estão sujeitos a maiores riscos no trânsito. As crianças estão mais propícias a se engajarem em atitudes impulsivas e arriscadas. Além disso, aquelas menores de 9 anos não podem julgar com precisão a velocidade e distância de aproximação dos veículos (LASSMAN, 2001). Os idosos, embora apresentem comportamentos mais seguros, estão mais vulneráveis devido a suas características cognitivas, físicas e psicomotoras (OXLEY et al., 2004; SPARROW et al., 2002; ZEGEER et al., 2005).

Ressalta-se, também, que devido à interação dos fatores, algumas controvérsias são encontradas na literatura, principalmente no caso da presença de faixas de travessia. Estas, quando bem planejadas e apropriadamente localizadas, atraem o fluxo de pedestres. Além disso, a faixa de travessia é considerada como uma solução de baixo custo para a melhoria da segurança dos pedestres (REINHOLD; GOLDNER, 2006). Entretanto, alguns estudos observaram que elas não são apropriadas em fluxos veiculares elevados e que nem sempre provocam mudanças no comportamento dos condutores.

Os principais problemas encontrados nas faixas de travessia estão relacionados ao comportamento dos usuários. Quando existe uma baixa conformidade da faixa de travessia por parte dos condutores, os pedestres se arriscam forçando as travessias e gerando conflitos de tráfego e podem ocorrer atropelamentos classificados como “perigo múltiplo”, onde um condutor pára o veículo para dar prioridade ao pedestre e o veículo da faixa conseqüente não o faz, gerando um ponto de conflito. Nessas situações tanto o condutor que não parou como o pedestre tem baixa visibilidade um do outro (EKMAN; HYDEN, 1999; ZEGEER et al., 2005).

## 4 MÉTODO PROPOSTO

Os capítulos anteriores apresentaram um panorama da segurança dos pedestres, através da etapa de caracterização teórica do objeto de estudo. A partir desse panorama foi possível propor um método de avaliação de risco de atropelamento das travessias em meio de quadra. Este capítulo destina-se a apresentação desse método, através da descrição de suas etapas metodológicas.

### 4.1 DELINEAMENTO DO MÉTODO PROPOSTO

Avaliar e prever o risco de atropelamentos em travessias em meio de quadra é uma tarefa complexa devido à dispersão dos atropelamentos na malha viária e à limitação de recursos para coleta de dados. Os estudos que buscaram avaliar esse risco caracterizam-se por diferentes abordagens metodológicas, que envolveram análises qualitativas ou de estatística descritiva, conforme salientado na revisão teórica.

A limitação desses estudos encontra-se na falta de combinação de diferentes tipos de dados para avaliar o risco, pois o uso de uma abordagem puramente qualitativa ou quantitativa pode acarretar distorções sobre as conclusões acerca do risco. Isso ocorre porque um local percebido como perigoso pode ainda não ter registrado um atropelamento, ou um local com alto registro de atropelamentos pode ser avaliado pelos usuários como seguro.

A combinação de diferentes tipos de abordagens permite um gerenciamento da segurança dos pedestres com caráter reativo e pró-ativo. O único estudo que utilizou esse tipo de combinação foi o realizado por Schneider et al. (2004), que avaliou segmentos de vias na área de influência do campus de uma universidade americana. Esses autores combinaram dados estatísticos de atropelamentos e referentes à percepção do risco de usuários para identificar os locais propensos à ocorrência de atropelamentos. O problema do método desenvolvido por Schneider et al. (2004) recaí em sua reaplicação, que limita-se a pequenas

áreas onde há grande movimentação de pedestres e as pessoas são familiarizados com a área de estudo.

Dentro desse contexto, percebeu-se a oportunidade de desenvolver um método de avaliação de risco de travessias em meio de quadra que, além de realizar análises subjetivas referentes à percepção, incorpore questões relativas à ocorrência de atropelamentos, de forma a tratar o risco de atropelamento com medidas reativas e pró-ativas. Além disso, esse método deve se adequar a diferentes realidades, principalmente as vigentes em países em desenvolvimento como o Brasil, onde há escassez de dados e de recursos para sua obtenção.

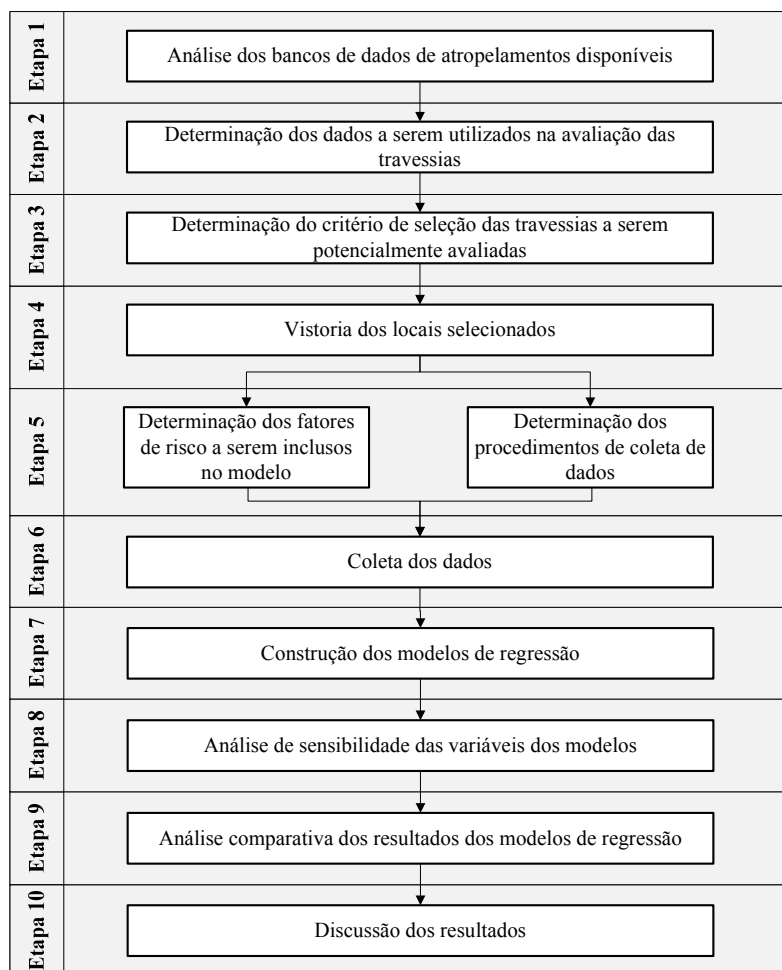
O método proposto incorpora análises quantitativas e qualitativas através de técnicas de modelagem que relacionam a incidência de atropelamentos ou a percepção de risco dos pedestres com os fatores de risco. Esse método oferece a vantagem de ser flexível em relação à disponibilidade de dados. O desenvolvimento do método teve como primícias a simplicidade de aplicação e a necessidade de poucos recursos para coleta dos dados. A Figura 17 apresenta o delineamento do método proposto.

## 4.2 DESCRIÇÃO DAS ETAPAS DO MÉTODO

O método proposto nesta tese é composto por 10 etapas, detalhadas a seguir.

### 4.2.1 Etapa 1 – Análise dos bancos de dados

A primeira etapa do método proposto consiste na análise dos bancos de dados de acidentes da área urbana em estudo. Deve-se inicialmente entender como os dados são coletados e armazenados e, então, observar o nível de detalhamento desses dados. É importante analisar se há consistência nos dados armazenados e se é possível identificar o local na malha viária de ocorrência dos atropelamentos. Ainda, deve-se explicitar as eventuais deficiências no banco de dados.



**Figura 17 - Delineamento do método proposto**

#### 4.2.2 Etapa 2 – Determinação dos dados a serem utilizados

A segunda etapa do método prevê a determinação dos dados a serem utilizados na avaliação das travessias. Esses dados podem ser referentes a conflitos de tráfego, à percepção de risco ou à ocorrência de atropelamentos, conforme relatado na revisão teórica. A análise dos dois primeiros tipos de dados faz parte do gerenciamento da segurança pró-ativo, onde se busca identificar o risco de atropelamento antes que o acidente aconteça. Já o terceiro tipo enquadra-se em um gerenciamento reativo, onde as análises baseiam-se em dados de eventos ocorridos.

A combinação de dois ou mais tipos de dados na avaliação de risco de atropelamentos permite uma análise mais abrangente, de forma a suprir possíveis deficiências em análises puramente quantitativas ou qualitativas. A escolha dos dados a serem utilizados depende da



disponibilidade e facilidade de coleta dos dados. Por exemplo, para utilizar dados de atropelamentos é necessário que seja possível identificar em quais travessias em meio de quadra esses eventos ocorreram. A utilização de dados de conflitos de tráfego é mais indicada para interseções, pois em segmentos de via a observação de conflitos com pedestres é menos freqüente, conforme visto na revisão teórica. A utilização de dados de percepção de risco envolve um planejamento prévio de coleta de dados, porém é mais facilmente aplicada em locais que não possuem um banco de dados de atropelamentos detalhado.

Desta forma, a escolha do tipo de dado é dependente de cada realidade. Aconselha-se o uso de dados de atropelamentos e de percepção na avaliação de risco desses eventos. Porém, caso não seja possível utilizar esses dois tipos de dados, o método proposto ainda pode ser aplicado sem a realização da etapa nove, que envolve a análise comparativa dos modelos de regressão.

#### **4.2.3 Etapa 3 – Determinação do critério de seleção das travessias**

Para a aplicação do método é necessário que sejam definidos os locais onde serão feitas as análises e coleta de dados. Existem várias formas de selecionar essas travessias, entre as quais a amostragem aleatória de travessias, a seleção restrita a travessias onde há dados disponíveis sobre os acidentes ou sobre características da via e a seleção de travessias onde há comprovação de problemas de segurança, como os pontos com alta incidência de atropelamentos.

A maior parte dos estudos seleciona os locais de análise em função da disponibilidade de dados sobre características operacionais da via. Devido à aleatoriedade e dispersão da ocorrência dos atropelamentos na rede viária, observa-se que essa seleção é composta por várias travessias onde não ocorreu atropelamento algum. Isto acarreta problemas na geração de modelos de avaliação de travessias baseados em dados de ocorrência de atropelamentos, sendo necessário um tamanho de amostra de travessias relativamente grande para se obter resultados conclusivos (CARTER et al., 2006; GREIBE, 2003; ZEGEER et al., 2006a).

Em países em desenvolvimento como o Brasil, onde há limitações de recursos para coleta de dados e são poucos os dados disponíveis acerca das características operacionais da

via, a necessidade de seleção de amostras muito grandes podem inviabilizar a análise das travessias. Além disso, esses países apresentam taxas de atropelamentos superiores aos países desenvolvidos (PEDEN et al., 2004).

Acredita-se que uma abordagem que busque analisar os padrões dos atropelamentos em locais com alta incidência desses eventos, como, por exemplo, mais de um atropelamento por ano, pode ser mais adequada em países em desenvolvimento, pois visa focar naqueles locais onde há comprovação de problemas de segurança. Ainda, esse tipo de abordagem pode requerer uma menor quantidade de amostras. Este fato não foi constatado na revisão bibliográfica, pois nenhum dos estudos selecionou locais com alta incidência de atropelamentos para a construção de modelos de avaliação de risco de atropelamento. Vale ressaltar que em países desenvolvidos são raros os locais que apresentam incidência de atropelamento da ordem dos encontrados nas grandes cidades brasileiras.

Desta forma, o método proposto sugere uma seleção de travessias onde se observou um grande número de atropelamentos ao longo do tempo. Porém, quando não houver dados disponíveis sobre os atropelamentos, os pesquisadores devem selecionar as travessias aleatoriamente ou em locais onde houver disponibilidade e facilidade de coleta de dados sobre características operacionais da via.

#### **4.2.4 Etapa 4 – Vistoria dos locais selecionados**

Após a seleção dos locais a serem analisados, é necessária a realização de uma vistoria. Essa vistoria permite observar as peculiaridades de cada local, e estabelecer as limitações que irão guiar a escolha dos fatores de risco e os procedimentos de coleta de dados.

Além disso, deve-se determinar se é factível a realização da análise dos locais selecionados na terceira etapa. A análise apenas poderá ser realizada se for possível estabelecer o local onde os atropelamentos ocorreram e se os procedimentos de coleta de dados não implicarem em condições inseguras para o pesquisador. Isso indica que, apesar da importância de se analisar os locais com baixo nível de segurança pública, esses podem ser excluídos da análise caso o pesquisador julgue que sua segurança pessoal pode estar comprometida.

#### **4.2.5 Etapa 5 – Determinação dos fatores de risco e procedimentos de coleta de dados**

A quinta etapa refere-se à determinação dos potenciais fatores de risco a serem utilizados nas análises das travessias como variáveis explicativas dos modelos de regressão. A determinação desses fatores, embasada na revisão teórica, é dependente das características das travessias em análise e da disponibilidade de recursos para a coleta das informações necessárias.

Essa etapa prevê, ainda, a definição dos procedimentos de coleta de dados a serem utilizados de forma a obter os dados referentes aos fatores de risco selecionados. Essa definição se dá de forma interativa, na medida em que um fator pode ser excluído da análise em função da inviabilidade de obtenção de informações a seu respeito. Os itens seguintes apresentam os critérios de seleção dos fatores de risco e dos procedimentos de coleta de dados.

##### **4.2.5.1 Seleção dos fatores de risco**

A seleção dos fatores de risco que serão analisados na concepção dos modelos de regressão de avaliação das travessias deve se embasar na revisão teórica e na análise das características das travessias selecionadas. Além disso, essa seleção deve considerar as restrições do estudo, sejam elas referentes aos recursos disponíveis ou aos procedimentos de coleta de dados selecionados. Genericamente, os princípios que orientam essa seleção englobam: (i) a facilidade de medição; (ii) a representatividade e relevância para avaliação do risco de atropelamento; e (iii) o custo de coleta.

Normalmente, a seleção dos fatores de risco ocorre em duas etapas. Na primeira etapa, são selecionados os fatores relevantes para explicação do fenômeno em estudo. Na segunda etapa é verificado para quais desses fatores existem dados disponíveis e a possibilidade de coletá-los de acordo com os procedimentos de coleta de dados escolhidos. É importante destacar que a exclusão de um fator não necessariamente invalida a análise, uma vez que muitos deles são correlacionados.

#### 4.2.5.2 Escolha dos procedimentos de coleta de dados

Depois de listar os fatores de risco mais relevantes para o estudo, o pesquisador deve escolher os procedimentos de coleta de dados a serem aplicados. Através da revisão da literatura foi possível especificar quais os procedimentos de coleta dados mais utilizados na caracterização de uma travessia, sejam eles relativos às características do sistema de transportes, ao comportamento ou à percepção de risco de especialistas ou usuários.

Os fatores fixos do sistema de transportes geralmente são mensurados “*in loco*”, utilizando instrumentos de medição e/ou escalas de avaliação qualitativa ou quantitativa. Por exemplo, a largura da via pode ser determinada utilizando-se uma trena, enquanto o número de faixas de circulação da via pode variar em uma escala de 1 a 8 faixas. Ainda, aspectos relativos à visibilidade ou condições da sinalização podem ser classificados subjetivamente em escala de qualidade como bons, regulares ou ruins (CARDOSO, 2006).

Já as características operacionais da via podem ser mensuradas por métodos diretos, através de observações ou equipamentos de medição automática, ou indiretos, a partir simulações ou questionários contendo perguntas sobre o comportamento dos usuários e/ou características de suas viagens. Os métodos indiretos são mais indicados para estimar os fatores de áreas abrangentes, pois as características de locais específicos, tal como o fluxo de tráfego de pedestres de uma determinada faixa de travessia, não podem ser estimadas com precisão por questionários (GREENE-ROESEL et al., 2007a; 2007b). Como o método proposto envolve a análise de travessias, é recomendável a utilização de métodos diretos.

Entre os métodos diretos, as medições automáticas são preferíveis por facilitarem o processo de coleta de dados. Porém, observa-se que os equipamentos de medição automática nem sempre estão disponíveis e apresentam elevados custos de obtenção. Além disso, no caso específico da estimativa do fluxo de pedestres, eles ainda encontram-se em desenvolvimento e a maior parte dos equipamentos apenas detecta os pedestres, sem realizar contagem do volume de pedestres (BU et al., 2007; DHARMARAJU et al., 2001; GREENE-ROESEL et al., 2007a; 2008).

Em relação aos métodos de observação, os vídeos das travessias são os mais adequados quando se deseja coletar dados de mais de um fator variável, visto que eles podem ser revisados múltiplas vezes de forma a garantir uma maior precisão na coleta dos dados.

Porém, o pesquisador deve estar ciente que esse método consome bastante tempo e requer uma análise meticulosa dos vídeos (DIÓGENES et al., 2007).

Concomitantemente com a escolha de procedimentos de coleta de dados referentes às características das travessias, deve-se escolher o método de pesquisa qualitativa que obtenha os dados referentes à percepção de risco de atropelamentos. Entre os métodos de avaliação de uma travessia, destacam-se as simulações de vídeos, onde os participantes da pesquisa atribuem uma nota referente à segurança da travessia. Esse método apresenta a vantagem de o participante poder observar com atenção uma grande variedade de características do sistema de transportes para basear sua avaliação. Além disso, os participantes podem avaliar um maior número de travessias em um menor espaço de tempo e com um menor custo que nos métodos onde eles devem realizar um trajeto a pé para avaliar as travessias. Outra vantagem está associada ao fato de todos os participantes estarem expostos a condições idênticas durante a pesquisa (LANDIS et al., 2005).

Frente a essa variedade de procedimentos de coleta de dados, o pesquisador deve escolher aquele mais adequado a sua realidade e aos recursos disponíveis. Por exemplo, se o pesquisador não possui equipamentos automáticos de medição, ele deve coletar os dados manualmente. Já escolha por vídeos é dependente da segurança pública dos locais de coleta de dados e da disponibilidade de tempo para análise dos vídeos.

#### **4.2.6 Etapa 6 – Coleta de dados**

A sexta etapa do método proposto prevê a realização dos procedimentos de coleta de dados. Durante essa etapa, devem ser coletados dados relativos tanto aos fatores de risco como relativo à percepção de risco de atropelamento. Ainda, o pesquisador deve atentar para as possíveis fontes de erro geradas pelo processo de coleta de dados, para que observações acerca delas sejam feitas durante a análise dos resultados.

#### 4.2.7 Etapa 7 – Construção dos modelos de regressão

Após a etapa de coleta de dados, devem ser gerados os modelos de regressão. Como o método prevê a análise da travessia através de dados de ocorrência de atropelamentos e de percepção de risco, dois modelos podem ser construídos, cujas variáveis explicativas são os fatores de risco selecionados na quinta etapa do método proposto.

O primeiro modelo tem como variável dependente o número de atropelamentos ocorridos, ou seja, a contagem de um tipo de acidente viário, e só deve ser construído se esses dados estiverem disponíveis. Esse modelo permitirá estimar o risco observado da travessia. As estruturas probabilísticas mais utilizadas para este tipo de modelagem são a distribuição de Poisson e a Binomial Negativa, embora outros estudos tenham buscado o aprimoramento de modelos estatísticos para a modelagem da ocorrência de acidentes viários (LORD, 2006). Isso ocorre porque a modelagem de variáveis dependentes quantitativas discretas, referentes a uma contagem ou taxa deve ser feita utilizando um modelo de regressão de Poisson, um modelo binomial negativo ou um modelo log-linear. Outra vantagem desses modelos é que as variáveis explicativas podem ser tanto qualitativas quanto quantitativas (GREENE, 2000; SANT'ANNA, A. M. O., 2006).

A determinação de qual modelo será aplicado na modelagem de acidentes viários depende da média e da variância da amostra. O modelo de regressão de Poisson é escolhido quando há independência entre as observações e a variância e média da amostra são iguais. O modelo binomial negativo não pressupõe que a média e variância amostral sejam iguais, sendo utilizado principalmente quando as amostras apresentam superdispersão, ou seja, quando a variância é maior do que a média (AVEN, 2003; GREENE, 2000; HAUER, 1997; LORD, 2006).

O segundo modelo a ser gerado na sétima etapa do método proposto tem como variável dependente a média das notas de percepção de risco atribuídas pelos participantes da pesquisa e permite estimar o risco percebido. Para o desenvolvimento desse modelo pode-se utilizar a regressão linear múltipla, já que as médias das notas atribuídas às travessias aproximam-se a uma distribuição normal (BALTES; CHU, 2002; CARTER et al., 2006; LANDIS et al., 2001; PETRITSCH et al., 2005; ZEGEER et al., 2006a).

De forma geral, a construção dos dois modelos de regressão é realizada através de *softwares* estatísticos e recomenda-se que variáveis explicativas não estatisticamente significativas sejam retiradas uma a uma para que se obtenha o modelo mais adequado para explicar o fenômeno em estudo. A análise de significância deve embasar-se no coeficiente de Pearson, onde o *p-value* das variáveis significativas deve ser menor ou igual a 0,05, para um nível de significância de 5%.

#### **4.2.8 Etapa 8 – Análise de sensibilidade**

Após o desenvolvimento dos modelos de regressão deve-se realizar uma análise de sensibilidade de forma a entender como as variáveis explicativas dos modelos interferem na variável de resposta. Essa análise corresponde à oitava etapa do método proposto e permite que seja observado o comportamento dos modelos diante de diferentes cenários e os efeitos da variação de cada variável individualmente.

#### **4.2.9 Etapa 9 – Análise comparativa dos modelos de regressão**

A nona etapa do método consiste em uma análise comparativa dos modelos desenvolvidos. Durante essa análise, o pesquisador deve entender as diferenças entre os modelos baseados em dados de ocorrência de atropelamentos e de percepção de risco. Essa análise ainda deve destacar aqueles fatores que influenciam a percepção de risco e não foram estatisticamente significativos para explicar a ocorrência de atropelamentos e vice-versa.

Durante essa etapa deve-se também identificar as travessias onde os modelos estimam um alto risco percebido e/ou observado. Essa identificação é importante para que os modelos sejam utilizados para embasar as ações de segurança viária. Por exemplo, pode-se optar por priorizar para tratamento as travessias onde o risco percebido e o observado apresentaram valores estimados mais altos pelos modelos. Vale lembrar que o comportamento dos pedestres, e às vezes também dos condutores, é influenciado pela percepção de risco, de forma que uma travessia potencialmente perigosa pode apresentar baixas taxas de atropelamento.

#### **4.2.10 Etapa 10 – Discussão dos resultados**

A décima etapa do método envolve a discussão dos resultados do estudo. Durante essa etapa o pesquisador deve realizar uma análise crítica dos resultados da aplicação do método, destacando suas vantagens e desvantagens. Ainda, ele deve salientar as limitações dos modelos desenvolvidos para avaliação de risco de atropelamentos em travessias em meio de quadra.



## **5 ESTUDO DE CASO**

Este capítulo tem como objetivo apresentar a aplicação do método proposto na cidade de Porto Alegre. Inicialmente é feita uma análise do banco de dados de acidentes dessa cidade, e então são identificados os pontos da malha viária com maior incidência de atropelamentos. Ainda, são apresentadas as etapas de determinação dos fatores a serem incluídos no modelo e os processos de coleta de dados. As etapas finais do método referentes à construção e análise dos modelos de regressão e à discussão dos resultados são apresentadas no próximo capítulo.

### **5.1 ANÁLISE DO BANCO DE DADOS DE PORTO ALEGRE**

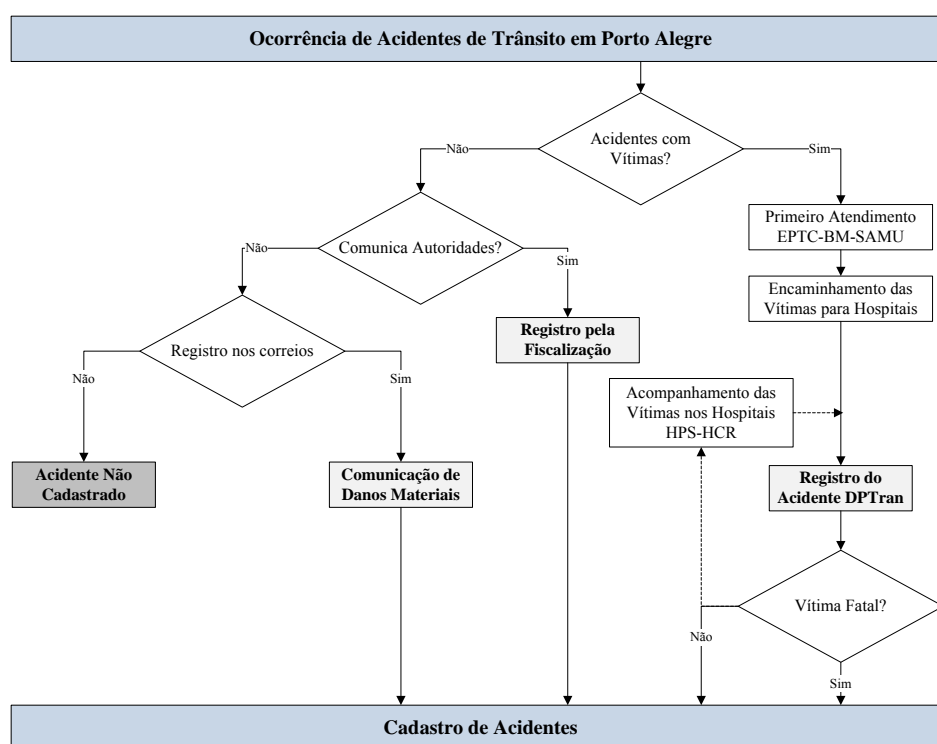
A cidade de Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul, está inserida em uma área de 497 km<sup>2</sup> com população estimada em 1.420.667 habitantes (IBGE, 2007). No que tange a caracterização do sistema viário de transportes, observa-se que essa área é dotada de uma frota veicular elevada, onde há aproximadamente um veículo motorizado para cada dois habitantes (DETRAN-RS, 2006). A malha viária é composta por cerca de 5.000 km de vias urbanas, sendo apenas 1.500 km pavimentados com asfalto ou concreto. Outra particularidade da cidade é a existência de 49 km de corredores exclusivos para ônibus, seja em pista ou faixa segregada (CARDOSO, 2006).

#### **5.1.1 Banco de dados de acidentes viários de Porto Alegre**

A gestão do trânsito e transporte coletivo da cidade é responsabilidade da Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC). Essa empresa mantém um banco de dados georreferenciados sobre os acidentes do trânsito ocorridos na malha viária da cidade desde 1998. Esses dados são provenientes principalmente do Departamento de Polícia Judiciária de

Trânsito (DPTran) e da Fiscalização de Trânsito da EPTC. Uma fonte de dados complementar consiste no registro de acidentes onde só houve danos materiais nas Agências dos Correios através da Comunicação de Danos Materiais em Acidentes de Trânsito (CARDOSO, 2002).

O fluxo de coleta de dados de acidentes é apresentado na Figura 18. Ao ocorrer um acidente com vítimas, a equipe de Fiscalização de Trânsito da EPTC ou a Polícia Militar é acionada e considerada responsável pela requisição de socorro médico através do Serviço de Atendimento Médico de Urgência (SAMU). Após, as vítimas são encaminhadas a um dos hospitais especializados no atendimento de vítimas de acidentes de trânsito: Hospital de Pronto Socorro (HPS) ou Hospital Cristo Redentor (HCR). A equipe solicitada ao local do acidente também é responsável pelo preenchimento do boletim de ocorrência de acidente de trânsito que é armazenado na sede do DPTran. O acompanhamento das vítimas feridas é feito por postos da polícia civil localizadas nos hospitais (CARDOSO, 2002).



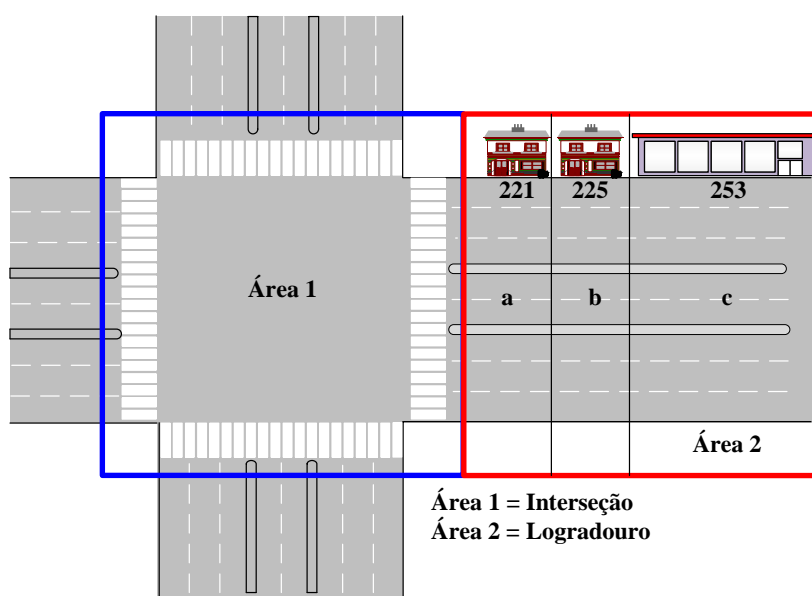
**Figura 18 - Fluxo de dados dos acidentes de trânsito de Porto Alegre**

Fonte: Adaptado de Cardoso (2002)

O registro do local do acidente nos boletins de ocorrência pode ser diferenciado entre interseção e logradouro, conforme ilustrado na Figura 19. No primeiro caso, representado pelos acidentes ocorridos na área 1 da Figura 19, os responsáveis pelo preenchimento do

boletim de ocorrência anotam o nome das duas vias que compõem a interseção viária, sem diferenciar em que braço da interseção ocorreu o acidente.

No caso dos logradouros, representado pelos acidentes ocorridos na área 2 da Figura 19, os responsáveis pelo preenchimento do boletim de ocorrência são orientados a anotarem o número da edificação em frente ao local do evento. Por exemplo, se um acidente ocorreu na área 2b, anota-se o número 225 ou o correspondente da edificação do lado de numeração par. No entanto, no banco de dados analisado, não é claro qual o critério utilizado para a associação entre o lado da via e a posição do acidente.



**Figura 19 - Esquema do registro do local do acidente**

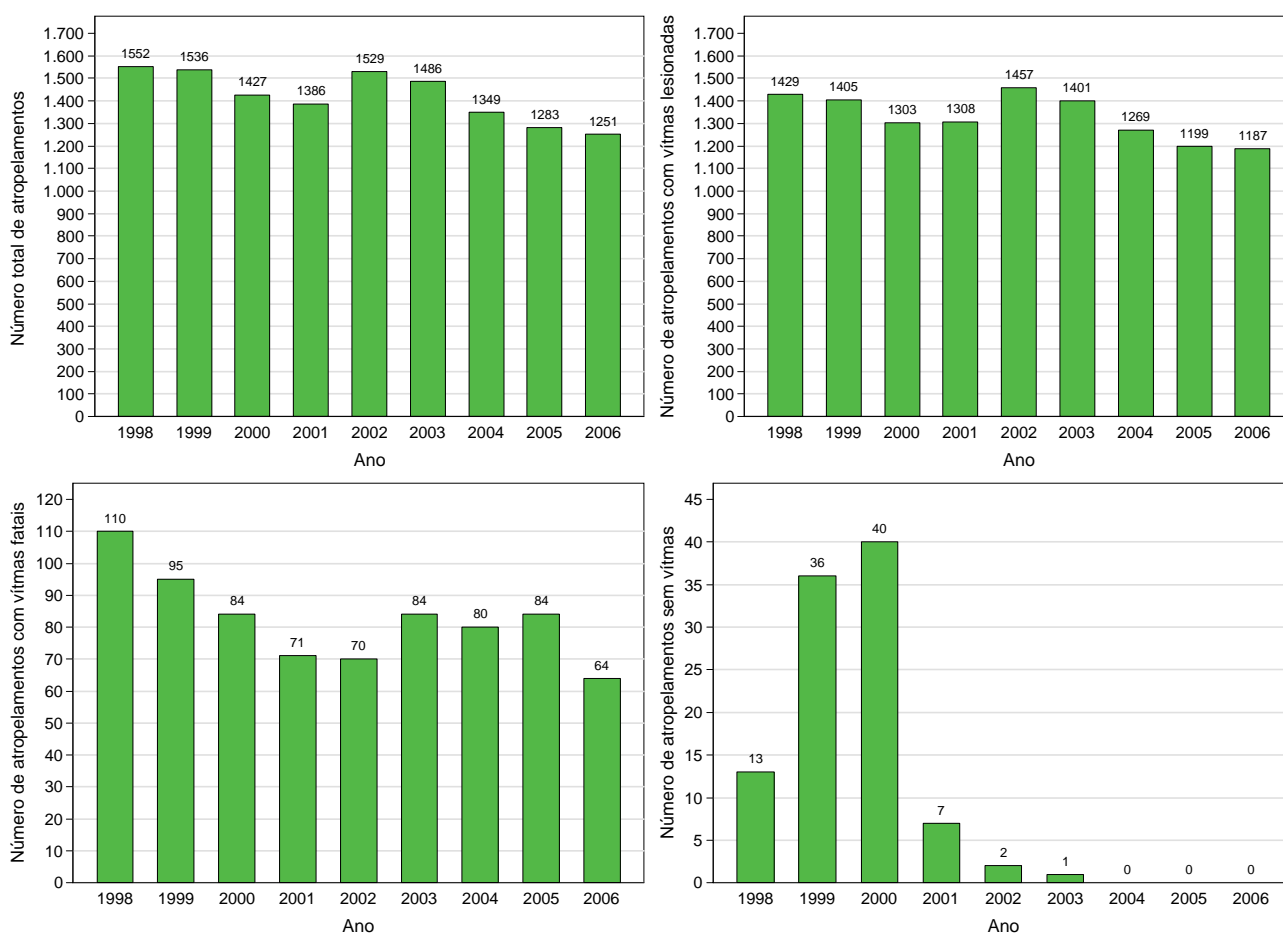
O georreferenciamento dos dados de acidentes é feito na EPTC a partir do endereço preenchido no boletim de ocorrência. Para as interseções, a localização do acidente no mapa é considerada no centro de cruzamento das vias. Nos logradouros, os dados referentes ao número da edificação correspondente ao local do acidente são utilizados pelo programa computacional na identificação das coordenadas do mapa. Eles são comparados à base de coordenadas que possui o nome da via e a numeração inicial e final de cada trecho e, através de interpolação, identificados no mapa.

Para a realização desse estudo, essa base de dados foi solicitada e concedida para uso exclusivo desta pesquisa, conforme apresentado no Apêndice A. Os dados fornecidos pela EPTC compreendem os acidentes tipo atropelamento cadastrados no período de 1998 a 2006. Esses dados compõem uma base geoprocessada desenvolvida através do programa computacional Maptitude 4.2.

### 5.1.2 Caracterização geral dos atropelamentos

Em Porto Alegre, ocorreram 12.799 atropelamentos no período de 1998 a 2006, os quais foram responsáveis por cerca de 50% das vítimas fatais do trânsito, embora representem apenas 6% de todos os acidentes viários. Além disso, os acidentes do tipo atropelamento resultam normalmente em vítimas lesionadas (93%) ou fatais (6%).

A Figura 20 apresenta a série histórica dos atropelamentos de Porto Alegre. Observam-se um maior número de atropelamentos nos anos de 1998, 1999 e 2002. Uma tendência a declínio no número de atropelamentos também é observado a partir de 2002. Entretanto, essa tendência a declínio não é observado nos atropelamentos com vítimas fatais. As diferenças na taxa anual de atropelamentos podem ser decorrentes tanto de melhorias da segurança do sistema de transportes, como de variações aleatórias. Assim, não é possível estabelecer conclusões mais precisas acerca dessas mudanças.



**Figura 20 - Dados históricos dos atropelamentos em Porto Alegre**

É importante destacar que os atropelamentos sem vítimas não são observados a partir do ano de 2004. Uma possível causa para os altos registros de atropelamentos sem vítimas nos anos anteriores pode estar relacionada a problemas no processo de coleta e armazenamento dos dados, principalmente nos anos de 1999 e 2000, onde podem ter havido falhas no preenchimento dos dados referentes às vítimas.

A falta de dados referentes ao local de ocorrência dos atropelamentos também é verificada, onde somente foi possível georreferenciar 85% dos dados. O percentual de registros do local do acidente foi menor para o período de 1998 a 2000, variando entre 75 e 78% dos dados. Além disso, através dos dados não é possível identificar se o atropelamento ocorreu durante uma travessia, na calçada ou quando o pedestre caminhava paralelamente ao fluxo veicular. Uma análise detalhada dos atropelamentos ocorridos em Porto Alegre no período de 1998 a 2006 é apresentada no Apêndice B.

## 5.2 DADOS A SEREM UTILIZADOS NA AVALIAÇÃO DAS TRAVESSIAS

A segunda etapa do método proposto prevê a escolha dos dados a serem utilizados na avaliação de risco das travessias em meio de quadra. Após analisar os dados disponíveis para a cidade de Porto Alegre, foi possível constatar que é possível identificar o local de cerca de 85% de todos os atropelamentos ocorridos em logradouros através do endereço dos eventos. Esses foram considerados como atropelamentos em meio de quadra, já que não estavam classificados como interseção.

Ressalta-se, porém, que não é possível estabelecer o local exato do atropelamento, já que esta identificação é feita através da numeração da edificação em frente da qual o evento aconteceu. Apesar dessa limitação, optou-se por utilizar os dados referentes a esses eventos na avaliação das travessias em meio de quadra.

Para utilizar esses dados, decidiu-se que seriam agrupados os dados referentes às numerações pares e ímpares das edificações em lados opostos da via, de forma a ter o número total de atropelamentos ocorridos na seção da via (ex. área 2a, 2b ou 2c da Figura 19). Isso minimiza os potenciais erros decorrentes do preenchimento do boletim de ocorrência referentes ao número da edificação correspondente ao local do atropelamento.

Além dos dados sobre os atropelamentos, optou-se pela utilização de dados de percepção de risco. Esses dados são obtidos através de pesquisas qualitativas, onde especialistas e pedestres com diferentes características culturais e sociais expressam opiniões acerca da segurança da travessia.

### 5.3 SELEÇÃO DAS TRAVESSIAS

A seleção das travessias analisadas no estudo de caso considerou o critério da alta incidência de atropelamentos. Dessa forma, buscou-se, através da análise detalhada dos dados, apontar os pontos da malha viária onde ocorreu o maior número de atropelamentos. No contexto desse trabalho, que visa avaliar travessias em meio de quadra, foi definido que esses pontos seriam identificados utilizando apenas os atropelamentos ocorridos em logradouros. Esses atropelamentos representam 88% dos dados registrados no banco de dados da EPTC. Adotou-se como ponto de corte, uma taxa anual de atropelamentos igual ou maior que um atropelamento por ano por travessia. Essa taxa foi escolhida por ter sido definida em outros estudos como sendo crítica, já que os atropelamentos são eventos muito dispersos (CARTER et al., 2006).

Em uma primeira etapa foram identificados 18 pontos com taxa anual de atropelamentos igual ou maior do que um. Considerando que a caracterização dos pontos no banco de dados é feita a partir do número da edificação, podendo para a mesma travessia ser anotado o número do lado par ou do lado ímpar, acredita-se que outros pontos possam ser identificados. Porém, seria necessária a vistoria de mais de sete mil pontos para determinar com maior confiabilidade quais são os reais pontos da rede viária de Porto Alegre com elevadas taxas de atropelamentos.

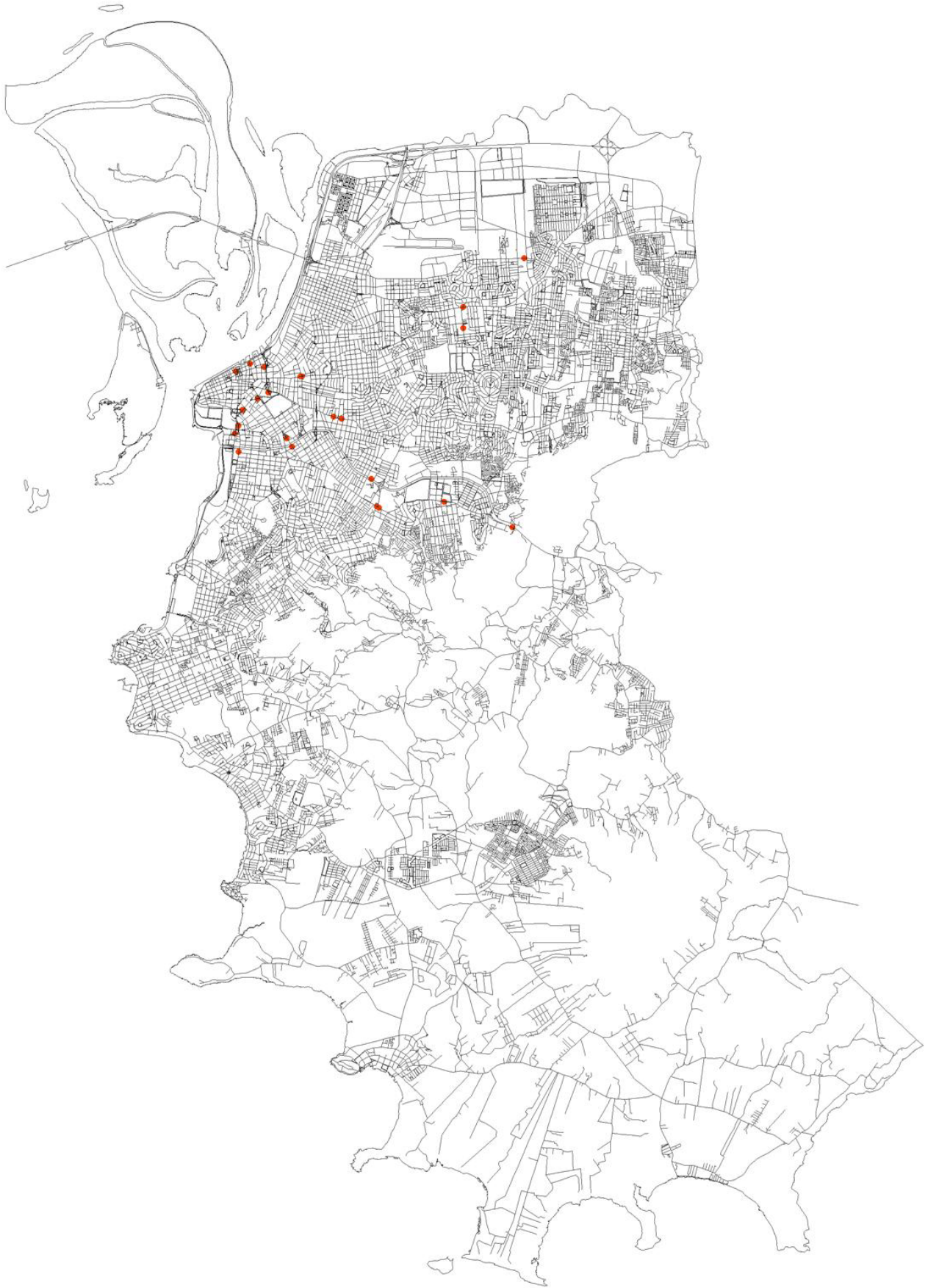
Visando minimizar os erros nessa identificação, foram incluídos mais sete pontos críticos na análise, onde ocorreram oito atropelamentos em nove anos. No total foram selecionados 25 pontos com taxas anuais de atropelamentos elevadas, conforme apresentado na Tabela 2. Nesses pontos ocorreram 3% de todos os atropelamentos registrados no período de 1998 a 2006 em Porto Alegre. Observa-se nas células hachuradas da Tabela 2 que em alguns anos ocorreram mais de três atropelamentos no mesmo local, salientando o risco de atropelamentos nesses pontos.

**Tabela 2 - Pontos com alta incidência de atropelamentos**

Local	Endereço	Número	Ano								Total	
			1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005		2006
	Av. Sertório	6600	3	1	3	3	2	3	0	2	1	<b>18</b>
	Av. Bento Gonçalves	5050	2	1	1	1	2	3	3	0	3	<b>16</b>
	Av. Praia de Belas	1181	0	2	2	0	2	4	4	2	0	<b>16</b>
	Av. Júlio de Castilhos	284	0	1	4	0	3	1	1	4	1	<b>15</b>
	Av. Loureiro da Silva	1500	1	0	0	1	0	2	3	4	4	<b>15</b>
	Av. Loureiro da Silva	2001	1	3	1	0	2	4	1	1	1	<b>14</b>
	Av. Paulo Gama	110	1	0	3	3	3	0	2	1	0	<b>13</b>
	Av. Praia de Belas	408	0	0	4	2	3	0	4	0	0	<b>13</b>
	Av. Bento Gonçalves	3031	0	0	0	0	0	2	5	4	1	<b>12</b>
	Av. Bento Gonçalves	2948	0	0	1	0	1	1	2	4	3	<b>12</b>
	R. Siqueira Campos	1300	1	2	1	0	0	1	0	4	1	<b>10</b>
	R. Voluntários da Pátria	650	0	3	2	2	2	1	0	0	0	<b>10</b>
	Av. Assis Brasil	2834	1	0	0	3	0	2	2	1	0	<b>9</b>
	Av. Independência	1184	2	1	0	2	1	0	0	1	2	<b>9</b>
	Av. Ipiranga	5200	0	1	0	3	0	2	1	1	1	<b>9</b>
	Av. Loureiro da Silva	1520	1	1	1	1	1	0	1	3	0	<b>9</b>
	Av. Praia de Belas	422	0	1	2	2	0	3	0	1	0	<b>9</b>
	Av. Protásio Alves	943	1	0	2	0	0	2	0	2	2	<b>9</b>
	Av. Bento Gonçalves	7196	1	2	0	1	1	0	1	1	1	<b>8</b>
	Av. Borges de Medeiros	1945	2	1	1	1	1	0	1	1	0	<b>8</b>
	Av. Francisco Trein	596	1	1	1	0	1	0	2	1	1	<b>8</b>
	Av. Independência	1206	3	0	1	0	1	0	1	0	2	<b>8</b>
	Av. João Pessoa	1831	0	2	1	1	3	1	0	0	0	<b>8</b>
	Av. João Pessoa	2050	0	0	1	1	4	1	1	0	0	<b>8</b>
	Av. Protásio Alves	1210	2	1	1	1	0	0	2	1	0	<b>8</b>

\* Células hachuradas: registro de mais de três atropelamentos

Ao mapear os pontos com elevadas taxas anuais de atropelamentos, Figura 21, verifica-se que mais da metade dos pontos não se encontra localizada na área com maior densidade de atropelamentos, representada na Figura 41 do Apêndice B. Esse fato ressalta a importância da investigação de locais específicos durante a análise de risco de atropelamentos. Embora a área com alta densidade de atropelamentos deva ser um dos focos das políticas de melhoria de segurança do pedestre, nem sempre elas representam os pontos de travessia mais inseguros para os pedestres.



**Figura 21 - Mapeamento dos pontos com maior número de atropelamentos**



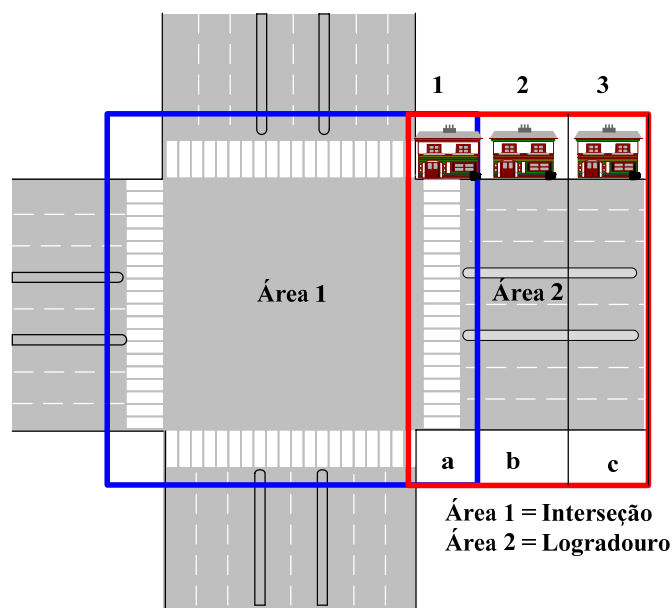
#### 5.4 VISTORIA DAS TRAVESSIAS SELECIONADAS

Após determinar os pontos da malha viária com alta incidência de atropelamentos, Tabela 2, foi realizada a quarta etapa do método proposto que consiste na vistoria desses locais. Durante essa etapa, foi possível observar que nem sempre os pontos selecionados correspondem a uma única travessia ou localizam-se fora da área de influência de uma interseção. Isso acontece porque eles são identificados a partir da numeração da edificação em frente à ocorrência do atropelamento, que pode representar uma edificação com grande extensão de frente ou uma edificação locada em uma esquina.

O resultado da vistoria indicou que oito edificações têm mais de duzentos metros de extensão, delimitando um segmento de via e não uma travessia, e representam pólos geradores de viagens, tais como *shopping centers*, supermercados ou hospitais. Além disso, seis edificações se encontram em esquinas. Somente onze edificações encontram-se em frente a um ponto de travessia em meio de quadra. É importante destacar que essas travessias não são necessariamente regulamentadas, pois a sua seleção foi feita a partir da incidência de atropelamentos.

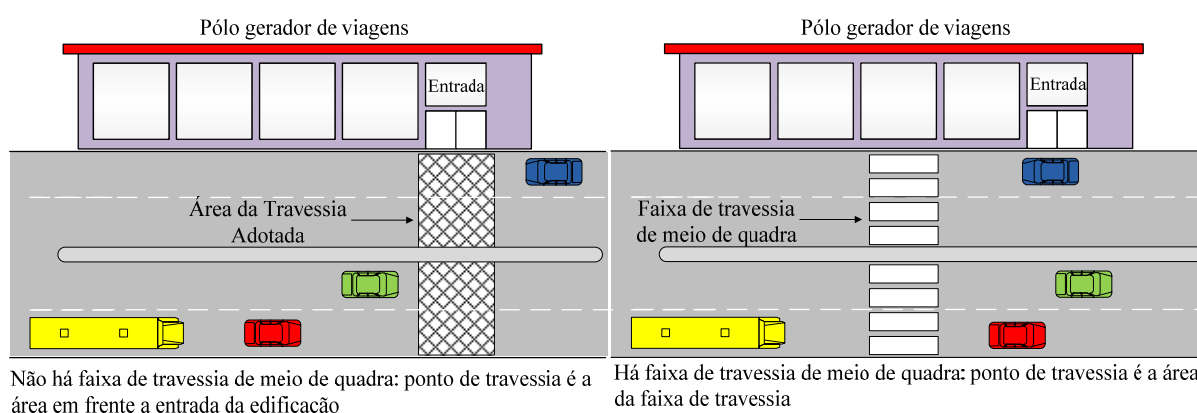
Devido à importância de se estudar os locais com pólos geradores de viagens e aqueles com alto índice de atropelamentos, decidiu-se por não utilizar como critério de exclusão a grande extensão da edificação ou a sua localização na esquina. Dessa forma, consideraram-se as travessias em frente a edificações de esquina como travessias em meio de quadra, já que foram classificadas no banco de dados como locadas em logradouro e não em interseção.

No entanto, deve-se atentar que atropelamentos ocorridos em frente a edificações de esquina podem ter sido também classificados no banco de dados como interseção, como ilustra a Figura 22. Por exemplo, um atropelamento que aconteceu em frente à edificação 1 pode ter sido classificado no banco de dados da EPTC como ocorrido em logradouro, área 2a, ou em interseção, área 1. Como não é possível determinar com precisão que parcela dos atropelamentos classificados como ocorridos em interseção, área 1, aconteceram na travessia em frente à edificação em análise, área 2a, assumiu-se que só aqueles atropelamentos classificados como ocorridos em logradouros devem ser contabilizados.



**Figura 22 - Classificação dos atropelamentos de acordo com o local**

A definição de qual é a área da travessia em frente aos pólos geradores de viagens ou em edificações com grande extensão de frente baseou-se na existência de uma faixa de travessia em meio de quadra. Se a única faixa de travessia existente próximo à edificação estiver locada na interseção, a travessia considerada compreende a área na qual há um maior volume de pedestres atravessando. No caso dos pólos geradores de viagens, essa área geralmente encontra-se em frente à entrada da edificação. Essa consideração foi feita com base na revisão teórica que apontou que os pedestres tendem a utilizar o menor trajeto para atingir seu destino. Em caso contrário, a faixa de travessia em meio de quadra será utilizada. A Figura 23 ilustra a área de travessia adotada em frente aos pólos geradores.



**Figura 23 - Área da travessia em frente aos pólos geradores de viagens**

Durante a etapa de vistoria, também se determinou que quatro dos locais previamente selecionados deviam ser excluídos da análise do estudo, embora tenha havido um esforço para incluir os vinte e cinco locais com alta incidência de atropelamentos. Três dos pontos excluídos estão localizados em frente a pólos geradores de viagens com extensão maior do que trezentos e cinquenta metros, tornando inviável o monitoramento de todo o comprimento da edificação para determinação de suas características operacionais. Além disso, ao longo dessas edificações existe mais de uma faixa de travessia em meio de quadra. As edificações correspondem a um hospital, um *shopping center* e um supermercado. O quarto ponto excluído refere-se a um local considerado inseguro para realização de coleta de dados, onde há poucas pessoas circulando e a geografia local desfavorece a percepção de pessoas se aproximando do pesquisador.

Assim, a seleção final das travessias para análise foi composta de vinte e um locais. Para cada um dos locais foram anotados os números das edificações localizados em frente ao local onde ocorreram os atropelamentos, para que esses dados fossem incorporados à análise. Por exemplo, nove atropelamentos foram identificados pelo endereço Av. Protásio Alves 943 no banco de dados da EPTC, porém outros seis atropelamentos ocorridos na travessia correspondente a esse endereço foram identificados no banco de dados pelo endereço com numeração par, do lado inverso da via. Dessa forma, quinze atropelamentos foram registrados na travessia com endereço Av. Protásio Alves 943.

A Tabela 3 apresenta as travessias selecionadas e a respectiva distribuição de atropelamentos por ano. Observa-se que em todas essas travessias ocorreram atropelamentos nos últimos três anos. Isso indica que uma análise com base em condições físicas e operacionais atuais das vias pode ser condizente com o nível de risco de atropelamento dessas travessias. Ainda, destaca-se que a taxa anual de atropelamento por travessia é de 1,39, cerca de 10 vezes maior do que as taxas encontradas em estudos onde há uma seleção das travessias a partir da disponibilidade de dados sobre as características operacionais das vias (CARTER et al., 2006; LORD, 1996).

**Tabela 3 - Travessias selecionadas e distribuição dos atropelamentos por ano**

Endereço	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	Total	Taxa Anual
Av. Sertório 6600	3	1	3	3	2	3	0	5	1	21	2,33
Av. Bento Gonçalves 2948	0	0	2	0	1	4	2	5	3	17	1,89
Av. Ipiranga 5200	0	2	2	3	1	4	1	2	2	17	1,89
Av. Bento Gonçalves 3031	0	0	0	0	0	3	6	4	3	16	1,78
Av. Júlio de Castilhos 284	0	1	4	3	1	1	4	1	0	15	1,67
Av. Loureiro da Silva 1500	1	0	0	1	0	2	3	4	4	15	1,67
Av. Protásio Alves 943	3	0	2	0	0	3	1	2	4	15	1,67
Av. Loureiro da Silva 2001	1	3	1	0	2	4	1	1	1	14	1,56
Av. Paulo Gama 110	1	0	3	3	3	0	2	1	0	13	1,44
Av. Praia de Belas 408	0	0	4	2	3	0	4	0	0	13	1,44
R. Voluntários da Pátria 650	0	3	2	2	2	1	0	1	1	12	1,33
Av. Praia de Belas 422	0	1	2	3	0	3	0	2	0	11	1,22
Av. Protásio Alves 1210	3	2	1	1	0	0	2	1	1	11	1,22
Av. Assis Brasil 2834	1	0	0	4	0	2	2	1	0	10	1,11
Av. João Pessoa 1831	0	2	2	1	3	1	1	0	0	10	1,11
R. Siqueira Campos 1300	1	2	1	0	0	1	0	4	1	10	1,11
Av. Independência 1184	2	1	0	2	1	0	0	1	2	9	1,00
Av. Loureiro da Silva 1520	1	1	1	1	1	0	1	3	0	9	1,00
Av. Borges de Medeiros 1945	2	1	1	1	1	0	1	1	0	8	0,89
Av. Independência 1206	3	0	1	0	1	0	1	0	2	8	0,89
Av. João Pessoa 2050	0	0	0	1	1	4	1	1	0	8	0,89
<b>Total</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>32</b>	<b>31</b>	<b>23</b>	<b>36</b>	<b>33</b>	<b>40</b>	<b>25</b>	<b>262</b>	<b>1,39</b>

## 5.5 DETERMINAÇÃO DOS FATORES DE RISCO E DOS PROCEDIMENTOS DE COLETA DE DADOS

Realizada a vistoria dos locais onde serão coletados os dados, procede-se a quinta etapa do método onde são definidos os fatores de risco a serem estudados e os procedimentos de coleta de dados necessários à obtenção de informações sobre eles. Inicialmente foram revisados os fatores de risco identificados por outros estudos, Figura 15 e Figura 16, e, então, pré-selecionados aqueles mais condizentes com as características das travessias em estudo. Destaca-se, ainda, que essa seleção esteve pautada tanto na relevância de cada fator para avaliação de risco de atropelamento das travessias em análise e como na facilidade de obtenção de dados.

Assim, características comuns a todas as travessias, como a presença de calçada, não foram consideradas na pré-seleção, já que não é possível avaliar se a ausência dessa instalação gera um maior risco de atropelamento. Diversos fatores referentes às características pessoais dos pedestres também não foram selecionados por demandarem um esforço de coleta

extensivo, já que os pedestres ao cruzarem a via devem ser interceptados e solicitados a responder um questionário. A dificuldade de mensuração do nível de segurança pública de uma travessia também foi motivo de exclusão desse fator da pré-seleção, embora se reconheça a importância desse fator no comportamento dos pedestres. Estes podem se comportar de forma imprudente por acreditar que existe risco de assalto ou outro tipo de violência.

A partir da pré-seleção dos fatores de risco, foi verificada a disponibilidade de dados acerca deles. Porém, observou-se que não havia informações específicas sobre os fatores em investigação, devendo-se coletar todos os dados necessários para a avaliação das travessias. Então, foram selecionados os procedimentos para realização da coleta de dados e excluídos da pré-seleção aqueles fatores onde não é possível coletar dados através dos procedimentos escolhidos. Os itens seguintes apresentam os fatores de risco pré-selecionados e os procedimentos de coleta de dados escolhidos para realização do estudo.

### **5.5.1 Pré-seleção dos fatores de risco**

A vistoria das travessias em análise e a revisão teórica permitiram selecionar vinte e seis fatores de risco para potencialmente serem analisados durante a construção dos modelos de regressão. Esses fatores foram agrupados em cinco categorias: características do uso do solo; características do transporte coletivo; características físicas da via; características das instalações para pedestres; e características dos fluxos de veículos e de pedestres.

#### **5.5.1.1 Características do uso do solo**

O uso do solo está diretamente relacionado às características do tráfego veicular e de pedestres e exerce forte influência no comportamento dos pedestres. Assim, sua inclusão na concepção do método se faz essencial. Três fatores relacionados às características do tipo de uso do solo foram selecionados para comporem o modelo: (i) o tipo do uso do solo; (ii) a presença de pólos geradores de viagens; e (iii) a distância entre o ponto de entrada do pólo gerador e o local da travessia.

A tipologia do uso do solo da área onde está locada a travessia foi classificada em: (i) residencial, quando não houver edificações tipicamente comerciais; (ii) comercial, quando a maior parte das edificações forem classificadas como comerciais; (iii) mista, quando existem tanto edificações residenciais como comerciais. As edificações comerciais foram definidas nesse estudo como aquelas onde se exercem atividades comerciais ou de serviços.

A presença de pólos geradores de viagens indica se no local da travessia existe uma instituição de ensino, um centro comercial, um *shopping center*, um hospital, um supermercado ou um órgão público que apresente grande demanda de viagens com origem ou destino nesse local. Além de considerar a presença dos pólos geradores, necessita-se entender a posição relativa da travessia em relação à entrada da edificação do pólo gerador, que será indicada pela distância longitudinal entre o centro da travessia e o centro da entrada da edificação.

#### 5.5.1.2 Características do transporte coletivo

A presença de transporte coletivo e a sua posição em relação à travessia estão relacionadas tanto a uma maior exposição dos pedestres ao tráfego como ao comportamento inseguro do pedestre. Assim, três fatores referentes ao transporte coletivo foram selecionados:

- a) *presença de corredores de ônibus*: indica se há ou não via exclusiva para ônibus na via onde está locada a travessia;
- b) *presença de parada de ônibus*: indica se há ou não paradas de ônibus próximo à travessia. As paradas de ônibus localizadas nos corredores de ônibus não são consideradas, pois estas estão caracterizadas pela presença de corredores de ônibus. Optou-se por essa diferenciação porque os locais vistoriados apresentam diferentes características de transporte coletivo, podendo haver locais com paradas de ônibus tanto em vias exclusivas para ônibus como na calçada das laterais da pista.
- c) *distância da travessia ao ponto da parada de ônibus mais próximo*: distância longitudinal entre o centro da travessia e o centro da parada de ônibus mais próxima. Neste caso são incluídas as paradas dos corredores de ônibus, uma vez

que o fator busca caracterizar a posição relativa da travessia em relação ao acesso ao transporte coletivo.

### 5.5.1.3 Características físicas da via

Vários fatores referentes às características da via influenciam a probabilidade de ocorrência de atropelamentos. Nove desses fatores foram selecionados nesta etapa:

- a) *largura da via*: distância entre as calçadas opostas da via, excluindo a largura do canteiro central, quando esse existir;
- b) *número de faixas de tráfego de veículos*: número de faixas de circulação de veículos, incluindo as faixas segregadas para ônibus. Nesse fator são excluídas as faixas destinadas ao estacionamento de veículos;
- c) *número de etapas de travessia*: número máximo de subdivisões do trajeto que o pedestre pode dividir a travessia. Por exemplo, quando existir apenas um refúgio central, ele poderá dividir a travessia em duas etapas: (i) a primeira etapa corresponde à travessia da calçada até o refúgio central; (ii) a segunda etapa corresponde à travessia do refúgio central até a calçada oposta.
- d) *sentido da via*: indica o sentido de circulação de veículos, podendo ser único ou duplo;
- e) *presença de canteiro central ou ilha de refúgio*: indica se há ou não essas instalações;
- f) *presença de conversão de veículos*: indica se há conversões veiculares próximo à faixa de travessia (saídas de estacionamento, proximidade com interseção);
- g) *permissão de estacionamento no canteiro central ou ilha de refúgio*: indica se é ou não permitido estacionar na proximidade do canteiro central ou ilha de refúgio. Este fator foi selecionado para melhor caracterizar três travessias que tinham permissão de estacionamento no canteiro central;

- h) *condições da sinalização vertical e horizontal*: avaliação subjetiva sobre as condições da sinalização vertical e horizontal, classificando-as em: (i) boa, quando a sinalização está visível e bem demarcada; (ii) regular, quando a sinalização apresenta pequenas falhas de visibilidade; (iii) ruim, quando a sinalização estiver com pouca visibilidade ou deteriorada. Essa classificação embasou-se no trabalho de Cardoso (2006);
- i) *presença de vegetação na calçada*: indica se há ou não vegetação na calçada que possa prejudicar a conspicuidade dos usuários.

#### 5.5.1.4 Características das instalações

As características das instalações destinadas aos pedestres são importantes na avaliação de sua segurança. Essas instalações incluem as faixas de segurança, as calçadas, as passarelas, e a presença de semáforo na travessia. Embora as características da calçada estejam mais relacionadas aos atropelamentos envolvendo pedestres caminhando ao longo da via, decidiu-se por incluí-las na pré-seleção dos fatores. Essa inclusão se justifica considerando que no banco de dados de atropelamentos de Porto Alegre não há indicação se o pedestre estava na calçada, na via ou realizando uma travessia. Dessa forma, cinco fatores referentes às instalações foram selecionados:

- a) *presença de faixa de travessia de pedestres*: indica se há ou não essa instalação na travessia;
- b) *presença de controle semafórico*: indica se há ou não semáforo na travessia;
- c) *tempo de verde para os pedestres*: tempo do ciclo semafórico, em segundos, indicando fase de verde para os pedestres. Em travessias sem controle semafórico, adota-se o valor zero;
- d) *distância do ponto de travessia à faixa de travessia mais próxima*: distância longitudinal entre o centro da travessia e o centro da faixa de travessia mais próxima. Se na travessia existir marcação de faixa, a distância será zero.



- e) *largura da calçada*: largura média das duas calçadas (uma de cada lado da via). A largura de cada calçada corresponde à distância entre o bordo da calçada e a edificação.

#### 5.5.1.5 Características do fluxo veicular e de pedestres

Conforme visto na revisão teórica, as características do fluxo veicular e de pedestres estão relacionadas à probabilidade de ocorrência de atropelamentos. Por exemplo, os fatores referentes à exposição ao risco são os que apresentam maior correlação com o número esperado de atropelamentos. Por esse motivo, modelos de avaliação de risco de atropelamento devem incluir variáveis referentes ao volume de tráfego veicular e de pedestres.

Outros fatores pré-selecionados para compor o modelo são referentes às características desses volumes. Acredita-se que um maior volume de pedestres do sexo masculino ou de idosos venha a aumentar o risco de atropelamento de uma travessia, conforme revisado na teoria. Além disso, busca-se entender se a presença de ônibus, lotações ou motos no tráfego veicular está relacionada ao risco de atropelamentos. Dessa forma, os seguintes fatores foram selecionados para a formulação dos modelos:

- a) *composição do tráfego de pedestres*: percentual de pedestres do sexo masculino e de pedestres idosos no fluxo de pedestres;
- b) *composição do tráfego veicular*: percentual de ônibus, lotações e de motos no fluxo veicular.

A velocidade do fluxo veicular também é um importante fator na avaliação da segurança dos pedestres, uma vez que velocidades elevadas estão relacionadas a uma maior probabilidade de ocorrência de atropelamentos severos, como ressaltado na revisão teórica. Assim, a velocidade do fluxo veicular deve ser incluída na formulação dos modelos de regressão.

Outro fator referente ao fluxo veicular pré-selecionado foi o tempo de espera dos pedestres para iniciar a travessia. Esse fator está diretamente relacionado ao comportamento dos pedestres, às brechas na corrente de tráfego e à velocidade dos veículos.

### 5.5.2 Seleção dos procedimentos de coleta de dados

A seleção dos procedimentos de coleta de dados envolveu a análise dos meios de obtenção das informações referentes aos fatores pré-selecionados e à percepção de risco dos pedestres. Devido a limitações de recursos financeiros e humanos, determinou-se que esses procedimentos deveriam ser simples, de baixo custo e necessitar de apenas uma ou duas pessoas para sua execução.

À luz do apresentado na definição das etapas do método proposto, determinou-se que os procedimentos de coleta de dados referentes aos fatores pré-selecionados e à percepção de risco mais apropriados para esta pesquisa envolvem a filmagem das travessias e a observação e mensuração das características físicas das travessias em campo. Esses procedimentos permitem que os dados referentes às características operacionais da travessia sejam coletados simultaneamente e que os vídeos gerados sejam utilizados para a pesquisa de percepção de risco, reduzindo assim os custos associados ao processo de coleta de dados.

O período de filmagem estabelecido para este estudo foi de uma hora. Porém, entende-se que ao tornar a coleta de dados um processo mais simples, principalmente no que tange os fatores oscilantes do sistema de transporte, como fluxo de pedestres e veículos, coletando dados por curtos períodos, os modelos de regressão desenvolvidos estarão sujeitos a erros estatísticos relativos à variabilidade dos fatores ao longo do tempo. O ideal seria coletar o volume de pedestres e veículos em cada travessia continuamente durante períodos longos, com o objetivo de observar as flutuações diárias, semanais e sazonais. Em contrapartida, isso tornaria a coleta de dados impraticável devido ao tempo e custo associados à contagem do volume de pedestres e veículos (COVE; CLARK, 1993; DAVIS et al., 1988; HOCHERMAN et al., 1988; SOOT, 1991).

Uma forma de mitigar os erros provenientes de curtos períodos de coleta de dados referentes aos fluxos de pedestres e veículos, envolve a extrapolação desses dados para volumes diários ou anuais. Porém, para realizar essa extrapolação é necessário que se tenham informações sobre as flutuações diárias e sazonais dos volumes de pedestres e veículos. No caso do volume de veículos, essas flutuações geralmente podem ser obtidas nos órgãos gestores do tráfego. Porém, raramente estão disponíveis dados referentes a variações dos volumes de pedestres, devido à complexidade de coleta desses dados. Greene-Roesel et al.

(2007a) apresentam em maiores detalhes os procedimentos necessários para extrapolar curtos períodos de contagem de volume de pedestres.

Devido à indisponibilidade de dados para realizar as extrapolações dos volumes de pedestres e veículos de cada travessia, determinou-se que elas não seriam realizadas. Ressalta-se que a inclusão de dados correlacionados a esses volumes atenuam os erros referentes à flutuação desses volumes. Por exemplo, a inclusão de características referentes ao número de faixas de circulação de veículos poderá mitigar os erros referentes ao fluxo de tráfego veicular. Ainda para evitar os erros referentes a uma superestimação ou subestimação dos fluxos de tráfego na construção dos modelos de regressão, determinou-se que as filmagens seriam realizadas fora do horário de pico, em períodos diurnos e durante dias úteis da semana.

Foi também determinado que as filmagens realizar-se-iam utilizando uma câmera fotográfica digital. O pesquisador deve posicionar-se em locais estratégicos de forma a filmar toda a área da travessia sem que os pedestres e condutores percebam-no. Isso se faz necessário para que o processo de coleta de dados não interfira no comportamento das pessoas. O pesquisador também deve atentar que aspectos relacionados à altura, ângulo e presença de obstáculos podem comprometer a qualidade das informações.

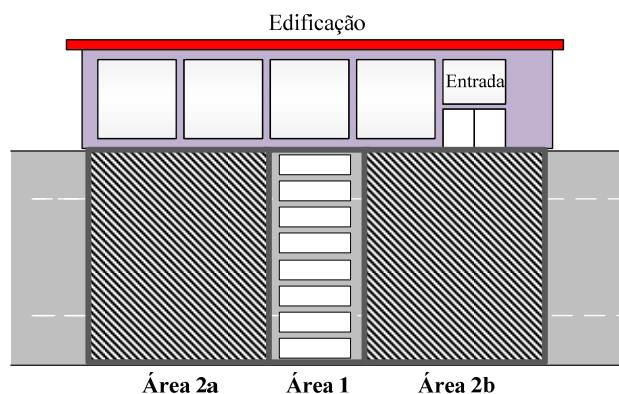
A fim de determinar a composição do fluxo de pedestres, através da identificação do sexo dos pedestres nos vídeos, foi determinado que as filmagens fossem realizadas no nível das calçadas da via. Embora a filmagem aérea das travessias fornecesse a visão geral do local, ela não permitiria a identificação do sexo, além de ser mais difícil obter locais para realizar esse tipo de filmagem em todas as travessias em análise. Algumas travessias encontram-se nas proximidades de parques e edificações com um único pavimento.

Após a realização das filmagens, os vídeos gerados foram revisados para que sejam obtidos os dados referentes ao fluxo veicular e de pedestres. Em cada vídeo, deve-se selecionar de 40 a 60 segundos de imagens que representem uma situação característica do local da travessia. Esses pequenos vídeos são utilizados na pesquisa de percepção de risco em que pedestres e especialistas, após assistir a cada vídeo, atribuem uma nota referente à sua sensação de segurança ao atravessar a via no local observado no vídeo. A utilização de vídeos com pequena duração na simulação é importante para que os participantes da pesquisa fiquem atentos e realizem avaliações coerentes, uma vez que vídeos de longa duração podem dispersar a atenção dos respondentes.

Após a coleta de dados, os fatores pré-selecionados foram revisados para analisar a viabilidade de obtenção das informações necessárias a partir das filmagens e medidas de campo. Observou-se que, para mensurar a velocidade do fluxo veicular, seria necessário o uso de equipamentos específicos, os quais não estavam disponíveis. A velocidade também poderia ser estimada através de análises de vídeo da travessia: escolhendo-se aleatoriamente veículos no vídeo e determinando-se o tempo utilizado por eles para percorrer dois pontos conhecidos (ARIOTTI, 2006). Entretanto, essa tarefa pode acarretar em diversos erros e requer que sempre seja possível identificar dois pontos distintos da via na imagem de vídeo, o que só é possível a partir de filmagens aéreas. Assim, esse fator de risco teve de ser excluído da análise, embora se reconheça a importância da velocidade veicular na avaliação de risco de atropelamentos.

Ressalta-se que devido à dificuldade de obtenção de dados sobre a velocidade do fluxo de tráfego, outros estudos utilizaram a velocidade regulamentada da via na análise do risco de atropelamento (CARTER et al., 2006; GREIBE, 2003; SANDT; ZEGEER, 2006; ZEGEER et al., 2003, 2005). Embora essa velocidade não reflita necessariamente a velocidade operacional da via, defende-se que ela é a melhor estimativa da velocidade operacional de um determinado local quando não há dados disponíveis (SANDT; ZEGEER, 2006). Porém, optou-se por não utilizar a velocidade limite na concepção dos modelos, porque durante a vistoria das travessias percebeu-se que em algumas travessias não havia sinalização de velocidade regulamentada.

Além disso, observou-se que nos pontos onde a edificação correspondente à travessia de análise possui uma grande extensão de frente, deveria ser coletado manualmente e em campo os dados referentes aos pedestres atravessando fora da área da travessia considerada para análise, representado pelas áreas hachuradas na Figura 24. Isso acontece porque nesses locais não é possível determinar exatamente onde os atropelamentos aconteceram, e assim, determinar o volume de pedestres associado ao número de atropelamentos registrados em frente à edificação. Dessa forma, durante a realização das filmagens desses locais deve haver uma pessoa realizando a contagem dos pedestres que atravessam a via, fora da área filmada, ou seja, nas áreas 2a e 2b da Figura 24. O volume de pedestres atravessando a via na área de travessia em análise, área 1, pode ser determinado através da análise dos vídeos.



**Figura 24 - Volume de pedestres fora da área da travessia**

## 5.6 COLETA DE DADOS

Selecionados os procedimentos de coleta de dados e fatores de risco, realizaram-se as observações de campo, as filmagens, a análise dos vídeos e a simulação do vídeo. A coleta de dados foi precedida pela definição do local predominantemente de travessia nos pontos locados em edificações com grande extensão de frente. Para tanto, esses pontos foram observados por cerca de quinze minutos antes do início da coleta de dados, de forma a determinar a área onde havia o maior número de pedestres atravessando.

### 5.6.1 Observações de campo

As observações de campo visaram coletar os dados referentes às características fixas da travessia e os volumes de pedestres atravessando fora da área da travessia definida, porém dentro da área em frente à edificação do ponto em análise. Para a realização dessas observações, foi elaborada uma planilha de coleta de dados, apresentada no Apêndice C. Os dados foram coletados através de análise visual ou medições de distância utilizando uma trena digital. Para auxiliar essa análise, foi feito um desenho esquemático de cada travessia analisada, conforme Apêndice D.

A planilha de coleta de dados foi dividida em cinco campos. No primeiro campo, foram coletados os dados referentes às características do uso do solo. Observou-se que a maior parte das travessias encontra-se em áreas de uso do solo mista, sendo apenas uma

caracterizada como tipicamente comercial. Além disso, em todas as travessias analisadas há atratores de viagens de pedestres, sejam eles pequenos comércios, praças, supermercados, igrejas ou *shoppings centers*. Assim, pode-se afirmar que de uma forma geral em todas as travessias analisadas há um pólo gerador de viagens de pedestres. Como as características do uso do solo são praticamente homogêneas a todas as travessias estudadas, elas não serão consideradas no desenvolvimento do modelo de regressão.

O segundo campo referiu-se à coleta de dados referentes às características do transporte coletivo. Observou-se que em dez das vinte e uma travessias analisadas há presença de corredores com vias exclusivas para ônibus e em doze há presença de paradas de ônibus. Ainda, em apenas uma travessia não há nem parada nem corredor de ônibus. Para identificar a distância da travessia até o ponto de parada de ônibus mais próximo, foi medida a distância em metros do centro da travessia até o centro das paradas de ônibus próximas à travessia. A Tabela 4 apresenta as características do transporte coletivo de cada travessia analisada.

O terceiro campo da planilha de coleta de dados referiu-se às características físicas da via, que inclui nove fatores de risco. Ao coletar as informações referentes a esses fatores, houve muita dificuldade para a classificação das condições da sinalização vertical e horizontal da via. Isso ocorreu porque na maior parte das travessias existia algum tipo de problema, principalmente no que se refere à demarcação horizontal da sinalização. Além disso, em todas as travessias havia algum tipo de vegetação, seja na calçada ou no canteiro central, sendo difícil criar um critério de diferenciação entre elas. Então, devido a essas dificuldades, esses dois fatores foram excluídos do desenvolvimento dos modelos de regressão.

As informações referentes às outras sete características físicas da via encontram-se detalhadas na Tabela 5. Para determinar a largura da via mediu-se a distância em metros do bordo de uma calçada até o bordo da calçada oposta. O número de etapas da travessia corresponde ao número de vezes que o pedestre geralmente divide sua travessia. Por exemplo, normalmente os pedestres realizam a travessia em uma única etapa em vias de sentido único sem canteiro central. Já em vias de sentido duplo com canteiro central, eles tendem a dividi-la em duas etapas. No caso específico de Porto Alegre, onde há corredores com vias exclusivas para ônibus, o pedestre pode dividir sua travessia em até quatro etapas. Para melhor ilustrar esse fato, desenhos esquemáticos das travessias são apresentadas no Apêndice D.

**Tabela 4 - Características do transporte coletivo**

Endereço	PPO	PCO	DP1 (m)	DP2 (m)	DPC1 (m)	DPC2 (m)	DPMP (m)
Av. Assis Brasil 2834	Não	Sim	-	-	11,7	-	11,7
Av. Bento Gonçalves 2948	Não	Sim	-	-	15,0	-	15,0
Av. Bento Gonçalves 3031	Não	Sim	-	-	7,8	-	7,8
Av. Borges de Medeiros 1945	Sim	Não	21,8	17,2	-	-	17,2
Av. Independência 1184	Sim	Sim	45,4	-	4,7	-	4,7
Av. Independência 1206	Sim	Sim	57,4	-	21,2	-	21,2
Av. Ipiranga 5200	Sim	Não	68,9	150,2	-	-	68,9
Av. João Pessoa 1831	Não	Sim	-	-	-	-	0,0
Av. João Pessoa 2050	Não	Sim	-	-	-	-	0,0
Av. Júlio de Castilhos 284	Sim	Não	5,8	-	-	-	5,8
Av. Loureiro da Silva 1500	Sim	Não	17,6	14,2	-	-	14,2
Av. Loureiro da Silva 1520	Sim	Não	7,4	4,7	-	-	4,7
Av. Loureiro da Silva 2001	Sim	Não	15,8	-	-	-	15,8
Av. Paulo Gama 110	Sim	Não	14,6	-	-	-	14,6
Av. Praia de Belas 408	Sim	Não	20,9	-	-	-	20,9
Av. Praia de Belas 422	Sim	Não	9,5	-	-	-	9,5
Av. Protásio Alves 943	Não	Sim	-	-	11,9	11,0	11,0
Av. Protásio Alves 1210	Não	Sim	-	-	9,0	-	9,0
Av. Sertório 6600	Sim	Não	40,9	37,1	-	-	37,1
R. Siqueira Campos 1300	Não	Não	-	-	-	-	0,0
R. Voluntários da Pátria 650	Não	Sim	-	-	48,1	-	48,1

PPO = presença de parada de ônibus; PCO = presença de corredor de ônibus; DP<sub>i</sub> = distância à parada de ônibus i; DPC<sub>i</sub> = distância à parada de ônibus i no corredor; DPMP = distância da travessia ao ponto da parada de ônibus mais próximo, onde DPMP = min [DP<sub>i</sub>, DPC<sub>i</sub>].

O quarto campo da planilha refere-se às características das instalações destinadas aos pedestres. Observou-se que nas nove travessias onde está demarcada faixa de travessia de pedestres há presença de controle semafórico. Além disso, os semáforos são equipados de botoeiras e o tempo de ciclo de verde para os pedestres é variável, não sendo possível coletar dados precisos sobre esse fator de risco. Nas travessias onde não havia faixas de pedestres foi medida a distância em metros do centro da travessia analisada até o centro da faixa de pedestres mais próxima. Essa distância foi considerada nula quando havia demarcação de faixa de travessia. No caso da caracterização das calçadas, a largura da calçada da travessia foi obtida pela média, em metros, da largura das calçadas dos dois lados da via. A Tabela 6 apresenta os dados coletados para caracterizar as instalações destinadas aos pedestres em cada travessia.

O último campo da planilha foi destinado ao registro do volume de pedestres fora da área de análise. Neste campo, um pesquisador que não estava realizando as filmagens contava os pedestres que atravessavam fora da área que estava sendo simultaneamente filmada. Essas contagens foram divididas em intervalos de quinze minutos e compatibilizadas com as contagens de pedestres realizadas através da observação posterior dos vídeos.

**Tabela 5 - Características físicas da via**

Endereço	LV (m)	NFTV	NET	SV	PRC	PCV	PE
Av. Assis Brasil 2834	26,8	8	3	2	Sim	Sim	Não
Av. Bento Gonçalves 2948	15,9	5	2	2	Sim	Não	Não
Av. Bento Gonçalves 3031	15,8	5	2	2	Sim	Não	Não
Av. Borges de Medeiros 1945	18,7	6	2	2	Sim	Não	Não
Av. Independência 1184	17,3	5	2	2	Sim	Não	Sim
Av. Independência 1206	17,3	5	2	2	Sim	Não	Sim
Av. Ipiranga 5200	22,7	8	2	2	Sim	Sim	Não
Av. João Pessoa 1831	17,9	4	2	1	Sim	Sim	Sim
Av. João Pessoa 2050	18,1	6	2	1	Sim	Sim	Não
Av. Júlio de Castilhos 284	18,7	5	2	1	Sim	Não	Não
Av. Loureiro da Silva 1500	28,2	8	2	2	Sim	Não	Não
Av. Loureiro da Silva 1520	28,2	8	2	2	Sim	Não	Não
Av. Loureiro da Silva 2001	28,8	8	2	2	Sim	Não	Não
Av. Paulo Gama 110	20,5	4	1	1	Não	Não	Não
Av. Praia de Belas 408	9,6	3	1	2	Não	Não	Não
Av. Praia de Belas 422	9,6	3	1	2	Não	Não	Não
Av. Protásio Alves 943	19,3	6	4	2	Sim	Não	Não
Av. Protásio Alves 1210	20,9	6	2	2	Sim	Sim	Não
Av. Sertório 6600	21,0	6	2	2	Sim	Sim	Não
R. Siqueira Campos 1300	17,0	3	1	1	Não	Não	Não
R. Voluntários da Pátria 650	15,4	4	1	2	Não	Não	Não

LV = largura da via; NFTV = número de faixas de tráfego de veículos; NET = número de etapas de travessia; SV = número de sentidos de tráfego da via; PRC = presença de canteiro central ou ilha de refúgio; PCV = presença de conversão de veículos; PE = permissão de estacionamento no canteiro central ou ilha de refúgio

**Tabela 6 - Características das instalações**

Endereço	PFTS	DFTP (m)	LC (m)
Av. Assis Brasil 2834	Sim	0	4,3
Av. Bento Gonçalves 2948	Sim	0	3,5
Av. Bento Gonçalves 3031	Sim	0	3,1
Av. Borges de Medeiros 1945	Sim	0	5,0
Av. Independência 1184	Não	43,9	6,5
Av. Independência 1206	Não	26,7	6,5
Av. Ipiranga 5200	Sim	0	3,6
Av. João Pessoa 1831	Não	59,7	4,7
Av. João Pessoa 2050	Não	62,2	4,1
Av. Júlio de Castilhos 284	Não	78,9	5,1
Av. Loureiro Da Silva 1500	Não	77,9	3,7
Av. Loureiro da Silva 1520	Não	52,9	3,7
Av. Loureiro da Silva 2001	Não	48,5	3,8
Av. Paulo Gama 110	Não	66,2	2,4
Av. Praia de Belas 408	Não	32,8	4,5
Av. Praia de Belas 422	Sim	0	4,5
Av. Protásio Alves 943	Sim	0	3,3
Av. Protásio Alves 1210	Sim	0	3,5
Av. Sertório 6600	Sim	0	3,7
R. Siqueira Campos 1300	Não	14,1	3,7
R. Voluntários da Pátria 650	Não	38,2	2,7

PFTS = presença de faixas de travessia semaforizada; DFTP = distância do ponto de travessia à faixa de travessia mais próxima; LC = largura da calçada.



### **5.6.2 Filmagem**

Para a obtenção das informações acerca das características operacionais da via e da percepção de risco foram realizadas filmagens nas vinte e uma travessias analisadas. Os vídeos foram feitos pelo pesquisador do estudo e um auxiliar. Enquanto um pesquisador filmava a travessia, o outro realizava as contagens de pedestres fora da área da travessia. Os dois pesquisadores foram a campo nos meses de novembro e dezembro de 2007, em dias úteis e no período da manhã, entre 9 e 11 horas, e à tarde, entre 14 e 17 horas.

Em uma primeira etapa, observou-se o local da travessia e áreas adjacentes visando determinar os melhores ângulos de filmagem e o melhor posicionamento do operador da câmera fotográfica digital com função de vídeo, de forma a não ser percebido pelos condutores e pedestres. Determinado esse local, realizava-se um teste e observava-se se o vídeo gerado estava de acordo com os objetivos da filmagem. Então, iniciava-se a filmagem da travessia, gerando vídeos com duração de uma hora.

A maior dificuldade de execução das filmagens esteve pautada nas intervenções advindas de pessoas que buscavam informações ou mesmo se colocavam em frente à câmera em busca de atenção. Essas intervenções tornaram necessária a interrupção da filmagem. Nesses casos, era contado o tempo até então filmado e feito outro vídeo com a diferença de tempo necessário para completar uma hora. Apenas durante a filmagem de uma travessia, onde se os pesquisadores perceberam situações inseguras, as filmagens foram interrompidas e reiniciadas em outro dia. Em alguns casos, as filmagens foram interrompidas devido ao estacionamento de veículos em frente ao local escolhido para realização destas, interferindo em sua qualidade. Nesses casos, onde os veículos que estacionaram bloquearam a visão da travessia, um novo ângulo de filmagem foi escolhido e repetiram-se os procedimentos de filmagem desde o início.

### **5.6.3 Análise dos vídeos**

A análise dos vídeos obtidos na filmagem buscou obter as características do fluxo veicular e o de pedestres. Esses vídeos foram assistidos em tempo variável, objetivando a

análise detalhada dos fluxos. Isso se faz necessário para a obtenção de uma boa precisão acerca das informações desejadas.

A caracterização do fluxo de veículos consistiu na contagem classificada dos veículos, dividida em intervalos de cinco minutos. Para tanto, cada vídeo foi assistido utilizando-se ferramentas computacionais de visualização de vídeo, que permitem ao pesquisador sobrepor o controle de tempo às imagens e parar a análise em qualquer momento, assim como repeti-la a partir de momentos específicos em diferentes velocidades. Ressalta-se que a precisão adotada no registro do tempo foi de décimo de segundos.

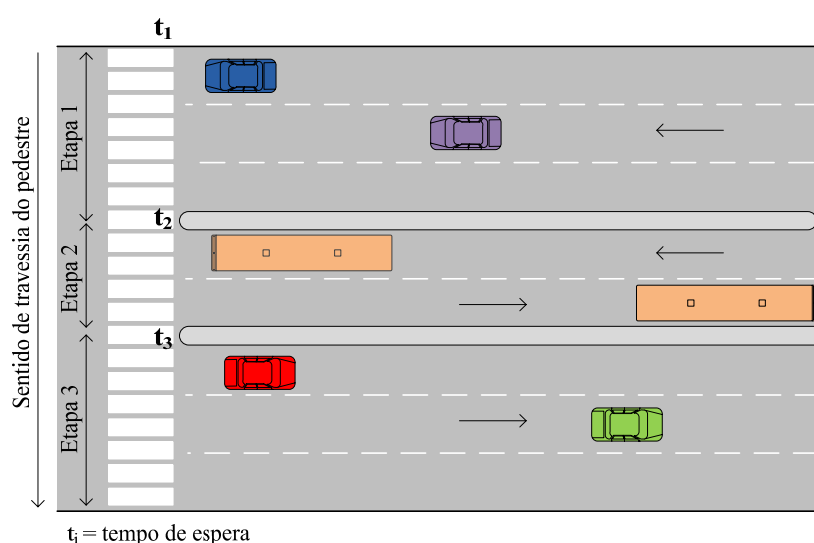
Devido ao nível de concentração exigido na realização das contagens veiculares, essas foram realizadas por sentido de circulação dos veículos. Assim, os vídeos foram analisados duas vezes nos casos onde as vias tinham dois sentidos de circulação de veículos. Em média para cada hora de vídeo, foram necessárias uma hora e meia de análise do fluxo veicular de vias com um sentido de circulação de veículos e três horas naquelas com dois sentidos. A Tabela 7 apresenta o volume de veículos de uma hora de contagem e a composição do fluxo veicular, representada pelo percentual do volume veicular referente aos veículos do tipo ônibus, lotação, caminhão e moto.

Ressalta-se que ao realizar as contagens veiculares observou-se que, em algumas vias, veículos de grande porte, como caminhões e ônibus, bloquearam a visualização de algumas faixas de circulação de veículos por alguns segundos. Assim, observa-se que a precisão das contagens foi prejudicada, embora se acredite que o erro gerado por esse fato não venha a invalidar a análise das informações coletadas.

A caracterização do fluxo de pedestres consistiu na contagem classificada do fluxo de pedestres de acordo com o sexo e faixa etária. Além disso, foi determinado o tempo de espera individual dos pedestres para realizar a travessia. O tempo individual de espera foi definido como a soma dos tempos de espera em cada etapa da travessia. Por exemplo, um pedestre que inicia a travessia no sentido indicado na Figura 25, terá três tempos de espera: (i) período de tempo entre a chegada do pedestre à travessia e o momento em que ele inicia o cruzamento da via,  $t_1$ ; (ii) período de tempo entre a chegada do pedestre até a primeira estrutura divisória do corredor de ônibus e o início da segunda etapa da travessia,  $t_2$ ; (iii) período de tempo entre a chegada do pedestre à segunda estrutura divisória do corredor de ônibus e o início da terceira etapa da travessia,  $t_3$ .

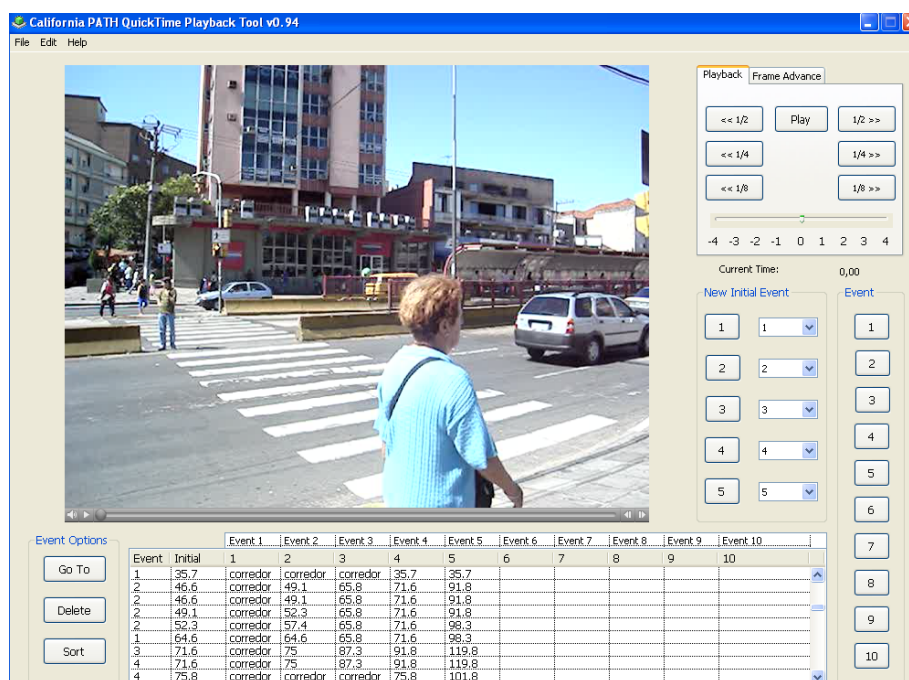
**Tabela 7 - Características do fluxo veicular**

Endereço	Volume veicular ( $V_v$ )	Composição do fluxo veicular			
		Ônibus	Lotação	Caminhão	Moto
Av. Assis Brasil 2834	3542	8,0%	1,9%	2,7%	14,2%
Av. Bento Gonçalves 2948	1272	11,5%	1,2%	3,7%	11,8%
Av. Bento Gonçalves 3031	1636	10,3%	0,9%	4,6%	14,7%
Av. Borges de Medeiros 1945	2602	5,8%	3,7%	6,1%	8,1%
Av. Independência 1184	2260	1,7%	7,4%	2,0%	8,6%
Av. Independência 1206	2430	1,5%	6,7%	1,6%	10,2%
Av. Ipiranga 5200	4721	1,7%	0,9%	4,1%	7,5%
Av. João Pessoa 1831	1620	11,8%	3,5%	3,6%	10,9%
Av. João Pessoa 2050	2038	11,4%	2,8%	2,8%	9,8%
Av. Júlio de Castilhos 284	2614	10,6%	3,8%	1,8%	16,0%
Av. Loureiro Da Silva 1500	3368	8,3%	3,1%	4,8%	8,8%
Av. Loureiro da Silva 1520	3438	7,4%	3,0%	4,7%	7,5%
Av. Loureiro da Silva 2001	3614	4,3%	1,7%	4,1%	9,9%
Av. Paulo Gama 110	2502	4,4%	0,0%	5,9%	8,2%
Av. Praia de Belas 408	1148	6,7%	1,7%	1,6%	10,7%
Av. Praia de Belas 422	1063	8,7%	2,2%	1,6%	7,2%
Av. Protásio Alves 943	3200	7,7%	2,3%	1,3%	11,4%
Av. Protásio Alves 1210	2813	6,9%	2,5%	2,0%	12,0%
Av. Sertório 6600	3395	2,6%	0,0%	9,2%	13,4%
R. Siqueira Campos 1300	1769	2,7%	0,1%	1,6%	14,5%
R. Voluntários da Pátria 650	242	80,2%	0,0%	0,8%	3,3%

**Figura 25 - Representação esquemática de uma travessia**

A análise do fluxo de pedestres foi feita utilizando um programa computacional chamado de *Playback Tool* desenvolvido pelo *Traffic Safety Center* da Universidade da Califórnia em Berkeley e concedido para uso nesta pesquisa. Este se encontra ilustrado na Figura 26. O *Playback Tool* permite que os vídeos sejam assistidos, e identificados os momentos exatos de cada novo evento estudado. No caso deste estudo, os eventos foram os próprios pedestres, onde o número 1 representou o pedestre do sexo feminino, o 2 o do sexo

masculino, o 3 o idoso do sexo feminino, o 4 o idoso do sexo masculino, e o 5 aquele que não pôde ter o sexo identificado no vídeo. As crianças também foram contadas, mas representaram um pequeno percentual no fluxo de pedestres e por isso não foi gerada uma nova variável para elas.



**Figura 26 - Visualização do Playback Tool**

Cada vez que um pedestre aparecia no vídeo, clicava-se no número do novo evento inicial e o programa indicava o tempo em segundos de chegada do pedestre. Quando esse pedestre iniciava a primeira etapa da travessia, clicava-se no evento 1, indicando o tempo de início da travessia, e no evento 2 quando ele terminava essa primeira etapa, indicando o tempo de término dessa etapa. Quando o pedestre iniciava a etapa 2, clicava-se no evento 3, indicando o início da segunda etapa da travessia. E assim sucessivamente, até terminar todas as etapas das travessias.

Após terminar a análise para todos os pedestres que atravessaram a via no período de uma hora, foram contados a partir do número do evento inicial, os pedestres de cada sexo e os pedestres idosos. Os tempos de espera para cada etapa da travessia foram calculados a partir da diferença entre o tempo de dois eventos consecutivos, correspondentes à chegada e saída do pedestre do ponto da etapa da travessia.

Durante a análise dos vídeos, observou-se que a caracterização do fluxo de pedestres demanda muito mais tempo e atenção do que a do fluxo de veículos devido à flexibilidade dos

movimentos desses usuários do sistema de transportes. Nem todos os pedestres realizam todas as etapas da travessia na área analisada, correspondente à área da filmagem.

Como também há risco de ocorrer um atropelamento na área analisada envolvendo os pedestres que só realizaram parte da travessia, adotou-se que qualquer pedestre que cruzasse uma parte da via na área de travessia analisada, seria contabilizado na contagem do volume de pedestres. Além disso, os bebês de colo ou em carrinhos foram também contabilizados como pedestres.

É importante ressaltar, que em muitos locais não foi possível determinar o tempo de espera dos pedestres em todas as etapas, pois estes atravessavam a via em diagonal ou correndo, ou só realizavam uma etapa da travessia, principalmente quando estavam saindo ou entrando no corredor de ônibus. Além disso, alguns pedestres utilizavam o canteiro central como calçada, sendo esse equipamento o local escolhido para iniciar ou finalizar o cruzamento da via nas travessias analisadas. Nesses casos, o tempo de espera da etapa não realizada ou realizada parcialmente foi considerado igual a zero.

Salienta-se também que, para a caracterização dos fluxos de pedestres com maior precisão, foram necessárias várias revisões dos vídeos, pois em cada revisão só era analisado um sentido de travessia e um local de início da travessia, podendo ser uma das duas calçadas, o canteiro central ou um dos lados do corredor de ônibus. Assim, o número de revisões foi proporcional ao número de etapas de travessias.

Em média, o tempo de revisão dos vídeos com uma hora de duração foi 2,5 horas por sentido de travessia. Assim, os pontos que tinham uma etapa de travessia necessitaram de cinco horas de análise de vídeo. Já as com quatro etapas demandaram vinte horas de análise. Essa alta demanda de tempo de análise já havia sido reportada em outros estudos que buscaram apenas informações acerca do volume de pedestres, onde foram necessárias três horas de análise para cada hora de vídeo (DIÓGENES et al., 2007).

Ainda, visando minimizar os possíveis erros de classificação de sexo e faixa etária dos pedestres, todas as análises foram feitas pelo pesquisador desta pesquisa. A identificação do sexo e idade foi feita com base no julgamento desse pesquisador, que determinou pelo rosto ou velocidade de caminhada dos pedestres se este era idoso (idade superior a 65 anos) ou não. Embora se saiba que em análises de julgamento há erros embutidos, admitiu-se que, como as

análises foram realizadas pela mesma pessoa, a imprecisão na classificação dos pedestres não invalidaria a utilização desses dados.

A Tabela 8 apresenta os volumes de pedestres de uma hora de contagem dentro da área da travessia ( $V_p'$ ), fora da área da travessia ( $V_p''$ ) e o volume total de pedestres ( $V_p$ ), representado pela soma de  $V_p'$  e  $V_p''$ . Destaca-se que esses volumes variaram de 37 a 706 pedestres, indicando que há uma alta incidência de atropelamentos mesmo em locais com baixo fluxo horário de pedestres. Ainda, na Tabela 8 é observada a composição do fluxo de pedestres, representada pelo percentual do volume de pedestres do sexo masculino e o percentual de pedestres idosos.

**Tabela 8 - Características do fluxo de pedestres**

Endereço	$V_p'$	$V_p''$	$V_p$	Composição do fluxo de pedestres	
				Masculino	Idoso
Av. Assis Brasil 2834	628	0	628	39,0%	24,8%
Av. Bento Gonçalves 2948	263	0	263	46,1%	21,7%
Av. Bento Gonçalves 3031	262	0	262	50,4%	14,9%
Av. Borges de Medeiros 1945	190	131	321	45,8%	24,7%
Av. Independência 1184	53	0	53	58,5%	17,0%
Av. Independência 1206	39	0	39	41,0%	20,5%
Av. Ipiranga 5200	210	46	256	44,8%	31,0%
Av. João Pessoa 1831	152	107	259	44,1%	18,4%
Av. João Pessoa 2050	65	21	86	42,2%	24,6%
Av. Júlio de Castilhos 284	167	0	167	63,5%	15,6%
Av. Loureiro da Silva 1500	13	28	41	61,5%	0,0%
Av. Loureiro da Silva 1520	20	17	37	65,0%	30,0%
Av. Loureiro da Silva 2001	31	48	79	67,7%	19,4%
Av. Paulo Gama 110	37	24	61	59,5%	18,9%
Av. Praia de Belas 408	56	0	56	57,1%	16,1%
Av. Praia de Belas 422	47	0	47	36,2%	21,3%
Av. Protásio Alves 943	706	0	706	36,4%	29,0%
Av. Protásio Alves 1210	394	0	394	38,7%	24,9%
Av. Sertório 6600	69	137	206	29,6%	31,9%
R. Siqueira Campos 1300	141	369	510	62,1%	22,0%
R. Voluntários da Pátria 650	234	137	371	67,1%	15,2%

$V_p'$  = volume de pedestres dentro da área da travessia;  $V_p''$  = volume de pedestres fora da área da travessia;  $V_p$  = volume total de pedestres.

A Tabela 9 apresenta a média dos tempos de espera dos pedestres de cada travessia, o maior tempo de espera experimentado por um pedestre durante a coleta de dados e o desvio padrão dos valores observados. De acordo com esses dados, há travessias onde os pedestres esperam menos de dois segundos e travessias onde este tempo é cerca de trinta e cinco segundos. Porém, julgou-se que a comparação entre esses tempos não seria pertinente, visto que as travessias apresentam características muito díspares. Além disso, há locais em que o maior tempo de espera foi cerca de dez vezes maior do que a média do tempo de espera, e locais onde o desvio padrão do tempo de espera é maior do que a média.

A partir desses dados, conclui-se que apesar de o tempo de espera ser importante na análise individual das travessias, a inclusão desse fator de risco no desenvolvimento dos modelos de regressão não seria apropriado, pois poderia gerar distorções nas conclusões. Isso ocorreria porque nem a média nem o maior tempo de espera representam o tempo de espera da grande maioria dos pedestres. Ainda, o tempo de espera está relacionado ao número de etapas da travessia, ao volume de tráfego de veículos, à largura da via e à presença de controle semafórico, fatores incluídos no desenvolvimento dos modelos.

**Tabela 9 - Tempo de espera**

Endereço	Tempo de espera (segundos)		
	Média	Maior tempo	Desvio Padrão
Av. Assis Brasil 2834	19,4	109,0	19,7
Av. Bento Gonçalves 2948	14,0	176,2	20,1
Av. Bento Gonçalves 3031	10,5	103,5	14,2
Av. Borges de Medeiros 1945	19,2	103,1	20,6
Av. Independência 1184	5,5	42,8	7,5
Av. Independência 1206	6,5	44,9	11,5
Av. Ipiranga 5200	24,7	80,2	19,2
Av. João Pessoa 1831	13,0	62,0	15,8
Av. João Pessoa 2050	6,2	45,4	9,8
Av. Júlio de Castilhos 284	8,2	64,4	13,6
Av. Loureiro da Silva 1500	23,8	251,7	68,7
Av. Loureiro da Silva 1520	15,2	89,5	28,3
Av. Loureiro da Silva 2001	12,6	35,3	12,3
Av. Paulo Gama 110	12,0	127,5	26,4
Av. Praia de Belas 408	5,0	35,8	8,5
Av. Praia de Belas 422	13,3	66,9	17,9
Av. Protásio Alves 943	15,6	74,4	14,2
Av. Protásio Alves 1210	12,8	53,6	14,0
Av. Sertório 6600	35,3	141,1	35,1
R. Siqueira Campos 1300	4,1	50,5	10,2
R. Voluntários da Pátria 650	1,2	43,8	4,3

#### 5.6.4 Simulação de vídeos

A simulação dos vídeos visou obter os dados referentes à sensação de segurança dos pedestres. A simulação realizada neste estudo consistiu da observação de fotos da travessia e seu entorno e vídeos com duração média de 45 segundos. Para cada local, os participantes da simulação atribuíram uma nota à travessia, indicando sua sensação de segurança. Essa nota variou de 1 a 5, onde a nota 1 indicou locais muito perigosos e a nota 5 locais muito seguros. Assim, quanto maior a nota atribuída à travessia, maior a sensação de segurança dos participantes.

Para participar da pesquisa foram convidados oito especialistas e dezesseis pedestres com diferentes situações culturais e sociais. Isso se fez necessário, uma vez que as pessoas avaliam diferentemente os perigos, afetando como elas reagem em relação ao gerenciamento do risco. O grupo de especialistas que participaram da pesquisa foi composto por cinco homens e três mulheres. Todos eles, com exceção de um, tinha veículo próprio. Já o grupo dos pedestres teve nove participantes do sexo masculino e sete do sexo feminino, e incluiu pessoas com diferentes níveis de escolaridade. Além disso, cerca de trinta por cento dos participantes pedestres possuíam veículo próprio, mas afirmaram que realizam a maior parte das viagens pendulares a pé.

Antes do início da simulação, cada participante recebeu um questionário com instruções, apresentado no Apêndice E. A simulação de cada vídeo foi realizada em três etapas. Na primeira etapa, os participantes assistiam ao vídeo projetado. Depois, eles observavam uma fotografia panorâmica da travessia analisada, conforme exemplo da Figura 27, e uma breve explicação oral sobre a travessia a ser analisada era fornecida. Finalmente, eles assistiam novamente ao vídeo e, então, eram solicitados a indicar no questionário a nota que indica o quão seguro eles se sentiam para atravessar a via no local filmado.

A Tabela 10 apresenta as notas atribuídas pelos pedestres e especialistas para cada travessia. Para avaliar a consistência interna dos instrumentos de pesquisa de obtenção dessas notas utilizou-se uma medida de confiabilidade, o Alfa de Cronbach. Essa medida indica que há consistência dos dados quando o valor de Alfa for superior a 0,55 (FOGLIATTO, 2004). No caso da pesquisa de percepção de risco obteve-se um Alfa com valor de 0,689, indicando que as questões medem situações similares e que os dados coletados são minimamente confiáveis.

Com o objetivo de identificar as discrepâncias entre as opiniões de diferentes grupos acerca da segurança de cada travessia, realizou-se uma análise da variância (ANOVA). A ANOVA foi escolhida por prover as ferramentas necessárias para julgar se a variabilidade observada nas médias amostrais é devida ao tratamento, no caso desta pesquisa, aos grupos pesquisados, ou devido a variações aleatórias da amostra. Essa análise permite constatar se existe diferença significativa entre a opinião dos grupos de respondentes.





**Figura 27 - Exemplo de fotos panorâmicas**

Inicialmente, investigou-se se a percepção de risco dos especialistas diferiu significativamente da percepção dos pedestres. Os resultados da ANOVA, apresentados na Tabela 11, mostraram que para dezoito travessias analisadas não há diferença significativa entre as percepções de risco dos pedestres e especialistas a um nível de significância de 5%. Houve diferença significativa apenas para três travessias, conforme valores com hachuras da Tabela 11, das quais duas foram julgadas mais inseguras pelos especialistas do que pelos pedestres.

Investigou-se também, através da ANOVA, se os homens avaliam a segurança das travessias diferentemente das mulheres, cujos resultados estão apresentados na Tabela 12. Observou-se que em cinco vídeos houve diferença significativa entre a opinião de pessoas com sexo diferente, conforme valores com hachuras da Tabela 12, onde os homens julgaram serem as travessias mais seguras do que as mulheres, reforçando os resultados encontrados na revisão teórica de que os homens estão mais propensos a aceitarem maiores riscos.

Finalmente, compararam-se as respostas das pessoas que possuem veículos próprios daquelas que não o possuem. Os resultados da ANOVA, Tabela 13, indicaram que não há diferença significativa entre as respostas dos diferentes grupos para vinte das vinte e uma travessias analisadas.

Tabela 10 - Notas da percepção de risco

<b>Endereço</b>	<b>Pedestre 01</b>	<b>Pedestre 02</b>	<b>Pedestre 03</b>	<b>Pedestre 04</b>	<b>Pedestre 05</b>	<b>Pedestre 06</b>	<b>Pedestre 07</b>	<b>Pedestre 08</b>	<b>Pedestre 09</b>	<b>Pedestre 10</b>	<b>Pedestre 11</b>	<b>Pedestre 12</b>	<b>Pedestre 13</b>	<b>Pedestre 14</b>	<b>Pedestre 15</b>	<b>Pedestre 16</b>	<b>Especialista 01</b>	<b>Especialista 02</b>	<b>Especialista 03</b>	<b>Especialista 04</b>	<b>Especialista 05</b>	<b>Especialista 06</b>	<b>Especialista 07</b>	<b>Especialista 08</b>	<b>Média</b>
Av. Assis Brasil 2834	1	2	2	2	3	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	4	3	3	3	2	2	1	2	4	<b>2,38</b>
Av. Bento Gonçalves 2948	4	3	5	5	4	3	3	4	4	4	3	4	3	4	5	5	3	2	4	4	3	2	2	2	<b>3,54</b>
Av. Bento Gonçalves 3031	4	4	4	4	4	2	2	2	4	2	4	3	3	4	4	5	4	3	2	4	2	2	2	3	<b>3,21</b>
Av. Borges de Medeiros 1945	3	3	3	3	3	2	3	3	5	3	3	4	4	2	3	3	4	4	4	5	5	2	3	3	<b>3,33</b>
Av. Independência 1184	2	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	3	1	3	1	1	1	2	1	1	1	1	2	2	<b>1,50</b>
Av. Independência 1206	1	2	2	3	3	1	2	1	1	1	1	2	2	3	2	2	1	2	1	1	1	1	2	2	<b>1,67</b>
Av. Ipiranga 5200	3	3	3	4	1	2	2	2	3	1	2	3	3	1	2	3	3	4	3	3	3	1	2	1	<b>2,42</b>
Av. João Pessoa 1831	3	2	2	3	3	2	4	2	2	3	1	3	2	3	4	1	3	4	2	2	3	3	2	3	<b>2,58</b>
Av. João Pessoa 2050	1	2	1	2	2	1	3	2	2	1	1	2	1	1	1	1	2	4	1	2	1	1	1	2	<b>1,58</b>
Av. Júlio de Castilhos 284	1	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	2	3	1	2	1	1	1	2	<b>1,38</b>
Av. Loreiro da Silva 1500	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	<b>1,17</b>
Av. Loreiro da Silva 1520	1	1	1	2	3	1	3	3	2	1	1	2	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	<b>1,50</b>
Av. Loreiro da Silva 2001	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	<b>1,29</b>
Av. Paulo Gama 110	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	<b>1,08</b>
Av. Praia de Belas 408	1	3	2	3	3	4	3	3	2	2	3	4	2	2	2	2	2	1	1	2	1	3	1	3	<b>2,29</b>
Av. Praia de Belas 422	4	4	5	4	5	4	3	5	4	4	4	5	4	3	5	5	4	4	5	5	4	4	4	4	<b>4,25</b>
Av. Protásio Alves 943	4	4	4	4	4	2	3	1	3	2	4	3	2	3	4	3	3	2	3	4	2	1	2	2	<b>2,88</b>
Av. Protásio Alves 1210	1	3	5	4	4	2	2	4	3	4	4	4	2	3	2	1	4	3	3	5	2	3	3	2	<b>3,04</b>
Av. Sertório 6600	4	4	4	4	4	3	2	3	4	4	4	4	3	3	4		3	4	4	4	4	3	4	3	<b>3,61</b>
R. Siqueira Campos 1300	1	3	1	2	2	2	3	3	3	3	1	2	1	2	1	2	3	4	3	2	2	4	1	2	<b>2,21</b>
R. Voluntário da Pátria 650	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	<b>1,21</b>

**Tabela 11 - Quadro resumo dos resultados da ANOVA (Pedestres vs. Especialistas)**

Endereço	Pedestre		Especialista		F	Significância
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão		
Av. Assis Brasil 2834	2,31	0,704	2,50	0,926	0,31	0,585
Av. Bento Gonçalves 2948	3,94	0,772	2,75	0,886	11,46	0,003
Av. Bento Gonçalves 3031	3,44	0,964	2,75	0,886	2,85	0,105
Av. Borges de Medeiros 1945	3,13	0,719	3,75	1,035	3,01	0,097
Av. Independência 1184	1,56	0,727	1,38	0,518	0,42	0,523
Av. Independência 1206	1,81	0,750	1,38	0,518	2,18	0,154
Av. Ipiranga 5200	2,38	0,885	2,50	1,069	0,09	0,763
Av. João Pessoa 1831	2,50	0,894	2,75	0,707	0,47	0,499
Av. João Pessoa 2050	1,50	0,632	1,75	1,035	0,54	0,469
Av. Júlio de Castilhos 284	1,25	0,447	1,63	0,744	2,40	0,136
Av. Loreiro da Silva 1500	1,19	0,403	1,13	0,354	0,14	0,713
Av. Loreiro da Silva 1520	1,63	0,806	1,25	0,463	1,47	0,239
Av. Loreiro da Silva 2001	1,31	0,602	1,25	0,463	0,07	0,800
Av. Paulo Gama 110	1,00	0,000	1,25	0,463	4,89	0,038
Av. Praia de Belas 408	2,56	0,814	1,75	0,886	5,02	0,036
Av. Praia de Belas 422	4,25	0,683	4,25	0,463	0,00	1,000
Av. Protásio Alves 943	3,13	0,957	2,38	0,916	3,36	0,080
Av. Protásio Alves 1210	3,00	1,211	3,13	0,991	0,06	0,803
Av. Sertório 6600	3,60	0,632	3,63	0,518	0,01	0,925
R. Siqueira Campos 1300	2,00	0,816	2,63	1,061	2,56	0,124
R. Voluntário da Pátria 650	1,19	0,403	1,25	0,463	0,12	0,736

\* Valores hachurados = há diferença significativa entre a opinião dos pedestre e especialistas

**Tabela 12 - Quadro resumo dos resultados da ANOVA (Mulheres vs. Homens)**

Endereço	Mulheres		Homens		F	Significância
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão		
Av. Assis Brasil 2834	1,90	0,568	2,71	0,726	8,721	0,007
Av. Bento Gonçalves 2948	3,50	0,850	3,57	1,089	0,030	0,864
Av. Bento Gonçalves 3031	2,50	0,850	3,71	0,726	14,167	0,001
Av. Borges de Medeiros 1945	3,20	0,919	3,43	0,852	0,394	0,537
Av. Independência 1184	1,30	0,483	1,64	0,745	1,620	0,216
Av. Independência 1206	1,30	0,483	1,93	0,730	5,616	0,027
Av. Ipiranga 5200	2,30	0,823	2,50	1,019	0,262	0,614
Av. João Pessoa 1831	2,60	0,699	2,57	0,938	0,007	0,936
Av. João Pessoa 2050	1,30	0,675	1,79	0,802	2,430	0,133
Av. Júlio de Castilhos 284	1,10	0,316	1,57	0,646	4,507	0,045
Av. Loreiro da Silva 1500	1,00	0,000	1,29	0,469	3,667	0,069
Av. Loreiro da Silva 1520	1,50	0,850	1,50	0,650	0,000	1,000
Av. Loreiro da Silva 2001	1,10	0,316	1,43	0,646	2,189	0,153
Av. Paulo Gama 110	1,10	0,316	1,07	0,267	0,057	0,813
Av. Praia de Belas 408	2,20	1,033	2,36	0,842	0,168	0,685
Av. Praia de Belas 422	4,20	0,632	4,29	0,611	0,111	0,742
Av. Protásio Alves 943	2,40	1,075	3,21	0,802	4,537	0,045
Av. Protásio Alves 1210	2,80	1,229	3,21	1,051	0,788	0,384
Av. Sertório 6600	3,40	0,699	3,77	0,439	2,412	0,135
R. Siqueira Campos 1300	2,30	1,059	2,14	0,864	0,160	0,693
R. Voluntário da Pátria 650	1,20	0,422	1,21	0,426	0,007	0,936

\* Valores hachurados = há diferença significativa entre a opinião dos homens e mulheres

**Tabela 13 - Quadro resumo dos resultados da ANOVA (Posse veicular)**

Endereço	Possui veículo		Não possui veículo		F	Significância
	Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão		
Av. Assis Brasil 2834	2,58	0,900	2,17	0,577	1,821	0,191
Av. Bento Gonçalves 2948	3,17	1,030	3,92	0,793	3,996	0,058
Av. Bento Gonçalves 3031	3,17	1,030	3,25	0,965	0,042	0,840
Av. Borges de Medeiros 1945	3,67	0,985	3,00	0,603	4,000	0,058
Av. Independência 1184	1,50	0,674	1,50	0,674	0,000	1,000
Av. Independência 1206	1,50	0,522	1,83	0,835	1,375	0,253
Av. Ipiranga 5200	2,58	0,900	2,25	0,965	0,765	0,391
Av. João Pessoa 1831	2,50	0,798	2,67	0,888	0,234	0,633
Av. João Pessoa 2050	1,83	0,835	1,33	0,651	2,676	0,116
Av. Júlio de Castilhos 284	1,58	0,669	1,17	0,389	3,481	0,075
Av. Loreiro da Silva 1500	1,25	0,452	1,08	0,289	1,158	0,294
Av. Loreiro da Silva 1520	1,50	0,674	1,50	0,798	0,000	1,000
Av. Loreiro da Silva 2001	1,25	0,452	1,33	0,651	0,133	0,719
Av. Paulo Gama 110	1,17	0,389	1,00	0,000	2,200	0,152
Av. Praia de Belas 408	2,25	0,965	2,33	0,888	0,048	0,828
Av. Praia de Belas 422	4,33	0,492	4,17	0,718	0,440	0,514
Av. Protásio Alves 943	2,50	1,000	3,25	0,866	3,857	0,062
Av. Protásio Alves 1210	3,08	1,084	3,00	1,206	0,032	0,860
Av. Sertório 6600	3,64	0,505	3,58	0,669	0,045	0,833
R. Siqueira Campos 1300	2,58	0,900	1,83	0,835	4,477	0,046
R. Voluntário da Pátria 650	1,25	0,452	1,17	0,389	0,234	0,633

\* Valores hachurados = há diferença significativa entre a opinião da pessoas que possuem veículos e as que não o possuem

A partir dos resultados da comparação de opiniões dos diferentes grupos, concluiu-se que as respostas dos questionários podem ser consideradas homogêneas. Isso indica que os dados de percepção obtidos pela percepção dos pedestres e especialistas podem ser agrupados sem prejudicar a análise. Dessa forma, a nota final de percepção de risco de cada travessia foi obtida através da média de todas as notas atribuídas a ela, conforme Tabela 10. A nota final de cada travessia foi utilizada como variável determinante do modelo de regressão referente à avaliação da percepção de risco dos pedestres.

## 6 MODELOS DE REGRESSÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para a realização das avaliações de risco das travessias, foram construídos modelos de regressão a partir dos dados coletados para os locais em análise. Este capítulo apresenta a descrição das formulações dos modelos de regressão e a análise dos resultados dos modelos.

### 6.1 DESENVOLVIMENTO DOS MODELOS DE REGRESSÃO

A primeira etapa da construção dos modelos de regressão consistiu na análise dos dados coletados referentes aos fatores de risco. Através dessa análise foi possível determinar de que forma as informações coletadas seriam utilizadas como variáveis explicativas no desenvolvimento do modelo. Inicialmente, observou-se que as variáveis categóricas do tipo “sim” ou “não” deveriam ser transformadas em variáveis do tipo *dummy*, que assumem valores 0 ou 1, para que fossem tratadas de forma quantitativa. Determinou-se, então, que as respostas “sim” assumiriam o valor 1 e as respostas “não” o valor 0.

É importante ressaltar, que algumas variáveis categóricas tiveram que ser excluídas do desenvolvimento dos modelos. Observou-se que a inclusão das seis variáveis *dummies* geraria erros de estimativa da variável de resposta. A mudança do valor de uma variável *dummy* de uma única travessia no desenvolvimento do modelo resultaria em modelos com diferentes variáveis significativas. Isso ocorre porque o uso de muitas variáveis *dummies* pode resultar em problemas de multicolinearidade perfeita e prejudicar a estimativa dos parâmetros do modelo, principalmente quando a amostra utilizada é pequena (PARK, 2002). Porém, a não inclusão de variáveis do tipo *dummy* na construção dos modelos não permite a formulação de modelos estatisticamente robustos, pois as travessias avaliadas apresentam características muito díspares.

Assim, decidiu-se por excluir duas variáveis *dummies* da análise. A primeira variável excluída foi a presença de canteiro central ou ilha de refúgio, pois esta variável está relacionada à variável número de etapas de travessia. Ainda, excluiu-se a presença de

conversão de veículos devido à dificuldade de caracterização das travessias por essa variável, pois saídas de garagens, estacionamentos e proximidade da travessia em meio de quadra à interseção apresentam conversões veiculares, mas possuem características distintas e influenciam de forma diferenciada o risco de atropelamento.

Além disso, para representar as variáveis de composição do fluxo veicular foram agrupados os percentuais de ônibus e lotações. Acredita-se que agrupando esses dois tipos de veículos é possível caracterizar melhor o transporte coletivo da travessia, que está relacionado ao volume de pedestres e ao comportamento desses usuários no trânsito. Assim, adotou-se como variável explicativa dos modelos de regressão o percentual de transporte coletivo, representado pela fração do volume veicular correspondente à soma do número de veículos do tipo ônibus e lotação.

No total, quatro variáveis *dummies* e treze variáveis quantitativas foram selecionadas como variáveis explicativas no desenvolvimento dos modelos de regressão. Essas variáveis estão apresentadas na Figura 28. É importante ressaltar que outras variáveis também poderiam ser incluídas no desenvolvimento dos modelos, tais como o fluxo veicular por faixa e por sentido de tráfego. Mas vale lembrar que o tamanho amostral deste estudo (21 travessias) submetido às limitações de número de graus de liberdade limita o número de variáveis explicativas que podem ser consideradas. Depois de testar inúmeras combinações de variáveis explicativas, as selecionadas para o desenvolvimento dos modelos finais foram aquelas que geraram modelos mais robustos e estatisticamente significativos.

Antes de iniciar o desenvolvimento dos modelos finais, foi realizada uma análise de correlação de Pearson entre as variáveis quantitativas. Os resultados dessa análise encontram-se na Tabela 14. A matriz de correlações das variáveis demonstra que, de um total de setenta e oito, existem onze correlações significativas entre as variáveis, indicadas pelo coeficiente de Pearson maior do que 0,5. Ainda, três das correlações significativas podem ser consideradas fortes, com coeficiente de Pearson maior do que 0,70. Essas apontam relações positivas entre o volume veicular ( $V_v$ ), a largura da via ( $LV$ ) e o número de faixas de circulação de veículos ( $NFTV$ ) e entre  $LV$  e  $NFTV$ .

É interessante notar que o percentual de pessoas do sexo masculino no fluxo de pedestres está positivamente correlacionado com a distância do local da travessia à faixa de travessia de pedestres mais próxima, enquanto o percentual de idosos está correlacionado

negativamente com essa variável. Isso confirma os resultados da revisão teórica que indicam os homens como mais propensos a aceitarem o risco e os idosos a optarem por comportamentos mais prudentes.

	Sigla	Nome
Variáveis dummies	PCO	presença de parada de ônibus
	PPO	presença de corredor de ônibus
	PE	permissão de estacionamento no canteiro central ou ilha de refúgio
	PFSS	presença de faixas de travessia semaforizada
Variáveis quantitativas	DFTP	distância do ponto de travessia à faixa de travessia mais próxima
	LC	largura da calçada
	LV	largura da via
	DPMP	distância da travessia ao ponto da parada de ônibus mais próximo
	NET	número de etapas de travessia
	NFTV	número de faixas de tráfego de veículos
	SV	número de sentidos de tráfego da via ("único" = 1 ou "duplo" = 2)
	Vv	volume veicular
	PVM	percentual do volume veicular composto por motos
	PVTC	percentual do volume veicular composto por transporte coletivo (ônibus e lotações)
	Vp	volume de pedestres dentro (Vp') e fora da travessia (Vp'')
	PPI	percentual do volume de pedestres composto por idosos
	PPM	percentual do volume de pedestres composto por homens

**Figura 28 - Variáveis explicativas**

**Tabela 14 - Correlações de Pearson**

	DPMP	LV	NFTV	NET	DFTP	SV	LC	Vv	PVTC	PVM	Vp	PPM	PPI
DPMP	1												
LV	0,04	1											
NFTV	0,21	<b>0,89</b>	1										
NET	-0,12	0,43	0,58	1									
DFTP	-0,28	0,25	0,03	-0,23	1								
SV	0,41	0,10	0,37	0,25	-0,54	1							
LC	-0,25	-0,18	-0,09	0,08	0,12	0,04	1						
Vv	0,24	<b>0,80</b>	<b>0,84</b>	0,54	-0,03	0,18	-0,01	1					
PVTC	0,30	-0,20	-0,21	-0,23	0,15	0,08	-0,24	-0,54	1				
PVM	-0,42	0,02	-0,03	0,32	-0,17	-0,27	0,10	0,14	-0,49	1			
Vp	0,03	0,05	0,06	0,52	-0,55	0,04	-0,31	0,08	0,14	0,34	1		
PPM	-0,08	0,21	-0,02	-0,42	0,63	-0,19	-0,11	-0,14	0,31	-0,23	-0,31	1	
PPI	0,22	0,07	0,20	0,32	-0,55	0,09	-0,08	0,36	-0,26	0,06	0,34	-0,53	1

\* valores hachurados = coeficiente de correlação com valor absoluto maior do que 0,50

Observa-se que, devido aos dados estarem correlacionados, o seu uso no desenvolvimento de modelos de regressão resulta em problemas de multicolineariedade. Uma das soluções para este problema seria não incluir no desenvolvimento dos modelos as variáveis correlacionadas entre si. Porém, não foi possível obter modelos estatisticamente significativos sem a inclusão de variáveis correlacionadas e esta prática também foi adotada em outros modelos do gênero relativos à previsão de atropelamentos em interseções (GREIBE, 2003) e ao nível de serviço em travessias em meio de quadra (BALTES; CHU, 2002). Por isso optou-se por incluí-las no desenvolvimento dos modelos deste estudo.

A principal consequência do problema de multicolineariedade está relacionada à estimativa imprecisa dos coeficientes de variáveis com forte correlação. Dessa forma, não é possível estabelecer conclusões acerca da relação entre uma variável correlacionada e o fenômeno em estudo. Por exemplo, ao utilizar os dados de volume veicular, largura e número de faixas de tráfego de veículos em um modelo de regressão que visa estimar o número de atropelamentos de uma travessia, não é possível determinar se uma dessas variáveis exerce maior poder explicativo do que a outra, ou mesmo se a relação da variável com o número de atropelamentos é positiva ou negativa.

Porém, quando se deseja modelar um fenômeno sem a necessidade de entendimento do comportamento individual de cada variável, a imprecisão dos coeficientes não invalida a modelagem, desde que duas condições sejam satisfeitas. A primeira condição é que as variáveis correlacionadas tenham sido estimadas corretamente. A segunda é que o padrão de correlação prevaleça em outras situações do fenômeno modelado (KENNEDY, 1985 apud BALTES; CHU, 2002)<sup>11</sup>.

Como o presente estudo visa, através de modelos de regressão, avaliar o risco de atropelamento das travessias, considerou-se que a inserção de variáveis correlacionadas no desenvolvimento do modelo não causaria problemas à análise. Além disso, considerou-se que a variável correlacionada mantém o mesmo padrão de correlação em outras travessias.

---

<sup>11</sup> KENNEDY, P. **A guide to econometrics**. 2. ed. Cambridge: MIT Press, Mass., 1985.



### 6.1.1 Modelo de regressão baseado em dados de atropelamentos

O modelo de regressão baseado em dados de atropelamentos tem, via de regra, o objetivo de avaliar o risco das travessias através de fatos já ocorridos. Nesta pesquisa, não se busca prever o número esperado de atropelamentos, mas sim obter indicativos para o gerenciamento da segurança dos pedestres na malha viária.

Modelos de previsão de atropelamentos deveriam incluir travessias onde foi observada alta, moderada e baixa incidência de atropelamentos. Além disso, dados sobre as variações dos fluxos de tráfego ao longo do tempo deveriam ser observados. Devido à indisponibilidade desses dados e à dificuldade de coletá-los, o modelo formulado neste trabalho não poderá ser utilizado para fins preditivos, mas sim para gerar uma estimativa do risco relativo de ocorrência de atropelamentos. Assim, ele poderá ser utilizado para comparar o risco de atropelamento de diferentes travessias.

Os dados dos atropelamentos utilizados neste estudo estão agrupados pelo número da edificação e não por travessia. Por isso, em alguns locais não é possível determinar com precisão quantos atropelamentos ocorreram na travessia analisada. Para corrigir os erros provenientes da locação dos atropelamentos, optou-se por utilizar como variável de resposta do modelo a taxa de atropelamentos pelo volume total de pedestres ( $V_p$ ), representado pela soma do volume de pedestres dentro ( $V_p'$ ) e fora ( $V_p''$ ) da travessia analisada. Ao utilizar essa taxa, supõe-se que o número de atropelamentos ocorridos e o volume de pedestres apresentem uma relação direta e positiva, o que é evidenciado na literatura, embora não necessariamente linear. Essa suposição fez-se necessária, pois não se pode determinar qual a relação real entre o fluxo de pedestres e a ocorrência de atropelamentos nas travessias de estudo.

Definida a variável de resposta do modelo, representada por uma taxa, determinou-se que a estrutura probabilística da modelagem deveria ser a de Poisson. Essa distribuição pressupõe que a média e a variância amostral sejam iguais. Na amostra estudada, observa-se que há uma média de 12,48 atropelamentos por travessia e uma variância amostral de 12,76.

A estruturação do modelo foi realizada no programa computacional *Stata 9.2*. Esse programa permite que modelos para dados de contagem, como é o caso de Poisson, utilizem taxas como variáveis de resposta. Para tanto, deve-se utilizar como dados de entrada do

programa uma variável de resposta correspondente à contagem e uma variável de exposição. Neste estudo, a variável de resposta corresponde ao número de atropelamentos ocorridos em cada travessia e a variável de exposição é representada pelo volume de pedestres. A estrutura proveniente da modelagem de Poisson está representada na equação 9.

$$\text{NATP}_i = Vp_i e^{\sum \beta_j x_{ij}} \quad (9)$$

Onde:

NATP<sub>i</sub>: número de atropelamentos esperados para um período de nove anos na travessia i

Vp<sub>i</sub>: volume de tráfego horário de pedestres na travessia i

x<sub>ij</sub>: variáveis descritivas dos fatores de risco

β<sub>j</sub>: coeficientes do modelo

É importante ressaltar que o modelo de Poisson pressupõe uma curva assintótica e que amostras pequenas podem gerar erros na estimativa do erro padrão. Além disso, modelos de regressão pressupõem que haja uma homoscedasticidade do modelo, ou seja, que a variância dos erros da curva estimada sejam iguais. Quando isso não ocorre, nota-se que a distribuição de alguns valores observados não se encontra em torno da curva de predição. Esses valores são chamados de *outliers*. A influência dos *outliers* nos modelos preditivos pode aumentar a estimativa da variância do erro (YAFFEE, 2002). Nesses casos, estimadores da variância devem ser utilizados.

O *Stata* utiliza uma opção para a geração de modelos de Poisson denominada erros padrões robustos, onde é utilizado o estimador da variância de White-Huber, também denominado de estimador sanduíche (RABE-HESKETH; EVERITT, 2004). O uso desse estimador é consistente em várias situações e, em distribuições assintóticas, pode ser utilizado para amostras pequenas (n < 50) (WAKEFIELD, 2004). Além disso, a opção de erro robusto do *Stata* utiliza correções do número de graus de liberdade no cálculo do erro da variância para obter melhores estimativas de amostras pequenas (YAFFEE, 2002).

Como o tamanho da amostra desse estudo é menor do que 50 e para reduzir os erros de estimativas devido à heteroscedasticidade do modelo, optou-se pela utilização da estimativa de erros padrão robustos. A construção do modelo foi feita através da inserção de todas as variáveis explicativas apresentadas na Figura 28 na análise, com exceção do volume de pedestres que foi utilizado como variável de exposição. Para obtenção do modelo final com nível de confiança de 95%, as variáveis explicativas não estatisticamente significativas (*p-value* ≤ 0,05) foram excluídas uma a uma da análise. No total, 12 variáveis explicativas

apresentaram-se estatisticamente significantes para explicar a taxa de atropelamentos por volume de pedestres. A Tabela 15 apresenta os resultados do modelo final obtidos no *Stata*.

Depois de formulado o modelo, deve-se verificar se ele é robusto o suficiente para explicar o fenômeno estudado. O *Stata* permite que sejam analisadas três medidas para observar o ajuste do modelo. A primeira refere-se a um teste do qui-quadrado ( $\chi^2$ ) que verifica o ajuste do modelo (*goodness-of-fit*) à distribuição de Poisson, testando se os dados amostrais são provenientes de uma população com essa distribuição. O teste utilizado no *Stata* compara o modelo gerado com um modelo que leva em consideração todos os efeitos possíveis das variáveis explicativas. Se o teste é estatisticamente significativo  $p\text{-value} \leq 0,05$ , a regressão de Poisson não é apropriada (RUEDA, 2006). No modelo da Tabela 15, o  $p\text{-value}$  foi igual a 0,0944, confirmando que o modelo de regressão de Poisson é apropriado para modelar o fenômeno estudado.

**Tabela 15 - Modelo de taxas de atropelamentos**

Número de observações = 21				
Wald $\chi^2(12) = 2915,66$				
Prob > $\chi^2$ ( $p\text{-value}$ ) = 0,0000				
Pseudo $R^2 = 0,66$				
	Coefficientes	Erro padrão	(z)	$p\text{-value}$
		Robusto		
PPO	1,5208550	0,3876066	3,92	0,000
PCO	0,6563034	0,2403136	2,73	0,006
NFTV*	0,2913042	0,0962700	3,03	0,002
NET	-0,2867297	0,1200696	-2,39	0,017
SV	0,8560028	0,3621792	2,36	0,018
PFSS**	-0,6257014	0,3277582	-1,91	0,056
DFTP**	0,0193243	0,0068193	2,83	0,005
LC	-0,4229680	0,0833831	-5,07	0,000
PVTC	-3,4243790	0,3271213	-10,47	0,000
PPM**	-2,0971560	0,6455293	-3,25	0,001
V <sub>v</sub> *	-0,0004593	0,0002193	-2,09	0,036
LV*	-0,0570603	0,0241332	-2,36	0,018
Constante	-1,1526730	0,5214371	-2,21	0,027
V <sub>p</sub>	(variável de exposição)			
Ajuste do modelo $\chi^2$ ( <i>Goodness-of-fit</i> $\chi^2$ ) = 13,54708				
Prob > $\chi^2(8)$ ( $p\text{-value}$ ) = 0,0944				

\* e \*\* - variáveis altamente correlacionadas entre si (valor absoluto do coeficiente de correlação maior do que 0,70)

A segunda medida de ajuste do modelo com erros padrão robustos busca, através do teste de Wald, equivalente ao teste da razão de verossimilhança para os erros padrão, determinar se todas as estimativas do modelo são insignificantes, ou seja, que pelo menos um dos coeficientes estimados para as variáveis é diferente de zero. Se o teste for estatisticamente

significante  $p\text{-value} \leq 0,05$ , o modelo de regressão é significativo. Dessa forma, pode-se concluir que existe significância estatística no modelo da Tabela 15 (BRUIN, 2006; RUEDA, 2006).

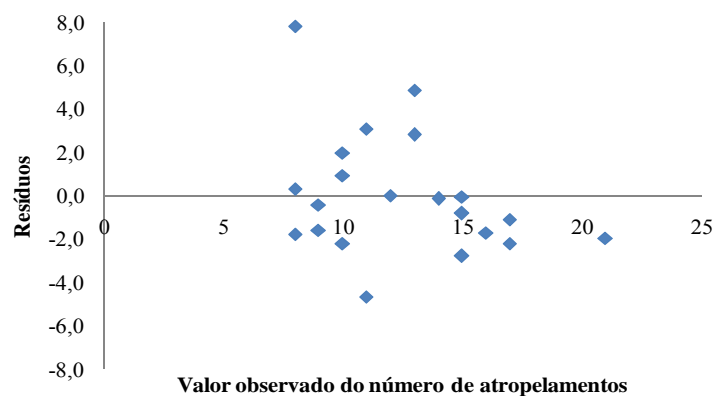
A terceira medida corresponde ao cálculo do coeficiente de determinação ( $R^2$ ). É importante notar que o modelo de Poisson não possui uma medida natural equivalente ao  $R^2$  da regressão linear. Entretanto, há uma variedade de estatísticas que procuram uma medida semelhante para avaliar o ajuste do modelo, denominado de pseudo- $R^2$ . O pseudo- $R^2$  também varia em uma escala de 0 a 1, e geralmente maiores valores indicam um melhor ajuste do modelo, porém eles não podem ser interpretados como o coeficiente de determinação das regressões lineares, que avaliam a proporção da variância explicada pelo modelo. Além disso, diferentes formulações de pseudo- $R^2$  podem gerar diferentes valores (BRUIN, 2006; MITTLBÖCK; WALDHÖR, 2000).

O *Stata* utiliza no cálculo do coeficiente de determinação o pseudo- $R^2$  de McFadden, baseado em medidas da máxima verossimilhança (BRUIN, 2006; MITTLBÖCK; WALDHÖR, 2000). No modelo desenvolvido neste trabalho, o pseudo- $R^2$  foi igual a 0,66, indicando que o desempenho do modelo é de moderado a bom. Ainda, visando observar o ajuste do modelo, foi construído um gráfico dos resíduos do modelo, apresentado na Figura 29, e um gráfico onde são contrastados os valores do NATP observados nas travessias e os valores do NATP estimados pelo modelo, apresentado na Figura 30. Apesar da presença de *outliers* nos gráficos, pode-se afirmar que há homogeneidade da variância. A presença de *outliers* pode ser devida à interação dos diferentes fatores de risco, a mudanças das características físicas da via ao longo do tempo ou à existência de fatores que influenciam a ocorrência de atropelamentos que não foram incluídas no desenvolvimento do modelo.

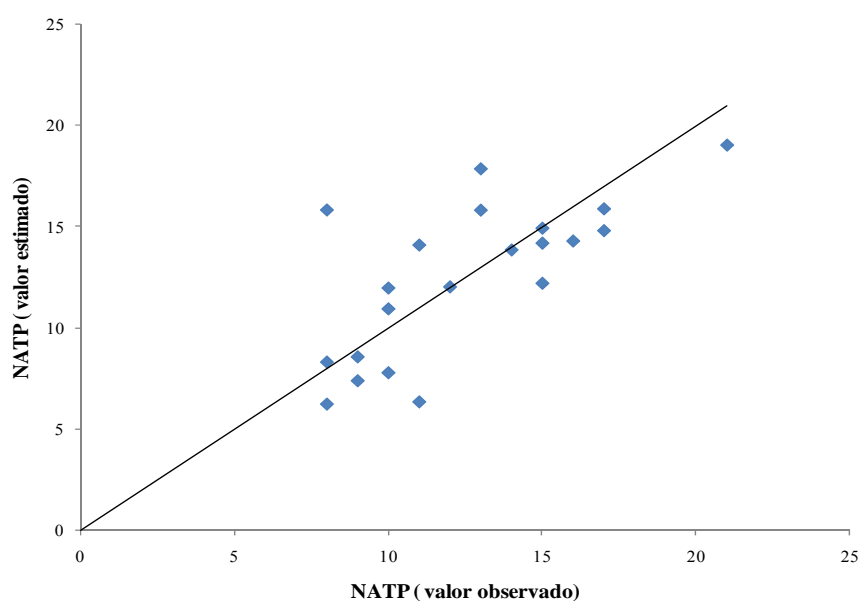
Após avaliar o ajuste do modelo, foi realizada a avaliação da influência das variáveis explicativas na variável de resposta. Como existe multicolineariedade das variáveis, não é possível estabelecer conclusões individuais acerca da influência de cada variável na predição do modelo. Porém, algumas inferências podem ser feitas em relação às variáveis que apresentam menor correlação entre si.

O modelo apresenta indícios de que travessias em vias de sentido duplo de tráfego ou onde há serviços de transporte coletivo como a presença de paradas ou corredores de ônibus, (PPO ou PCO) apresentam maior taxa de atropelamentos. Em contrapartida, quando o fluxo

veicular tem um maior percentual de transporte coletivo (PVTC), essa taxa tende a decair. Além disso, a presença de faixa de travessia com controle semafórico, um maior número de etapas de travessias (NET) e calçadas mais largas (LV) aumentam a segurança dos pedestres. Esses resultados são similares aos encontrados na revisão teórica.



**Figura 29 - Qualidade de ajuste do modelo, resíduos versus observados**



**Figura 30 - Qualidade de ajuste do modelo, valores observados versus estimados**

### 6.1.2 Modelo de regressão baseado em dados de percepção de risco

A construção do modelo de regressão, embasada em dados de percepção de risco, utilizou os resultados da simulação de vídeo para caracterizar a segurança da travessia. Como

houve pouca diferença entre as respostas dos diferentes grupos de participantes da pesquisa, a variável de resposta do modelo de regressão foi a média das notas atribuídas à travessia por cada participante. As variáveis explicativas de entrada do modelo incluíram todas aquelas apresentadas na Figura 28. Porém, como o vídeo mostrou somente a área da travessia, o volume de pedestres adotado na construção do modelo incluiu apenas os pedestres contados atravessando dentro da área da travessia analisada ( $Vp'$ ).

A estruturação do modelo foi realizada no programa computacional *Stata 9.2* através de uma regressão linear múltipla com nível de confiança de 95%. A estrutura proveniente da modelagem está representada na equação 10. O método de obtenção do modelo final também utilizou a estratégia de exclusão uma a uma das variáveis explicativas não estatisticamente significativas ( $p\text{-value} \leq 0,05$ ). No total, 8 variáveis explicativas apresentaram-se estatisticamente significantes para explicar a percepção de segurança dos pedestres. A Tabela 16 apresenta os resultados do modelo final obtidos no *Stata*.

$$SP_i = \sum \beta_j x_{ij} \quad (10)$$

Onde:

$SP_i$ : segurança percebida pelos pedestres e especialistas na travessia  $i$

$x_{ij}$ : variáveis descritivas dos fatores de risco

$\beta_j$ : coeficientes do modelo

**Tabela 16 - Modelo de percepção de risco**

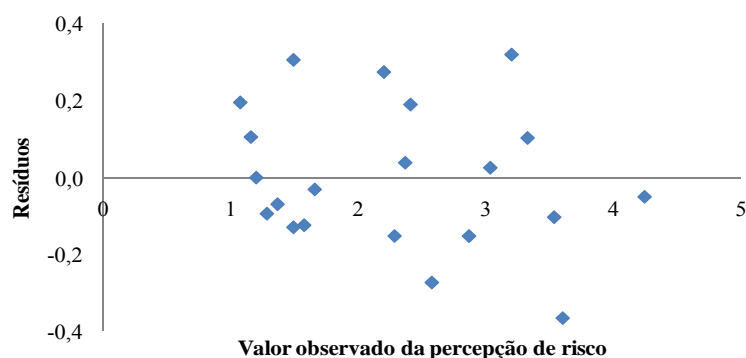
	Coefficientes	Erro Padrão	t	<i>p-value</i>
Número de observações = 21				
F( 8, 12) = 38,06				
Prob > F = 0,0000				
$R^2 = 0,94$				
PPO*	-0,9851003	0,2447617	-4,02	0,002
PCO*	-1,0626970	0,2570150	-4,13	0,001
DPMP	-0,0113851	0,0036103	-3,15	0,008
LV	-0,0537945	0,0109635	-4,91	0,000
PE	0,9540397	0,2496829	3,82	0,002
SV	0,3716855	0,1801003	2,06	0,061
PFSS*	1,9185670	0,1624708	11,81	0,000
$Vp'$ *	-0,0013057	0,0004841	-2,70	0,019
Constante	3,2084720	0,2976997	10,78	0,000

\* - variáveis correlacionadas entre si (valor absoluto do coeficiente de correlação maior do que 0,50)

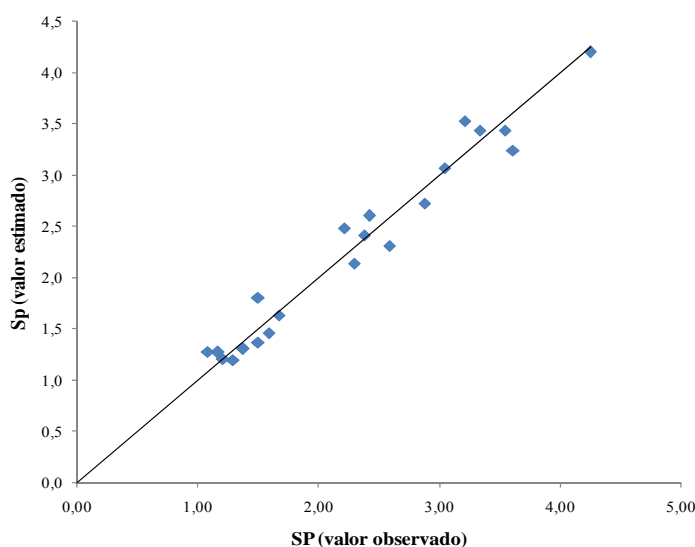
A análise do ajuste do modelo de regressão linear foi feita através do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e do gráfico dos resíduos. No modelo da Tabela 16, o  $R^2$  obtido foi de 0,94, indicando que 94% da variação da percepção de risco é explicada pelos fatores de risco

incluídos no modelo. Os gráficos dos resíduos do modelo e do contraste entre os valores da segurança percebida (SP) observados e os valores da SP estimados, apresentados na Figura 31 e na Figura 32 respectivamente, indicam pequena dispersão em torno da reta. Dessa forma, pode-se afirmar que o modelo estimado apresenta um bom ajuste para explicar o fenômeno em estudo.

Após avaliar o ajuste do modelo, analisou-se a influência das variáveis explicativas na variável de resposta. Nessa análise, é importante considerar que essas notas das travessias foram atribuídas em uma escala onde valores maiores estão relacionados a uma maior segurança da travessia, diferentemente do modelo baseado em número de atropelamentos, onde quanto maior a variável de resposta, maior a insegurança da travessia. Além disso, como existe multicolineariedade das variáveis, não é possível estabelecer conclusões individuais acerca da influência de cada variável na predição do modelo, devendo ser feitas inferências apenas sobre aquelas que apresentam baixa correlação com outras variáveis.



**Figura 31 - Qualidade de ajuste do modelo, resíduos versus estimados**



**Figura 32 - Qualidade de ajuste do modelo, valores observados versus estimados**

Assim, no modelo de percepção de risco, observam-se indicativos de que as características do transporte coletivo influenciam significativamente a percepção de pedestres em relação à segurança. De acordo com o modelo estimado, a presença de corredores com vias exclusivas para ônibus (PCO) e de paradas de ônibus (PPO) aumentam o risco de atropelamento das travessias, visto que diminuem a segurança percebida. Além disso, quanto maior a distância da travessia à parada de ônibus mais próxima (DPMP), menor a segurança da travessia.

Ainda, o modelo demonstra que quanto maior a largura da via (LV) ou o volume de pedestres ( $Vp'$ ), menor é a percepção de segurança da travessia. Em contrapartida, há indícios de que a presença de faixa de segurança semaforizada (PFSS), de estacionamentos no canteiro central ou ilha de refúgio (PE), e vias com sentido duplo (SV) geram uma maior sensação de segurança nos usuários. É importante ressaltar que a análise desses resultados deve ser feita com cuidado, pois existe multicolineariedade entre os dados.

A interação entre os dados é mais importante para a análise de uma travessia do que a análise de uma única característica. Por exemplo, as vias com presença com sentido duplo geralmente têm algum tipo de instalação que aumenta a segurança da travessia, como o controle semafórico ou a presença de refúgio central, e quando não a tem, a largura da via é menor. Além disso, o volume de pedestres tende a ser mais elevado onde há presença de faixa de travessia com controle semafórico, que aumenta a percepção de segurança da travessia, e onde há presença de corredores com vias exclusivas para ônibus, que diminui essa percepção.

## 6.2 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS MODELOS DE REGRESSÃO

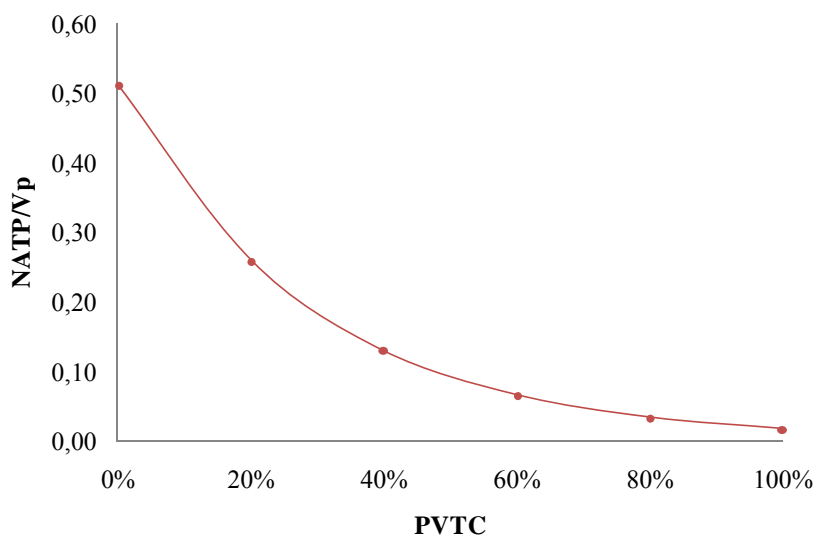
A análise de sensibilidade visa entender os efeitos no modelo decorrentes de alterações de valores de variáveis explicativas. Devido aos problemas de multicolineariedade dos modelos, as variáveis explicativas não podem ser avaliadas isoladamente, pois os modelos concebidos só são válidos se o padrão de correlação prevalecer. Porém, realizou-se a análise de sensibilidade de algumas das variáveis que não estão fortemente correlacionadas com nenhuma outra variável do modelo. Para que o padrão de correlação permanecesse o mesmo, optou-se por selecionar aleatoriamente uma das travessias analisadas no desenvolvimento do modelo como cenário base dessa análise.



Embora se tenha realizado várias tentativas para analisar a sensibilidade da maior parte das variáveis, várias delas não se mostraram consistentes. As variáveis *dummy* foram as que mais apresentaram problemas, pois a simples presença de uma característica pode superestimar o valor da estimativa do modelo. Acredita-se que um dos principais motivos da não consistência das análises de sensibilidade pode estar na interação entre dois ou mais fatores, que embora não correlacionados par a par exerçam influência na estimativa do modelo. Por exemplo, a maior parte das travessias analisadas com corredor de ônibus também tinha sentido duplo de fluxo de tráfego e um fluxo elevado de veículos.

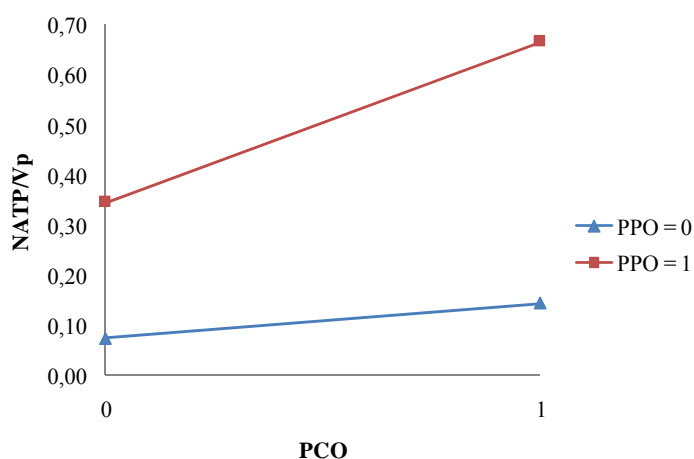
### **6.2.1 Análise de sensibilidade do modelo baseado em dados de atropelamentos**

Para o modelo embasado em dados de atropelamentos, três análises de sensibilidade foram realizadas. A primeira foi referente à variável do percentual do volume veicular composto por transporte coletivo (PVTC). Ao manter todos os valores das demais variáveis constantes, observou-se que pequenas variações no valor do PVTC provocam grandes mudanças na taxa esperada de atropelamentos por volume de pedestres, conforme o gráfico da Figura 33. Além disso, observou-se que para a travessia analisada, quando o PVTC é 100%, a taxa esperada de atropelamentos é próxima de zero. Isso ocorre porque o aumento do percentual de transporte coletivo no fluxo veicular provocaria um aumento no fluxo veicular equivalente da via, e, conseqüentemente, geraria decréscimo na velocidade veicular, o que por sua vez diminuiria as chances de ocorrência de atropelamentos.



**Figura 33 - Sensibilidade do modelo devido ao percentual do volume veicular composto por transporte coletivo**

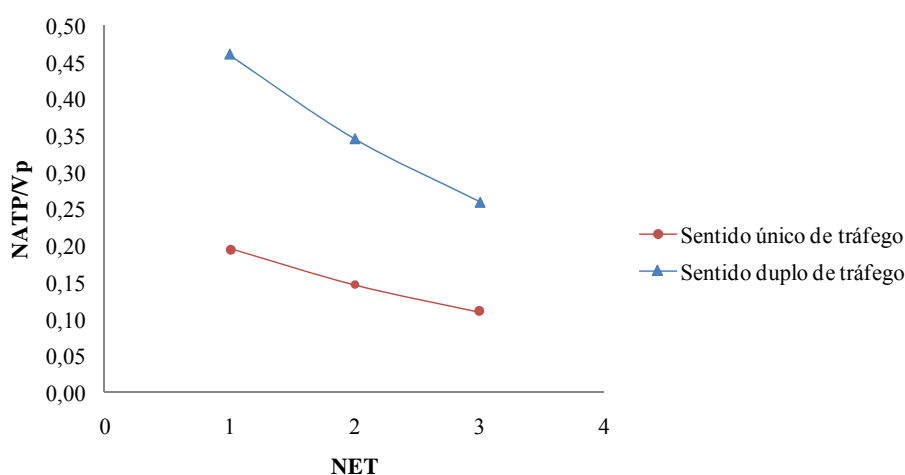
A segunda análise avaliou a influência da presença de corredores com via exclusiva para ônibus (PCO) e a de parada de ônibus (PPO) na taxa de atropelamentos por volume de pedestres. Foi possível observar que essa taxa tem maior variação com a presença de paradas de ônibus do que com a de corredor de ônibus, conforme Figura 34. Porém, ressalta-se que a presença de corredor de ônibus está correlacionada positivamente ao volume de pedestres, e, assim, o número observado de atropelamentos pode ser maior do que nos locais onde só há paradas de ônibus.



**Figura 34 - Sensibilidade do modelo devido à presença de corredor e parada de ônibus**

A terceira análise relacionou o aumento do número de etapas de travessia (NET) à taxa de atropelamentos por volume de pedestres da travessia. Essa análise foi feita para dois cenários, um no qual a via tem sentido duplo de tráfego veicular e outro no qual o sentido é

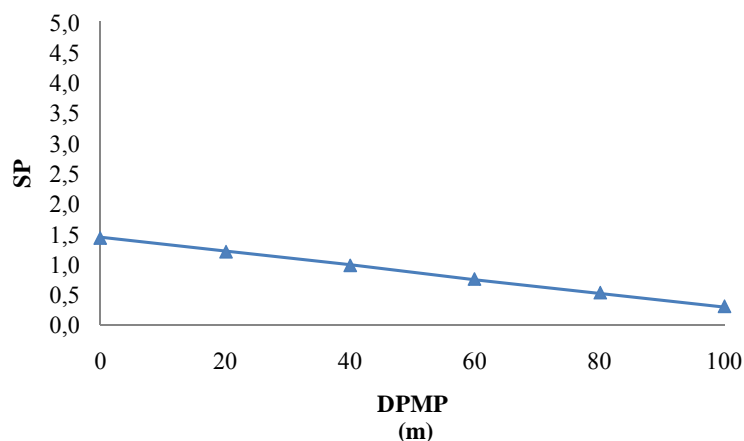
único. Os resultados dessa análise encontram-se no gráfico da Figura 35. Esse gráfico mostra que o modelo é mais sensível ao número de etapas de travessia quando há duas faixas de travessias, pois sua curva apresenta maior inclinação do que a curva da via com um único sentido de tráfego (SV). Isso indica que quando há apenas um sentido de tráfego, o aumento do número de etapas não apresenta um grande impacto na melhoria da segurança da travessia. Porém, quando a travessia possui dois sentidos de tráfego a divisão da travessia em mais etapas é mais efetiva para aumentar a segurança do pedestre.



**Figura 35 - Sensibilidade do modelo devido ao número de etapas de travessia**

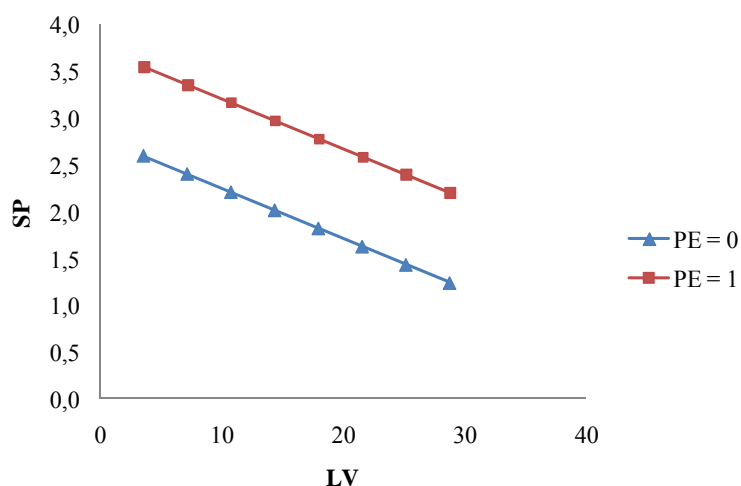
### 6.2.2 Análise de sensibilidade do modelo baseado em dados de percepção de risco

A análise do modelo com base na percepção de risco avaliou, inicialmente, as características do transporte coletivo. Como a presença de ônibus e de corredor com via exclusiva para ônibus estão correlacionadas com o volume de pedestres, não é possível determinar qual dessas duas variáveis tem maior influência na segurança percebida (SP) da travessia. Assim, só foi possível avaliar a variável de resposta do modelo em função da distância à parada de ônibus mais próxima (DPMP), conforme ilustrado na Figura 36. É possível notar que um aumento de 20 metros de distância da travessia à faixa de pedestres reduz o valor da segurança percebida em 0,20 unidades.



**Figura 36 - Sensibilidade do modelo devido à distância da travessia à parada de ônibus**

A segunda análise buscou avaliar a sensibilidade do modelo da segurança percebida (SP) frente à variação da largura da via (LV). Essa análise foi feita para dois cenários, um no qual é permitido estacionar na lateral do canteiro central (PE) e outro quando não o é, conforme Figura 37. Observa-se que o acréscimo de uma faixa de tráfego de veículos, o que corresponde a aproximadamente 3,6 metros na largura da via, implica em uma redução de 0,20 unidades no valor da segurança percebida. Já a permissão de estacionamento no canteiro central da via aumenta essa sensação em 0,95 unidades. Porém, esse resultado deve ser visto com cuidado, pois somente em três travessias havia a presença de estacionamento no canteiro central, e nas três havia corredor com via exclusiva de ônibus sem separação física do fluxo de tráfego veicular.



**Figura 37 - Sensibilidade do modelo devido à variação da largura da via**

### 6.3 ANÁLISE COMPARATIVA DOS MODELOS DE REGRESSÃO

A análise comparativa dos modelos buscou avaliar as diferenças de estimativa dos riscos observados e percebidos. Esse tipo de análise permite verificar se apenas um tipo de estimativa de risco é suficiente para avaliar o risco das travessias. Por exemplo, se as variáveis de resposta dos modelos estão correlacionadas conclui-se que a utilização de apenas a análise da percepção de risco é suficiente para determinar se o risco de atropelamento de uma travessia é elevado ou não.

Dessa forma, a primeira etapa na análise comparativa foi a determinação da existência de correlação entre os valores estimados da taxa de atropelamentos por volume de pedestres e da segurança percebida. Como a segurança da travessia decresce com um aumento da taxa de atropelamento e cresce com o valor da segurança percebida, espera-se que a correlação entre essas duas variáveis seja negativa. Os resultados dessa etapa demonstraram uma baixa correlação negativa entre essas duas variáveis, com coeficiente de Pearson igual a -0,44.

O valor desse coeficiente indica que não há correlação estatisticamente significativa entre as variáveis. Assim, pode haver travessias onde o risco observado e o risco percebido sejam antagônicos, com alta taxa de atropelamentos e alto valor da segurança percebida ou com baixa taxa de atropelamentos e baixo valor da segurança percebida, ou semelhantes, com alta taxa de atropelamentos e baixo valor da segurança percebida ou vice-versa. Esses resultados foram condizentes com o estudo de Schneider et al. (2004), onde demonstrou-se que nem sempre ocorre atropelamentos onde há uma alta percepção de risco ou, onde há uma alta taxa de atropelamentos nem sempre é percebido um alto risco.

Isso ocorre porque a influência de cada fator de risco apresenta comportamento diferenciado no que se refere ao risco observado e percebido. Por exemplo, vias com sentido duplo, onde usualmente existe um canteiro central ou ilha de refúgio, indicaram maior percepção de segurança, embora a taxa de atropelamentos de locais com essa característica sejam maiores. Além disso, algumas variáveis que são estatisticamente significativas para explicar o risco observado não explicam o risco percebido, e vice-versa. Por exemplo, uma maior largura da calçada está relacionada a uma menor taxa de atropelamentos, porém não exerce necessariamente influência na segurança percebida. Possivelmente, nos locais onde a

largura da calçada é menor, existe um maior fluxo de pedestres caminhando no leito da via e, em consequência, estes estão mais expostos ao risco de atropelamentos.

Porém, não é possível afirmar com precisão porque o risco observado e o percebido se diferem em alguns casos. Possivelmente, nesses casos os pedestres alteram seus comportamentos em função do risco percebido, tornando-se mais cautelosos.

A segunda etapa da análise comparativa dos modelos consistiu na identificação das travessias onde os modelos estimaram uma alta taxa de atropelamento por volume de pedestres e uma baixa percepção de segurança. Então, foi construído um gráfico onde se contrasta os valores das taxas de atropelamentos e da segurança percebida de cada travessia, apresentado na Figura 38. Esse gráfico foi dividido em quatro quadrantes. No primeiro quadrante identificam-se oito travessias onde a taxa de atropelamento é mais baixa e a segurança percebida é mais elevada, mostrando que há semelhança no risco percebido e observado. Nesse quadrante estão as travessias do conjunto analisado com menores problemas de risco ao pedestre.

No gráfico também se observa que nenhuma travessia com taxas de atropelamentos mais elevadas foram avaliadas como seguras pelos pedestres e especialistas, uma vez que nenhuma travessia foi identificada no segundo quadrante. Isso significa dizer que quando o risco observado é muito elevado, os pedestres percebem a travessia como insegura.

No terceiro quadrante da Figura 38 encontram-se nove travessias onde os riscos observado e percebido são antagônicos, ou seja, o valor da segurança percebida foi baixo e as taxas de atropelamento foram menos elevadas. Essas travessias, embora tenham apresentado taxas menores de atropelamentos, precisam ser incluídas na melhoria da segurança, pois existe um risco potencial de atropelamento, percebido pelos pedestres.

Já no quarto quadrante identificam-se quatro travessias onde o risco observado e percebido foi elevado, indicado pelo baixo valor da percepção de segurança e alto valor da taxa de atropelamento. Essas quatro travessias podem ser priorizadas para intervenções de segurança dos pedestres, já que os pedestres percebem um risco potencial de ocorrer um atropelamento e a taxa de atropelamentos por volume de pedestres foi elevada.

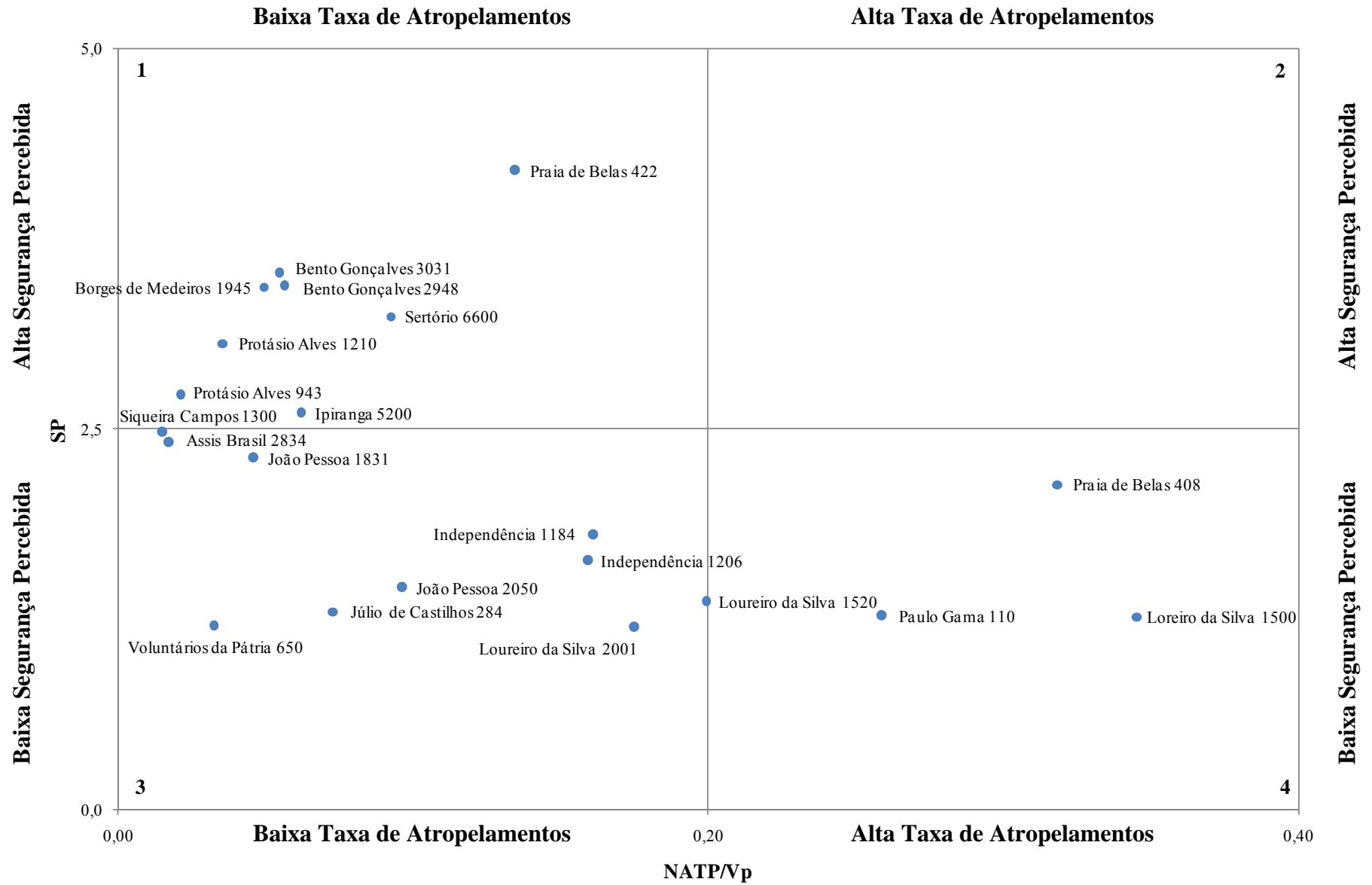


Figura 38 - Relação entre a taxa de atropelamentos e segurança percebida

De uma forma geral, o confronto dos resultados dos dois modelos de regressão, evidenciado na Figura 38, revela que, mesmo quando não há dados referentes à ocorrência de atropelamentos, deve-se utilizar pelo menos um modelo de percepção de risco para avaliar a segurança de pedestres em travessias.

#### 6.4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados do estudo de caso demonstraram que o método proposto é adequado para avaliar o risco de atropelamento das travessias urbanas em meio de quadra. A sua principal vantagem recai na simplicidade de sua concepção dentro da realidade acadêmica. Além disso, o método pode ser facilmente aplicado em outras áreas urbanas, mesmo que essas possuam limitações de recursos financeiros e humanos. Entretanto, como todo método de avaliação de risco, ele apresenta problemas devido a limitações dos dados manipulados e a suposições adotadas durante a análise. Ao conhecer essas limitações é possível inferir com maior precisão sobre os resultados da avaliação de risco.

A aplicação do método de avaliação das travessias envolveu a construção de dois modelos de regressão que podem ser utilizados conjuntamente para avaliar o risco de atropelamento das travessias em meio de quadra de Porto Alegre. Essa avaliação busca principalmente relativizar o risco observado e percebido entre um conjunto de travessias, de forma a identificar aquelas onde há um alto risco observado e/ou percebido, e assim, embasar os processos decisórios acerca das medidas de melhoria da segurança das travessias. Por exemplo, devido a limitações de recursos, a aplicação de medidas de segurança pode se restringir a travessias com valores altos de risco observado e percebido. Ainda, as medidas de segurança podem ser direcionadas a mitigar os efeitos negativos dos fatores de risco na segurança dos pedestres.

Uma das limitações desses modelos é referente ao poder de avaliação de outras travessias. Caso esses modelos sejam utilizados para avaliar travessias onde os fatores de risco não apresentem o mesmo padrão de correlação, podem ocorrer erros de estimativa. Isso ocorre porque os modelos construídos apresentam multicolineariedade entre as variáveis explicativas, indicando que os valores de algumas variáveis dependem dos valores de outras. Porém, acredita-se que outras travessias em meio de quadra apresentem a mesma estrutura de



correlação, principalmente no que se refere à relação entre o volume veicular, o número de faixas de circulação de veículos e a largura da via.

Outra limitação dos modelos desenvolvidos encontra-se no critério de seleção das travessias de análise e do tamanho amostral. A análise de uma pequena amostra de travessias com alta incidência de atropelamentos pode excluir do desenvolvimento dos modelos alguns fatores de risco importantes para a avaliação de segurança da travessia. Por exemplo, no presente estudo não se pode estudar se a presença de faixa de travessia influencia na segurança dos pedestres, uma vez que as travessias analisadas que tinham faixa de travessia também tinham controle semafórico.

Dessa forma, se travessias em meio de quadra com demarcação de faixa, mas sem presença de controle semafórico forem analisadas com os modelos desenvolvidos poderão ter seu risco de atropelamento subestimado ou superestimado. Nesses casos, indica-se que os modelos sejam utilizados para comparar o risco apenas das travessias com demarcação de faixa de segurança, mas sem controle semafórico.

Além disso, a utilização de uma amostra com travessias com características físicas muito díspares leva à necessidade de inclusão de muitas variáveis do tipo *dummy* no desenvolvimento dos modelos, de forma a melhor caracterizá-las. Porém, em amostras pequenas o uso de muitas variáveis do tipo *dummy* deve ser evitado para minimizar os erros de estimativa (PARK, 2002). Assim, para aprimorar o método proposto aconselha-se que o critério de seleção das travessias para serem analisadas considere a inclusão de travessias com maiores semelhanças. Por exemplo, podem-se selecionar apenas travessias onde o sentido de fluxo de tráfego da via é duplo e a travessia esteja dividida em apenas duas etapas. Entretanto, esse critério de seleção impossibilita que travessias que não tenham essas características sejam avaliadas pelos modelos desenvolvidos.

Destaca-se que as limitações dos modelos desenvolvidos não invalidam sua utilização na avaliação de travessias em meio de quadra da cidade de Porto Alegre. Porém, ao utilizá-lo, o avaliador deve atentar para as possíveis fontes de erros da avaliação de risco antes de concluir sobre os riscos das travessias.

## 7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este trabalho sistematizou o conhecimento sobre o risco de atropelamentos, e, então, possibilitou a estruturação de um método de avaliação de risco potencial de atropelamentos em travessias urbanas no meio de quadra. Através da revisão teórica e aplicação do método proposto foi possível concluir que a avaliação de risco de atropelamentos é uma tarefa complexa, pois requer dados sobre as características físicas e operacionais das vias. Por isso, observa-se que poucos são os métodos sistemáticos desenvolvidos para esse fim, principalmente para a avaliação de locais específicos, como é o caso das travessias. Isso ocorre porque os atropelamentos são eventos esporádicos e estocásticos, tornando necessário que as avaliações de risco sejam feitas a partir de dados de atropelamentos agregados em áreas geográficas ou em segmentos de vias.

Os estudos que buscaram avaliar o risco de atropelamentos em travessias caracterizaram-se por diferentes abordagens metodológicas, que envolvem análises qualitativas ou quantitativas. A limitação desses estudos refere-se ao uso de apenas um tipo de análise, que pode acarretar distorções nas conclusões acerca do risco de atropelamento. Nem sempre os locais mais arriscados são aqueles onde aconteceram maiores números de atropelamentos ou onde se perceberam maiores riscos. Ainda, as análises geralmente ficaram limitadas à existência de dados sobre as características operacionais das vias, de forma a minimizar o esforço de coleta de dados adicionais.

É importante também destacar que durante a revisão teórica deste trabalho não foi identificado nenhum método de avaliação de risco de atropelamento em travessias urbanas em meio de quadra que envolvesse o desenvolvimento de modelos de regressão cuja variável de resposta fosse o número de atropelamentos ocorridos. Observou-se, também, que não havia ainda um método estruturado para avaliar o risco de atropelamento neste tipo de travessia.

A principal contribuição deste trabalho é a proposição de um método estruturado para avaliar o risco observado e percebido de atropelamentos em travessias urbanas no meio de quadra. O método proposto foi formulado para se adaptar a realidades em que há escassez de

dados e recursos, como é o caso do Brasil. Ele incorpora análises subjetivas, referentes à percepção de risco, e quantitativas, relativas à ocorrência de atropelamentos.

O método proposto é composto de dez etapas e estima, através de técnicas de modelagem, o risco de atropelamento observado e percebido. O produto final consiste de dois modelos de regressão que relacionam a incidência de atropelamentos e a percepção de segurança dos pedestres com os fatores de risco. Através desses modelos é possível relativizar o risco observado e percebido de um conjunto de travessias em meio de quadra, de forma a identificar aquelas mais perigosas para os pedestres. É importante salientar, porém, que o método pode ser aplicado parcialmente para estimar apenas o risco percebido, caso não haja dados históricos de atropelamentos.

A aplicação do método, realizada através de um estudo de caso na cidade de Porto Alegre, permitiu comprovar a sua exequibilidade e apontar suas vantagens e desvantagens no processo de avaliação de risco. Durante essa aplicação, concluiu-se que o uso de dados de atropelamentos na avaliação de risco de travessias depende da forma como os dados são coletados e armazenados pelo órgão responsável pelo gerenciamento viário. Genericamente, dados georreferenciados facilitam a identificação da travessia onde ocorreram os atropelamentos. Por isso, é importante que o órgão gestor do tráfego mantenha um banco de dados de acidentes viários em uma base georreferenciada.

O georreferenciamento de dados é importante mesmo quando a identificação da travessia onde ocorreu o atropelamento não puder ser feito com exatidão, como no caso de Porto Alegre. Nesses casos, estimativas do número de atropelamentos ocorridos na travessia em análise podem ser feitas de forma a quantificar o risco observado. Ressalta-se que o uso dessas estimativas pode implicar em uma fonte de erros na avaliação do risco, porém não invalidam a avaliação de risco. No presente estudo, assumiu-se que os atropelamentos ocorridos em frente a uma edificação com grande extensão se distribuíram ao longo do segmento de via, proporcionalmente ao volume de pedestres, através do uso de taxa de atropelamentos por volume de pedestres. Essas taxas são utilizadas em vários estudos de avaliação de risco, visto que é esperado um maior número de atropelamentos onde há um maior número de pedestres, embora não se possa afirmar que essa relação é linear.

O critério de seleção da amostra de travessias deve ser escolhido de acordo com o objetivo do estudo e considerar o custo de obtenção dos dados. A revisão teórica mostrou que

um critério de escolha por amostras aleatórias pode incluir travessias onde não ocorreu nenhum atropelamento nos últimos anos. Nesse caso, seria necessária uma amostra grande para que se possa concluir sobre a influência dos fatores de risco na ocorrência de atropelamentos. Para um estudo adotar esse critério é necessário dispor de uma base de dados operacionais das vias, só encontradas em países que entendem a importância de estudos de acidentes viários.

Este estudo mostrou que a seleção de amostras pequenas de locais com alta incidência de atropelamentos pode gerar erros de estimativa nos coeficientes dos modelos, principalmente por ser composto de travessias com características bastante distintas. Nesses casos, é necessária a inclusão de mais de uma variável do tipo *dummy* na construção dos modelos para melhor caracterizar a diferença entre as travessias. Nos casos onde há limitação de recursos e, portanto, necessidade de seleção de amostras pequenas, supõe-se que os modelos seriam mais robustos se fossem selecionadas travessias com características similares, como por exemplo, com o mesmo número de faixas de tráfego e com faixa de travessia de pedestres. Por outro lado, esses modelos teriam uso limitado à avaliação de travessias deste tipo.

A seleção das variáveis explicativas, ou fatores de risco, a serem consideradas na concepção dos modelos também se apresentou como uma etapa importante do método proposto, uma vez que o poder de avaliação dos modelos de regressão depende dos fatores selecionados para o seu desenvolvimento. Essa seleção deve estar pautada pelos fatores de risco identificados em outros estudos e pelas características das travessias selecionadas, de forma a incluir todas as variáveis que possam implicar em um maior ou menor risco de atropelamento na área de estudo. Isso ocorre porque a combinação de diversos fatores influencia o risco de atropelamento. É possível que travessias com características semelhantes apresentem estimativas de risco diferenciadas apenas devido à distância até a faixa de travessia mais próxima. Assim, a etapa de seleção dos fatores de risco requer que o pesquisador tenha conhecimentos prévios sobre os possíveis fatores que influenciam o risco de atropelamento e realize uma análise detalhada das travessias selecionadas.

Ressalta-se que, às vezes, após essa seleção, alguns fatores mesmo considerados importantes para a avaliação de risco da travessia são excluídos da análise. Essa exclusão é necessária porque nem sempre é factível obter informações sobre eles através dos procedimentos escolhidos para a coleta de dados. Por exemplo, no presente estudo, a

velocidade do fluxo de tráfego não foi incluída no desenvolvimento dos modelos porque não havia equipamentos para mensurá-la e o método de filmagem escolhido não permitiu sua mensuração. No entanto, o efeito dessa exclusão pode ser minimizado através da consideração de outros fatores relacionados à variável excluída.

Outra fonte de erro ocorrida na aplicação do método proposto refere-se à precisão dos dados sobre as características do fluxo de pedestres e veículos. Muitas vezes esses dados não estão disponíveis e devem ser coletados pelo pesquisador. Devido a restrições orçamentárias, os procedimentos de coleta de dados são simplificados, sendo as informações sobre os fluxos de tráfego obtidos para curtos períodos. Para obter dados mais precisos seria necessário o conhecimento das flutuações diárias, semanais e sazonais dos volumes de pedestres e veículos de cada travessia. Porém, como o método proposto não visa a previsão do número de atropelamentos, mas sim fornecer informações para embasar os processos decisórios concernentes à promoção da melhoria da segurança dos pedestres, a aplicação do método utilizando apenas o fluxo de tráfego por curtos períodos de tempo e fora do horário de pico não invalida a avaliação de risco de atropelamento das travessias.

A aplicação do método proposto também permitiu concluir que o processo de coleta de dados sobre as características operacionais da via utilizado neste trabalho requer atenção e motivação do pesquisador de forma a garantir a qualidade e confiabilidade dos dados coletados. Ressalta-se que o tempo requerido para análise de vídeos foi, em média, de 12 horas para cada hora de vídeo, e neste trabalho foram utilizadas 21 horas de filmagem. Procedimentos de coleta manual em campo poderiam ser utilizados, porém seria necessária uma equipe adequadamente dimensionada para o levantamento desses dados.

O desenvolvimento dos modelos de regressão mostrou que é possível avaliar o risco observado e percebido através de dados sobre os fatores de risco. O resultado do trabalho aponta para a confirmação da hipótese desta tese, cuja assertiva é: “o risco potencial de atropelamento nas travessias em meio de quadra das áreas urbanas brasileiras pode ser avaliado e quantificado através de procedimentos de análise das características operacionais e físicas dessas travessias”.

A análise dos resultados dos modelos de regressão indicou que devido ao tamanho da amostra e à estrutura de correlação dos fatores de risco, não é possível apontar quais fatores exercem maior influência na taxa de atropelamento e na percepção de segurança dos

pedestres. Destaca-se que apesar das limitações dos modelos desenvolvidos, eles podem ser aplicados na relativização do risco entre travessias em meio de quadra da cidade de Porto Alegre, de forma a fornecer informações para embasar os processos decisórios sobre a melhoria da segurança dos pedestres. Essa relativização permite que sejam identificadas as travessias a serem priorizadas no tratamento da segurança do pedestre, tais como aquelas com alto risco percebido e observado.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se que os modelos desenvolvidos sejam utilizados na avaliação de outras travessias de Porto Alegre, de forma a guiar a proposição de medidas de segurança. Sugere-se também que a aplicação do método para outras realidades utilize amostras maiores na concepção dos modelos de regressão ou utilize travessias com características similares. Ainda, a consideração de outros locais com características distintas às estudadas nesta pesquisa poderia qualificar as análises, como, por exemplo, travessias com demarcação de faixa de pedestres sem controle semafórico. Outra proposta inclui o estudo da percepção de risco de atropelamento na ótica dos condutores de forma a verificar se a percepção desses usuários da via diferem da percepção dos pedestres.

Estudos futuros também devem utilizar o método proposto para analisar quais fatores de risco estão associados à ocorrência de atropelamentos severos, onde há vítimas fatais, ou incorporar fatores de risco ainda não considerados na concepção dos modelos desenvolvidos neste trabalho, tais como velocidade operacional da via, caso os dados estejam disponíveis. Além disso, observar se a percepção de risco está correlacionada à ocorrência desse tipo de atropelamento. Esse tipo de análise permitiria propor medidas de segurança para mitigar os efeitos desse tipo de atropelamento. Ainda, a qualidade dos estudos em muito se beneficiaria de maior precisão no registro georreferenciado dos acidentes e, principalmente, de um banco de dados com características operacionais da via, incluindo o volume veicular e a velocidade operacional do fluxo de tráfego.

## REFERÊNCIAS

ABDULSATTAR, H. N. et al. Effect on vehicle-pedestrian conflicts of “turning traffic must yield to pedestrians” sign. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1553, p. 38-45, 1996.

ABLEY, S. **Walkability scoping paper**. Christchurch, Nova Zelândia: Land Transport New Zealand, 2005. Disponível em: <<http://www.levelofservice.com/>>. Acesso em: 02 jun. 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10697**: pesquisas de acidentes de trânsito. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

AL-MADANI, H.; AL-JANAHI, A. Personal exposure risk factors in pedestrian accidents in Bahrain. **Safety Science**, v. 44, p. 335-347, 2006.

ALSOP, J.; LANGLEY, J. Under-reporting of motor vehicle traffic crash victims in New Zealand. **Accident Analysis and Prevention**, v. 33, n. 3, p. 353-359, 2001.

ANDERSON, P. R.; MONTESIN, H. J.; ADENA, M. A. **Road fatality rates in Australia 1984-1985**. Canberra, Austrália: Federal Office of Road Safety, 1989.

ANDRADE, S. M.; MELLO-JORGE, M. H. P. Acidentes de transporte terrestre em cidade da região sul do Brasil: avaliação da cobertura e qualidade dos dados. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 17, p. 1449-1456, 2001.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Perfil da mobilidade, do transporte e do trânsito nos municípios brasileiros 2003**: relatório técnico. São Paulo: ANTP, 2004.

ARIOTTI, P. **Análise do padrão de comportamento de pedestres em travessias semaforizadas**. 2006. 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

ARIOTTI, P.; CYBIS, H. B. B.; RIBEIRO, J. L. D. Fatores intervenientes no comportamento de pedestres em travessias semaforizadas: uma abordagem qualitativa. In: XX CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 2006, Brasília, D.F. **Anais...** Brasília, D.F.: ANPET, 2006. v. 1, p. 174-185.

AUSTROADS. **Road safety audit**. Sidney: Austroads National Office, 1994.

AVEN, T. **Foundations of risk analysis: a knowledge and decision-oriented perspective**. 1. ed. Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons Ltd., 2003. 206p.

BALTES, M. R.; CHU, X. Pedestrian level of service for midblock street crossings. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1818, p. 125-133, 2002.

BARROS, A. J. D. et al. Acidentes de trânsito com vítimas: sub-registro, caracterização e letalidade. **Caderno de Saúde Pública**, v. 19, n. 4, p. 979-986, 2003.

BERHANU, G. Models relating traffic safety with road environment and traffic flows on arterial roads in Addis Ababa. **Accident Analysis and Prevention**, v. 36, n. 5, p. 697-704, 2004.

BANCO INTERAMERICANO DE DESENVOLVIMENTO. **Segurança de trânsito em projetos de transporte da divisão RE 1/RI 1**: notas técnicas. Brasília, D.F.: BID, 1998.

BORNSZTEIN, L. L.; PIETRANTONIO, H. **Evaluating road safety audit procedures: some questions and a new method of study**. São Paulo: Escola Politécnica, USP, 2006. Disponível em: <<http://www.poli.usp.br/p/hugo.pietrantonio/trabalhos.html>>. Acesso em: 17 jul. 2007.

BOROUGH, M. **Understanding risk analysis: a short guide for health, safety and environmental policy making**. Washington, D.C.: American Chemical Society, Resources for the Future, 1998.

BRANCO, A. M. **Segurança rodoviária: CL-A**. São Paulo: Comunicações e Editora, 1999.

BRASIL. **Código de trânsito brasileiro e legislação complementar em vigor**. Brasília, D.F.: Ministério das Cidades, Conselho Nacional de Trânsito, Departamento Nacional de Trânsito, 2005.

BRENOT, J.; BONNEFOUS, S.; MARRIS, C. Testing the cultural theory of risk in France. **Risk Analysis**, v. 18, n. 6, p. 729-739, 1998.



BRUIN, J. **Newtest**: command to compute new test. [S.l.]: UCLA, Academic Technology Services, Statistical Consulting Group, 2006. Disponível em: <<http://www.ats.ucla.edu/stat/stata/ado/analysis/>>. Acesso em: 28 mar. 2008.

BU, F. et al. **Estimating pedestrian accident exposure**: automated pedestrian counting devices report. Berkeley: UC Berkeley Traffic Safety Center, 2007. Paper UCB-TSC-RR-2007-7. Disponível em: <<http://repositories.cdlib.org/its/tsc/UCB-TSC-RR-2007-7>>. Acesso em: 17 abr. 2007.

BURNIER, C. V. **Pedestrian-vehicular crashes**: the influence of personal and environmental factors. 2005. 62f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of the Graduate School of the University of Maryland, College Park, 2005.

BUTCHARTA, A.; KRUGERC, J.; LEKOBA, R. Perceptions of injury causes and solutions in a Johannesburg township: implications for prevention. **Social Science & Medicine**, v. 50, p. 331-344, 2000.

CAIRNEY, P. **Pedestrian safety in Australia**. McLean: Federal Highway Administration, 1999. Relatório n. FHWA-RD-99-093.

CAMERON, M. H. A method of measuring exposure to pedestrian accident risk. **Accident Analysis and Prevention**, v. 14, n. 5, p. 397-405, 1982.

CAMERON, R. M. Pedestrian volume characteristics. In: **ITE Compendium of Technical Papers**. Baltimore, Maryland: Institute of Transportation Engineers, 1976. p. 11-27.

CAMPBELL, B. J. et al. **A review of pedestrian safety research in the United States and abroad**. McLean: Federal Highway Administration, 2004. Relatório n. FHWA-RD-03-042.

CARDOSO, G. O sistema de cadastro, consulta e análise de acidentes de trânsito em Porto Alegre. In: FÓRUM NACIONAL SOBRE SEGURANÇA NO TRÂNSITO, 2002, Blumenau. **Anais...** Blumenau: FONAST, 2002.

CARDOSO, G. **Modelos para previsão de acidentes de trânsito em vias arteriais urbanas**. 2006. 288f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

CARDOSO, G.; GOLDNER, L. G. Um estudo do risco de atropelamentos em vias com corredores exclusivos para ônibus em Porto Alegre - RS. In: XVIII CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 2004, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANPET, 2004. 1 CD-ROM.

CARDOSO, G.; GOLDNER, L. G.; LINDAU, L. A. A percepção do risco e fatores causais de atropelamentos a partir da ótica de pedestres e agentes de fiscalização: uma abordagem utilizando grupos focados. In: RIBEIRO, J. L. D. **Grupos Focados: teoria e aplicações**. Porto Alegre: FEENG, 2003. p. 25-49.

CARSTEN, O. Multiple perspectives. In: FULLER, R.; SANTOS, J. A. **Human factors for highway engineers**. Oxford: Elsevier Science Ltd, 2002. p. 11-22.

CARTER, D. L. et al. **Pedestrian and bicyclist intersection safety indices: final report**. McLean: Federal Highway Administration, 2006. Relatório n. FHWA-HRT-06-125.

CENTRO DE FORMAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS DE TRANSPORTES (CEFTRU). **Procedimentos para o tratamento de locais críticos de acidentes de trânsito**. Brasília, D.F.: Ministério dos Transportes - Programa PARE, 2002.

CHALOUPKA-RISSER, C.; HAINDL, G. Safety and contentment of pedestrians in connection with various mobility conditions. In: ICTCT EXTRA- WORKSHOP. Road user behaviour with a special focus on vulnerable road users: technical, social and psychological aspects, 2007, Pequim, China. **Anais...** Viena: International Co-operation on Theories and Concepts in Traffic Safety (ICTCT), 2007. p. 32-41.

CHAN, C.; BU, F.; SHLADOVER, S. **Experimental vehicle platform for pedestrian detection**. Richmond: California Path Program, Institute of Transportation Studies, University of California at Berkeley, 2006. Relatório n. UCB-ITS-PRR-2006-16.

CHU, X. The fatality risk of walking in America: a time-based comparative approach. In: WALK21 CONFERENCE: health, equity and the environment, 2003, Portland. **Anais eletrônicos...** Portland: Walk21, 2003. Disponível em: <<http://www.walk21.com/>>. Acesso em: 25 abr. 2006.

CHU, X. Measuring the risk of walking: lecture. In: XVII ENTRETIENS JACQUES CARTIER, EJC Conference, Urban Road and Public Transit: Who must pay?, 2004, Montreal. **Anais eletrônicos..** Montreal: STM, 2004. Disponível em: <<http://www.stm.info/transportsejc2004/>>. Acesso em: 25 abr. 2006.

CLIFTON, K. J.; KREAMER-FULTS, K. An examination of the environmental attributes associated with pedestrian-vehicular crashes near public schools. **Accident Analysis and Prevention**, v. 39, n. 4, p. 708-715, 2007.

CLIFTON, K. J.; KRIZEK, K. J. The Utility of the NHTS in understanding bicycle and pedestrian travel. In: NATIONAL HOUSEHOLD TRAVEL SURVEY CONFERENCE: understanding our nation's travel, 2004, Washington, D.C. **Anais eletrônicos...** Washington, D.C.: Transportation Research Board, 2004. Disponível em: <<http://www.trb.org/conferences/nhts/Krizek.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2006.

CONSÓRCIO MAGNA-TIS. **Pesquisa de origem e destino de Porto Alegre: entrevista domiciliar EDOM 2003**. Porto Alegre: Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC), 2004.

COVE, L. L.; CLARK, J. E. Estimating pedestrian volumes on college campuses. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1405, p. 43-48, 1993.

CUCCI NETO, J. **Aplicações da engenharia de tráfego na segurança dos pedestres**. 1996. 189f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

CUI, Z.; NAMBISAN, S. S. Methodology for evaluating the safety of midblock pedestrian crossings. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1828, p. 75-82, 2003.

DANIHELKA, P. Subjective factors of cleaner production: parallel to risk perception? **Journal of Cleaner Production**, v. 12, p. 581 - 584, 2004.

DAVIS, S. E.; KING, L. E.; ROBERTSON, D. H. Predicting pedestrian crosswalk volumes. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1168, p. 25-30, 1988.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Manual de identificação e tratamento de pontos negros**. 2. ed. Brasília, D.F.: DENATRAN, 1987.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Anuário estatístico de acidentes de trânsito: 2005**. Brasília D.F.: DENATRAN, 2005. Disponível em: <<http://www2.cidades.gov.br/renaest/>>. Acesso em 27 ago. 2007.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Sistema RENAVAN-BIN**. Brasília D.F.: DENATRAN, 2007. Disponível em: <<http://www2.cidades.gov.br/renaest/>>. Acesso em 27 ago. 2007.

DEPARTAMENTO ESTADUAL DE TRÂNSITO DO RIO GRANDE DO SUL. **Estatística: anuário 2005**. Porto Alegre: DETRAN-RS, 2006. Disponível em: <<http://www.detrans.rs.gov.br/>>. Acesso em: 06 out. 2007.

DHARMARAJU, R.; NOYCE, D. A.; LEHMAN, J. D. An evaluation of technologies for automated detection and classification of pedestrians and bicycles. In: THE 71ST ITE ANNUAL MEETING, 2001, Chicago. **Anais...** Washington, D.C.: Institute of Transportation Engineers (ITE), 2001. 1CD-ROM.

DÍAZ, E. M. Theory of planned behavior and pedestrians' intentions to violate traffic regulations. **Transportation Research Part F**, v. 5, n. 3, p. 169-175, 2002.

DIÓGENES, M. C. et al. Pedestrians counting methods at intersections: a comparative study. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 2002, p. 26-30, 2007.

DIXON, L. B. Bicycle and pedestrian level-of-service performance measures and standards for congestion management systems. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1538, p. 1-9, 1996.

DOBSON, A. et al. In Australia are people born in other countries at higher risk of road trauma than locally born people? **Accident Analysis and Prevention**, v. 36, n. 3, p. 375-381, 2004.

EKMAN, L.; HYDEN, C. **Pedestrian safety in Sweden**. McLean: Federal Highway Administration, 1999. Relatório n. FHWA-RD-99-091.

ELVIK, R. **Road safety inspections: safety effects and best practice guidelines**. Oslo, Noruega: Norwegian Centre for Transport Research, 2006. TØI Report 850/2006, ISBN 82-480-0671-9.

ELVIK, R.; BJØRNSKAU, T. How accurately does the public perceive differences in transport risks?: an exploratory analysis of scales representing perceived risk. **Accident Analysis and Prevention**, v. 37, n. 6, p. 1005-1011, 2005.

EUROPEAN TRANSPORT SAFETY COUNCIL. **Exposure data for travel risk assessment: current practice and future needs in the EU**. Bruxelas: ETSC, 1999.

FAGUNDES-PEREIRA, W. J.; TANURE, R.; PETROIANU, A. Conhecimento das leis de trânsito por vítimas de atropelamento, em Belo Horizonte, em 1997. **Medicina- Ribeirão Preto**, v. 32, n. 2, p. 189-192, 1999.

FARIA, E. O. **Bases para um programa de educação para o trânsito a partir do estudo de percepção de crianças e adolescentes**. 2002. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia de Transportes). Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

FARIA, E. D. O.; BRAGA, M. G. D. C. Percepção de alunos de escola pública sobre o risco no trânsito urbano. In: XI CONGRESSO PANAMERICANO DE ENGENHARIA E TRÂNSITO E TRANSPORTE, 2000, Gramado. **Anais...** Gramado: ANPET, 2000. v. 2, p. 13-25.

FARIA, E. O.; BRAGA, M. G. C. O comportamento de motoristas e pedestres na percepção de alunos de escolas públicas e particulares do rio de janeiro. In: **XVII CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES**, 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ANPET, 2003. v. 1, p. 504-515.

FARIA, E. O.; PORTUGAL, L. S.; BRAGA, M. G. C. Sistema especialista para tratamento de travessias de pedestres. **Revista Brasileira de Administração Pública**. Rio de Janeiro, v. 34, n. 1, p. 35-55, 2000.

FERREIRA, M. A. G.; SANCHES, S. P. Índice de qualidade das calçadas - IQC. **Revista dos Transportes Públicos**, São Paulo, v. 91, ano 23, p. 47-60, 2001.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. **FHWA road safety audit guidelines**. Washington D.C.: Federal Highway Administration (FHWA), 2006. Relatório n. FHWA-SA-06-06.

FITZPATRICK, K. et al. **Improving pedestrian safety at unsignalized crossings**. Washington, D.C.: Transportation Research Board (TRB), 2006. Transit Cooperative Research Program (TCRP) Report 112/National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Report 562.

FLEURY, D.; BRENAC, T. Accident prototypical scenarios, a tool for road safety research and diagnostic studies. **Accident Analysis and Prevention**, v. 33, n. 2, p. 267-276, 2001.

FOGLIATTO, F. S. **Análise de confiabilidade de dados de questionário** (Material da disciplina EPR00211- Métodos Quantitativos). Porto Alegre: Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

FONTAINE, H. A typological analysis of pedestrian accidents. In: Workshop of INTERNATIONAL CO-OPERATION ON THEORIES AND CONCEPTS IN TRAFFIC SAFETY, 7., 1995. **Anais eletrônicos...** Paris: ICTCT, 1995. Disponível em: <<http://www.ictct.org/>>. Acesso em: 15 out. 2004.

FRAMARIM, C. D. S. **Procedimento para monitorar medidas voltadas à redução dos acidentes no sistema viário**. 2003. 154f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

GÅRDER, P. E. Pedestrian safety at traffic signals: a study carried out with the help of a traffic conflicts technique. **Accident Analysis and Prevention**, v. 21, n. 5, p. 435-444, 1989.

GÅRDER, P. E. The impact of speed and other variables on pedestrian safety in Maine. **Accident Analysis and Prevention**, v. 36, n. 4, p. 533-542, 2004.

- GELAU, C. et al. **“ESCAPE” project**: review of descriptive variables for evaluating police enforcement. Finlândia: Technical Research Centre of Finland (VTT), 2000. Working paper 10.
- GEYER, J. et al. Safety in numbers data from Oakland, California. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1982, p. 150-154, 2006.
- GEYER, J. et al. The continuing debate about safety in numbers: data from Oakland, CA. In: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD 86th ANNUAL MEETING, 2007, Washington, D.C. **Anais...** Washington, D.C.: TRB, 2007. 1 CD-ROM.
- GREENE-ROESEL, R.; DIÓGENES, M. C.; RAGLAND, D. R. **Estimating pedestrian accident exposure**: protocol report. Berkeley: UC Berkeley Traffic Safety Center, 2007a. Paper UCB-TSC-RR-2007-5. Disponível em: <<http://repositories.cdlib.org/its/tsc/UCB-TSC-RR-2007-5>>. Acesso em: 17 abr. 2007.
- GREENE-ROESEL, R. et al. Qualitative comparison of North-American procedures for areawide pedestrian travel measurement. **Transportes**, Rio de Janeiro, v. 15, p. 26-33, 2007b.
- GREENE-ROESEL, R. et al. Effectiveness of a commercially available automated pedestrian counting device in urban environments: comparison with manual counts. In: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD 87th ANNUAL MEETING, 2008, Washington, D.C. **Anais...** Washington, D.C.: TRB, 2008. 1 DVD-ROM.
- GREENE, W. H. **Econometric analysis**. 4. ed. Nova York: Prentice Hall, 2000.
- GREENWALD, M. J.; BOARNET, M. G. Built environment as determinant of walking behavior: analyzing nonwork pedestrian travel in Portland, Oregon. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1780, p. 33-42, 2001.
- GREIBE, P. Accident prediction models for urban roads. **Accident Analysis and Prevention**, v. 35, n. 2, p. 273-285, 2003.
- GUIMARÃES, L. B. Erro humano e sistemas complexos. In: GUIMARÃES, L. B. (Org.) **Ergonomia cognitiva**: processamento da informação, erro humano, IHC. 2. ed. Porto Alegre: FEENG, 2004. v. 1, capítulo 6, p. 1-21.
- GÜNTHER, H. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: esta é a questão? **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 22, n. 2, p. 201-210, 2006.

HAKAMIES-BLOMQUIST, L. Older drivers' accident risk: conceptual and methodological issues. **Accident Analysis and Prevention**, v. 30, n. 3, p. 293-297, 1998.

HAKKERT, A. S.; BRAIMAISTER, L. **The uses of exposure and risk in road safety studies**. Leidschendam: SWOV Institute for Road Safety Research, 2002. Relatório n. R-2002-12.

HAMED, M. M. Analysis of pedestrians' behavior at pedestrian crossings. **Safety Science**, v. 38, n. 1, p. 63-82, 2001.

HAMPEL, J. Different concepts of risk: a challenge for risk communication. **International Journal of Medical Microbiology**, v. 296, p. 5-10, 2006.

HARKEY, D.; CARTER, D. Observational analysis of pedestrian and motorist behaviors at roundabouts in the United States. In: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD 85<sup>th</sup> ANNUAL MEETING, 2006, Washington, D.C. **Anais...** Washington, D.C.: TRB, 2006. 1 CD-ROOM.

HARKEY, D. et al. **Pedestrian and bicycle crash analysis tool (PBCAT): version 2.0** application manual. McLean: Federal Highway Administration, 2006. Relatório n. FHWA-HRT-06-089.

HARKEY, D.; ZEGEER, C. V. **PEDSAFE: pedestrian safety guide and countermeasure selection system**. Washington, D.C.: Federal Highway Administration, 2004. Relatório n. FHWA-HRT-06-089.

HATFIELD, J.; MURPHY, S. The effects of mobile phone use on pedestrian crossing behaviour at signalised and unsignalised intersections. **Accident Analysis and Prevention**, v. 39, n. 1, p. 197-205, 2007.

HAUER, E. Traffic conflicts and exposure. **Accident Analysis and Prevention**, v. 14, n. 5, p. 359-364, 1982.

HAUER, E. On exposure and accident rate. **Traffic Engineering and Control**, v. 36, n. 3, p. 134-138, 1995.

HAUER, E. **Observational before-after studies in road safety**. Nova York: Pergamon, 1997.

HAUER, E. Computing and interpreting accident rates for vehicle types or driver groups. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1746, p. 69-73, 2001.

HEDELINA, A.; BUNKETORP, O.; BJÖRNSTIG, U. Public transport in metropolitan areas: a danger for unprotected road users. **Safety Science**, v. 40, n. 5, p. 467-477, 2002.

HESS, P. M.; MOUDON, A. V.; MATLICK, J. M. Pedestrian safety and transit corridors. **Journal of Public Transportation**, v. 7, n. 2, p. 73-93, 2004.

HESS, P. M. et al. Site design and pedestrian travel. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1674, p. 9-19, 1999.

HINE, J. Pedestrian travel experiences: assessing the impact of traffic on behaviour and perceptions of safety using an in-depth interview technique. **Journal of Transport Geography**, v. 4, n. 3, p. 179-199, 1996.

HOCHERMAN, I.; HAKKERT, A. S.; BAR-ZIV, J. Estimating the daily volume of crossing pedestrians from short-counts. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1168, p. 31-38, 1988.

HØJ, N. P.; KRÖGER, W. Risk analyses of transportation on road and railway from a European perspective. **Safety Science**, v. 40, n. 1-4, p. 337-357, 2002.

HOLLAND, C.; HILL, R. The effect of age, gender and driver status on pedestrians' intentions to cross the road in risky situations. **Accident Analysis and Prevention**, v. 39, n. 2, p. 224-237, 2007.

HOLUBOWYCZ, O. T. Age, sex, and blood alcohol concentration of killed and injured pedestrians. **Accident Analysis and Prevention**, v. 27, n. 3, p. 417-422, 1994.

HOUGHTON, T. M. **Safety audits**: a comparison of traditional safety audits to the interactive highway safety design model. Corvallis, 2007. 136f. Monografia de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil). Oregon State University, University Honors College Corvallis, 2007.

HUANG, H. F.; CYNECKI, M. J. Effects of traffic calming measures on pedestrian and motorist behavior. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1705, p. 26-31, 2000.

HUBBARD, S. M. L.; AWWAD, R. J.; BULLOCK, D. M. Assessing the impact of turning vehicles on pedestrian level of service at signalized intersections: a new perspective. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 2027, p. 27-36, 2007.



INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema IBGE de recuperação automática** – SIDRA. Brasil: IBGE, 2001. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 22 out. 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Brasil: IBGE, 2007. **Censos demográficos**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 02 set. 2007.

IVAN, J. N. et al. **Rural pedestrian crash rate: alternative measures of exposure**. Washington, D.C.: United State Department of Transportation, 2000. Relatório n. UCNR 11-10.

JACOBSEN, P. L. Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. **Injury Prevention**, v. 9, p. 205-209, 2003.

JENSEN, S. U. **Pedestrian safety analyses and safety measures**. Copenhagen: Danish Road Directorate, Division of Traffic Safety and Environment, 1998. ISBN: 87-7491-892-3.

JONAH, B. A.; ENGEL, G. R. Measuring the relative risk of pedestrian accidents. **Accident Analysis and Prevention**, v. 5, n. 3, p. 193-206, 1983.

JOSHI, M. S.; SENIOR, V.; SMITH, G. P. A diary study of the risk perceptions of road users. **Health, Risk & Society**, v. 3, n. 3, p. 261-279, 2001.

KEALL, M. D. Pedestrian exposure to risk of road accident in New Zealand. **Accident Analysis and Prevention**, v. 27, n. 5, p. 729-740, 1995.

KHISTY, C. J. Evaluation of Pedestrian Facilities: Beyond the Level of Service Concept. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1438, p. 45-50, 1994.

KNOBLAUCH, R. L.; TOBEY, H. N.; SHUNAMAN, E. M. Pedestrian characteristics and exposure measures. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 959, p. 35-41, 1984.

KNOBLAUCH, R. L.; PIETRUCHA, M. T.; NITZBURG, M. Field studies of pedestrian walking speed and start-up time. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1538, p. 27-38, 1996.

KNOBLAUCH, R. L.; NITZBURG, M.; SEIFERT, R. F. **Pedestrian crosswalk case studies**: Sacramento, California; Richmond, Virginia; Buffalo, New York; Stillwater, Minnesota. McLean: Federal Highway Administration, 2001. Relatório n. FHWA-RD-00-103.

KRAMBECK, H.; SHAH, J. **The global walkability index**: talk the walk and walk the talk. Washington, D.C.: Clean Air Initiative, 2006. Disponível em: <<http://www.cleanairnet.org>>. Acesso em: 13 set. 2007.

KRAUS, J. F. et al. Child pedestrian and bicyclist injuries: results of community surveillance and a case-control study. **Injury Prevention**, v. 2, p. 212-218, 1996.

LARRÃNAGA, A. M. **Análise do padrão comportamental de pedestres**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

LAM, L. T. Parental risk perceptions of childhood pedestrian road safety: a cross cultural comparison. **Journal of Safety Research**, v. 36, p. 181-187, 2005.

LANDIS, B. W. et al. Video simulation of pedestrian crossings at signalized intersections. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1920, p. 49-55, 2005.

LANDIS, B. W. et al. Modeling the roadside walking environment: pedestrian level of service. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1773, p. 82-88, 2001.

LANGHAM, M. P.; MOBERLY, N. J. Pedestrian conspicuity research: a review. **Ergonomics**, v. 46, p. 345-363, 2003.

LASCALA, E. A.; GERBER, D.; GRUENEWALD, P. J. Demographic and environmental correlates of pedestrian injury collisions: a spatial analysis. **Accident Analysis and Prevention**, v. 32, n. 5, p. 651-658, 2000.

LASCALA, E. A.; GRUENEWALD, P. J.; JOHNSON, F. W. An ecological study of the locations of schools and child pedestrian injury collisions. **Accident Analysis and Prevention**, v. 36, n. 4, p. 596-576, 2004.

LASSARRE, S.; BONNET, E. Risk exposure assessment of pedestrians in urban area using a GIS. In: ICTCT EXTRA- WORKSHOP. Road user behaviour with a special focus on vulnerable road users: technical, social and psychological aspects, 2007, Pequim, China. **Anais...** Viena: International Co-operation on Theories and Concepts in Traffic Safety (ICTCT), 2007. p. 122-135.

LASSARRE, S. et al. Measuring accident risk exposure for pedestrians in different micro-environments. **Accident Analysis and Prevention**, v. 39, n. 6, p. 1226-1238, 2007.

LASSMAN, J. Pedestrian safety: teaching points and resources for ED nurses educating the community. **Journal of Emergency Nursing**, v. 27, n. 4, p. 360-363, 2001.

LAST, J. M. **A dictionary of epidemiology**. 4. ed. Nova York: Oxford University Press, 2001.

LAURENTI, R. et al. Alguns aspectos epidemiológicos da mortalidade por acidentes de trânsito de veículo a motor na cidade de São Paulo, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 6, p. 329-341, 1972.

LEDEN, L. Pedestrian risk decrease with pedestrian flow. A case study based on data from signalized intersections in Hamilton, Ontario. **Accident Analysis and Prevention**, v. 34, n. 4, p. 457-464, 2002.

LEE, C.; ABDEL-ATY, M. Comprehensive analysis of vehicle-pedestrian crashes at intersections in Florida. **Accident Analysis and Prevention**, v. 37, n. 4, p. 775-786, 2005.

LERNER, N.; BENEL, D.; DEKKER, D. **Understanding driver performance variability and perception of risk: driver hazard perception**. Washington, D.C.: Federal Highway Administration (FHWA), 1998. Relatório n. FHWA-RD-96-014.

LOBJOIS, R.; CAVALLO, V. Age-related differences in street-crossing decisions: the effects of vehicle speed and time constraints on gap selection in an estimation task. **Accident Analysis and Prevention**, v. 39, n. 5, p. 934-943, 2007.

LOPES, S. B.; CARDOSO, G.; FERNANDES JÚNIOR, J. L. Análise do desempenho de corredores de ônibus da cidade de Porto Alegre. In: **XV CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES**, 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: ANPET, 2001. v.3, p. 207-214.

LORD, D. Analysis of pedestrian conflicts with left-turning traffic. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1538, p. 61-67, 1996.

LORD, D. Modeling motor vehicle crashes using Poisson-gamma models: examining the effects of low sample mean values and small sample size on the estimation of the fixed dispersion parameter. **Accident Analysis and Prevention**, v. 38, n. 4, p. 751-766, 2006.

LYON, C.; PERSAUD, B. Pedestrian collision prediction models for urban intersections. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1818, p. 102-107, 2002.

MA, X.; ANDRÉASSON, I. Predicting the effect of various ISA penetration grades on pedestrian safety by simulation. **Accident Analysis and Prevention**, v. 37, n. 6, p. 1162-1169, 2005.

MARTIN, A. **Factors influencing pedestrian safety**: a literature review. Wokingham, Berkshire: UK's Transport Research Laboratory, 2007. ISSN: 0968-4093

MARTINEZ, K. L. H.; PORTER, B. E. The likelihood of becoming a pedestrian fatality and drivers' knowledge of pedestrian rights and responsibilities in the Commonwealth of Virginia. **Transportation Research Part F**, v. 7, n. 1, p. 43-58, 2004.

MATENA, S.; LÖHE, U.; VANEERDEWEGH, P. **Road safety audit**: current practice. Projeto RIPCORD - ISEREST. Bergisch Gladbach, Alemanha: Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), 2005. Relatório n. RI-BASt-WP4-R1-V3\_Audit\_practice.

MATLICK, J. M.; MILTON, J. C. **Assessing pedestrian risk locations**: a case study of WSDOT efforts. Olympia: Washington State Department of Transportation, 1998. Disponível em: <<http://www.wsdot.wa.gov/walk/PDF/RiskPaper.pdf>>. Acesso em: 28 nov. 2004.

MCMAHON, P. J. et al. **An Analysis of factors contributing to "walking along roadway" crashes**: research study and guidelines for sidewalks and walkways. McLean: Federal Highway Administration, 2002. Relatório n. FHWA-RD-01-101.

MCMILLAN, T. E. Urban form and a child's trip to school: the current literature and a framework for future research. **Journal of Planning Literature**, v. 19, n. 4, p. 440-456, 2005.

MEACHAM, B. J. Understanding risk: quantification, perceptions, and characterization. **Journal of Fire Protection Engineering**, v. 14, n. 3, p. 199-227, 2004.

MEIRELLES, A. A. C.; PEREIRA, G. Compatibilizando fluidez do tráfego e segurança de pedestres: o caso do controle inteligente de tráfego de Belo Horizonte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TRANSPORTE E TRÂNSITO, 14., 2003, Vitória. **Anais eletrônicos...** São Paulo: Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP), 2003. Disponível em: <<http://portal.antp.org.br/biblioteca/14Cg/250.pdf>>. Acesso em 14 set. 2005.

MIRANDA, V. A. A.; CABRAL, S. D. Os conflitos pedestres -veículos no entorno de postos de gasolina. In: VII CONGRESSO NACIONAL DO TRÂNSITO, 2002. **Anais...** São Paulo: CONATRAM, 2002.

MITMAN, M. F.; RAGLAND, D. R. Crosswalk confusion: more evidence why pedestrian and driver knowledge of the vehicle code should not be assumed. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 2002, p. 55-63, 2007.

MITTLBÖCK, M.; WALDHÖR, T. Adjustments for  $R^2$ -measures for Poisson regression models. **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 34, n. 4, p. 461-472, 2000.

MOHAN, D. et al. **Road traffic injury prevention training manual**. Geneva: World Health Organization and Indian Institute of Technology Delhi, 2006. ISBN 92 4 154675 1.

MORGAN, R. Road safety audits: practice in Australia and New Zealand. **ITE Journal**, v. 75, n. 7, p. 22-25, 2005.

MOUDON, A. V.; HESS, P. M. **Pedestrian safety and transit corridors**. Seattle: Washington State Department of Transportation, Research Office, 2003. Relatório n. WA-RD 556.1.

NASAR, J.; HECHT, P.; WENER, R. Mobile telephones, distracted attention, and pedestrian safety. **Accident Analysis and Prevention**, v. 40, n. 1, p. 69-75, 2007.

NEVES, J. L. Pesquisa qualitativa: características, usos e possibilidades. **Caderno de Pesquisas em Administração**, v. 1, n. 3, p. 1-5, 1996.

NODARI, C. T. **Método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários rurais de pista simples**. 2003. 220f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.

NODARI, C. T.; LINDAU, L. A. Auditoria de segurança viária. **Transportes**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 2, p. 48-66, 2001.

OGDEN, K. W. **Safer roads: a guide to road safety engineering**. Burlington: Ashgate Publishing Company, 1996. 516 p.

OGDEN, K. W. The effects of paved shoulders on accidents on rural highways. **Accident Analysis and Prevention**, v. 29, n. 3, p. 353-362, 1997.

OLTEDAL, S. et al. **Explaining risk perception: an evaluation of cultural theory**. Trondheim, Noruega: Rotunde publikasjoner, 2004. Rotunde n. 85.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Safety of vulnerable road users**. Paris: OECD, 1998.

ÖSTRÖM, M.; ERIKSSON, A. Pedestrian fatalities and alcohol. **Accident Analysis and Prevention**, v. 33, n. 2, p. 173-180, 2001.

OXLEY, J. A. et al. **Older vulnerable road users: measures to reduce crash and injury risk**. Clayton: Monash University Accident Research Centre, 2004. 162 p. Relatório n. 218. ISBN 0732617280.

OXLEY, J. A. et al. Crossing roads safely: an experimental study of age differences in gap selection by pedestrians. **Accident Analysis and Prevention**, v. 37, n. 5, p. 962-971, 2005.

PARK, H. M. **Using dummy variables in regression**. [S. I.]:Jeeshim and KUCC625, 2002. Disponível em: <<http://www.masil.org/documents/dummy.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2008.

PEDEN, M. et al. **World report on road traffic injury prevention**. Geneva: World Health Organization, 2004.

PETCH, R. O.; HENSON, R. R. Child road safety in the urban environment. **Journal of Transport Geography**, v. 8, n. 3, p. 197-211, 2000.

PETRITSCH, T. A. et al. Level-of-service model for pedestrians at signalized intersections. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1939, p. 55-62, 2005.

PIETRANTONIO, H. **Manual de procedimentos para análise de conflitos de tráfego em interseções**. São Paulo: IPT-Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1991. Disponível em: <<http://www.poli.usp.br/p/hugo.pietrantonio/trabalhos.html>>. Acesso em: 17 jul. 2007. (Publicação interna).

PIETRANTONIO, H. **Avaliação da técnica sueca de análise de conflitos de tráfego: aplicação ao estudo de problemas de segurança de pedestres em interseções semaforizadas da cidade de São Paulo**. São Paulo: LEMT-PTR, Escola Politécnica da USP, 1999. (Relatório de Trabalho-LEMT).

PORATH, R. S. **Sistemas de gerência de segurança para o trânsito rodoviário: o modelo SGS/TR**. 2002. 372f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

PREUSSER, D. F. et al. Pedestrian crashes in Washington, D.C., and Baltimore. **Accident Analysis and Prevention**, v. 34, n. 5, p. 703-710, 2002.

PUCHER, J.; DIJKSTRA, L. Making walking and cycling safer: lessons from Europe. **Transportation Quarterly**, v. 54, n. 3, p. 25-50, 2000.

PUCHER, J.; DIJKSTRA, L. Promoting safe walking and cycling to improve public health: lessons from the Netherlands and Germany. **American Journal of Public Health**, v. 93, p. 1509-1516, 2003.

PUCHER, J.; RENNE, J. L. Socioeconomics of urban travel: evidence from the 2001 NHTS. **Transportation Quarterly**, v. 57, n. 3, p. 49-77, 2003.

QIN, X.; IVAN, J. N. Estimating pedestrian exposure prediction model in rural areas. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1773, p. 89-96, 2001.

QUEENSLAND. Pedestrian safety and accessibility audit tools. In: QUEENSLAND. **Traffic & road use management manual**. Queensland: Queensland Government, Department of Main Roads, 2006. v. 3. Amendment n. 4.

RABE-HESKETH, S.; EVERITT, B. **A handbook of statistical analyses using Stata**. 3. ed. Nova York: Rabe-Hesketh, 2004. 328p.

RAFAELY, V. et al. Perception of traffic risks for older and younger adults. **Accident Analysis and Prevention**, v. 38, n. 6, p. 1231-1236, 2006.

RAFORD, N.; RAGLAND, D. R. Space syntax: innovative pedestrian volume modeling tool for pedestrian safety. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1878, p. 66-74, 2004.

RAFORD, N.; RAGLAND, D. R. Pedestrian volume modeling for traffic safety and exposure analysis: case of Boston, Massachusetts. In: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD 85<sup>th</sup> ANNUAL MEETING, 2006, Washington, D.C. **Anais...** Washington, D.C.: TRB, 2006. 1 CD-ROOM.

REASON, J. **Human error**. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

REINHOLD, I. R.; GOLDNER, L. G. Metodologia para alocação de faixas de pedestres com base no estudo dos atropelamentos, percepção de risco e conflitos de tráfego utilizando um Sistema de Informações Geográficas: o caso da cidade de Blumenau - SC. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 7., 2006, Florianópolis.

**Anais...** Florianópolis: COBRAC, 2006. v. 1. p. 1-20.

RENN, O. The role of risk perception for risk management. **Reliability Engineering and System Safety**, v. 59, n. 1, p. 49-62, 1998.

RENN, O. The need for integration: risk policies require the input from experts, stakeholders and the public at large. **Reliability Engineering and System Safety**, v. 72, n. 2, p. 131-135, 2001.

RETTING, R. A.; FERGUSON, S. A.; MCCARTT, A. T. A review of evidence-based traffic engineering measures designed to reduce pedestrian-motor vehicle crashes. **American Journal of Public Health**, v. 93, n. 9, p. 1456-1463, 2003.

RISSER, R.; METHORST, R. COST 358: pedestrians' quality needs. In: ICTCT EXTRA-WORKSHOP. Road user behaviour with a special focus on vulnerable road users: technical, social and psychological aspects, 2007, Pequim, China. **Anais...** Viena: International Cooperation on Theories and Concepts in Traffic Safety (ICTCT), 2007. p. 115-121.

RODRIGUE, J.; COMTOIS, C.; SLACK, B. **The geography of transport systems**. Hempstead: Hofstra University, Department of Economics & Geography, 2006. Disponível em: <<http://people.hofstra.edu/geotrans>>. Acesso em: 17 fev. 2007.

RODRÍGUEZ, D. A.; JOO, J. The relationship between non-motorized mode choice and the local physical environment. **Transportation Research Part D**, v. 9, n. 2, p. 151-173, 2004.

ROSMAN, D. L. The western Australian road injury database (1987-1996): ten years of linked police, hospital and death records of road crashes and injuries. **Accident Analysis and Prevention**, v. 33, n. 1, p. 81-88, 2001.

RUEDA, D. **Intermediate social statistics: lecture 5**. Oxford: Oxford University, 2006. Disponível em: <<http://users.ox.ac.uk/~polf0050/>>. Acesso em: 12 mar. 2008.

RUMAR, K. **Transport safety visions, targets and strategies: beyond 2000**. Bruxelas: European Transport Safety Council (ETSC), 1999.

RUMAR, K. **Road transport: past, present and future road safety work in ECMT**. Paris: European Conference of Ministers of Transport, Council of Ministers, 2002.

SANDT, L.; ZEGEER, C. V. Characteristics related to midblock pedestrian-vehicle crashes and potential treatments. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1982, p. 112-121, 2006.



SANT'ANNA, A. M. O. **Método de orientação à modelagem de dados mensurados em proporção**. 2006. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

SANT'ANNA, R. M. **Mobilidade e segurança no trânsito da população idosa: um estudo descritivo sobre a percepção de pedestres idosos e de especialistas em engenharia de tráfego**. 2006. 271f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia de Transportes). Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

SARKAR, S.; ANDREAS, M. Drivers' perception of pedestrians' rights and walking environments. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1878, p. 75-82, 2004.

SCHNEIDER, R. J.; KHATTAK, A. J.; ZEGEER, C. V. Method of improving pedestrian safety proactively with geographic information systems: example from a college campus. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1773, p. 97-107, 2001.

SCHNEIDER, R. J.; RYZNAR, R. M.; KHATTAK, A. J. An accident waiting to happen: a spatial approach to proactive pedestrian planning. **Accident Analysis and Prevention**, v. 36, n. 2, p. 193-211, 2004.

SCHNEIDER, R. J. et al. **Pedestrian and bicycle data collection in United States communities: quantifying use, surveying users, and documenting facility extent**. Washington D.C.: Federal Highway Administration, 2005.

SCHWARTZ, W.; PORTER, C. **Bicycle and pedestrian data: sources, needs, and gaps**. Washington, D.C.: Bureau of Transportation Statistics, U.S. Department of Transportation, 2000. Relatório n. BTS00-02.

SEILER, H. Harmonised risk based regulation: a legal viewpoint. **Safety Science**, v. 40, n. 1-4, p. 31-49, 2002.

SHANKAR, V. N. et al. Modeling crashes involving pedestrians and motorized traffic. **Safety Science**, v. 41, n. 7, p. 627-640, 2003.

SISIOPIKU, V. P.; AKIN, D. Pedestrian behaviors at and perceptions towards various pedestrian facilities: an examination based on observation and survey data. **Transportation Research Part F**, v. 6, n. 4, p. 249-274, 2003.

SJÖBERG, L. Factors in risk perception. **Risk Analysis**, v. 20, n. 1, p. 1-11, 2000.

SJÖBERG, L.; MOEN, B.; RUNDMO, T. **Explaining risk perception: an evaluation of the psychometric paradigm in risk perception research**. Rotunde n. 84. Trondheim, Noruega: Norwegian University of Science and Technology, Department of Psychology, 2004.

SOARES, D. F. P. P.; BARROS, M. B. A. Fatores associados ao risco de internação por acidentes de trânsito no Município de Maringá-PR. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 9, n. 2, p. 193-205, 2006.

SOLVIC, P. Public perceptions of risk. **Risk Management**, v. 39, n. 3, p. 54-58, 1992.

SOLVIC, P.; FISCHHOFF, B.; LICHTENSTEIN, S. Cognitive process and societal risk taking. In: SOLVIC, P. **The perception of risk**. Londres: Earthscan Publication Ltd, 2000. p. 32-50.

SOOT, S. Trends in downtown pedestrian traffic and methods of estimating daily volumes. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1325, p. 75-82, 1991.

SØRENSEN, J. D. **Notes in structural reliability theory and risk analysis**. Aalborg, Dinamarca: Institute of Building Technology and Structural Engineering, Aalborg University, 2004.

SOUZA, V. R.; CAVENAGHI, S.; ALVES, J. E. D. Mapeamento dos óbitos por local de ocorrência dos acidentes de trânsito na cidade do Rio de Janeiro. In: XV ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 2006, Caxambu. **Anais eletrônicos...** Belo Horizonte: ABEP, 2006. Disponível em: <<http://www.abep.org.br/>>. Acesso em: 14 ago. 2007.

SPARROW, W. A. et al. Ageing effects on the attention demands of walking. **Human Movement Science**, v. 21, n. 5-6, p. 961-972, 2002.

STUTTS, J. C.; HUNTER, W. W.; PEIN, W. E. Pedestrian crash types: 1990s update. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1538, p. 68-74, 1996.

SZE, N. N.; WONG, S. C. Diagnostic analysis of the logistic model for pedestrian injury severity in traffic crashes. **Accident Analysis and Prevention**, v. 39, n. 6, p. 1267-1278, 2007.

TIWARI, G. et al. Survival analysis: pedestrian risk exposure at signalized intersections. **Transportation Research Part F**, v. 10, n. 2, p. 77-89, 2007.

TOBEY, H. N.; SHUNAMAN, E. M.; KNOBLAUCH, R. L. **Pedestrian trip making characteristics and exposure measures**. Great Falls: Federal Highway Administration, 1983. Relatório n. FHWA/RD-83/062.

TRANSPORT RESEARCH LABORATORY. **Cost-benefit analysis of measures for vulnerable road users**. Deliverable 5 for European Research Project PROMISING. Reino Unido: TRL, 2001. Disponível em: <<http://www.swov.nl/rapport/promising/wp5final.pdf>>. Acesso em: 17 set. 2004.

TURNER, S. et al. Motorist yielding to pedestrians at unsignalized intersections: findings from a national study on improving pedestrian safety. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1982, p. 1-12, 2006a.

TURNER, S. et al. **FHWA university course on bicycle and pedestrian transportation: student workbook**. McLean: Federal Highway Administration, 2006b. Relatório n. FHWA-HRT-05-133

TURNER, S. A.; ROOZENBURG, A. P.; FRANCIS, T. **Predicting accident rates for cyclists and pedestrians**. Wellington: Land Transport New Zealand Research, 2006. Relatório n. 289

VAN HOUTEN, R.; ELLIS, R.; KIM, J. Effects of various minimum green times on percentage of pedestrians waiting for midblock "walk" signal. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 2002, p. 78-83, 2007.

VÁRHELYI, A. Drivers' speed behaviour at a zebra crossing: a case study. **Accident Analysis and Prevention**, v. 30, n. 6, p. 731-743, 1998.

VASUDEVAN, V.; PULUGURTHA, S. S.; NAMBIAN, S. S. Methods to prioritize pedestrian high crash locations and a statistical analysis of relationships between them. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 2002, p. 39-54, 2007.

VELLOSO, M. S. **Identificação dos fatores contribuintes dos atropelamentos de pedestres em rodovias inseridas em áreas urbanas: o caso do Distrito Federal**. 2006. 178f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, D.F., 2006.

WAKEFIELD, J. C. Non-linear regression modelling. In: ADAMS, N. et al. **Methods and models in statistics: in honor of Professor John Nelder, FRS**. Londres: Imperial College Press, 2004. p. 119 -153.

WARD, L. RSAS for safety. **Public Roads**, v.70, n.3, nov./dez. 2006. Disponível em:

<<http://www.tfhrcc.gov/pubrds/pubrds.htm>>. Acesso em: 15 jul. 2007.

WEDAGAMA, D. M. P.; BIRD, R. N.; METCALFE, A. V. The influence of urban land-use on non-motorised transport casualties. **Accident Analysis and Prevention**, v. 38, n. 6, p. 1049-1057, 2006.

WEGMAN, F. **A road safety information system: from concept to implementation.** Contribution to the road safety training course of the World Bank. Leidschendam: SWOV Institute for Road Safety Research, 2001. Relatório n. D-2001-14.

WEINSTEIN, N. D. What does it mean to understand a risk?: evaluating risk comprehension. **Journal of the National Cancer Institute Monographs**, n. 25, p. 15-20, 1999.

WILDE, G. J. S. **Target Risk.** Toronto: PDE Publications, 1994.

WILDE, G. J. S. **Target Risk 2: a new psychology of safety and health.** Toronto: PDE Publications, 2001.

WILL, K. E.; GELLER, E. S. Increasing the safety of children's vehicle travel: from effective risk communication to behavior change. **Journal of Safety Research**, v. 35, n. 3, p. 263-274, 2004.

YAFFEE, R. A. **Robust regression analysis: some popular statistical package options.** Nova York: New York University, 2002. Disponível em: <<http://www.nyu.edu/its/statistics/Docs/RobustReg2.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2008.

YAGIL, D. Beliefs, motives and situational factors related to pedestrians' self-reported behavior at signal-controlled crossings. **Transportation Research Part F**, v. 3, n. 1, p. 1-13, 2000.

ZAMPIERI, F. L. L. **Modelo estimativo de pedestres baseado em sintaxe espacial, medidas de desempenho e redes neurais artificiais.** 2006. 274f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional). Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2006.

ZEGEER, C. V.; OPIELA, K. S.; CYNECKI, M. J. **Pedestrian signalization alternatives.** McLean: Federal Highway Administration, 1985. Relatório n. FHWA/RD-83/102.

ZEGEER, C. V. et al. Safety effects of marked vs. unmarked crosswalks at uncontrolled locations: results from 30 cities. 2ND URBAN STREET SYMPOSIUM: uptown, downtown, or small town: designing urban streets that work, 2003, Anaheim, Califórnia. **Anais...** Washington, D.C.: Transportation Research Board, 2003. 1 CD-ROM.

ZEGEER, C. V. et al. **Safety Effects of marked versus unmarked crosswalks at uncontrolled locations:** final report and recommended guidelines. McLean: Federal Highway Administration, 2005. Relatório n. FHWA-HRT-04-100.

ZEGEER, C. V. et al. Index for assessing pedestrian safety at intersections. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, n. 1982, p. 76-83, 2006a.

ZEGEER, C. V. et al. **How to develop a pedestrian safety action plan.** McLean: Federal Highway Administration, 2006b. Relatório n. FHWA-SA-05-12.

## APÊNDICE A: SOLICITAÇÃO DOS DADOS DOS ATROPELAMENTOS À EPTC



Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Escola de Engenharia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção  
Laboratório de Sistemas de Transportes – LASTRAN



Porto Alegre, 31 de maio de 2007

### SOLICITAÇÃO

Prezado Senhor Diretor Presidente,

Meu nome é Mara Chagas Diógenes e sou estudante de doutorado do Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) sob orientação do Professor Luis Antonio Lindau. Estou elaborando uma tese de doutorado cujo tema é o risco de acidentes envolvendo pedestres. Por este motivo, gostaria de solicitar à Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC) os dados referentes aos acidentes envolvendo pedestres ocorridos entre os anos de 1998 e 2006. Caso possível gostaria de obter os dados em formato eletrônico e georreferenciados, quando disponíveis. Os dados solicitados serão utilizados exclusivamente para o desenvolvimento do trabalho de doutorado, não sendo em hipótese alguma utilizados para outros fins.

Agradecimentos,

Mara Chagas Diógenes

## APÊNDICE B: PERFIL DOS ATROPELAMENTOS DE PORTO ALEGRE

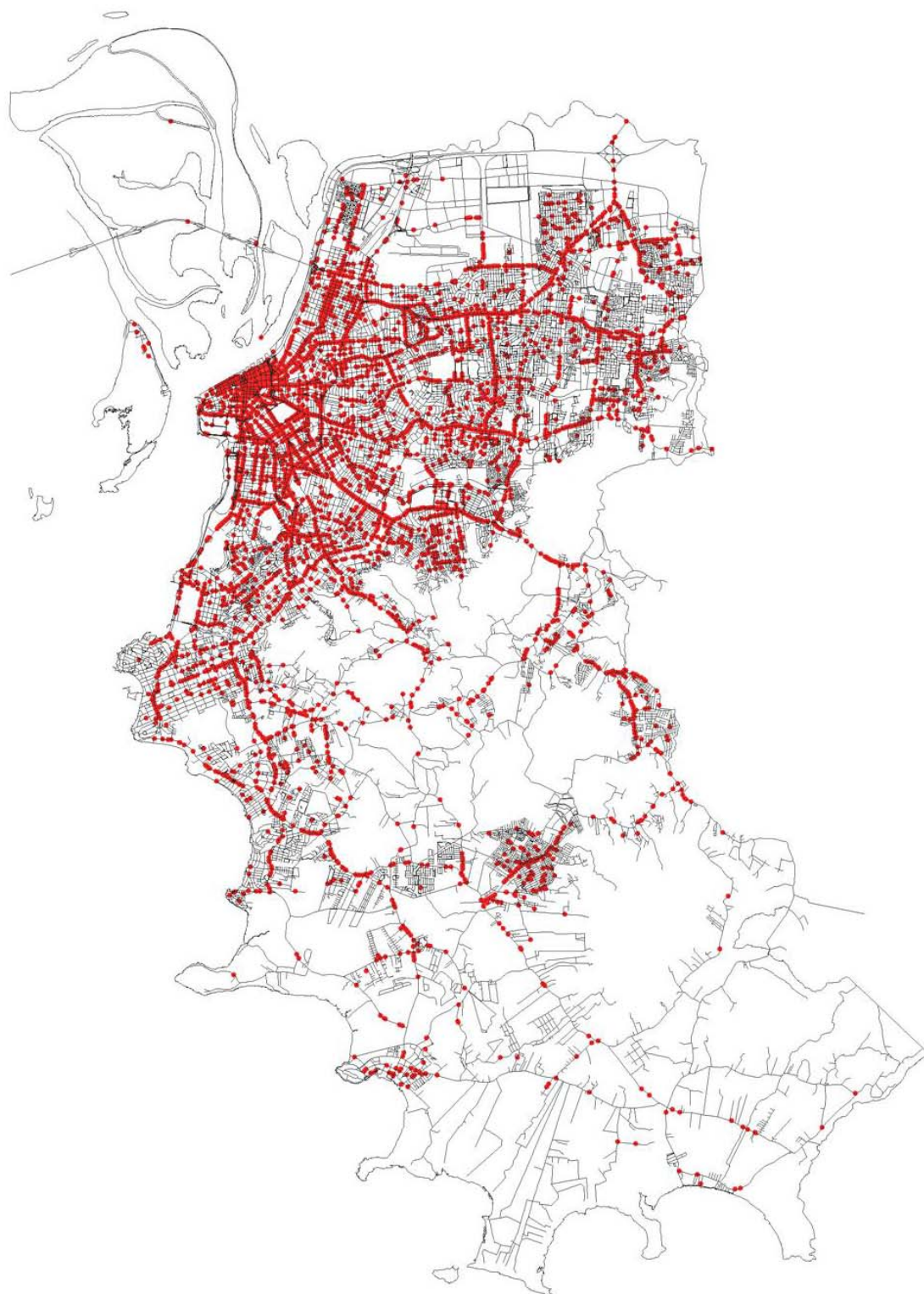
De acordo com o discutido na tese, a avaliação de risco de atropelamento deve considerar que as características do sistema de transportes interagem de forma diferenciada em cada local. Uma das formas de incorporar as peculiaridades locais a essa avaliação envolve o entendimento dos padrões dos acidentes passados. Esse entendimento é feito através de estudos epidemiológicos que visam analisar dados históricos e, assim, identificar os locais de ocorrência de atropelamentos, as características dos indivíduos e veículos que mais se envolvem nesses eventos e as condições temporais e climáticas nas quais as colisões ocorreram.

Dentro desse contexto, esse apêndice busca traçar o perfil dos atropelamentos de Porto Alegre. O objetivo principal é determinar as características do sistema de transporte viário mais frequentes nesse tipo de acidente.

### MAPEAMENTO DOS ATROPELAMENTOS DE PORTO ALEGRE

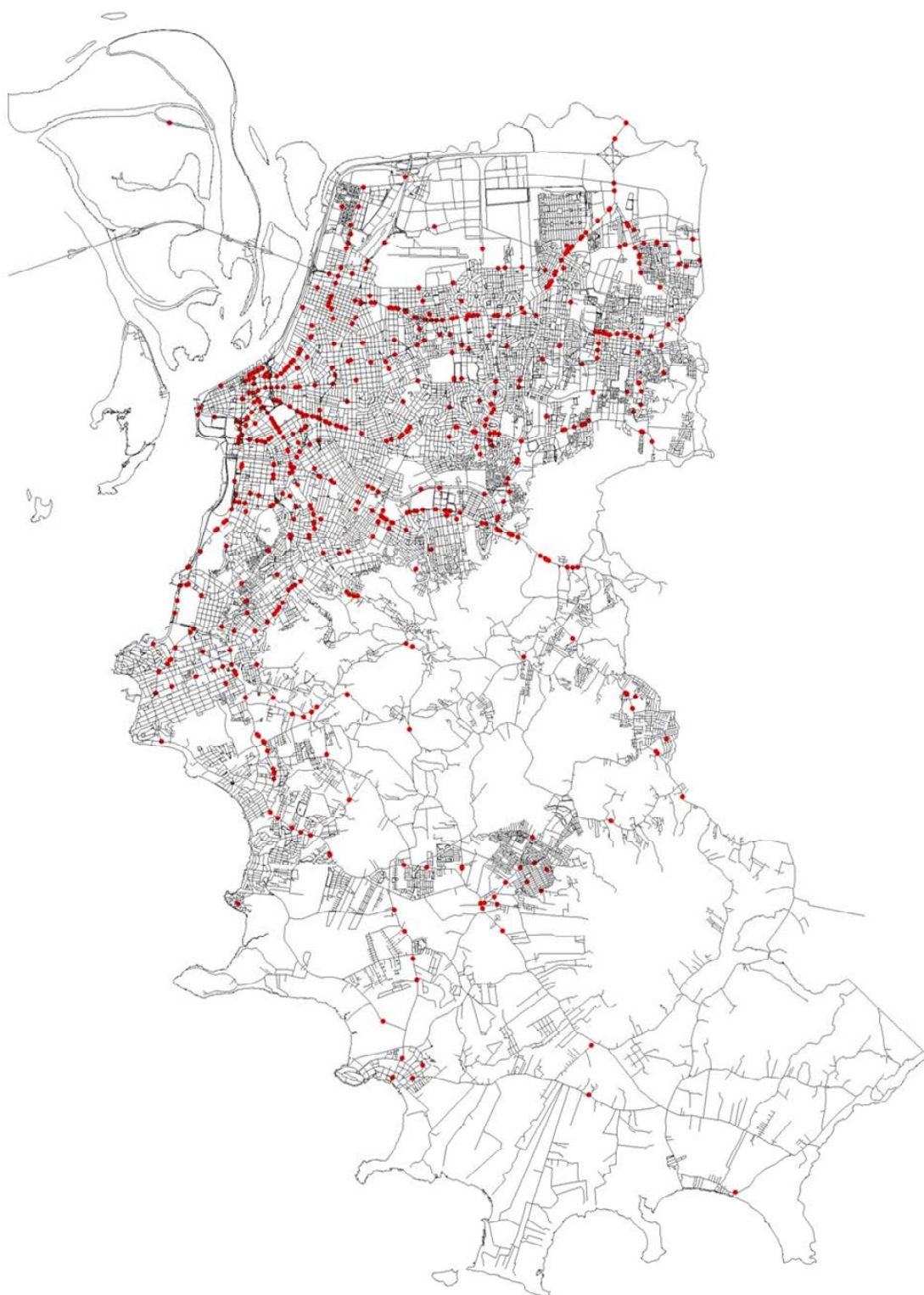
A primeira análise do banco de dados de atropelamentos de Porto Alegre objetivou a determinação dos locais onde ocorreram os 12.799 atropelamentos do período de 1998 a 2006. Dessa forma, identificaram-se os pontos do mapa onde ocorreram atropelamentos, conforme ilustrado na Figura 39 e na Figura 40. Após, realizou-se uma análise no Maptitude das áreas com a maior densidade de atropelamentos, através da criação de um *grid* quadricular com 759 células de 1km<sup>2</sup>, como é apresentado na Figura 41 e na Figura 42.

Ao analisar os quatro mapas, observa-se uma concentração dos atropelamentos na região do centro da cidade. Ressalta-se que em um único km<sup>2</sup> dessa região ocorreram 673 atropelamentos nos últimos 9 anos, correspondendo a 6% de todos os atropelamentos e a 3% dos atropelamentos com vítimas fatais.

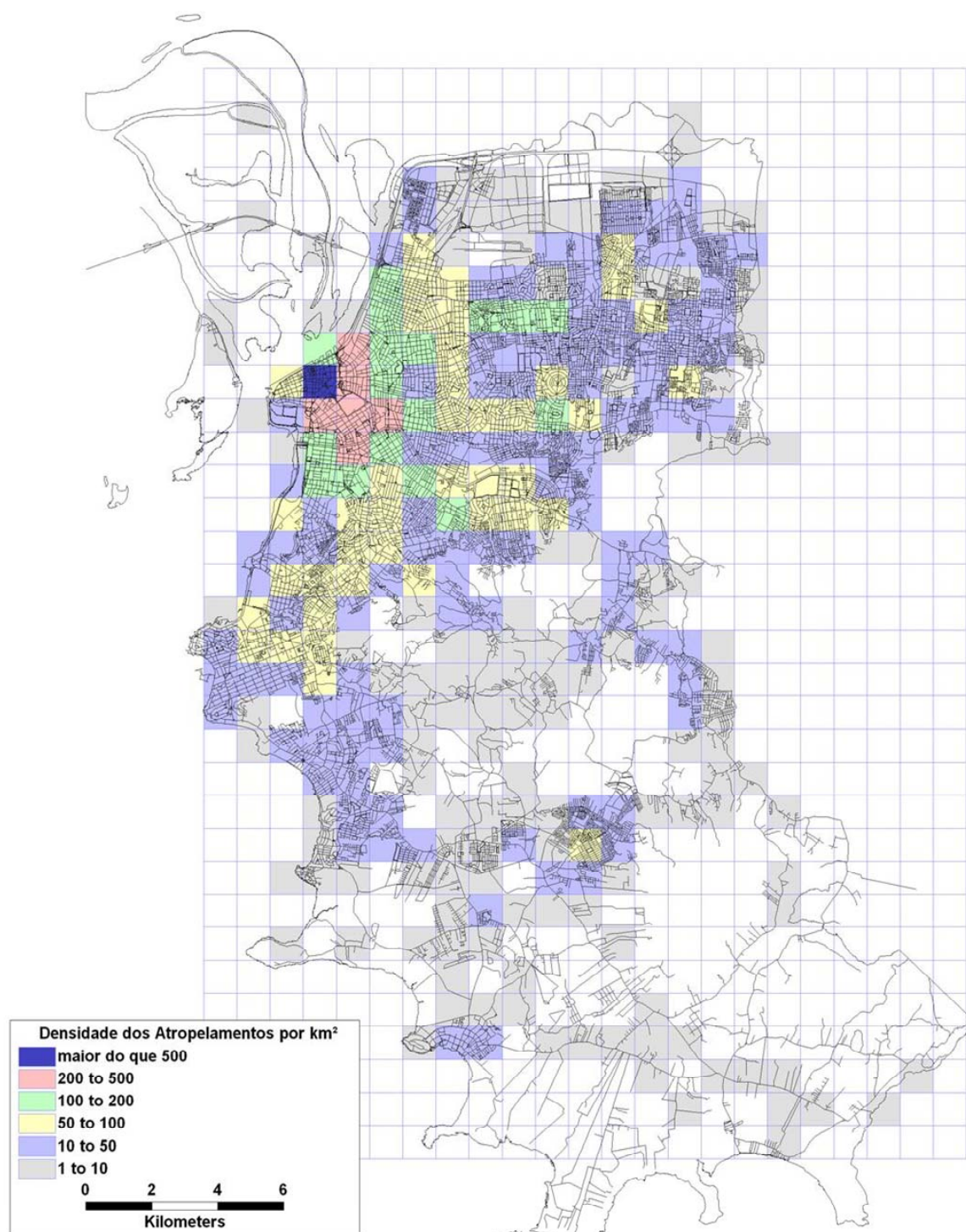


**Figura 39 - Mapeamento dos atropelamentos de Porto Alegre (1998-2006)**



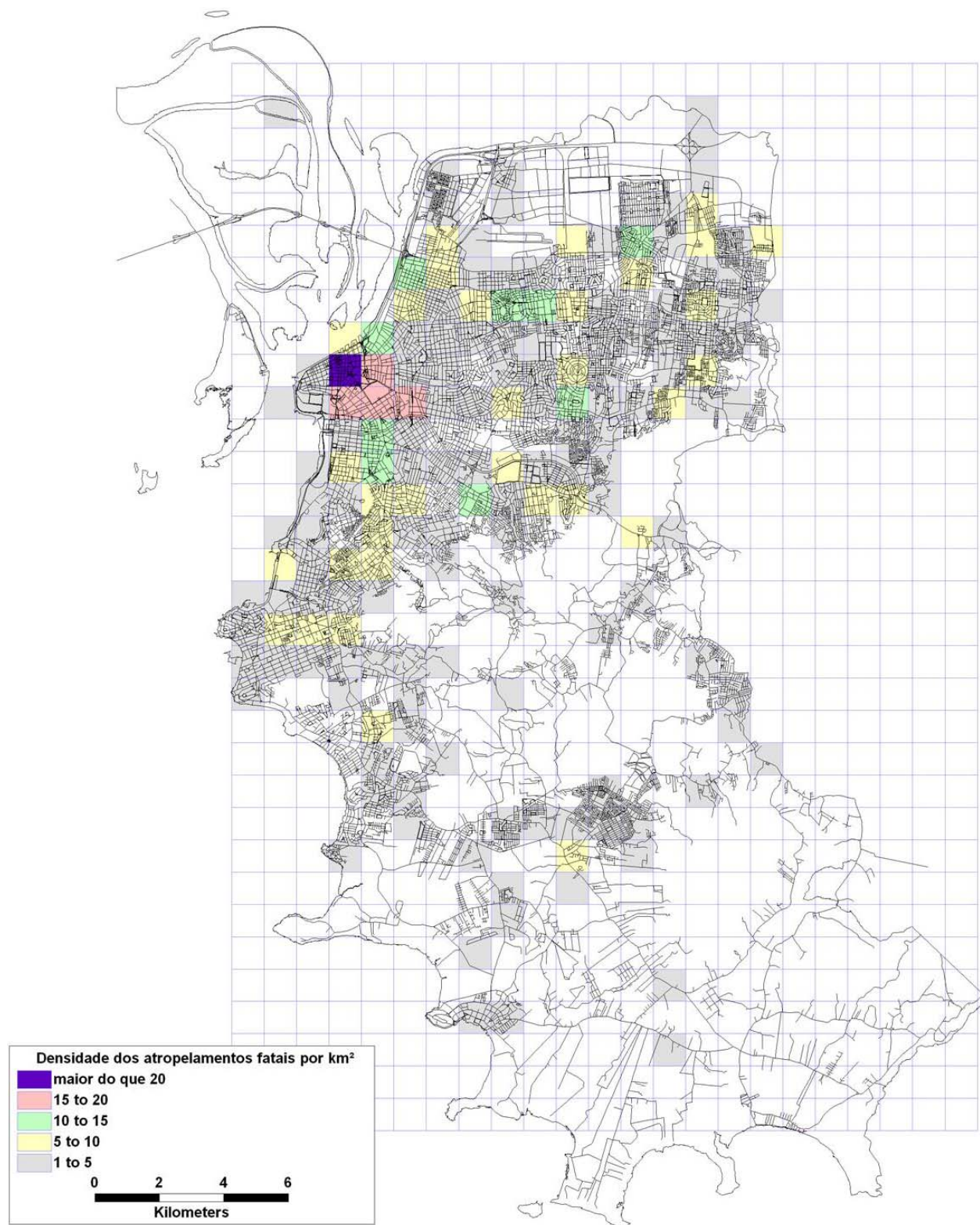


**Figura 40 - Mapeamento dos atropelamentos fatais de Porto Alegre (1998-2006)**



**Figura 41 - Mapeamento das densidades de atropelamentos por km<sup>2</sup> de Porto Alegre (1998-2006)**





**Figura 42 - Mapeamento das densidades de atropelamentos fatais por km<sup>2</sup> de Porto Alegre (1998-2006)**

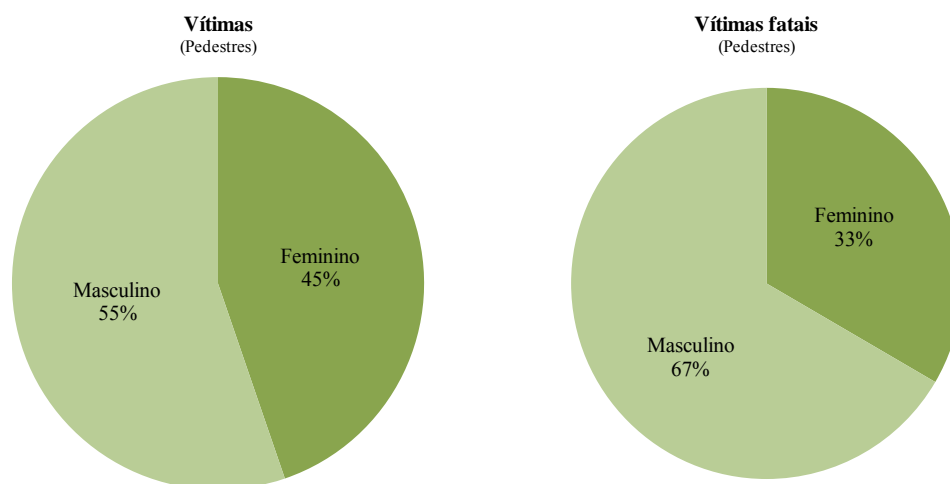
Observa-se que a região central se caracteriza por um percentual maior de atropelamentos menos severos, onde houve apenas vítimas lesionadas. Por outro lado, algumas áreas com densidade de um a cinco atropelamentos por km<sup>2</sup> apresentam alto percentual de atropelamentos fatais, variando de 40 a 100%. Uma possível explicação para esses percentuais pode estar relacionada à velocidade do fluxo veicular e ao fluxo de pedestres na região. Acredita-se que o alto fluxo de pedestres nas regiões centrais das áreas urbanas está relacionado a velocidades de fluxos veiculares menores, e, conseqüentemente a atropelamentos menos severos. Em contrapartida, em áreas onde há uma baixa atividade de pedestres, os condutores não esperam encontrar um pedestre em seu caminho, e ao dirigirem em velocidades elevadas, os atropelamentos resultam em vítimas fatais.

#### CARACTERÍSTICAS DOS PEDESTRES

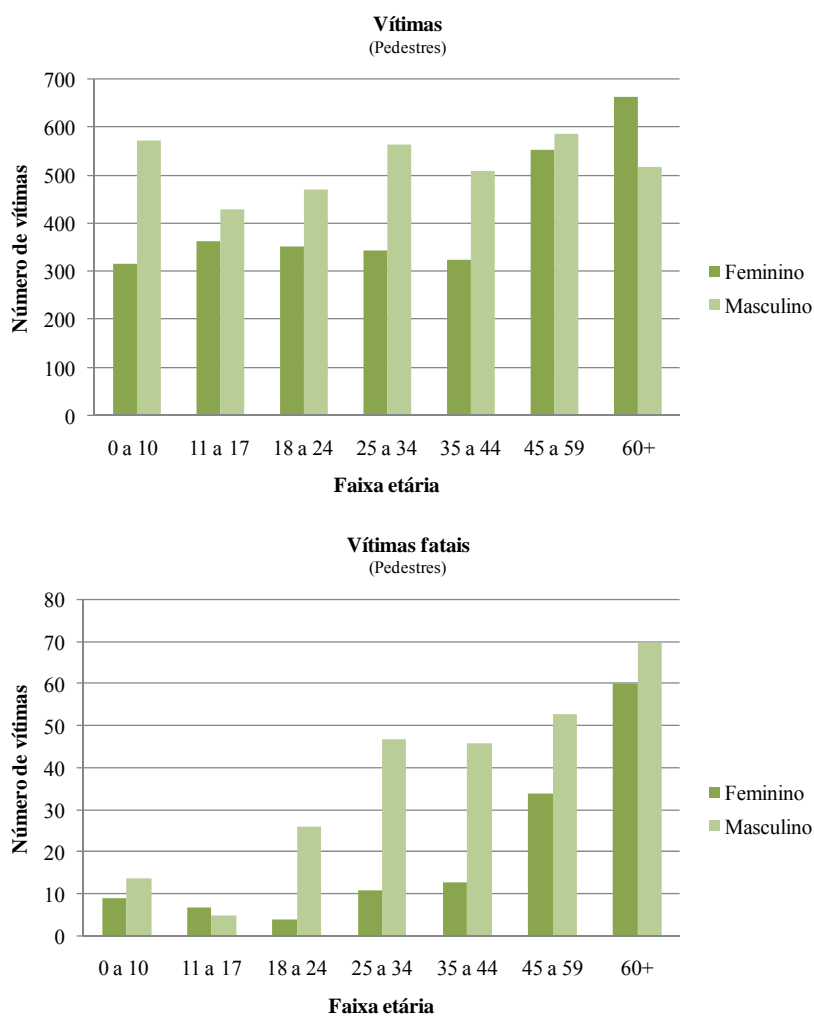
No período de 1998 a 2006, foram registradas 13.558 vítimas nos 12.799 atropelamentos ocorridos Porto Alegre, das quais 90% eram pedestres. Porém, os dados referentes ao sexo e idade dessas vítimas só foram registrados de forma sistemática a partir de 2001. Por isso, as análises que se seguem são referentes aos atropelamentos ocorridos entre os anos de 2001 e 2006.

Entre os pedestres vitimados, observa-se uma predominância de indivíduos do sexo masculino, principalmente entre as vítimas fatais (Figura 43). No que se refere à faixa etária, a maior parte dos pedestres atropelados tem idade superior a 60 anos (18%) e estes também representam o maior percentual de vítimas fatais (33%). Além disso, a faixa etária superior a 60 anos é a única a registrar um maior número absoluto de vítimas do sexo feminino, embora entre as vítimas fatais com idade superior a 60 anos observe-se predominância do sexo masculino (Figura 44).

Ao confrontar os dados das vítimas de atropelamento com os dados populacionais de Porto Alegre do ano de 2000 (IBGE, 2001) através do cálculo da taxa de vítimas atropeladas por 100.00 habitantes, apresentada na Tabela 17, constata-se que essa taxa é superior para os pedestres do sexo masculino de todas as faixas etárias. Ainda, as taxas são mais elevadas para os pedestres de três faixas etárias: (i) 11 aos 17 anos; (ii) 45 a 59 anos; e (iii) superior a 60 anos.



**Figura 43 - Distribuição das vítimas de atropelamento por sexo (2001-2006)**



**Figura 44 - Distribuição das vítimas de atropelamento por sexo e idade (2001-2006)**

**Tabela 17 - Taxas de atropelados por população e por número de viagens realizadas (2001-2006)**

Faixa etária	Atropelados por 100.000 habitantes por ano			Atropelados por 1.000.000 viagens realizadas a pé		
	Sexo		Total	Sexo		Total
	Feminino	Masculino		Feminino	Masculino	
0 a 10 anos	47,40	82,36	65,25	2,47	4,19	3,36
11 a 17 anos	77,20	89,48	83,41	2,11	2,35	2,24
18 a 24 anos	65,50	89,83	77,48	5,01	6,25	5,65
25 a 34 anos	53,66	95,01	73,56	3,42	9,10	5,59
35 a 44 anos	47,62	88,16	66,21	2,95	7,95	4,79
45 a 59 anos	74,51	100,55	85,97	5,42	9,24	6,88
Superior a 60 anos	109,92	144,87	122,92	10,49	14,06	11,80
Total	67,15	95,78	80,53	3,91	5,88	4,81

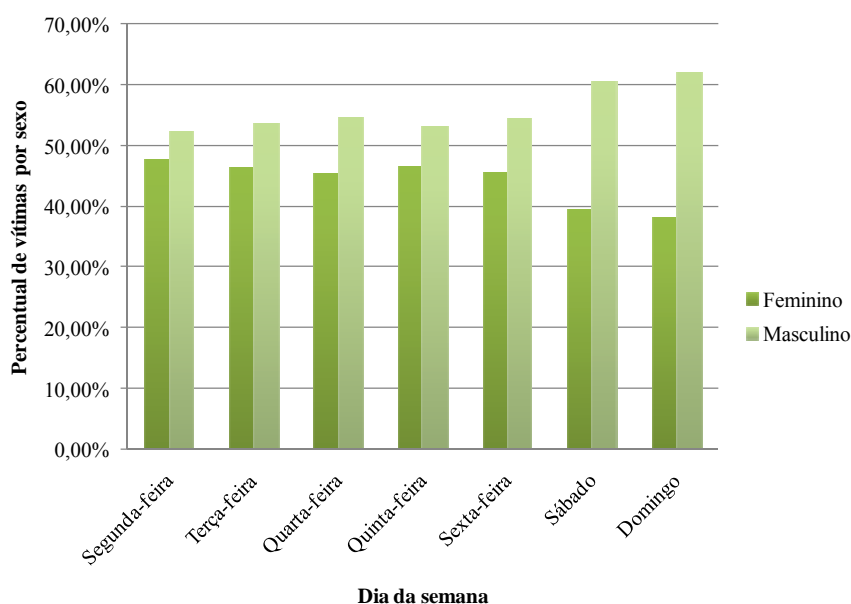
Fonte: IBGE (2001); Consórcio Magna – Tis (2004), EPTC.

Como descrito no Capítulo 2, dados populacionais não representam uma boa estimativa da exposição ao risco. Assim, calcularam-se também as taxas de atropelamentos por um milhão de viagens realizadas a pé (Tabela 17). Os dados sobre as viagens realizadas foram obtidos através da pesquisa de origem-destino (EDOM) de Porto Alegre realizada em 2003 (CONSÓRCIO MAGNA-TIS, 2004). Ressalta-se que por ser uma pesquisa através de questionários, a EDOM apresenta algumas limitações. Os entrevistados são solicitados a relatarem apenas as viagens realizadas no dia anterior, sendo este sempre referente a um dia útil, não incluindo os feriados e fins de semana. Além disso, os entrevistados tendem a não reportar algumas viagens a pé, por esquecimento ou por não a considerarem relevante para a pesquisa, principalmente as viagens mais curtas (CHU, 2003; SCHWARTZ; PORTER, 2000).

Ao analisar as taxas de atropelamentos pelo número de viagens realizadas (Tabela 17), verifica-se que os grupos de risco são os pedestres do sexo masculino ou da faixa etária de 18 a 24 anos, de 25 a 34 anos, de 45 a 59 anos e com idade superior a 60 anos, sendo estes últimos os com taxas mais críticas. Observa-se que ao utilizar dados populacionais como variáveis de exposição ao risco, a taxa de atropelamentos é elevada para os pedestres com idade de 11 aos 17 anos, porém ao usar o número de viagens realizadas como variável de exposição, esses pedestres são aqueles com menor taxa de atropelamento. Isto ocorre porque eles são os que mais realizam viagens pelo modal a pé, representando 26% de todas as viagens por esse modal.

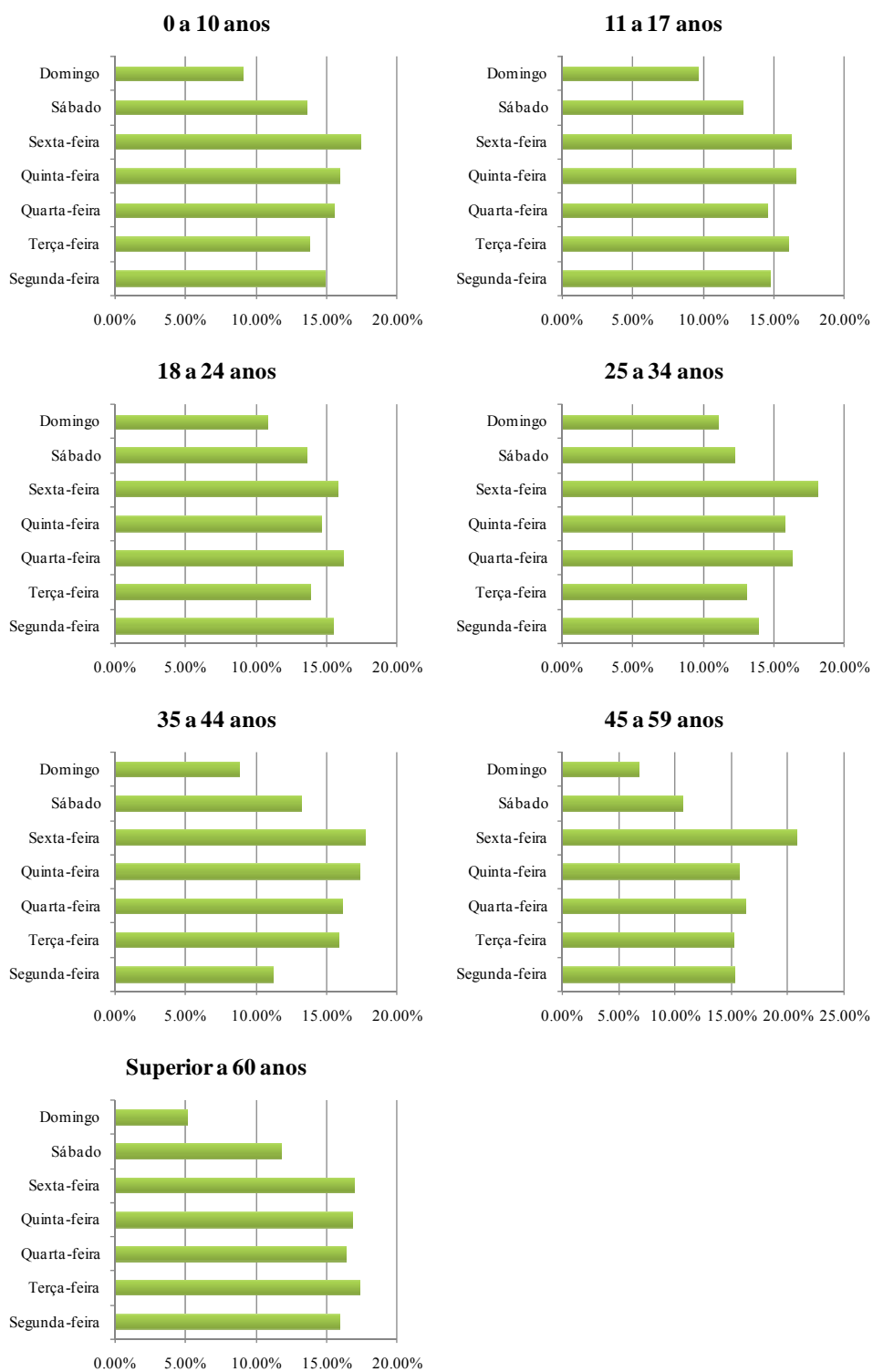
Ainda analisando os dados sobre os pedestres atropelados, verifica-se que o percentual de pedestres do sexo masculino atropelados é maior nos sábados (61%) e domingos (62%),

enquanto nos outros dias da semana este percentual é varia de 52 a 55%, conforme ilustrado na Figura 45. Ao cruzar os dados da faixa etária das vítimas e os dias da semana de ocorrência de atropelamentos, Figura 46, observa-se que a sexta-feira é um dia crítico para quase todas as faixas etárias. É interessante notar, que há uma maior ocorrência de atropelamentos envolvendo jovens de 18 a 24 anos nas quartas-feiras, não sendo este dia apontado como crítico em nenhuma outra faixa etária. Além disso, verifica-se que os atropelamentos ocorridos aos sábados e domingos envolvem menos pedestres com idade superior a 60 anos.



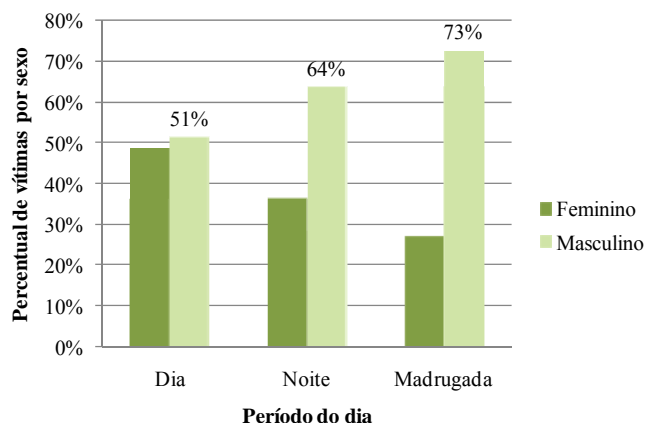
**Figura 45 - Distribuição percentual das vítimas por sexo nos dias da semana (2001-2006)**

Durante o período diurno, o percentual de pedestres atropelados é quase equiparado para o sexo feminino (49%) e o sexo masculino (51%). Porém, durante o período noturno e da madrugada, o percentual de pedestres atropelados do sexo masculino é superior ao do sexo feminino, variando de 64% a 73%, conforme ilustrado na Figura 47. Parte dessa diferença pode ser explicada pelo maior número de viagens realizadas pelos homens durante o período da madrugada. Conforme a EDOM 72% das viagens a pé realizadas depois da meia-noite são feitas por homens (CONSÓRCIO MAGNA-TIS, 2004).

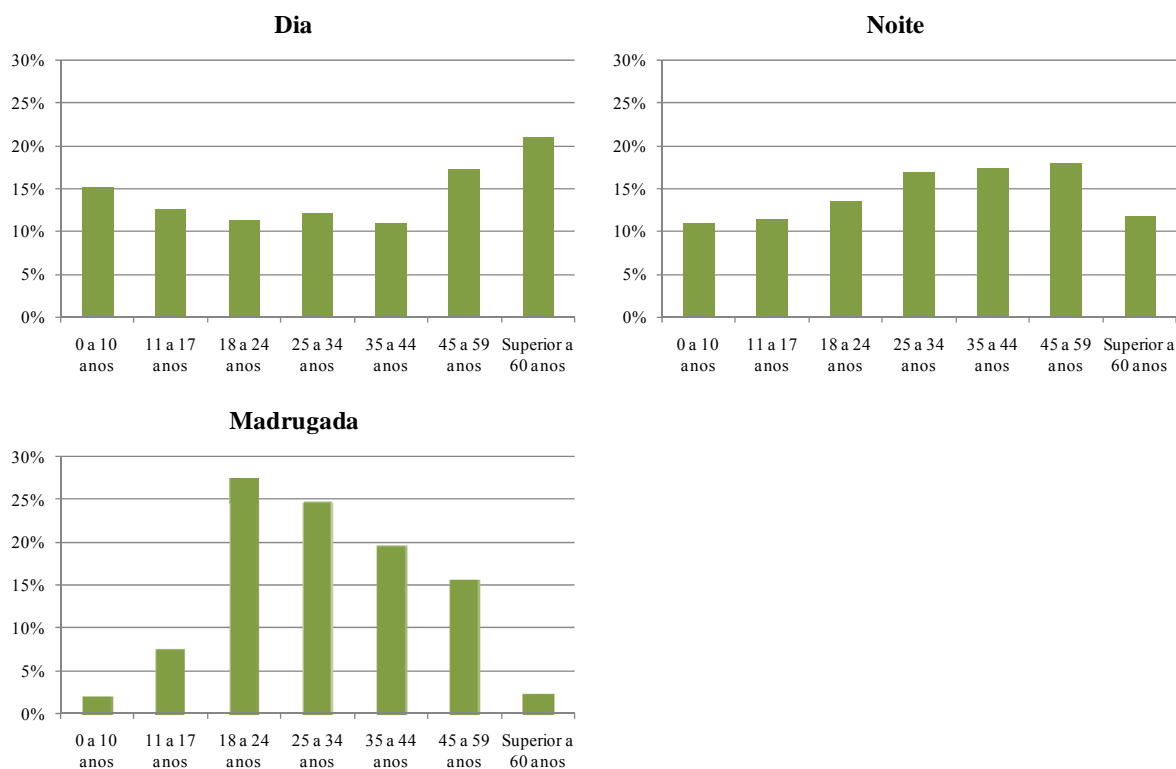


**Figura 46 - Distribuição percentual das vítimas por faixa etária nos dias da semana (2001-2006)**





**Figura 47 - Distribuição percentual das vítimas por sexo nos períodos do dia (2001-2006)**

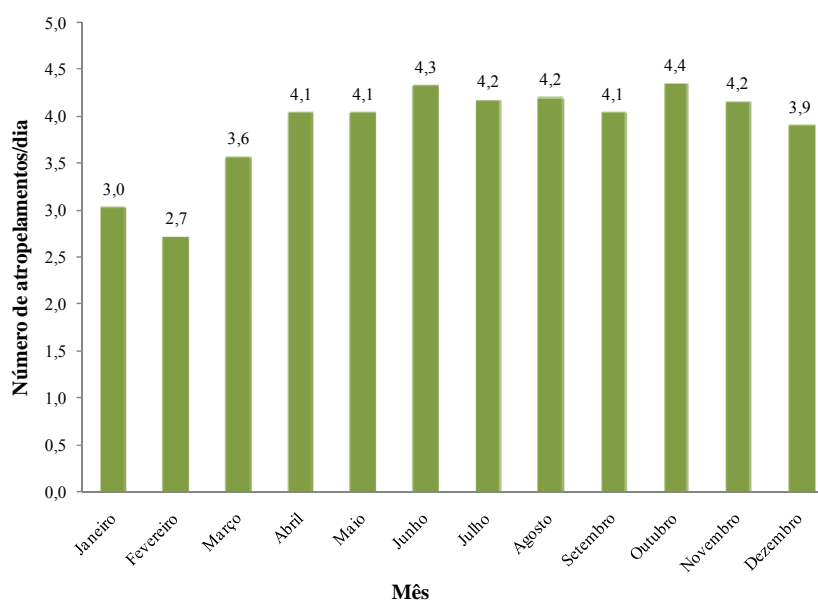


**Figura 48 - Distribuição percentual das vítimas por faixa etária nos períodos do dia (2001-2006)**

Confrontando os dados referentes à faixa etária dos atropelados e o período do dia (Figura 48), observa-se que durante o período diurno, há um maior percentual de vítimas com idade superior a 60 anos. Já à noite, são os pedestres com idade variando de 25 a 59 anos os que mais são atropelados. Na madrugada, os atropelados são representados por um maior percentual de jovens com idade entre 18 e 24 anos (27%) e entre 25 e 34 anos (25%).

## CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E TEMPORAIS

Os atropelamentos registrados na cidade de Porto Alegre ocorreram com maior frequência durante dias com boas condições climáticas. Apenas 9% deles ocorreram em dias chuvosos ou nublados. Observa-se também que os atropelamentos são menos frequentes durante os meses de verão (janeiro, fevereiro e março), os quais apresentam uma menor taxa de atropelamento por dia variando de 2,7 a 3,6. Nos outros meses, esta taxa é aproximadamente igual a 4 atropelamentos por dia. A Figura 49 apresenta a distribuição do número médio de atropelamentos por dia registrados por mês, durante os anos de 1998 a 2006.



**Figura 49 - Distribuição da taxa média de atropelamentos por dia por mês (1998-2006)**

No que se refere ao dia da semana, verifica-se um maior número de atropelamentos às sextas-feiras, conforme apresentado na Tabela 18. Outra característica dos atropelamentos registrados em Porto Alegre refere-se ao período de ocorrência, verificando-se uma maior incidência durante o dia (61%). Porém, os atropelamentos ocorridos na madrugada são mais severos, apresentando um percentual de 15% de acidentes fatais (Tabela 19). Ao comparar a distribuição dos atropelamentos e das viagens a pé por período do dia (Figura 50), observa-se que o percentual de viagens realizadas durante a noite, período de 19 às 24 horas, e a madrugada, período de 0 às 5 horas, é inferior ao percentual de atropelamentos registrados. Porém, deve-se atentar que essas viagens registradas pela EDOM não contemplam aquelas

realizadas nos fins de semana, quando se supõe acontecer um grande número de viagens noturnas e durante a madrugada.

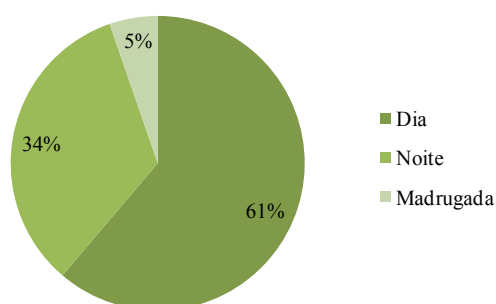
**Tabela 18 - Distribuição dos atropelamentos por dia da semana (1998-2006)**

Dia da semana	Atropelamentos	Atropelamentos fatais	% de atropelamentos fatais
Segunda-feira	1912	115	6%
Terça-feira	1939	96	5%
Quarta-feira	2001	106	5%
Quinta-feira	2051	101	5%
Sexta-feira	2178	127	6%
Sábado	1640	107	7%
Domingo	1078	90	8%
<b>Total</b>	<b>12799</b>	<b>742</b>	<b>6%</b>

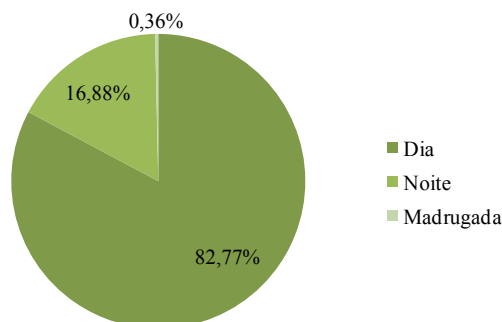
**Tabela 19 - Distribuição dos atropelamentos por período do dia (1998-2006)**

	Atropelamentos	Atropelamentos fatais	% de atropelamentos fatais
<b>Dia</b>	7834	375	5%
<b>Noite</b>	4285	267	6%
<b>Madrugada</b>	680	99	15%
<b>Total</b>	<b>12799</b>	<b>741</b>	<b>5,8</b>

Distribuição dos atropelamentos por período do dia



Distribuição das viagens realizadas a pé por período do dia

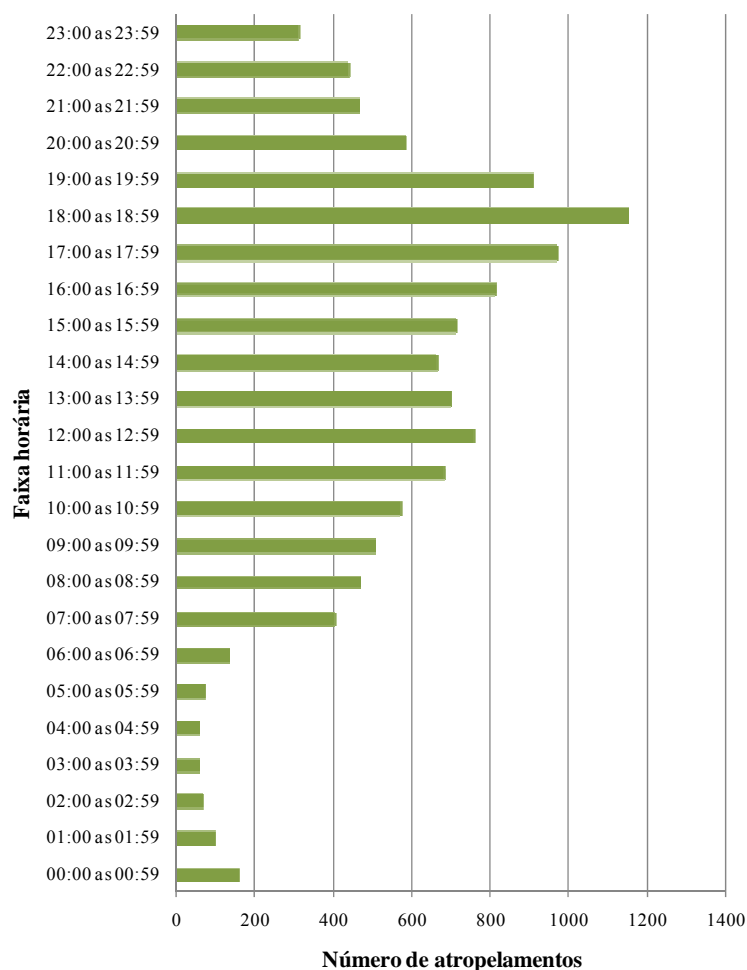


**Figura 50 - Distribuição dos atropelamentos e das viagens a pé por período do dia (1998-2006)**

Fonte: Consórcio Magna – Tis (2004), EPTC.

Ao analisar os atropelamentos em relação à faixa horária de seu acontecimento, identifica-se um pico na faixa horária das 18 às 19 horas, apresentado na Figura 51. Outras faixas horárias com alta incidência de atropelamentos são as das 17 às 18 horas e das 19 às 20

horas. Porém, observa-se que os picos de número de viagens a pé, relatados na pesquisa EDOM (CONSÓRCIO MAGNA-TIS, 2004), ocorrem nos períodos das 7 às 8, das 12 às 13 horas e das 17 às 18 horas. Esse fato é condizente com o efeito da segurança em números, que indica que a relação entre o número de atropelamentos e o fluxo de pedestres não é linear.

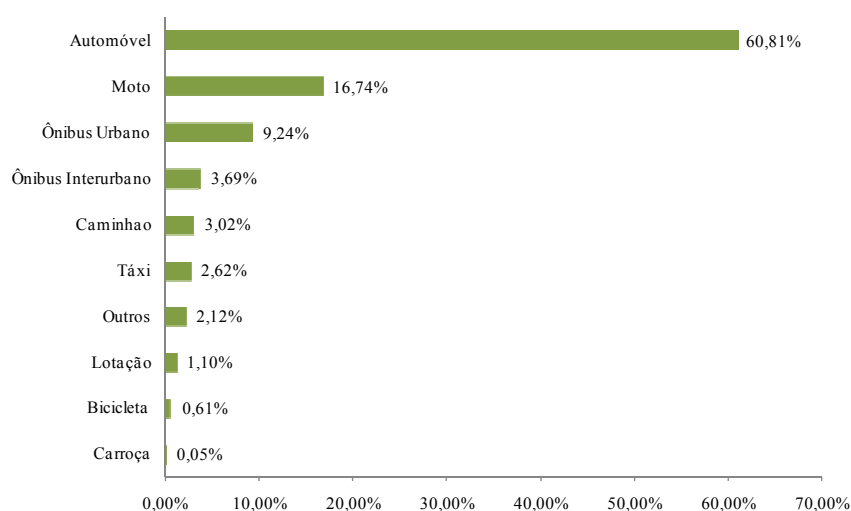


**Figura 51 - Distribuição dos atropelamentos por faixa horária (1998-2006)**

## CARACTERÍSTICAS DOS VEÍCULOS

Os veículos envolvidos nos atropelamentos registrados na EPTC incluíram desde o automóvel a carroças, que circulam no meio urbano. Como já constatado na literatura, os automóveis estiveram envolvidos em mais da metade dos atropelamentos, sendo seguidos pelas motos (17%), ilustrado na Figura 52.

Por outro lado, observa-se que a frota veicular de Porto Alegre é composta predominantemente por automóveis (78%), seguida por motos (9%) e caminhões (2%). Os ônibus representam apenas 1% da frota veicular dessa área urbana (DENATRAN, 2007). Esses dados indicam que a maior incidência de atropelamentos envolvendo automóveis pode ser explicada por sua maior representação na frota, e que os ônibus e motos apresentam uma taxa maior de atropelamento por frota. Ainda, salienta-se que os ônibus interurbanos e caminhões apresentam um maior percentual de atropelamentos fatais (Tabela 20).



**Figura 52 - Percentual de atropelamentos por tipo de veículo envolvido (1998-2006)**

**Tabela 20 - Distribuição dos atropelamentos por tipo de veículo (1998-2006)**

Tipo de veículo	Atropelamentos	Atropelamentos fatais	% de atropelamentos fatais
Automóvel	7822	383	5%
Moto	2154	82	4%
Ônibus urbano	1189	101	8%
Ônibus interurbano	475	62	13%
Caminhão	388	47	12%
Táxi	337	10	3%
Outro	283	42	15%
Lotação	141	13	9%
Bicicleta	79	3	4%
Carroça	6	0	0%
<b>Total</b>	<b>12874</b>	<b>743</b>	<b>6%</b>

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos dados sobre os atropelamentos registrados na EPTC permitiu a identificação de alguns padrões já apontados na literatura, entre eles o fato desse tipo de acidente envolver um maior número de pedestres do sexo masculino. Nessa análise, os idosos também foram apontados como um grupo de risco, porém as crianças não. Uma possível explicação pode estar relacionada a uma menor atividade das crianças na via do que em outros países, porém dados comparativos necessitam ser coletados para melhor entender esse fenômeno.

Outra questão que pode ser apontada é ao grande percentual de atropelamentos ocorrendo durante a noite ou na madrugada, principalmente envolvendo os jovens e os pedestres do sexo masculino. Isso pode estar relacionado ao consumo de bebidas alcoólicas - tanto pelos condutores, como pelos pedestres - e ao maior desrespeito às leis de trânsito, tais como o limite de velocidade e o tempo semafórico. Além disso, a maior incidência de acidentes com pedestres jovens nas quartas-feiras e sextas-feiras pode ser em parte explicada pelo fato de a terça-feira e a quinta-feira serem dias quando ocorre uma grande oferta de atividades noturnas cujo público alvo é os jovens.

O fato de os meses de verão apresentarem uma menor incidência de acidentes envolvendo pedestres pode estar vinculado a uma menor atividade de pedestres e de veículos durante este período. Por não ser uma cidade praieira e por apresentar temperaturas bastante elevadas no verão, os porto alegrenses costumam viajar para o litoral nesse período. Além disso, estudos apontam que o fluxo de pedestres é menor durante os dias com temperatura elevada (CARTER et al., 2006).

Dessa forma, o traçado do perfil de atropelamentos de Porto Alegre confirmou que embora haja algumas similaridades nas características desse tipo de evento em relação a outras localidades, a influência de cada fator na ocorrência no acidente depende das peculiaridades da área urbana.

## APÊNDICE C: PLANILHA DE COLETA DE DADOS

<b>Dados a Coletar em Campo</b>	
<b>Endereço:</b>	
<b>Data:</b>	
<b>Hora:</b>	
<b>1. Características do uso do solo</b>	
1.1 Tipo do uso do solo :	<input type="checkbox"/> residencial <input type="checkbox"/> comercial <input type="checkbox"/> mista
1.2 Presença de pólos geradores de tráfego:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
1.3 Distância entre o ponto de entrada do pólo gerador e o local da travessia:	
<b>2. Característica do transporte coletivo</b>	
2.1 Presença de corredor de ônibus:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
2.2 Presença de parada de ônibus:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
2.3 Distância da travessia ao ponto da parada de ônibus mais próximo:	
2.3.1: Parada 01:	
2.3.2: Parada 02:	
2.3.3: Parada 01 corredor:	
2.3.4: Parada 02 corredor:	
<b>3. Características físicas da via</b>	
3.1 Largura da via:	
3.2 Número de faixas de circulação de veículos:	
3.3 Número de etapas de travessia:	
3.4 Sentido da via:	<input type="checkbox"/> 01 <input type="checkbox"/> 02
3.5 Presença de canteiro central ou ilha de refúgio:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
3.6 Presença de conversão de veículos:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
3.7 Permissão de estacionamento no canteiro central ou ilha de refúgio:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
3.8 Condições da sinalização vertical e horizontal:	<input type="checkbox"/> Boa <input type="checkbox"/> Regular <input type="checkbox"/> Ruim
3.9 Presença de vegetação na calçada:	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não

**4. Características das instalações**

4.1 Presença de faixas de travessia de pedestres: ( ) Sim ( ) Não

4.2 Presença de controle semafórico: ( ) Sim ( ) Não

4.3 Tempo de verde para os pedestres:

4.4 Distância do ponto de travessia à faixa de travessia mais próxima:

4.5 Largura da calçada:

4.5.1: Calçada 01:

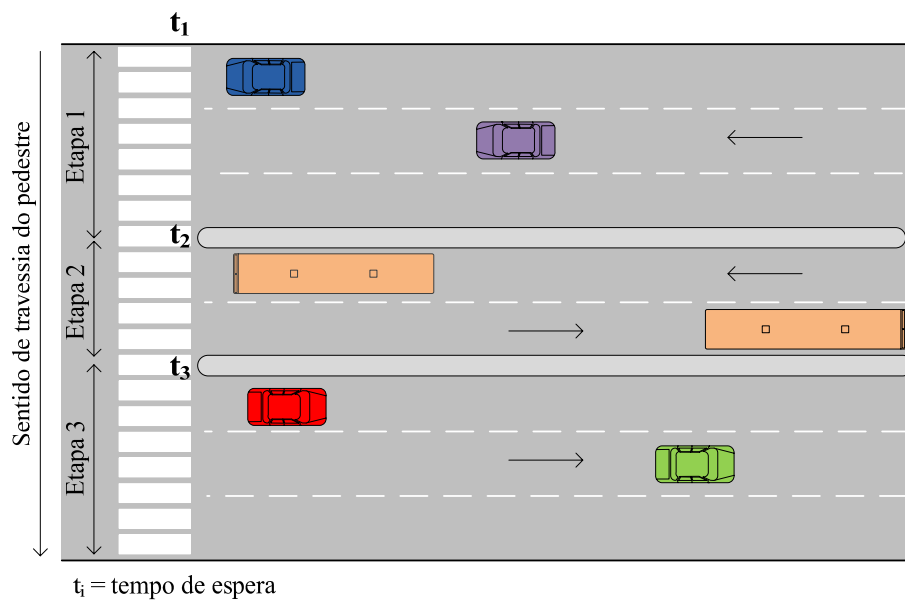
4.5.2: Calçada 02:

**5. Características do fluxo de pedestres**

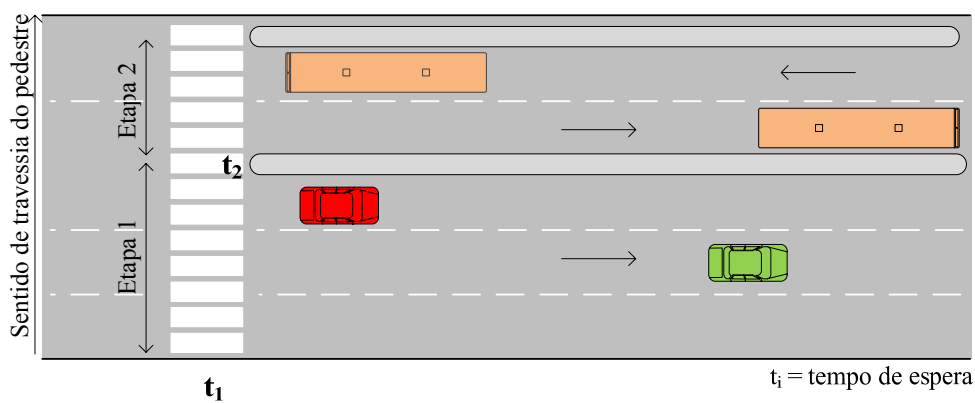
Volume de pedestres fora da área da travessia:



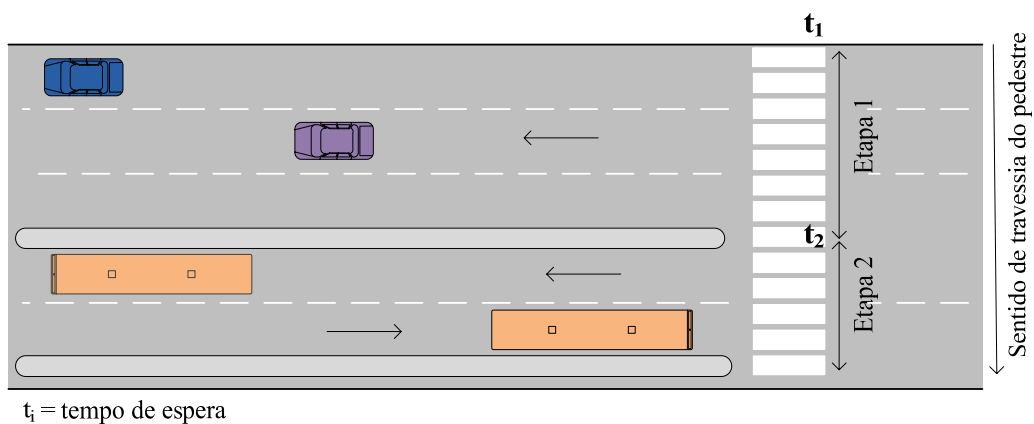
## APÊNDICE D: DESENHOS ESQUEMÁTICOS DAS TRAVESSIAS



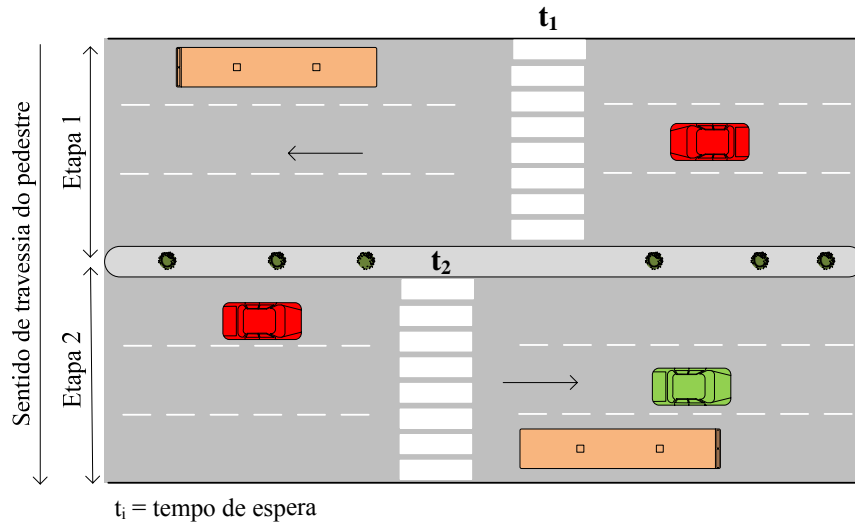
**Figura 53 - Esquema travessia Assis Brasil 2834**



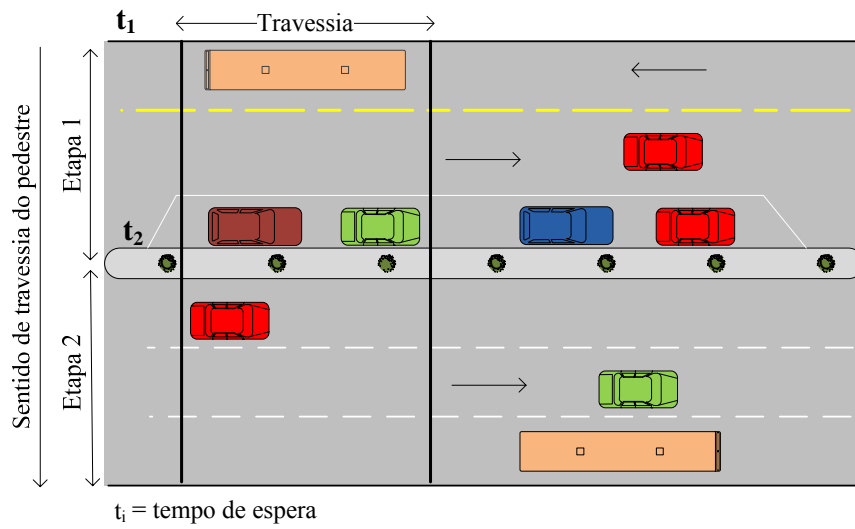
**Figura 54 - Esquema travessia Bento Gonçalves 2948**



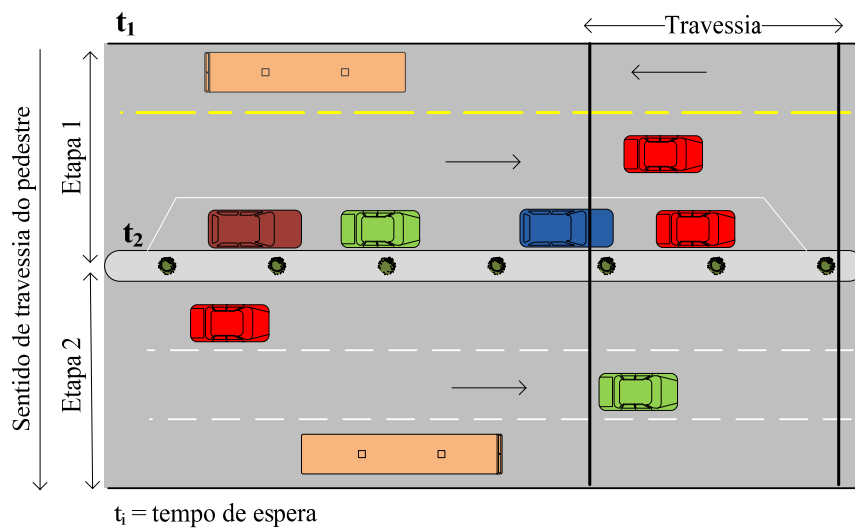
**Figura 55 - Esquema travessia Bento Gonçalves 3031**



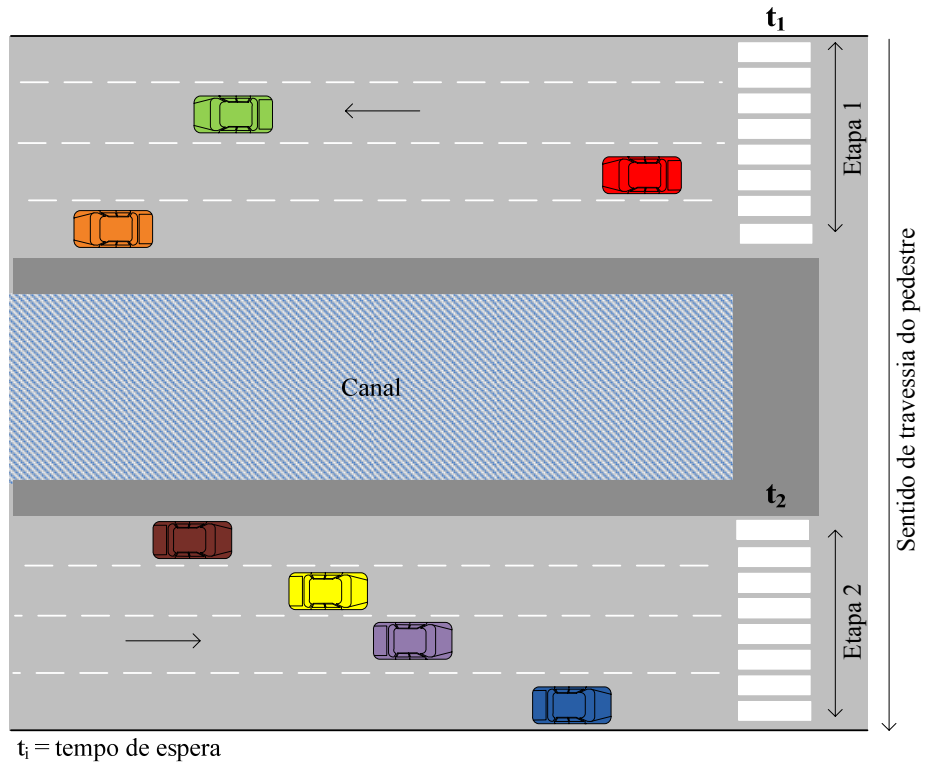
**Figura 56 - Esquema travessia Borges de Medeiros 1945**



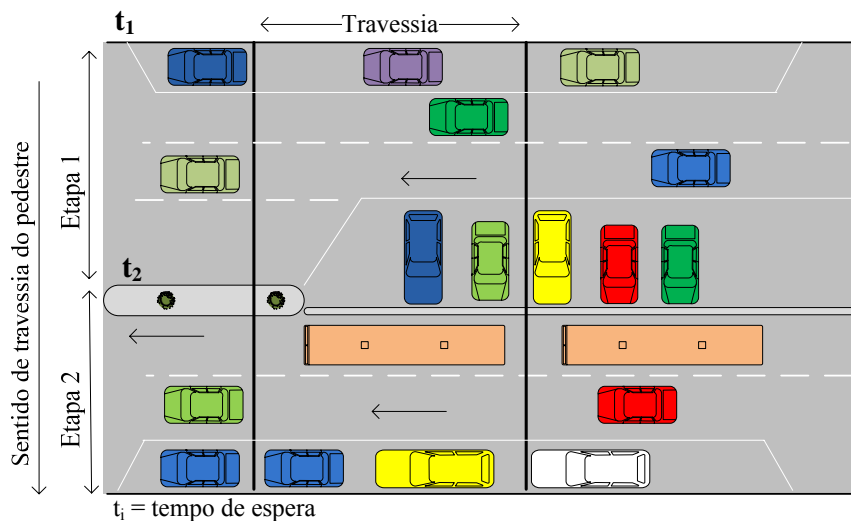
**Figura 57 - Esquema travessia Independência 1184**



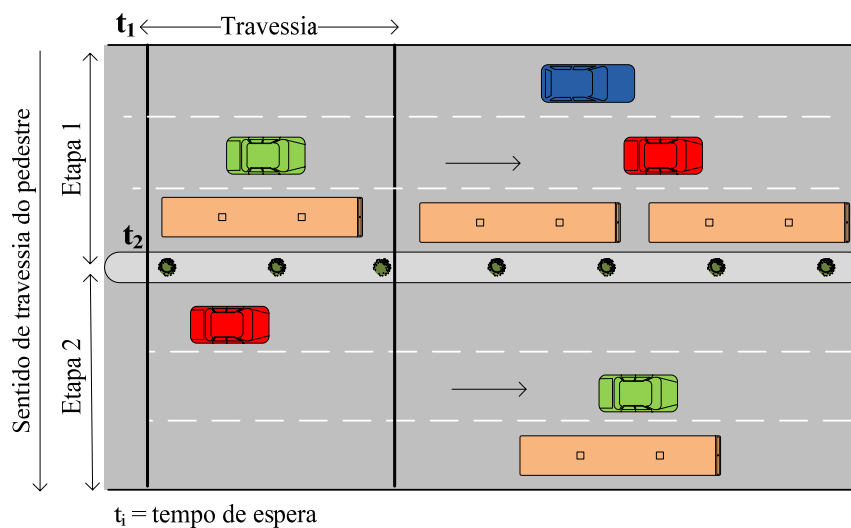
**Figura 58 - Esquema travessia Independência 1206**



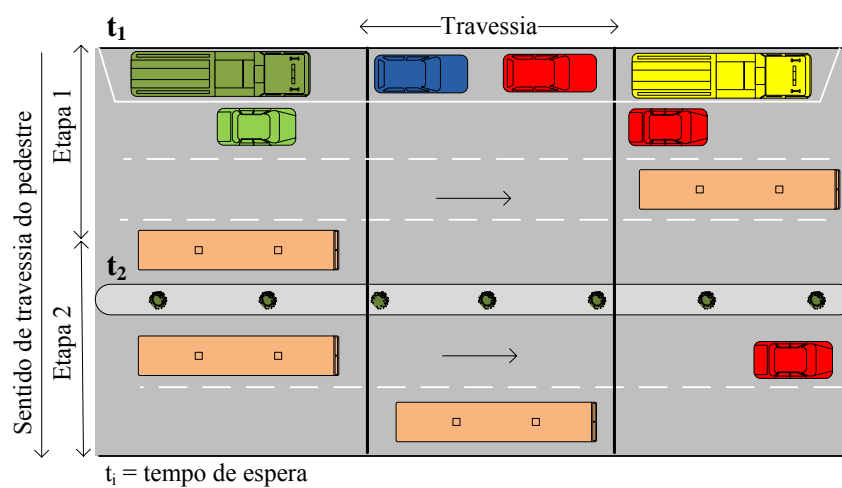
**Figura 59 - Esquema travessia Ipiranga 5200**



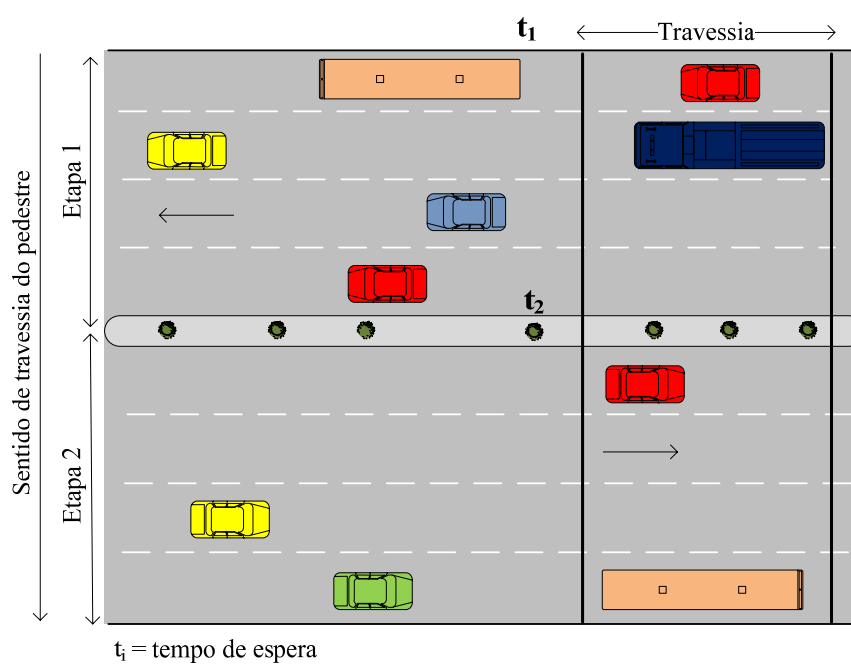
**Figura 60 - Esquema travessia João Pessoa 1831**



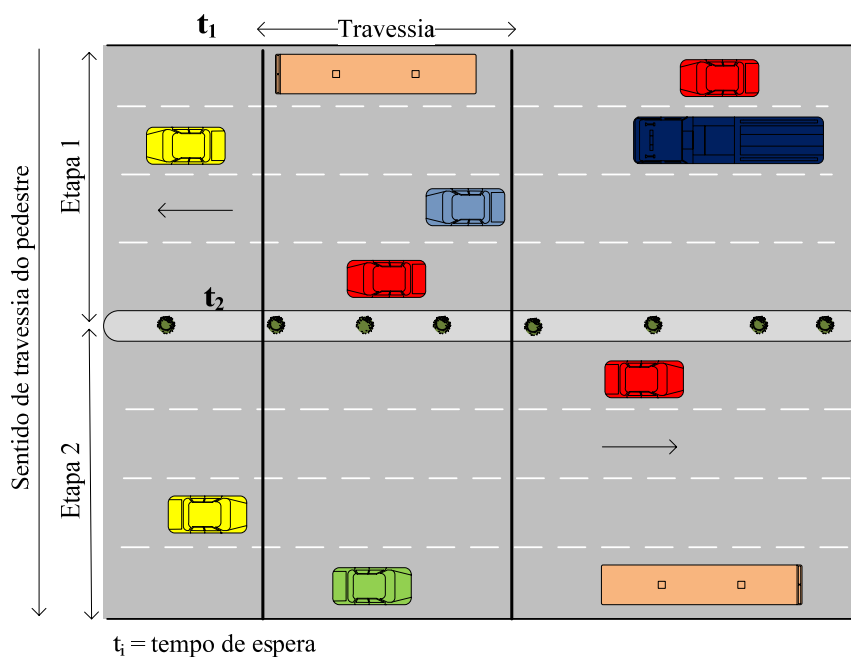
**Figura 61 - Esquema travessia João Pessoa 2050**



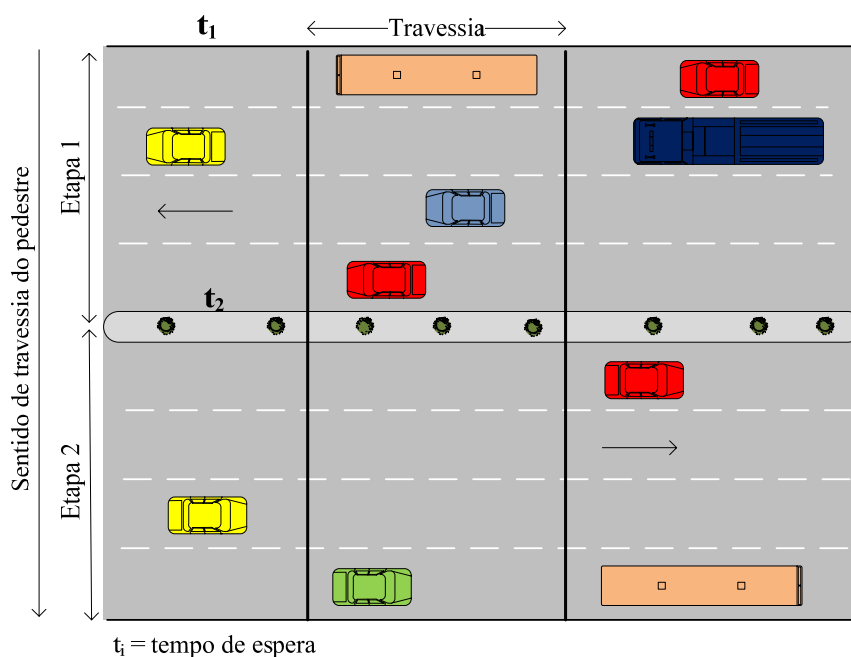
**Figura 62 - Esquema travessia Júlio de Castilhos 284**



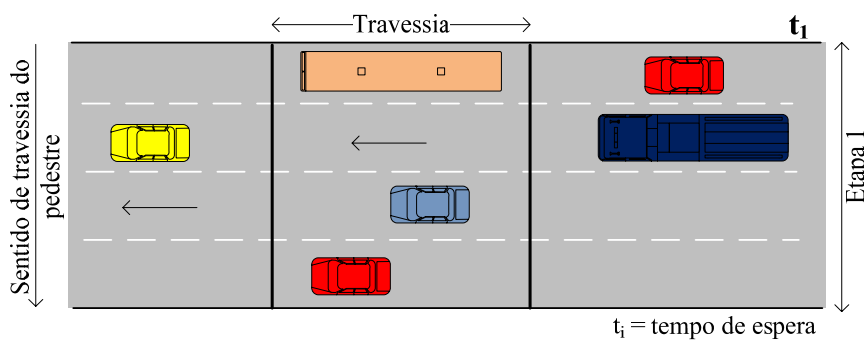
**Figura 63 - Esquema travessia Loureiro da Silva 1500**



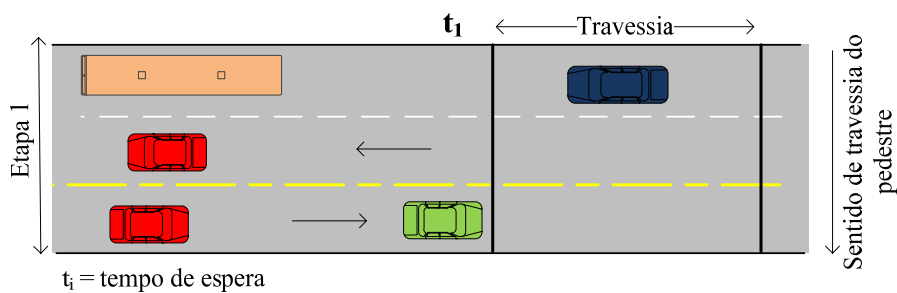
**Figura 64 - Esquema travessia Loureiro da Silva 1520**



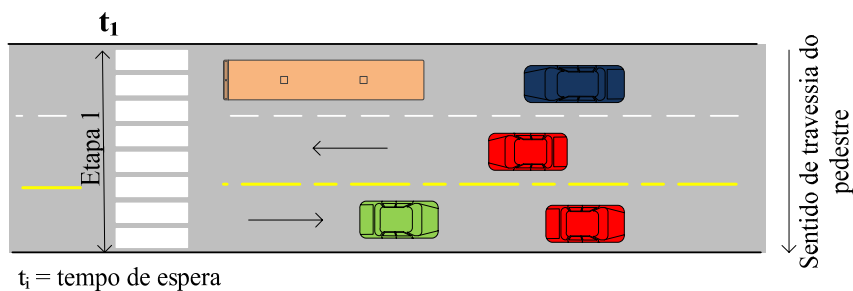
**Figura 65 - Esquema travessia Loureiro da Silva 2001**



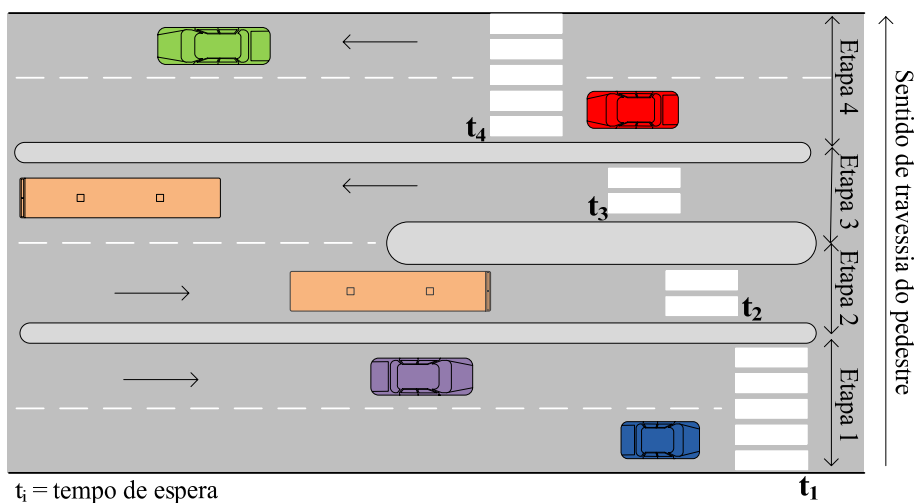
**Figura 66 - Esquema travessia Paulo Gama 110**



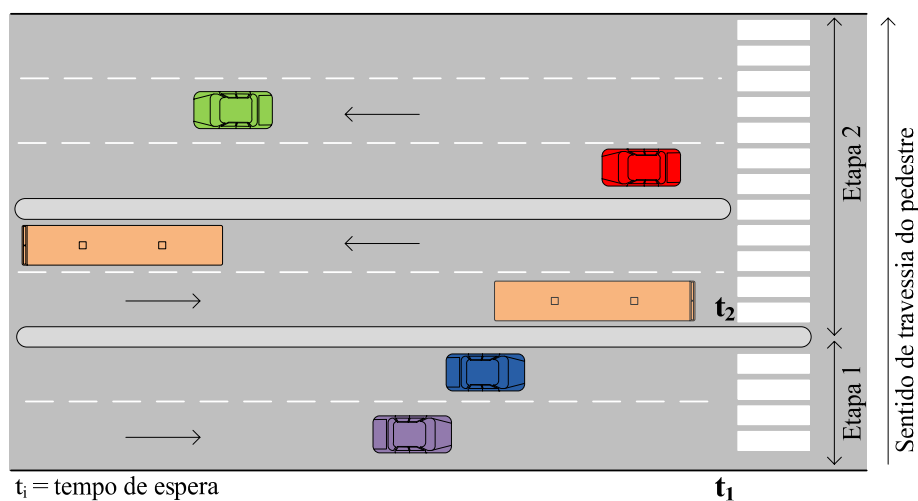
**Figura 67 - Esquema travessia Praia de Belas 408**



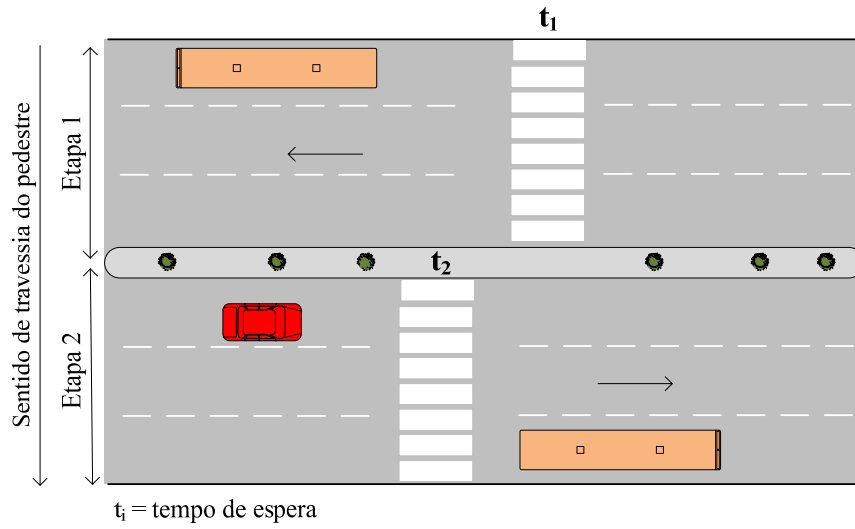
**Figura 68 - Esquema travessia Praia de Belas 422**



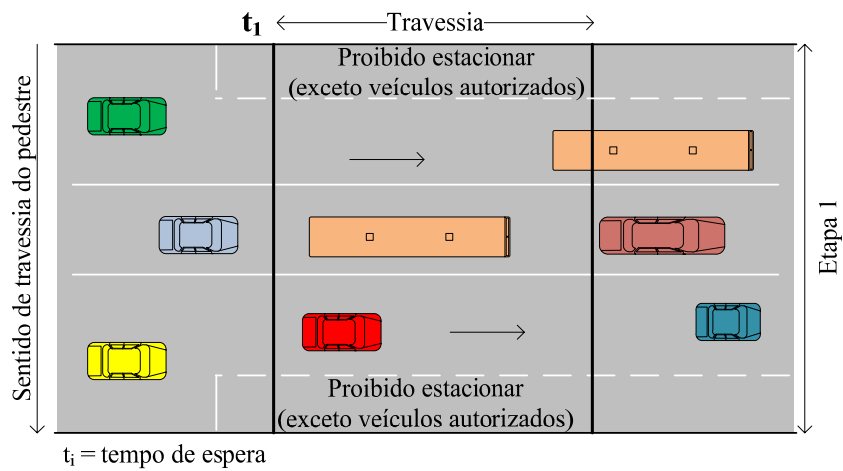
**Figura 69 - Esquema travessia Protásio Alves 943**



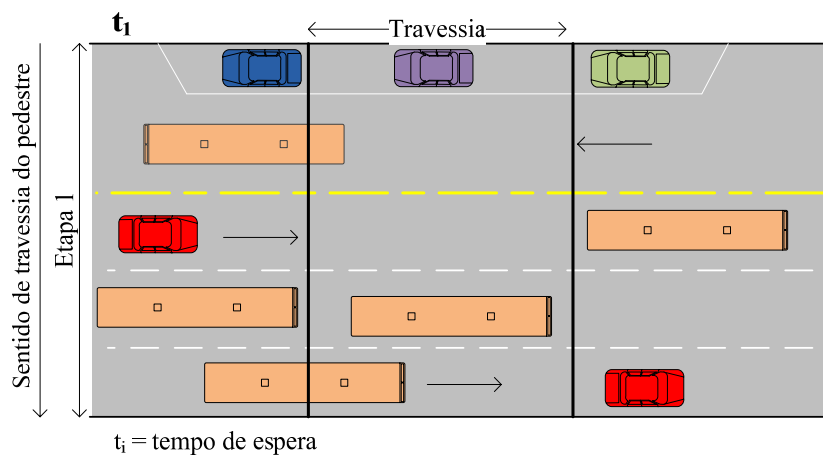
**Figura 70 - Esquema travessia Protásio Alves 1210**



**Figura 71 - Esquema travessia Sertório 6600**



**Figura 72 - Esquema travessia Siqueira Campos 1300**



**Figura 73 - Esquema travessia Voluntários 650**

## APÊNDICE E: QUESTIONÁRIO DA SIMULAÇÃO DE VÍDEO



Esta pesquisa faz parte de uma tese de doutorado para avaliar a segurança dos pedestres em Porto Alegre.

Contamos com sua colaboração, pois sua opinião é muito importante para nós.



### Dados Pessoais

Nome: \_\_\_\_\_

Idade: ( ) 15 a 25 anos ( ) 26 a 40 anos ( ) 41 a 60 anos ( ) mais de 60 anos

Sexo: ( ) Feminino ( ) Masculino

Profissão: \_\_\_\_\_

Bairro onde mora: \_\_\_\_\_

Possui carro? ( ) Sim ( ) Não

### Instruções

Após assistir a cada vídeo, marque a nota que indica o quanto você se sente seguro para atravessar a rua no local filmado.

A nota varia de 1 a 5.

A nota 1 indica locais muito perigosos e a nota 5 indica locais muito seguros.

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Muito perigoso	Perigoso	Pouco perigoso	Seguro	Muito seguro

Exemplo: se você acha que é muito perigoso atravessar a rua no local indicado, você indicará a nota 1. Se você acha que é muito seguro, indicará a nota 5. Caso o local seja apenas um pouco perigoso, marque a nota 3.



**Vídeo 01**

Local: Av. Sertório 6600

Nota:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Muito perigoso	Perigoso	Pouco perigoso	Seguro	Muito seguro

**Vídeo 02**

Local: Av. Assis Brasil 2834

Nota:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Muito perigoso	Perigoso	Pouco perigoso	Seguro	Muito seguro

**Vídeo 03**

Local: Av. Paulo Gama 110

Nota:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Muito perigoso	Perigoso	Pouco perigoso	Seguro	Muito seguro

**Vídeo 04**

Local: Av. Borges de Medeiros 1945

Nota:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Muito perigoso	Perigoso	Pouco perigoso	Seguro	Muito seguro

**Vídeo 05**

Local: Av. Protásio Alves 943

Nota:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Muito perigoso	Perigoso	Pouco perigoso	Seguro	Muito seguro

**Vídeo 06**

Local: R. Voluntários da Pátria 650

Nota:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Muito perigoso	Perigoso	Pouco perigoso	Seguro	Muito seguro

**Vídeo 07**

Local: Av. Independência 1206

Nota:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Muito perigoso	Perigoso	Pouco perigoso	Seguro	Muito seguro

**Vídeo 08**

Local: Av. Bento Gonçalves 3031

Nota:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Muito perigoso	Perigoso	Pouco perigoso	Seguro	Muito seguro

**Vídeo 09**

Local: Av. João Pessoa 2050

Nota:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Muito perigoso	Perigoso	Pouco perigoso	Seguro	Muito seguro

**Vídeo 10**

Local: Av. Loureiro da Silva 1520

Nota:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Muito perigoso	Perigoso	Pouco perigoso	Seguro	Muito seguro

**Vídeo 11**

Local: Av. Ipiranga 5200

Nota:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Muito perigoso	Perigoso	Pouco perigoso	Seguro	Muito seguro

**Vídeo 12**

Local: Av. João Pessoa 1831

Nota:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Muito perigoso	Perigoso	Pouco perigoso	Seguro	Muito seguro

**Vídeo 13**

Local: Av. Independência 1184

Nota:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Muito perigoso	Perigoso	Pouco perigoso	Seguro	Muito seguro

**Vídeo 14**

Local: Av. Julio de Castilhos 284

Nota:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Muito perigoso	Perigoso	Pouco perigoso	Seguro	Muito seguro

**Vídeo 15**

Local: Av. Loureiro da Silva 2001

Nota:

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Muito perigoso	Perigoso	Pouco perigoso	Seguro	Muito seguro

**Vídeo 16**

Local: Av. Praia de Belas 408

**Nota:**

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Muito perigoso	Perigoso	Pouco perigoso	Seguro	Muito seguro

**Vídeo 17**

Local: Av. Bento Gonçalves 2948

**Nota:**

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Muito perigoso	Perigoso	Pouco perigoso	Seguro	Muito seguro

**Vídeo 18**

Local: R. Siqueira Campos 1300

**Nota:**

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Muito perigoso	Perigoso	Pouco perigoso	Seguro	Muito seguro

**Vídeo 19**

Local: Av. Protásio Alves 1210

**Nota:**

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Muito perigoso	Perigoso	Pouco perigoso	Seguro	Muito seguro

**Vídeo 20**

Local: Av. Loureiro da Silva 1500

**Nota:**

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Muito perigoso	Perigoso	Pouco perigoso	Seguro	Muito seguro

## Vídeo 21

Local: Av. Praia de Belas 422

**Nota:**

**1**

Muito  
perigoso

**2**

Perigoso

**3**

Pouco  
perigoso

**4**

Seguro

**5**

Muito  
seguro