

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

**BRUNO MIOTTO RIZZON**

**PREVALÊNCIA DE FATORES ASSOCIADOS À  
OCORRÊNCIA DE ACIDENTES DE TRÂNSITO NO  
ENTORNO DE FAIXAS EXCLUSIVAS PARA ÔNIBUS  
NO CONTRAFLUXO**

Porto Alegre

2017



Bruno Miotto Rizzon

**Prevalência de fatores associados a acidentes de trânsito no entorno de faixas prioritárias para ônibus no contrafluxo**

Projeto de Pesquisa do Trabalho de Diplomação a ser apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Christine Tessele Nodari, Dra.

Relatora: Prof<sup>a</sup> Ana Margarita Larranaga, Dra.



Porto Alegre

2017

**BRUNO MIOTTO RIZZON**

**PREVALÊNCIA DE FATORES ASSOCIADOS A ACIDENTES DE TRÂNSITO  
NO ENTORNO DE FAIXAS PRIORITÁRIAS PARA ÔNIBUS NO  
CONTRAFLUXO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, e aprovado em sua forma final pela Professora Orientadora e pela Professora Relatora.

Porto Alegre, julho de 2017

**Prof<sup>ª</sup> Christine Tessele Nodari**  
Doutora pela Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul  
Orientadora

**Prof<sup>ª</sup> Ana Margarita Larrañaga Uriarte**  
Doutora pela Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul  
Relatora

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof<sup>ª</sup> Christine Tessele Nodari**  
**(UFRGS)**  
Doutora pela Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul

**Prof<sup>ª</sup> Ana Margarita Larrañaga Uriarte**  
**(UFRGS)**  
Doutora pela Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul

**Rafaela Cesar Machado**  
**(UFRGS)**  
Mestre pela Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul



## RESUMO

Sistemas prioritários para ônibus vêm sendo disseminados pelo mundo todo com maior frequência, tanto pela sua atratividade econômica quanto por sua capacidade operacional, que pode atingir níveis semelhantes aos de transporte coletivo sobre trilhos. O aumento de implantação desse tipo de sistema deve seguir padrões não só de qualidade operacional, mas também de segurança viária. A literatura hoje em dia se mostra escassa quanto a questão de segurança em vias exclusivas para ônibus e mais ainda em vias prioritárias para o transporte coletivo no contrafluxo. A fim de poder entender e mitigar acidentes de trânsito para qualificar a segurança viária, esse estudo visa (i) identificar fatores de risco em segurança viários já consolidados na literatura; (ii) determinar a prevalência dos fatores associados à ocorrência de acidentes viários no entorno de vias exclusivas para ônibus no contrafluxo;. Entre os resultados obtidos para modelos de frequência de acidentes totais se destacaram duas variáveis: acidentes ocorridos em interseções e quantidade de paradas de ônibus. Enquanto que para o modelo de frequência de atropelamentos houve uma variável relevante, a porcentagem de vias arteriais no entorno do corredor de contrafluxo. Destaca-se, ainda, a alta sensibilidade do modelo de regressão Binomial Negativo na escolha do critério de segmentação utilizado para gerar as áreas de análise do entorno do corredor de ônibus no contrafluxo.

**Palavras-chave:** ônibus, contrafluxo, binomial negativo, estrutura urbana, segurança viária, acidentes de trânsito, atropelamentos.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais, Ivan e Clarice, pelo apoio e amor incondicional durante toda minha vida. Essa conquista não teria ocorrido sem vocês. Não tenho como agradecer por tudo que vocês sempre fizeram por mim.

À Prof<sup>a</sup> Christine, pelo conhecimento, apoio prestado durante todo o decorrer do trabalho, pela paciência (!) e contribuições para que o trabalho pudesse ser concluído com sucesso.

À Prof<sup>a</sup> Ana, por ter sido sempre tão atenciosa durante toda a graduação e pelas contribuições para este trabalho. Poucos professores têm tamanha atenção com os alunos.

À Rafaela, que prestou um apoio praticamente diário em determinados períodos e, com certeza, foi fundamental no desenvolvimento deste trabalho. Por ter se tornado minha mentora profissionalmente e transmitido todo conhecimento possível. Pela imensa parceria diária dentro e fora do escritório, pelas risadas, pelos momentos de desespero e por ter se tornado uma grande amiga.

Ao meu irmão, Matheus, e a minha cunhada, Laura, pela sabedoria, apoio e carinho que somente vocês possuem.

À Paula, à Isadora e ao Fernando, amigos que a UFRGS me deu e que se tornaram minha segunda família. Vocês são fundamentais pra mim.

Ao Bruno e ao Caio, amigos que a PUCRS me deu e que, também, são como uma família para mim. Vocês são demais e esse caminho não teria sido tão engraçado sem vocês.

À Daniela, que foi uma das pessoas que tornou esse caminho mais leve e fácil de lidar.

A todas as pessoas que, de alguma forma, foram importantes no caminho que me levou até aqui.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Delineamento da pesquisa .....	20
Figura 2 - Fatores Contribuintes para acidentes de trânsito .....	24
Figura 3 - Relação entre a segurança dos pedestres e a velocidade de impacto de veículos....	28
Figura 4 - Categorização da rede de (a) forma de grelha pura até (e) puramente curvilínea ...	31
Figura 5 – Histórico de acidentes em interseções em cruz e em T.....	32
Figura 6 - Relação entre velocidades, tamanho de quadra e distância até parada do veículo ..	33
Figura 7 - Corredor de BRT TransMilenio, em Bogotá (Colômbia).....	37
Figura 8 - Acidentes no corredor BRT da Calzada Independencia, Guadalajara, México, entre 2007-2011.....	38
Figura 9 - Comparação dos dados de acidentes de trânsito para três tipos de corredores de ônibus em Guadalajara, México .....	38
Figura 10 - Yonsei-ro, Via exclusiva para ônibus e pedestres na Coreia do Sul.....	41
Figura 11 - Localização dos corredores de ônibus no contrafluxo no município de Porto Alegre .....	46
Figura 12 - Mapa das bacias que cada concessionária atende no município de Porto Alegre .	47
Figura 13 - Etapas ocorridas para desenvolvimento da pesquisa .....	47
Figura 14 - As áreas mais escuras dos <i>buffers</i> mostram a ocorrência de sobreposição .....	54
Figura 15 - Segmentação linear de meia-quadra a meia-quadra .....	55
Figura 16 - Segmentação linear com distâncias equidistantes de 100 metros.....	56



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características mínimas para um sistema prioritário para ônibus ser considerado do tipo BRT .....	37
Tabela 2- Impactos na segurança decorrentes da configuração do corredor de ônibus no contrafluxo.....	40
Tabela 3 - Potencial impacto devido à remoção de uma conversão à esquerda de uma interseção.....	42
Tabela 4 - Impactos na segurança decorrentes de mudanças comuns na infraestrutura associadas à implementação de sistemas prioritários para ônibus .....	43
Tabela 5 - Diagnóstico das vias exclusivas para ônibus no contro fluxo em Porto Alegre.....	45
Tabela 6 - Modelo de tabela resumo do banco de dados para o estudo .....	50
Tabela 7 - Análise descritiva das variáveis para dados da segmentação 1 .....	63
Tabela 8 - Análise descritiva das variáveis para dados da segmentação 2.....	64
Tabela 9 - Análise inicial da regressão linear para Segmentação 1 com Grupo de Variáveis 1 para acidentes totais.....	67
Tabela 10 - Resultado final da análise de multicolineariedade para Segmentação 1 .....	68
Tabela 11- - Resultado final da análise de multicolineariedade para Segmentação 2 .....	69
Tabela 12 - Tabela resumo do modelo Binomial Negativo para todos modelos e grupos de variáveis avaliados.....	70
Tabela 13 - Efeitos marginais para modelos de frequência de acidentes totais .....	70
Tabela 14 - Efeitos marginais para modelos de frequência de atropelamentos.....	70



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Lista de variáveis avaliadas no estudo.....	57
Quadro 2 - Variáveis correspondentes aos 3 grupos estabelecidos.....	65
Quadro 3 - Resumo das variáveis significativas e seus impactos.....	75



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
1.1	OBJETIVOS .....	18
1.2	JUSTIFICATIVA .....	18
1.3	DELIMITAÇÕES .....	19
1.4	LIMITAÇÕES.....	19
1.5	DELINEAMENTO DO ESTUDO .....	19
<b>2</b>	<b>ACIDENTES DE TRÂNSITO .....</b>	<b>23</b>
2.1	FATORES CONTRIBUINTES .....	24
2.1.1	Fatores relacionados ao homem .....	25
2.1.2	Fatores Veiculares .....	26
2.1.3	Fatores Ambientais e viários .....	26
<b>3</b>	<b>ESTRUTURA URBANA .....</b>	<b>27</b>
3.1	DENSIDADE.....	28
3.2	DIVERSIDADE.....	29
3.3	DESENHO URBANO .....	30
3.3.1	Largura das Vias/Faixas .....	30
3.3.2	Faixa de Pedestres .....	30
3.3.3	Semaforização .....	31
3.3.4	Forma da rede viária .....	31
3.3.5	Iluminação .....	32
3.3.6	Comprimento de quadra .....	33
3.3.7	Declividade .....	33
3.4	DISTÂNCIA AO TRANSPORTE PÚBLICO .....	34
3.5	DESTINOS ACESSÍVEIS .....	34
<b>4</b>	<b>ACIDENTES DE TRÂNSITO EM SISTEMAS PRIORITÁRIOS PARA ÔNIBUS ..</b> <b>.....</b>	<b>35</b>

4.1	SISTEMAS PRIORITÁRIOS PARA ÔNIBUS .....	36
4.1.1	<i>Bus Rapid Transit</i> .....	36
4.1.2	Sistema convencional de ônibus .....	39
4.1.2.1	Tráfego Misto .....	39
4.1.2.2	Faixas exclusivas no bordo de vias .....	39
4.1.2.3	Faixas exclusivas no contrafluxo .....	40
4.1.2.4	Vias exclusivas para ônibus e pedestres .....	40
4.2	CONFLITOS ASSOCIADOS A ACIDENTES EM SISTEMAS PRIORITÁRIOS PARA ÔNIBUS .....	41
5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....	45
5.1	CENÁRIO DE ESTUDO .....	45
5.2	ETAPAS .....	47
5.2.1	Definição do raio do <i>buffer</i> .....	48
5.2.2	Seleção das variáveis candidatas para modelagem .....	48
5.2.3	Organização do banco de dados .....	49
5.2.4	Estimação dos modelos de frequência .....	50
5.2.4.1	Análise de Multicolinearidade .....	50
5.2.4.2	Modelagem Binominal Negativa .....	51
5.2.4.3	Cálculo dos efeitos marginais .....	52
6	RESULTADOS .....	53
6.1	DEFINIÇÃO DO <i>BUFFER</i> .....	53
6.2	PONTOS DE INTERESSE ANALISADOS .....	53
6.2.1	<i>Buffers</i> gerados a partir de paradas de ônibus .....	53
6.2.2	<i>Buffers</i> gerados a partir de segmentação linear de meia-quadra a meia-quadra .....	55
6.2.3	<i>Buffers</i> gerados a partir de segmentação linear equidistante .....	56
6.3	SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS .....	56
6.4	MODELOS GERADOS .....	66

6.4.1	Teste de multicolineariedade.....	66
6.4.2	Estimação dos Modelos .....	69
6.4.3	Efeitos Marginais.....	70
7	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>71</b>
7.1	MODELOS DE FREQUÊNCIA PARA ACIDENTES TOTAIS .....	71
7.2	MODELOS DE FREQUÊNCIA PARA ATROPELAMENTOS .....	72
7.3	ESCOLHA DO <i>BUFFER</i> E SEGMENTAÇÃO UTILIZADA .....	73
8	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>75</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Segundo a Organização Mundial da Saúde, 1,25 milhão de pessoas morrem devido a acidentes de trânsito no mundo, todo ano, desde 2007 (WHO, 2015). No Brasil, em 2014, foram registradas 43.780 mortes no trânsito (DATASUS, 2016), deixando o país com a marca de 3º maior no mundo nessa categoria (WHO, 2015). A OMS (Organização Mundial da Saúde) estima que mortes no trânsito já sejam a oitava maior causa de mortes no mundo e que, em 2030, serão a quinta maior. Já entre jovens de 15-29 anos, a estimativa é de que óbitos devido a acidentes de trânsito já sejam a principal causa de óbito no mundo.

Nesse contexto, a ONU (organização das Nações Unidas) estabeleceu o período entre 2010-2020 como a Década de Ação pela Segurança Viária, tendo como meta diminuir em 50% a taxa de mortes no mundo devido a acidentes no trânsito. Ainda em 2016, convidou países de todo o mundo a terem como um dos focos desenvolverem-se de modo mais sustentável, o que, do ponto de vista dos transportes, é priorizar uma mobilidade através de modais não motorizados e de transporte público.

No Brasil, a Política Nacional de Mobilidade Urbana apresenta como diretriz “prioridade dos modos de transportes não motorizados sobre os motorizados e dos serviços de transporte público coletivo sobre o transporte individual motorizado” (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2013). Um dos modelos que está sendo mais amplamente adotado por cidades de países em desenvolvimento são melhorias, qualificações e ampliações de sistemas prioritários para ônibus - já são cerca de 70 cidades nesses países, e 207 em todo o mundo (BRTDATA, 2016).

Assim, seguindo essas tendências – incentivo ao transporte público e à diminuição de mortes no trânsito –, poder estabelecer uma relação entre corredores de ônibus e fatores associados a acidentes no entorno desses cria condições para mitigar o problema da segurança no trânsito, adequando e modificando projetos existentes. Obter uma melhor compreensão das causas dos acidentes de trânsito produz uma variedade bem mais ampla de instrumentos de planejamento (GEHL, 2014).

## 1.1 OBJETIVOS

Esta pesquisa tem por objetivo geral identificar a relação entre elementos de infraestrutura e de uso do solo com a ocorrência de acidentes viários no entorno de vias exclusivas para ônibus localizadas no contrafluxo. Para isso, deseja-se atender os objetivos específicos a seguir:

- (i) Identificar fatores de risco em segurança viários já consolidados na literatura;
- (ii) Determinar a prevalência dos fatores associados à ocorrência de acidentes viários no entorno de vias exclusivas para ônibus no contrafluxo.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Em 2013, o índice de mortos no trânsito brasileiro era de 21 óbitos para cada 100 mil habitantes. Além disso, o Brasil sofreu mais de 170 mil internações resultantes de acidentes decorridos de transporte terrestre, gerando um custo de mais de 231 milhões de reais para o Sistema Único de Saúde (ANDRADE, 2015).

Um dos pontos relacionados à infraestrutura e a acidentes viários em que a literatura necessita maiores avanços de pesquisa para melhor compreensão são as faixas exclusivas e os sistemas prioritários para ônibus. Esses sistemas são responsáveis por cerca de 30% das viagens no Brasil (ANTP, 2016) e a maioria deles são localizados em avenidas, as quais representam cerca de 15% da malha viária de cidades, mas que podem ser responsáveis por mais de 65% dos acidentes graves envolvendo pedestres (VIOLA; ROE, 2010).

A introdução de sistemas que deem prioridade para ônibus em qualquer via arterial urbana atrai volumes consideráveis de pedestres, podendo gerar um aumento no risco de acidentes caso não seja projetado de forma segura e entendendo os riscos envolvidos. Em Porto Alegre, a presença de corredores de ônibus e de estações de ônibus foram correlacionadas com um maior número de atropelamentos em meio de quadras (DIOGENES, M. C, 2010). Acidentes em faixas e corredores no contrafluxo (ou seja, com uma faixa em sentido oposto ao restante do tráfego na via) apresentam um fator extra de risco, já que é uma configuração não esperada pelos usuários da via, que podem não prever o fluxo contrário aos dos demais veículos na via.

Nos últimos anos, Porto Alegre vem criando cada vez mais faixas exclusivas para ônibus. Até 2014 eram cerca de 12,4 km e em 2016 já são planejados mais 8 avenidas, aproximadamente 30 km, a terem esse tipo de medida implementada. Torna-se de suma importância saber os efeitos dessas implementações de faixas exclusivas e como se relacionam com a segurança viária local para poder mitigar possíveis impactos de forma mais efetiva.

### 1.3 DELIMITAÇÕES

A análise se deu por meio de uma base de dados de acidentes para a cidade de Porto Alegre entre os anos de 2012 a 2014 e com outras bases de dados em que puderam ser analisados fatores e infraestruturas relacionados ao entorno de faixas exclusivas. Características viárias, socioeconômicas e de infraestrutura foram abordadas para a análise.

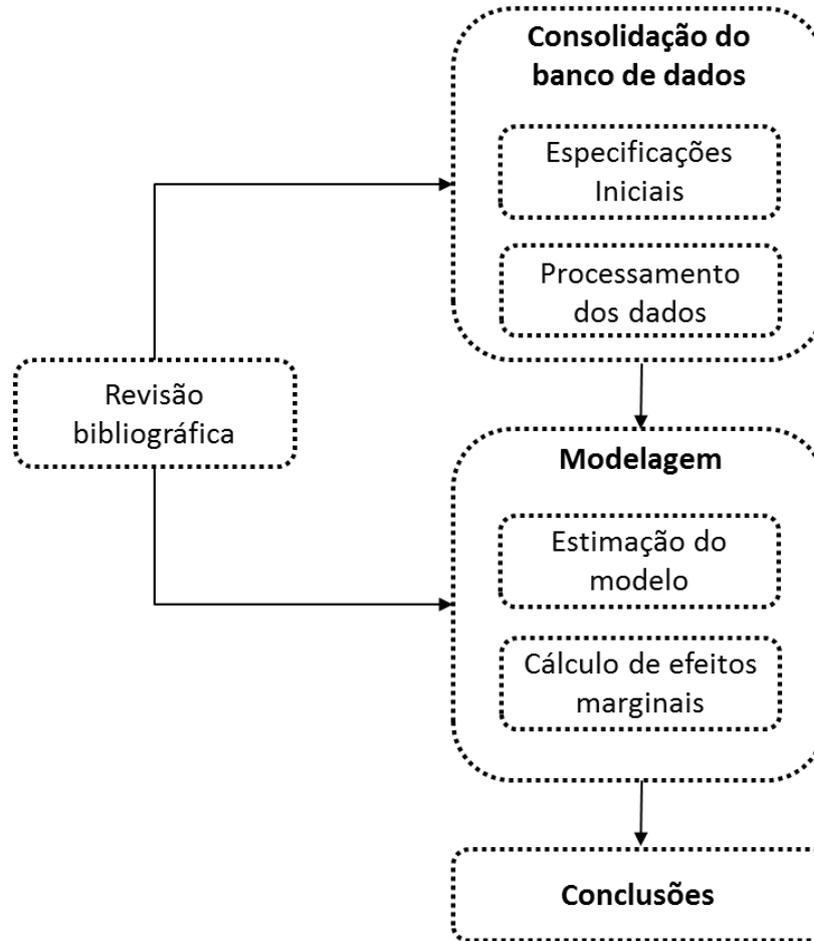
### 1.4 LIMITAÇÕES

Características comportamentais não foram coletadas e características socioeconômicas desagregadas não foram abordadas devido à forma em que foram obtidos pela base de dados do Censo do ano de 2010, já agregados por setores censitários.

### 1.5 DELINEAMENTO DO ESTUDO

O estudo está organizado da forma apresentada na Figura 1

Figura 1 - Delineamento da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

A revisão bibliográfica é a etapa que possibilitou reunir as informações necessárias para o desenvolvimento da pesquisa e se estendeu ao longo de toda a pesquisa. Foram reunidas informações acerca de faixas exclusivas de ônibus e seus riscos associados à segurança viária. Também deu suporte para as etapas de desenvolvimento e discussões finais do projeto de pesquisa.

A etapa de seleção de dados consistiu na obtenção de informações necessárias para avaliação e foi realizada através do uso do programa QGIS. Isso permitiu definir quais variáveis poderiam ser analisadas na pesquisa. A compatibilização dos dados obtidos teve como objetivo tratar os dados de forma que fiquem no padrão do programa. Por fim, os dados foram consolidados e, então, com o uso do software *Microsoft Excel* é possível realizar o cruzamento das diferentes bases de dados resultantes do processamento GIS: (i) acidentes no

entorno de faixas prioritárias de ônibus no contrafluxo; (ii) características viárias do local do acidente; (iii) características da estrutura urbana; (iv) características das faixas prioritárias e (v) características socioeconômicas e de desenho viário para os setores censitários por onde as faixas prioritárias passa.

A organização do trabalho se deu conforme os capítulos seguintes:

No capítulo 2 foi feito o levantamento sobre o conceito de acidente de trânsito. A avaliação foi focada principalmente nos fatores contribuintes para sua ocorrência.

No capítulo 3 foi descrita a relação da estrutura urbana com segurança viária e os principais fatores relatados na literatura. A abordagem se deu sobre a teoria dos 5D's (densidade, diversidade, desenho urbano, distância até o transporte coletivo e destinos acessíveis).

No capítulo 4 foi apresentada a pesquisa bibliográfica sobre os principais sistemas operacionais de ônibus, com destaque para ônibus em contrafluxo, e suas relações com segurança viária.

O capítulo 5 apresentou a metodologia usada para o desenvolvimento de todas etapas do trabalho. A metodologia foi baseada principalmente na pesquisa de Machado (2017).

No capítulo 6 foram descritos os resultados obtidos através da metodologia apresentada no capítulo 4.

O capítulo 7 inclui as análises e discussões sobre os resultados.

Por fim no capítulo 8 foram feitas as considerações finais sobre todo processo e sobre os resultados da pesquisa.



## 2 ACIDENTES DE TRÂNSITO

Na literatura, existem diversas definições para o termo acidente de trânsito (AT). Este se difere de acidentes de transporte pelo fato de que o último inclui mortes áreas e marinhas, além das que acontecem nas vias terrestres de circulação (WAISELFISZ, 2011, p. 2). A definição mais comum para AT é a utilizada pela norma NBR10697 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989):

Todo evento não premeditado que resulte dano em veículo ou na sua carga e/ou lesões em pessoas e/ou animais, em que pelo menos uma das partes está em movimento nas vias terrestres ou áreas abertas ao público. Pode originar-se, terminar ou envolver veículo parcialmente na via pública

A definição da ABNT aborda somente o termo não premeditado; contudo, uma definição estabelecida pela Política Nacional de Redução da Morbimortalidade por Acidentes e Violências do Ministério da Saúde apresenta um escopo um pouco mais amplo, a partir da informação de que é um evento passível de prevenção: “Acidente de trânsito é um evento não-intencional, mas evitável, causador de lesões físicas e emocionais” (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2001).

Uma definição que se torna presente por diferentes autores é a visão de acidentes de trânsito serem sempre causados por uma multiplicidade de fatores, e não por uma única causa. Brandão (2006) afirma que, além de diversos fatores contribuintes para a causa de um acidente de trânsito, estão alinhadas circunstâncias aleatórias, o que dificulta a escolha de medidas realmente eficazes na redução de acidentes e de seus danos.

Por fim, ainda que a redução no número de mortos e de feridos no trânsito seja um grande desafio, isso deve ser uma das principais diretrizes no planejamento do trânsito. O Código de Trânsito Brasileiro (BRASIL, 1997) já prevê esse tipo de medida e define segurança viária como um direito do cidadão:

O trânsito em condições seguras é um direito de todos e dever dos órgãos e entidades componentes do Sistema Nacional de Trânsito, a estes cabendo, no âmbito das respectivas competências, adotar medidas destinadas a assegurar esse direito.

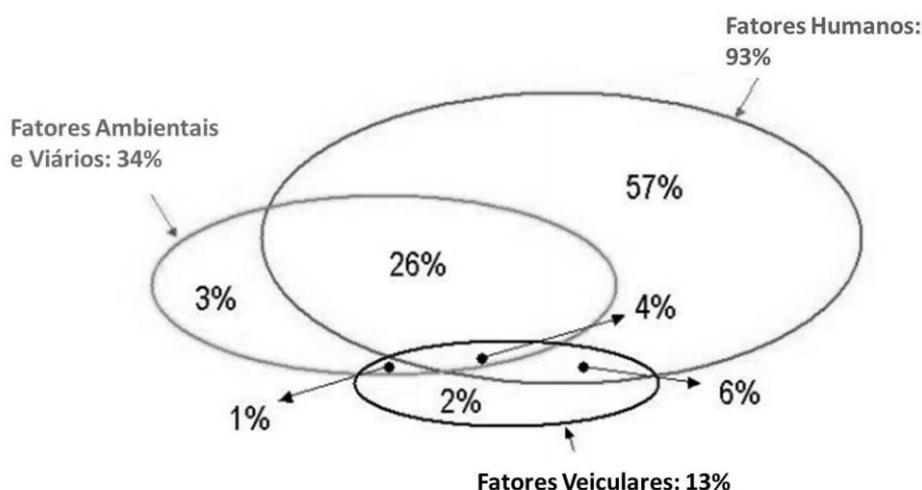
## 2.1 FATORES CONTRIBUINTES

Em geral, acidentes de trânsito ocorrem devido a uma multiplicidade de causas. A maioria dos acidentes é o resultado de um conjunto de suficientes fatores que juntos contribuem para provocá-los (ELVIK et al., 2009, p. 52). A literatura aborda essa questão de diferentes formas; entretanto, de forma geral, os fatores associados a um acidente podem ser reunidos em até três categorias principais (NAING et al., 2007, p.10):

- a) Fatores relacionados ao homem;
- b) Fatores relacionados ao tipo de veículo;
- c) Fatores relacionados ao ambiente (incluindo tráfego e desenho viário).

Segundo a World Road Association (2007), “motoristas e outros usuários basicamente determinam seus movimentos na via devido a uma sensação de obrigação em adaptar seus comportamentos a regras e leis de trânsito existentes, ao pavimento das vias, ao tráfego e condições climáticas de acordo com suas habilidades de condução e condições médicas. Além disso, o comportamento humano em si é influenciado por diversos elementos relacionados ao indivíduo e suas habilidades, competências e experiências, estado físico e psíquico atual, e a percepção das atuais condições viárias e de tráfego.” A Figura 2 demonstra um diagrama das relações causais de acidentes de trânsito (devido a arredondamentos das percentagens, o somatório é 99%).

Figura 2 - Fatores Contribuintes para acidentes de trânsito



(fonte: adaptado de PIARC, 2007)

A maior parcela se refere aos fatores humanos, os quais se apresentam em 93% dos acidentes de trânsito, evidenciando sua importância. A segunda maior parcela corresponde à combinação de fatores viários-ambientais e humanos, com representatividade de 26%. Casos assim costumam ser reflexo de uma via que não dá margem a erros e, portanto, poderiam ser minimizados por projetistas e planejadores. A World Road Association (2007) afirma que aparições de pontos de acúmulo de acidentes são um bom indicativo para o tratamento da via que apresenta interação de fatores ambiental-viária com fatores associados ao homem e, assim, adotar de medidas de engenharia para tornar as vias autoexplicativas e mais propensas a perdoar erros.

Quanto maior o número de fatores simultâneos, maior a probabilidade de que um acidente aconteça. Os fatores que agem simultaneamente dependem, em parte, de fatores aleatórios, das vias mal projetadas ou do comportamento dos usuários. Quanto mais fatores são conhecidos, melhor a forma de prever o índice de acidentes (ELVIK et al., 2009, p. 52).

### **2.1.1 Fatores relacionados ao homem**

Fatores relacionados ao homem normalmente se relacionam à pessoa que estava conduzindo um veículo (motorizado ou não-motorizado) que foi envolvido em um acidente, ou alternativamente, a um pedestre que foi ferido em um acidente (NAING et al., 2007, p. 10).

Elvik et al. (2009) cita como principais fatores humanos que provocam acidentes:

- a) Falha na observação: como quando condutores não têm intervisibilidade antes da ocorrência;
- b) Falha na interpretação da situação: um exemplo é quando condutores ou pedestres erram no julgamento do intervalo de tempo entre si ou quando os usuários fazem previsões incorretas das ações dos demais;
- c) Ação falha: quando usuários da via optam por ações equivocadas, como não dar sinal para conversão, ou se esquecem de verificar os pontos cegos (áreas de visibilidade restrita no entorno dos veículos);
- d) Fatores pessoais temporários: cansaço, estresse, doenças.

Naing (2007) cita um diferente conjunto de fatores associados:

- a) Falhas físicas ou psicológicas: cair no sono, ataque cardíaco.
- b) Condições ou estados: condições que afetem o processo de comportamento do usuário, por exemplo, álcool ou drogas, estado emocional, fadiga, cansaço.
- c) Experiência ou exposição: familiarização com dirigir, com o veículo, com o ambiente ou rota.
- d) Preocupações ou comportamentos conflitantes: comumente reportado como “desatenção”, mas pode ser qualquer comportamento que interfira na percepção ou compreensão de uma tarefa (qualquer tipo de distração como conversar com passageiros, trocar a estação do rádio etc..)
- e) Comportamento de risco: alta velocidade, dirigir muito próximo de outro veículo, desrespeitar o sinal vermelho no semáforo.

Em suma, quase todo acidente está relacionado de alguma forma ao comportamento do usuário envolvido. A contribuição dos fatores humanos para os acidentes é mais significativa quanto melhor for a construção e a técnica (ELVIK et al., 2009, p. 53), já que a via não dará margem para acidentes, sendo esses decorrentes, provavelmente, de alguma falha humana.

### **2.1.2 Fatores Veiculares**

Chagas (2011) destaca como fatores veiculares aqueles relacionados ao desenho do veículo ou a falhas mecânicas. Porém, existe uma grande dificuldade em determinar quando esses fatores acontecem, pois os poucos estudos existentes na literatura, na sua maioria, determina que mesmo quando existe uma falha mecânica, isso levará a uma falha humana (NAING et al., 2007, p. 13). Ainda, outro motivo que leva a determinar como causa de um acidente um fator veicular é a dificuldade em coletar o dado *in loco*, já que a inspeção veicular para determinar tal causa é muito difícil de executar.

### **2.1.3 Fatores Ambientais e Viários**

Fatores ambientais e viários incluem obstruções visuais, rodovias escorregadias (molhadas, com neve, etc.), perigos transitórios (obras, objetos na via), problemas de desenho viário (NAING et al., 2007, p. 15). Ainda, Chagas (2011) determina alguns outros fatores, incluindo iluminação, pavimento danificado, sinalização viária inadequada ou apagada, condições climáticas adversas, etc..

### 3 ESTRUTURA URBANA

A forma como as cidades são dispostas e planejadas interfere no modo como as pessoas se deslocam e utilizam-nas. Viagens são realizadas e distribuídas com base no desejo de chegar a algum lugar, e as características desses lugares podem afetar não só o número de viagens geradas, mas também os modos utilizados e as rotas de viagem (CERVERO; KOCKELMAN, 1997). Novas filosofias acerca de novas políticas urbanas, de um desenvolvimento orientado ao transporte (DOT), que se concentram nas inter-relações entre as estruturas para pedestres e ciclistas e a rede de tráfego, procuram reduzir viagens motorizadas realizadas, aumentar viagens não motorizadas e diminuir distâncias.

Um estudo realizado por Cervero e Kockelman (1997) estabelecia três principais fundamentos para entender as relações entre estrutura urbana e viagens, chamado de 3D's: densidade, diversidade e desenho urbano. Após novas pesquisas, a evolução do conceito trouxe mais fundamentos - distância ao transporte público e destinos acessíveis -, chegando a teoria dos 5D's (CERVERO et al., 2009).

Além da relação entre estrutura urbana e viagens geradas, torna-se vital entender a relação entre a estrutura urbana e acidentes de trânsito. Ewing e Dumbaugh (2009) realizaram um estudo que visava entender essa relação. O conceito estabelecido nesse estudo relacionava o desenho das vias e os padrões de desenvolvimento urbano com severidade e frequência de acidentes através de mediadores, os quais eram:

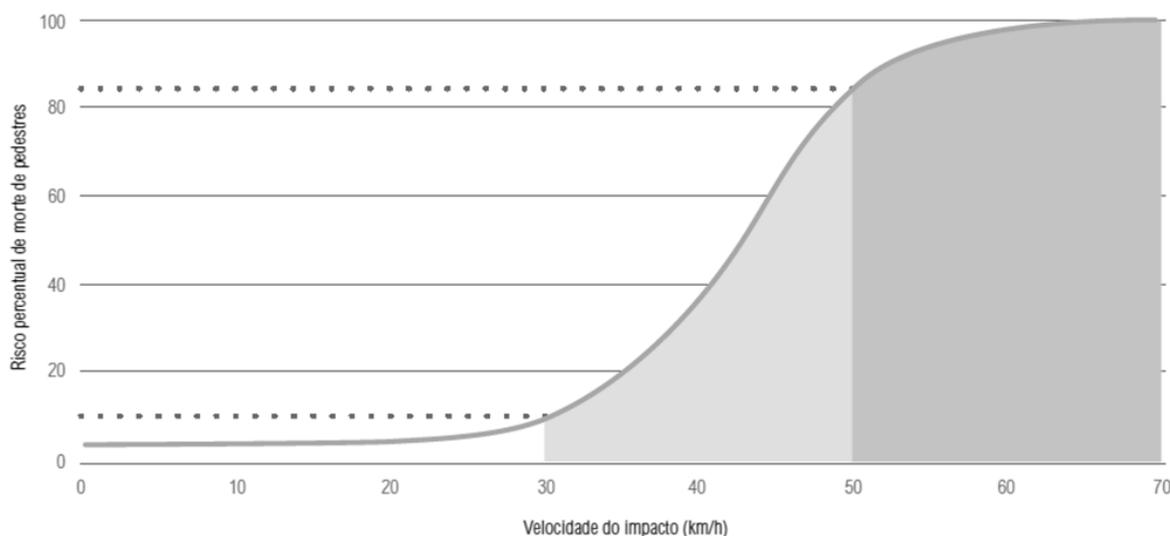
- a) Volume de tráfego: cada viagem realizada, seja por pedestres, seja por motoristas, seja por ciclistas, gera um elemento de risco. Quanto mais viagens, maior o risco de acidentes. O estudo relatado por Ewing (2009, apud, Litzman e Fitzroy<sup>1</sup>, 2005) demonstra que, para ambientes urbanos, um aumento de 1% em viagens é associado a um aumento de 1% em fatalidades no trânsito.
- b) Velocidade do tráfego: velocidades mais baixas têm uma relação forte em acidentes com pedestres. Além de princípios da física, visto que envolve maiores velocidades envolvem maiores quantidades de energia e permitem menores tempos de reação para

---

<sup>1</sup> Litman, T., and S. Fitzroy. 2005. *Safe travels: Evaluating mobility management traffic safety impacts*. Victoria, BC: Victoria Transport Policy Institute

evitar colisões, estudos demonstram que não é linear a relação entre velocidade e risco de fatalidade para pedestres, conforme mostra a Figura 3.

Figura 3 - Relação entre a segurança dos pedestres e a velocidade de impacto de veículos



fonte: WRI (2016) adaptado de OECD (2006)

- c) Conflitos de trânsito: esse item visa trazer o entendimento de que velocidades por si não resultam em acidentes. A causa não é a velocidade em si, e sim as diferentes velocidades entre os veículos em uma via.

Os principais conceitos envolvendo a teoria dos 5D's são apresentados a seguir, a fim de obter um entendimento melhor da relação de cada um dos fundamentos com a estrutura urbana.

### 3.1 DENSIDADE

Ewing e Cervero (2010) definem densidade como uma variável de interesse de unidade por área. A área pode ser tida como bruta ou líquida, e a variável de interesse pode ser população, unidades habitacionais, número de empregos, área de comércio. Larrañaga (2012) define área bruta como a área total em análise, e área líquida como a área edificada.

Ao criar uma área mais densa, surge em maior quantidade todo tipo de atividade, e, conseqüentemente, aumenta o número de pessoas e de empregos na região. Esse cenário é favorável em segurança viária, pois resulta num encurtamento de distâncias, já que destinos e origens estarão mais próximos, e isso ajuda a estimular o cidadão a deixar o carro em casa e

realizar as viagens a pé. A influência de maior densidade também abrange o uso de transporte coletivo, o qual é favorecido em áreas de destino com maior densidade de empregos (EWING E CERVERO, 2001, p. 6).

A relação de densidade com segurança viária é complexa, já que a densidade é entendida como uma associação de várias outras variáveis e como elas interagem. Ewing e Dumbaugh (2009) citam que, onde há maiores densidades, tende a existir um maior número de tudo, desde tráfego a crimes e, até mesmo, cafés. Áreas com grandes densidades de população tendem a estar perto de grandes centros de empregos e, então, experienciam não só tráfego local, mas também um tráfego regional vindo de outros locais. Ainda, áreas de grandes densidades são mais propensas a terem vias arteriais com várias faixas de tráfego, as quais apresentam altas taxas de acidentes. Todas essas interações geram complexas influências nos níveis de acidentes.

### 3.2 DIVERSIDADE

As medidas de diversidade referem-se à quantidade de diferentes usos do solo em uma determinada área e ao grau em que eles estão representados em área do solo ou emprego (EWING E CERVERO, 2010). As relações usadas por Cervero e Kockelman (1997) envolvem um índice de dessemelhança (que avalia a proporção de diversos usos dentro de uma área), a entropia da área (associada à distribuição heterogênea do uso do solo dentro de uma determinada área), proximidade de áreas com lojas de varejo, proporção de uso misto vertical, intensidade comercial, entre outros.

A diversidade mostrou-se um índice determinístico para as chamadas viagens secundárias (aquelas que são próximas de um centro de atividades e podem se realizadas a pé ou de carro, mas que não são o destino principal, por exemplo, ir ao trabalho); a diversidade de empregos ou de uso do solo mostram bons resultados para entender uma redução em quilômetros viajados (EWING E CERVERO, 2010).

Além disso, a diversidade pode estimular alguns deslocamentos de transporte coletivo, como aqueles entre o trabalho e a rota para casa quando existe comércio local entre paradas do transporte coletivo e residências, fazendo com que o trabalhador realize algumas viagens a pé para acessar esses locais (Cervero e Kockelman, 1997). Outro estudo mostrou que o transporte coletivo captura 6,4% de suas viagens em centros de emprego que apresentam

diversidade de uso do solo, contra 2,9% em áreas sem diversidade; as cotas de transporte coletivo eram 3,6% maiores em áreas com serviços de conveniência do que em áreas sem.

Ewing e Dumbaugh (2009) relatam um estudo em que demonstram que, quanto maior a densidade, a diversidade e quanto mais centrado o padrão de desenvolvimento de uma área são, menores serão as taxas de fatalidade no trânsito ocorridas numa base *per capita*. Isso se dá, em parte, porque outro fator mediador é afetado - a diminuição de velocidades nessas áreas. A taxa de mortalidade decai mais rápido que a taxa de quilômetros viajados enquanto densidade e diversidade aumentam.

### 3.3 DESENHO URBANO

Esse aspecto trata da forma como as características geométricas e de elementos pertencentes à rede de trânsito agem sobre os usuários. Diversas variáveis foram utilizadas por diferentes autores para entender suas influências, podendo ser citadas largura das faixas, largura de vias, iluminação, arborização, largura de calçadas, forma da rede viária, semaforização, interseções, entre outras. Algumas delas foram abordadas também do ponto de vista da segurança viária, pois, a segunda maior causa de acidentes de trânsito provém de fatores viário-ambientais.

#### 3.3.1 Largura das Vias/Faixas

Ewing e Dumbaugh (2009) citam diversos estudos mostrando que faixas mais largas resultam em aumentos dos índices de fatalidades e de acidentes totais no trânsito. Foi identificado também que, diminuindo a largura das faixas, resulta-se, de alguma forma, no declínio da velocidade; é justificado pela sensação de segurança dos motoristas diminuir e, então, estimular um comportamento mais cauteloso. Ewing e Dumbaugh (2009) concluem que estreitar a largura das faixas em si não é o que reduz as velocidades, e sim estreitar as faixas combinando outros elementos, os quais reforçam a mensagem para diminuir velocidades.

#### 3.3.2 Faixa de Pedestres

Esse elemento tem visa estabelecer um local de travessia seguro para pedestres. Cervero e Kolcherman (1997) relatam que a maioria dos microelementos de uma vizinhança tem pouco

impacto na incidência de viagens. No entanto, faixas de pedestres, combinadas com outros elementos (calçadas, rampas de acessibilidade, etc) e com um redesenho de paradas de ônibus, podem aumentar a segurança real e percebida de pedestres (Wang et al.<sup>2</sup>, 2009 apud WRI, 2016)

### 3.3.3 Semaforização

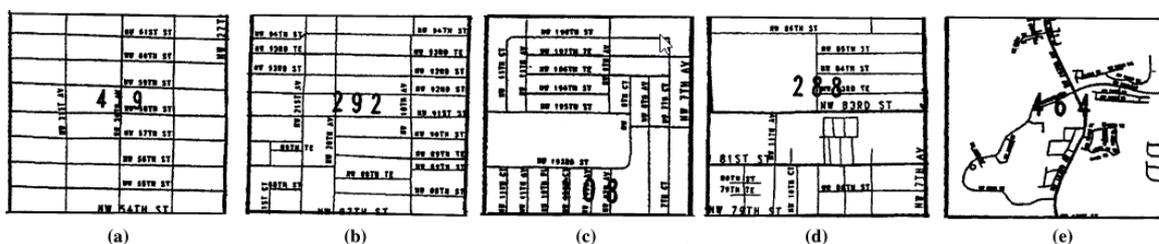
Estudos comprovam que o controle semaforico pode reduzir em até 15% o número de acidentes em interseções do tipo T e em torno de 30% em interseções do tipo cruz (Elvik, Hoye e Vaa<sup>3</sup>, 2009 apud WRI, 2016).

A análise das vias de Guadalajara (México) mostrou que, a cada 10 m adicionais entre interseções semaforizadas, houve uma redução de 2% em acidentes totais, mas ocorreu o aumento de 3% em acidentes fatais (EMBARQ, 2015). Entende-se que quadras mais longas possuem menos interseções; logo, o número total de acidentes diminui. Entretanto, devido ao aumento de velocidade dos veículos, a severidade dos acidentes aumenta.

### 3.3.4 Forma da rede viária

A forma de uma rede viária é caracterizada pelo desenho que suas vias formam nela como um todo. As características envolvidas podem ser: tamanho de quadras, organização das vias, conectividade, continuidade de calçadas, etc. A Figura 4 abaixo demonstra os extremos de redes que podem ocorrer:

Figura 4 - Categorização da rede de (a) forma de grelha pura até (e) puramente curvilínea



<sup>2</sup> Wang, S. L., Z. L. Liu, J. F. Guo, and Yanyan Chen. 2009. "Research on Bicycle Safety at Intersection in Beijing." In Proceedings of the 2008 International Conference of Chinese Logistics and Transportation Professionals, Chengdu, China, pp. 4739–4744.

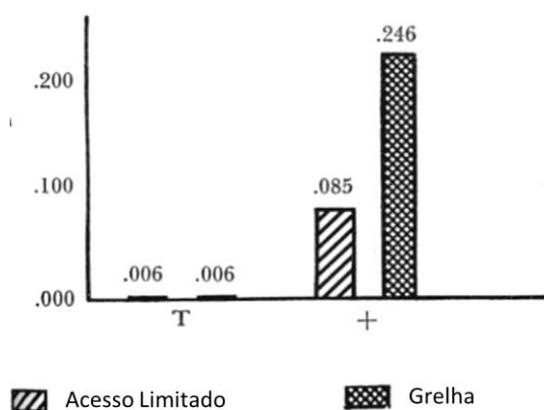
<sup>3</sup> Elvik, R., A. Hoye, and T. Vaa. 2009. The Handbook of Road Safety Measures. Bingley: Emerald Group Publishing.

(fonte: Ewing e Cervero, 2001)

Ewing e Cervero (2001) relatam que redes em formas de grelha (quadráticas) favorecem condições de deslocamentos a pé e de acesso ao transporte coletivo por oferecem rotas relativamente diretas e alternativas com rotas paralelas a vias arteriais com grande volume de trânsito e com grandes velocidades. Por outro lado, esse tipo de forma pode estimular o uso de automóveis por possibilitar múltiplas rotas até um destino.

Ewing e Dumbaugh (2009) aponta que a maior questão envolvendo segurança sobre a forma das redes dá-se devido às interseções. Ainda, o estudo citado define os extremos de rede descritos acima como “grelha” e “com acesso limitado”. Na forma de grelha, a frequência foi de 77,7 acidentes por ano e, na outra forma, foi de 10,2. A diferença deu-se basicamente no número de interseções em cruz existentes, pois o número de acidentes em interseções em T foi muito baixo em ambas as formas; todavia, a forma de grelha apresentou um número muito maior de interseções em cruz, como mostra a Figura 5.

Figura 5 – Histórico de acidentes em interseções em cruz e em T



(fonte: Marks, 1957 apud Ewing e Dumbaugh, 2009)

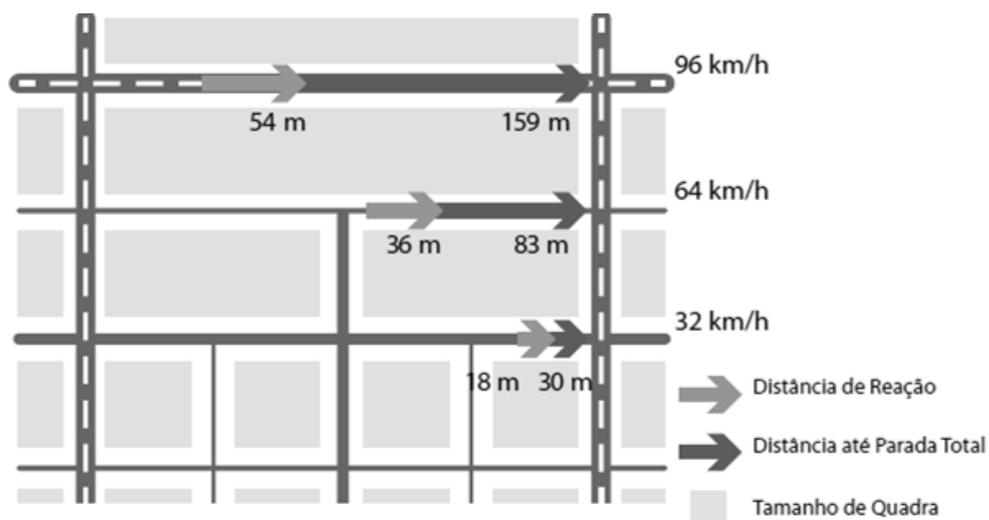
### 3.3.5 Iluminação

O aspecto mais ligado à iluminação e à segurança viária é referente à visibilidade e, conseqüentemente, a conflitos gerados à noite. Elvik et al. (2009) relata que aproximadamente 35% dos acidentes ocorrem à noite, mas somente 20 a 25% do tráfego acontecem no mesmo período.

### 3.3.6 Comprimento de quadra

WRI (2016) reporta que, quando existem quadras maiores, os veículos têm maior facilidade em desenvolver uma velocidade mais elevada e, assim, criam maiores riscos para pedestres (Figura 6). Além disso, quadras maiores irão apresentar menos interseções, fazendo com que pedestres tenham menos oportunidades de travessias seguras visto que poucas travessias em meio de quadra são oferecidas. Entretanto, observa-se que interseções são locais onde essencialmente se encontram a maior quantidade de acidentes; porém, um estudo relata que, embora quadras menores possam apresentar maior número de acidentes por incluírem mais interseções, levam a um menor número de acidentes fatais e com feridos devido às velocidades mais baixas que essas interrupções de tráfego mais frequentes provocam (DUMBAUGH E RAE, 2009).

Figura 6 - Relação entre velocidades, tamanho de quadra e distância até parada do veículo



(fonte: WRI, 2016)

### 3.3.7 Declividade

Kaplan e Prato (2012) relatam que seções viárias sem declividade são relacionadas com um aumento na severidade de acidentes, enquanto seções com declividade, com uma menor severidade dos acidentes.

### 3.4 DISTÂNCIA AO TRANSPORTE PÚBLICO

No estudo conduzido por Cervero et al. (2009) sobre o corredor do Transmilênio em Bogotá, foi diagnosticada a necessidade dessa variável para realizar a pesquisa. O objetivo é medir a influência que a presença de um local com acesso ao transporte coletivo tem sobre o deslocamento. As formas de medidas usadas para avaliar podem ser através da distância média do domicílio até a parada de ônibus ou estação de metrô mais próxima (LARRAÑAGA, 2012), pelo número de estações de paradas de ônibus por unidade de área, ou ainda pela densidade de rotas de transporte coletivo (EWING E CEVERO, 2010).

### 3.5 DESTINOS ACESSÍVEIS

Essa dimensão objetiva expressar a facilidade de acesso a diferentes destinos e oportunidades dentro ou fora de uma vizinhança. É importante destacar a diferença entre acessibilidade e mobilidade. Mobilidade descreve a habilidade em mover-se, já a acessibilidade envolve a habilidade em acessar algum lugar. A diferença dá-se, porque podem existir casos em que existem altas taxas de mobilidade, porém baixa acessibilidade e vice-versa; contudo, as duas sempre estarão presentes, já que não existirá acessibilidade sem mobilidade (EL-GENEIDY; LEVINSON, 2006). Larrañaga (2012) aponta que, na literatura, existem diferentes métodos para se avaliar a acessibilidade, podendo ser através da distância até centros comerciais/administrativos, ou podendo quantificar o número de postos de trabalho, de comércio ou de atrações em determinado tempo.

#### 4 ACIDENTES DE TRÂNSITO EM SISTEMAS PRIORITÁRIOS PARA ÔNIBUS

Diferentes fatores de segurança são associados de acordo com os tipos de sistemas prioritários de ônibus locais. Esse capítulo visa estabelecer os conceitos envolvendo alguns desses sistemas e definir os conflitos associados.

Sistemas prioritários para ônibus vêm crescendo constantemente em todo o mundo nos últimos anos, especialmente em países com economia em desenvolvimento por serem sistemas economicamente mais viáveis de serem implantados se comparado a trilhos, pela sua velocidade de construção, podendo oferecer um ótimo padrão de qualidade, quando bem realizado.

Qualificar sistemas de transporte coletivo pode aumentar a quantidade de troca modal do transporte motorizado individual para o transporte de massa (ELIAS; SHIFTAN; 2012). Ainda, a implementação de sistemas prioritários de ônibus conseguiu obter impactos positivos no quesito de segurança viária, podendo diminuir em até 50% acidentes fatais e com vítimas gravemente feridas nesses locais (DUDUTA; LINDAU; ADRIAZOLA-STEIL; 2013).

Não obstante, a literatura explora pouco o impacto em segurança desse modal e, conseqüentemente, pouco se sabe sobre como esses sistemas podem influenciar na frequência e na severidade de acidentes de trânsito (DUDUTA et al., 2012). É importante destacar que geralmente esses sistemas prioritários são localizados em grandes corredores de mobilidade das cidades e que, portanto, sua importância sobre a segurança torna-se ainda maior, já que geralmente são em grandes vias em que se localizam as maiores taxas de acidentes. Um estudo realizado em Nova York mostrou que vias arteriais correspondem a cerca de 15% da malha viária da cidade, mas são responsáveis por aproximadamente 60% das fatalidades envolvendo pedestres (VIOLA; ROE, 2010).

Um recente estudo, publicado por Machado (2017), aborda o tema de prevalência de fatores associados a acidentes de trânsito no entorno de corredores de ônibus. O resultado desse estudo obteve 5 variáveis significativas, sendo 2 referentes a acidentes totais (acidentes em interseção e envolvimento de motocicleta) e 3 a atropelamentos (envolvimento de ônibus, motocicleta e uso do solo diversificado). Além disso, foi avaliada também a prevalência de fatores associados à severidade dos acidentes, e foram obtidas 27 variáveis (19 para acidentes

totais e 8 para atropelamentos). O estudo de Machado (2017) determina as variáveis mais recorrentes em acidentes no entorno de corredores centrais de ônibus, tanto nos modelos de frequência quanto nos de severidade, como sendo envolvimento de motocicletas, automóveis, presença de interseção e uso do solo diversificado.

#### 4.1 SISTEMAS PRIORITÁRIOS PARA ÔNIBUS

A fim de obter um entendimento geral dos sistemas prioritários de ônibus, a seguir serão descritas as principais características, pontos fortes e fracos de cada elemento de priorização.

##### 4.1.1 *Bus Rapid Transit*

O *Bus Rapid Transit* (BRT) é o sistema que vem sendo mais utilizado atualmente para se obter o máximo de desempenho para sistemas prioritários de transporte coletivo por ônibus. De acordo com o BRTDATA(2016), hoje existem 207 cidades com o sistema implementado com mais de 5.400 km de corredores, atendendo a mais de 34 milhões de passageiros por dia em todo o mundo. Os continentes com maior número de corredores implantados são a América Latina e a Ásia. A história desse sistema começou no Brasil, na cidade de Curitiba (Brasil), onde o prefeito da época, Jaime Lerner, buscava transformar o sistema prioritário de ônibus em uma espécie de “metrô de superfície” (WRIGHT; HOOK, 2007). No final dos anos 90, a cidade de Bogotá expandiu e qualificou ainda mais o sistema, com o TransMilenio, sendo hoje a maior referência nesse tipo de operação (Figura 7).

As principais características de um sistema completo de BRT devem incluir (LEVINSON, 2002; WRIGHT; HOOK, 2007):

- a) Sistema troncal e alimentador;
- b) Corredores totalmente segregados do trânsito comum;
- c) Localização dos corredores exclusivos no canteiro central;
- d) Estações confortáveis, seguras e com proteção de efeitos climáticos;
- e) Estações com acessibilidade e entrada em nível com o veículo;
- f) Pagamento de tarifa antecipado (antes do embarque);
- g) Veículos com maior capacidade e múltiplas portas de embarque/desembarque;
- h) Veículos e estações com identidade visual;
- i) Integração tarifária e entre linhas alimentadoras do sistema;

- j) Aplicação de medidas de ITS (*intelligent transport systems*) para operação e informação ao usuário sobre o sistema.

Figura 7 - Corredor de BRT TransMilenio, em Bogotá (Colômbia)



(fonte: Flickr/WRI Brasil Cidades Sustentáveis)

As principais dificuldades quanto a esse sistema se dão na maior complexidade operacional e executiva em relação a sistemas menos sofisticados de ônibus, além de necessitar de espaços viários maiores. Alguns autores consideram que um sistema já pode ser considerado um BRT caso apresente as condições expressas na Tabela 1.

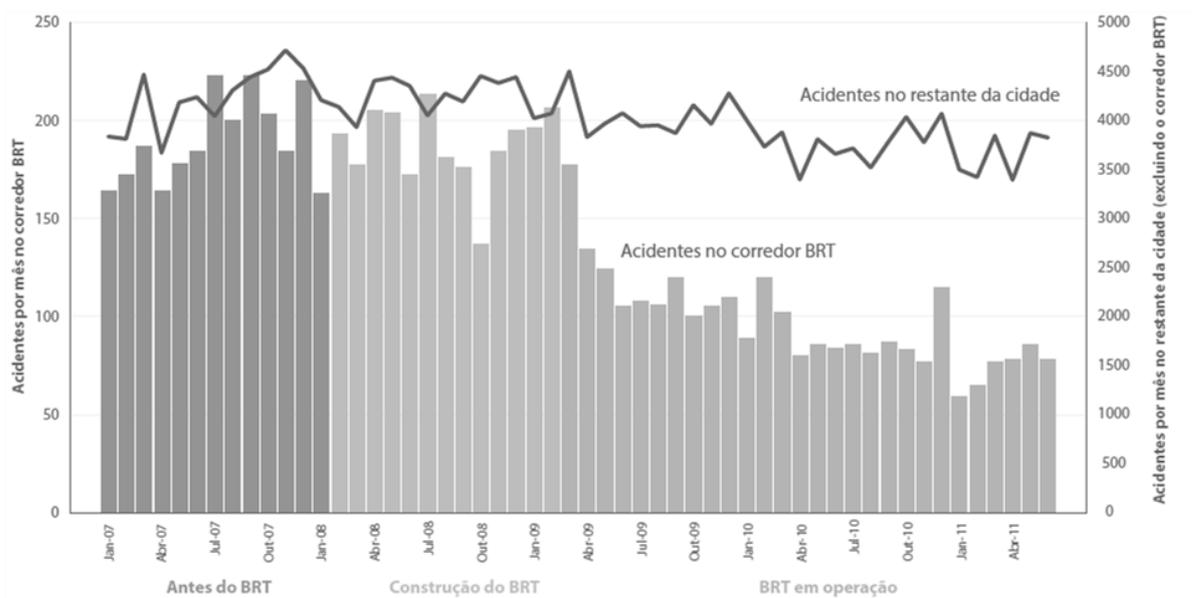
Tabela 1 - Características mínimas para um sistema prioritário para ônibus ser considerado do tipo BRT

<b>Características do sistema</b>	
<b>Obrigatória</b>	<b>Ao menos duas opções</b>
Vias segregadas na maior parte do sistema	Rede e rotas integradas
	Estações seguras e confortáveis
	Acesso em nível aos ônibus
	Corredor no canteiro central
	Pagamento antecipado
	Estações com conexões entre linhas
	Integração tarifária
	Marketing diferenciado
	Veículos com baixa-emissão de gases
	Utilização de ITS e central de controle para operação
	Acessibilidade Universal
Informações operacionais em estações e ônibus	

(fonte: Adaptado de WRIGHT; HOOK, 2007)

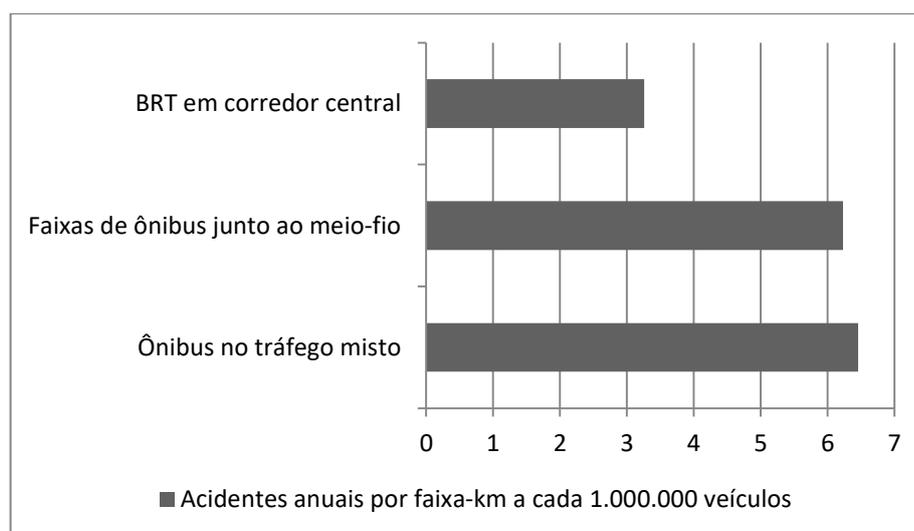
Algumas pesquisas mostram que a implementação de corredores de BRT mais completos, como no caso de países latinos, tem gerado impactos positivos, enquanto algumas pesquisas norte-americanas, em que os corredores não foram implementados com tantos atributos, têm sugerido que as taxas de acidentes têm aumentado (EMBARQ, 2015), conforme mostra a Figura 8. A Figura 9 mostra também os maiores benefícios em segurança de um corredor BRT em relação a outros modelos de sistemas prioritários.

Figura 8 - Acidentes no corredor BRT da Calzada Independencia, Guadalajara, México, entre 2007-2011



(fonte: adaptado de EMBARQ, 2015)

Figura 9 - Comparação dos dados de acidentes de trânsito para três tipos de corredores de ônibus em Guadalajara, México



(fonte: adaptado de EMBARQ, 2015)

#### 4.1.2 Sistema Convencional de ônibus

Sistemas convencionais de ônibus são os mais comuns ao redor do mundo, muito devido ao conceito de BRT ter surgido recentemente. Esse tipo de operação oferece um nível básico de serviço que possibilita, ao menos, prioridade para os ônibus, provendo menores tempos de viagem (WRIGHT; HOOK, 2007). Muitas cidades implementaram esse tipo de sistema, que não atende aos critérios de um BRT, mas que, ainda assim, ajudam a reduzir os tempos de viagem de seus usuários. Pode-se dizer que esse foi o tipo de serviço base para a criação do conceito de um BRT.

Como a principal característica desse sistema é a faixa ou corredor exclusivo, o sistema se difere pelo posicionamento dessa infraestrutura na via. Os grupos de sistemas de operação de ônibus divididos por Levinson (2003) são descritos a seguir.

##### 4.1.2.1 Tráfego Misto

O sistema é operado juntamente ao tráfego comum (veículos, motos e outros modais). Esse tipo de operação pode resultar em declínios na velocidade de serviço, na confiabilidade do sistema e na sua identidade. As medidas que podem ser impostas para a melhoria do serviço abordam controle de conversões para veículos, baias de embarque/desembarque e proibição de estacionamento - melhorando espaço de circulação e manobra de ônibus maiores -.

##### 4.1.2.2 Faixas exclusivas no bordo de vias

A criação de faixas exclusivas localizadas nos bordos das vias (lado direito) melhora o desempenho do sistema, pois cria a segregação do tráfego misto comum. Costuma ser a medida prioritária mais comum devido a sua facilidade de implantação e baixo custo, já que basicamente envolve pinturas no pavimento e sinalização vertical. Os problemas apresentados por esse sistema dão-se principalmente pela dificuldade de fiscalização e pelos efeitos negativos à operação dos ônibus, já que veículos podem facilmente entrar nessa faixa para trafegar, para acessar entradas de garagens, ou para realizar conversões à direita.

#### 4.1.2.3 Faixas exclusivas no contrafluxo

Esse tipo de medida proporciona a possibilidade de introduzir prioridade para ônibus em vias de sentido único, criando, assim, novas opções de rotas para o serviço de ônibus. A detecção de veículos violando o acesso à faixa exclusiva torna-se muito mais fácil do que nas faixas exclusivas em bordo de vias.

O histórico de acidentes em vias com contrafluxo de via pode variar. Em vias que, anteriormente, eram de dois sentidos e, então, foi implantado o serviço prioritário, o número total de acidentes pode diminuir, caso contrário o principal fator causal é a incapacidade de pedestres reconhecerem que a operação dá-se no sentido contrário quando realizam travessias, visto que o indivíduo costuma olhar somente para o sentido usual do tráfego misto (WRIGHT; HOOK, 2007). Em Porto Alegre (Brasil) e na Cidade do México, esse tipo de sentido das faixas exclusivas demonstrou-se muito perigoso, apresentando altas taxas de acidentes com veículos e **pedestres** (Tabela 2).

Tabela 2- Impactos na segurança decorrentes da configuração do corredor de ônibus no contrafluxo

Faixas de ônibus no contrafluxo		
Impacto médio ponderado	% mudança nos acidentes	95% intervalo de confiança
Acidentes Fatais ou com feridos	83%	(+23% 171%)
Colisões entre veículos	35%	(+0,02%, +86%)
Atropelamentos	146%	(+59%, 296%)

(fonte: adaptado de EMBARQ, 2015)

Estudos relacionados à segurança viária e a quais fatores de segurança são associados a esse tipo de corredor ainda são pouco encontrados na literatura.

#### 4.1.2.4 Vias exclusivas para ônibus e pedestres

Esse modelo é mais utilizado para centros históricos e comerciais de cidades, onde as ruas são muito estreitas e não comportariam o tráfego de ônibus e misto. Geralmente são vias localizadas em subcentros comerciais, altamente adensados e com movimentação intensa de pedestres. Embora não existam avaliações consistentes de impacto, as vias exclusivas para pedestres e para ônibus indicam ser experiências positivas, segundo alguns estudos apontam.

Na cidade de Seoul, Figura 10, a implantação da via exclusiva para ônibus resultou numa redução de 54,5% no número de acidentes (SEOUL SOLUTIONS, 2016).

Figura 10 - Yonsei-ro, Via exclusiva para ônibus e pedestres na Coreia do Sul



(fonte: KOJECTS, 2016)

#### 4.2 CONFLITOS ASSOCIADOS A ACIDENTES EM SISTEMAS PRIORITÁRIOS PARA ÔNIBUS

Nessa seção, os principais conflitos envolvendo corredores de ônibus serão relatados baseados na publicação da EMBARQ (2015), que reuniu e gerou dados a partir de diversas pesquisas envolvendo corredores e faixas exclusivas para ônibus de diversos países ao redor do mundo. O resultado geral das análises é demonstrado na Tabela 4.

- a) **Conversões à esquerda sobre as faixas de ônibus em canteiro central:** foram diagnosticadas como a principal causa de colisão envolvendo ônibus e tráfego misto nos corredores de ônibus localizados no canteiro central. É usual observar veículos realizando esse tipo de manobra, mesmo que ilegalmente. A severidade causada por esse conflito é considerada como de alto grau, pois, dependendo da velocidade de aproximação dos ônibus, os acidentes podem se tornar graves. Também foi estudado o impacto na segurança devido à remoção de uma conversão à esquerda em uma interseção, o resultado é mostrado na Tabela 3;

Tabela 3 - Potencial impacto devido à remoção de uma conversão à esquerda de uma interseção

Impacto médio ponderado	% mudança nos acidentes	95% intervalo de confiança
Acidentes com mortos ou feridos	-22%	(-12%, -32%)
Colisão entre veículos	-26%	(-10%, -43%)

(fonte EMBARQ, 2015)

- b) **Pedestres atravessando em meio ao tráfego:** Esse é o tipo de acidente fatal mais comum diagnosticado pela publicação; a velocidade e massa dos ônibus geram uma combinação quase sempre fatal para pedestres. Pedestres costumam tentar realizar a travessia quando os veículos estão parados devido a congestionamentos; porém, como as faixas prioritárias estão livres, os pedestres são surpreendidos e o ônibus trafegando em alta velocidade não consegue realizar a frenagem a tempo, resultando em acidentes graves. Outro caso comum é em sistemas de BRT com pagamento antecipado, pois pedestres tentam evitar o pagamento da tarifa, tentando entrar ou sair da estação ilegalmente através das portas de entrada e saída das plataformas e, para isso, cruzam o corredor central em locais indevidos, podendo resultar em acidentes graves;
- c) **Veículos não autorizados nas faixas exclusivas:** quando os corredores não apresentam forte segregação física, veículos do tráfego misto muitas vezes invadem o corredor, resultando em colisões com os ônibus. Esse tipo de conflito foi diagnosticado como nível de severidade média;
- d) **Acidentes com ciclistas:** Esse é um acidente de alto nível de severidade. O conflito dá-se quando não há ciclovias no local ou estão em má qualidade e, então, ciclistas usam o corredor prioritário para trafegar. O cenário torna-se perigoso quando o ciclista nota a aproximação de um ônibus e, para dar espaço para o coletivo passar, faz o deslocamento para a pista adjacente, podendo, assim, ser atingido por um veículo despercebido;
- e) **Veículos passando no sinal vermelho:** Veículos, quando cruzam o sinal vermelho, podem ser atingidos por outros veículos ou ônibus na via que tem o sinal verde; dependendo da velocidade do veículo, o acidente pode se tornar de alto grau de severidade;

- f) Pedestres na faixa de ônibus (lateral da via):** Em locais onde existem deficiências na qualidade do passeio, ou em locais com grandes volumes de pedestres e passeio com uma largura pequena, é comum observar pedestres andando pela faixa de ônibus. Isso gera um conflito grave, pois motoristas de ônibus nem sempre têm o tempo de reação necessário para parar o veículo;
- g) Conversão à direita:** Um conflito comum de acontecer quando as faixas estão posicionadas nos bordos da via. Como os veículos necessitam realizar a conversão através da faixa de ônibus, acaba-se gerando um conflito em potencial;
- h) Abalroamento:** É considerado um conflito de baixo grau de severidade. Sua forma mais comum de acontecer é quando um ônibus está saindo da estação e outro está tentando acessá-la;
- i) Colisão traseira:** Também de baixo grau de severidade, acontece quando um ônibus está realizando o embarque ou desembarque de passageiros e sofre uma colisão com outro veículo ou ônibus que está chegando ao local;
- j) Ônibus saindo de estações:** Acontece da mesma maneira que o abalroamento; todavia, pode se tornar um evento de alto grau de severidade quando a situação envolve um sistema de BRT com faixas múltiplas; isso ocorre, porque, quando um ônibus está saindo da estação e está acessando a faixa de ultrapassagem, pode colidir com um ônibus expresso que passa pela estação em alta velocidade.

Tabela 4 - Impactos na segurança decorrentes de mudanças comuns na infraestrutura associadas à implementação de sistemas prioritários para ônibus

	<b>Tipo de Acidente</b>	<b>% mudança nos acidentes</b>
Alteração de uma interseção de 4 aproximações para 2 interseções em T	Grave	-66%
	Total de acidentes	-57%
Remoção de uma faixa de tráfego	Grave	-15%
	Colisões entre veículos	-12%
Redução das distâncias de travessia de pedestres (para cada metro removido)	Grave	-2%
	Atropelamentos	-6%

(continuação)		
Proibição de conversões à esquerda nos corredores principais	Grave	-22%
	Colisões entre veículos	-26%
Implementação de canteiro central	Grave	-35%
	Colisões entre veículos	-43%
Implementação de faixa exclusiva de ônibus em contrafluxo	Grave	83%
	Colisões entre veículos	35%
	Atropelamentos	146%
Redução de distância entre semáforos (para cada 10 m)	Grave	-3%
	Total de acidentes	2%
	Atropelamentos	5%
Passarela em via expressa	Atropelamentos	84%
Passarela em via arterial	Atropelamentos	Sem impacto estatisticamente significativo

(fonte: adaptado de EMBARQ, 2015)

## 5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Com base na metodologia apresentada por Torres (2016) e Machado (2017), esse capítulo descreve os procedimentos utilizados para o presente estudo. Será apresentado o cenário de estudo e então as etapas adotadas para a criação do modelo que definirá a prevalência dos fatores associados à frequência a acidentes de trânsito para a configuração viária dessa pesquisa.

A natureza dessa pesquisa pode ser classificada como aplicada, ao buscar conhecimento para aplicação em problemas práticos. A abordagem do problema se deu de forma tanto qualitativa quanto quantitativa. O objetivo da pesquisa é classificado como explicativo, pois visa identificar fatores prevalentes que contribuam para explicar a ocorrência dos eventos de acidentes de trânsito no entorno de corredores de ônibus no contrafluxo.

### 5.1 CENÁRIO DE ESTUDO

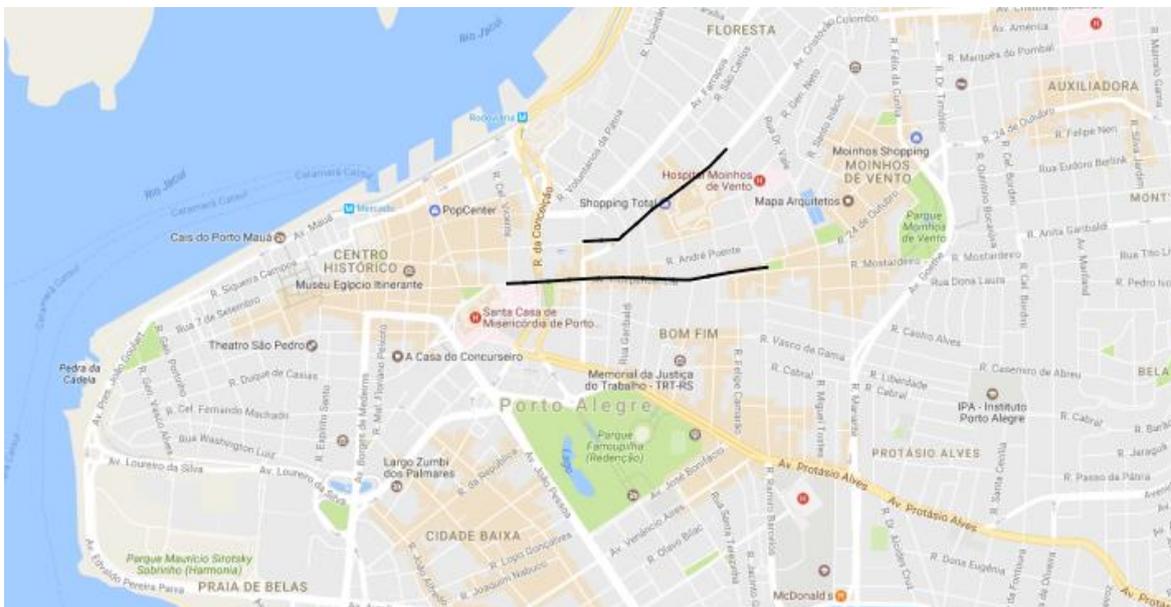
Porto Alegre conta com uma malha viária de 2733 km de extensão, sendo 931,5 km a parte da rede de ônibus de Porto Alegre, incluindo tanto vias e faixas exclusivas quanto não exclusivas (PMPA, 2012). A cidade foi uma das pioneiras no Brasil no desenvolvimento de vias com prioridade para o transporte coletivo, começando em 1977. Entretanto, desde então, o processo tornou-se lento e, após quase 40 anos, a cidade dispõe de 14 corredores exclusivos para ônibus, totalizando 62 km (BRTDATA, 2016). Desses, 2 km são vias prioritárias para o transporte coletivo do tipo **contrafluxo**, localizando de acordo com a Figura 11; a Tabela 5 mostra as informações dos corredores:

Tabela 5 - Diagnóstico das vias exclusivas para ônibus no contrafluxo em Porto Alegre

Atributos	Corredor de Contrafluxo	
	Av. Independência	Av. Cristóvão Colombo
Extensão (km)	1,20	0,80
nº paradas de ônibus no contrafluxo	6	3
Distância média entre paradas (m)	200	267
Demanda diária	8.700	12.900
Demana na hora pico (pass/hora/sentido)	600	1.900

(fonte: BRTDATA, 2016)

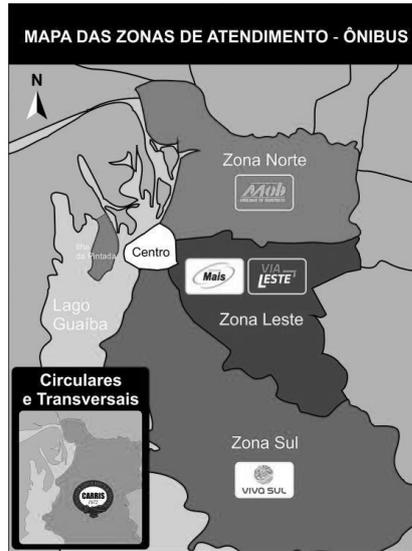
Figura 11 - Localização dos corredores de ônibus no contrafluxo no município de Porto Alegre



O sistema de ônibus de Porto Alegre é o principal meio de transporte público utilizado, com 43% da divisão modal da cidade (PMPA, 2004). A frota da cidade é composta por 1704 ônibus, com cerca de 24 % destes dispoindo de sistema de ar-condicionado e 52% adaptados para portadores de deficiência (EPTC, 2016). A idade média da frota era de 4,4 anos em 2015.

Todo o sistema de transporte coletivo da cidade fica sob o gerenciamento da EPTC (Empresa Pública de Transporte e Circulação), que tem como funções planejá-lo e fiscalizá-lo. A operação do sistema dá-se através de 4 concessionárias privadas e por uma empresa pública, a Carris, e cada uma é responsável por uma bacia da cidade, conforme Figura 12. A área em estudo é localizada na bacia centro.

Figura 12 - Mapa das bacias que cada concessionária atende no município de Porto Alegre

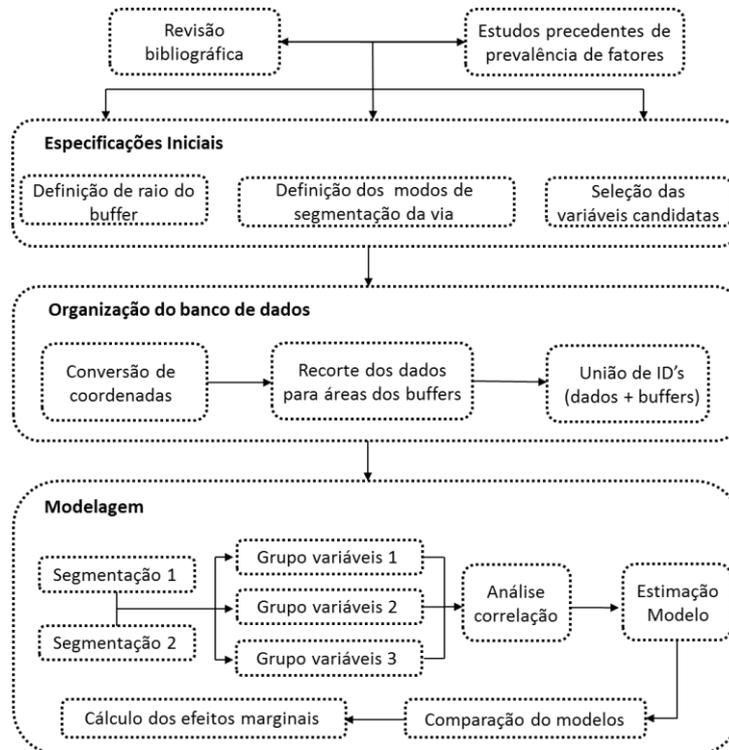


(fonte: EPTC, 2016)

## 5.2 ETAPAS

As seguintes etapas, conforme Figura 13, fizeram parte do processo de desenvolvimento desta pesquisa e serão descritas nos capítulos seguintes.

Figura 13 - Etapas ocorridas para desenvolvimento da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

A revisão bibliográfica existente acerca de acidentes e conflitos de trânsito serve como base para fundamentar a teoria aplicada ao resto das etapas da metodologia. O entendimento dos fatores envolvidos em um evento de acidentes de trânsito e da influencia das peculiaridades da configuração viária de local é umas premissas para uma correta fundamentação do estudo.

Soma-se a revisão bibliográfica a revisão da literatura específica de prevalência de fatores associados a acidentes de trânsito; no presente estudo, duas pesquisas foram as principais referências para a aplicação da metodologia, uma sobre prevalência de fatores associados a acidentes de trânsito no entorno de escolas (Torres, 2016), e outra com o escopo relacionado ao entorno de paradas em corredores centrais de ônibus (Machado, 2017).

### **5.2.1 Definição do raio do *buffer***

O método utilizado para agregar atributos relacionados ao conceito dos 5D's da estrutura urbana, a características socioeconômicas e relaciona-las aos acidentes foi a criação de áreas de interesse no entorno de um ponto de interesse, chamadas de *buffers*. Os *buffers* têm como função agregar todos dados dentro uma região única a fim de estudar a relação desses dados com a região delimitada.

A definição de um *buffer* foi analisada considerando dois principais pontos: (a) a dimensão (raio) e (b) a área de interesse. Dados os estudos de prevalência de fatores associados a acidentes de trânsito estabelecidos por Torres (2016) e Machado (2017) o item (i) teve bons resultados nos dois estudos para *buffer* de 150 metros de raio, sendo assim, foi o raio utilizado nessa pesquisa. O item (ii) teve algumas possibilidades estudadas, sendo elas: (i) no entorno de escolas, (ii) no entorno de paradas de ônibus e (iii) segmentação linear do eixo viário. Como o objetivo dessa pesquisa não é focada em escolas, o subitem (i), no entorno de escolas, será descartado.

### **5.2.2 Seleção das variáveis candidatas para modelagem**

Os critérios utilizados para identificar quais variáveis seriam relacionadas ao estudo passou pela revisão da literatura envolvendo segurança viária e por variáveis já identificadas como importantes por Machado (2017). Peculiaridades envolvendo corredores de ônibus no contrafluxo e da região em questão foram adicionadas a esse primeiro grupo de variáveis candidatas.

A etapa seguinte é analisar os dados disponíveis para cada uma dessas variáveis; definir se os dados são de qualidade (possuem informações relevantes e precisas) e se são compatíveis com o software usado para realizar o agrupamento dos dados, Quantum GIS versão 2.18.4 (QGIS, 2017). Uma etapa importante para a compatibilização das variáveis dentro do *software QGIS* é que todas estejam com o mesmo sistema de coordenadas, para que assim a seleção através do *buffer* seja efetuada corretamente.

Com as variáveis definidas e estabelecidas no mesmo sistema de coordenadas, os *buffers* foram gerados a partir de cada ponto de interesse, selecionadas todas as feições (ocorrências) de cada variável e então atribuídas em relação ao *buffer* em que ela está localizada. Assim, cada feição pertenceu somente a um ponto de interesse. Porém a variável estará presente em todos os pontos de interesse em que ela tiver ao menos uma ocorrência.

As variáveis foram separadas entre duas funções principais: dependentes e independentes. As dependentes são aquelas definidas por acidente ou tipo de acidente em que se deseja analisar a prevalência de fatores associados, e as independentes são as variáveis que se espera que expliquem o fenômeno em estudo.

### 5.2.3 Organização do banco de dados

As variáveis foram obtidas através de camadas shapefiles (extensão shp) que possibilitavam uma análise espacial e quantitativa através do QGIS. Cada variável candidata ou era uma camada shp ou existia como um atributo de uma camada shp. Das variáveis analisadas no QGIS nem todas eram a variável final de análise do modelo. Algumas variáveis eram, ainda, filtradas e combinadas a outras variáveis para gerar a variável final, principalmente as variáveis socioeconômicas.

Para a organização do banco de dados, foi utilizado o software Microsoft Excel 2010. Os dados obtidos através de cada variável eram exportados através da extensão csv e então importados pelo Excel. O banco de dados final deve ter o valor de cada variável para um determinado *buffer*, conforme é esquematizado na Tabela 6. Os valores das variáveis foram determinados conforme seu tipo, podendo ser discretas, *dummy* (existente determinada condição ou não) ou contínuas.

Tabela 6 - Modelo de tabela resumo do banco de dados para o estudo

Ponto de Interesse	Variável 1	Variável 2	Variável 3
<i>Buffer 1</i>			
<i>Buffer 2</i>			
<i>Buffer 3</i>			
<i>Buffer 4</i>			
<i>Buffer 5</i>			

#### 5.2.4 Estimação dos modelos de frequência

Os passos descritos nos itens a seguir descrevem as etapas para modelar os fatores prevalentes associados a acidentes de trânsito.

##### 5.2.4.1 Análise de Multicolinearidade

A multicolineariedade é derivada de uma matriz de correlação que apresenta alto grau de correlação entre determinadas variáveis. Entre os efeitos peculiares de uma elevada multicolineariedade, podem ser citados estimativa inconsistente do coeficiente de regressão e também uma superestimação dos efeitos diretos das variáveis explicativas sobre a variável resposta, o que pode levar à interpretação equivocada dos resultados (CRUZ e CARNEIRO, 2003).

Uma maneira de avaliar qual variável está inflacionando o grau de multicolineariedade é através da avaliação do fator de inflação da variância, VIF (*Variance Inflation Factor*). Valores de VIF maiores que 10 indicam um multicolineariedade elevada, valores entre 5 e 10 sugerem a sua presença e valores iguais ou menores a 1 indicam a não existência da multicolineariedade (HAIR et al., 2009).

O programa usado para essa avaliação foi o SPSS Statistic 19 (IBM,2010), através da regressão linear com análise de colinearidade. A técnica de eliminação de variáveis foi a *backwards elimination*. Essa técnica consistia em eliminar a variável com maior VIF a cada rodada de análise até que todas variáveis restantes possuíssem VIF menor que 10.

### 5.2.4.2 Modelagem Binominal Negativa

As distribuições probabilísticas mais utilizadas para modelar dados de contagem (frequência) são as distribuições de Poisson e Binomial Negativa (MACHADO, 2017). Uma característica de acidentes de trânsito é que sua variância mostra-se superior à média. O modelo de Poisson considera que o número de acidentes seja igual à variância, assim, a distribuição Binomial Negativa, que não apresenta essa relação, torna-se a melhor opção no caso de análise de acidentes de trânsito, já que o modelo de Poisson tem seus pressupostos violados (BOFFO, 2011).

A determinação do modelo Binomial Negativo se dá pela seguinte equação:

$$P(n_{ij}) = \frac{\exp(-\lambda_{ij}) \times \lambda_{ij}^{n_{ij}}}{n_{ij}} \quad (1)$$

Onde:

$P(n_{ij})$  = probabilidade de ocorrência de  $n$  acidentes em um segmento viário  $i$  em um período de tempo  $j$ ;

$\lambda_{ij}$  = valor previsto de  $n_{ij}$ , que representa o número esperado de acidentes por ano em um determinado segmento viário;

Por sua vez  $\lambda_{ij}$  é determinado no modelo Binomial Negativo conforme:

$$\lambda_{ij} = EXP(\beta X_{ij} + \varepsilon_{ij}) \quad (2)$$

Onde:

$\beta$  = Vetor de coeficientes de regressão desconhecidos, que podem ser estimados por métodos de máxima verossimilhança padrão (GREENE, 2010);

$X_{ij}$  = vetor de variáveis que descrevem a área de estudo;

$EXP(\varepsilon_{ij})$  = termo de erro de distribuição Gamma com média 1 e variância  $\alpha^2$ .

O modelo final foi determinado utilizando a técnica *backwards elimination*. A significância das variáveis explicativas foi analisada utilizando o *valor-p*. Quando as variáveis apresentavam *valor-p* maior que 0,1, ou seja, com significância menor que 90%, a variável

com maior valor entre essas era eliminada. O processo se repetia até que todas estivessem com *valor-p* menor que 0,1.

#### 5.2.4.3 Cálculo dos efeitos marginais

O cálculo do efeito marginal foi realizado para interpretar o efeito gerado na variável dependente frente um acréscimo na variável independente. Ao se estudar variáveis relacionadas a acidentes de trânsito, o objetivo se baseava em avaliar o impacto de graus de mudanças em ocorrências de acidentes de trânsito, principalmente como fator de decisão num hipotético cenário para avaliar, por exemplo, custo-benefício. O efeito marginal foi calculado conforme a seguinte equação:

$$\frac{\sigma E(y|x_{ij})}{\sigma x} = \beta_{ij}[\exp(x_{ij}\beta_j)] \quad (3)$$

## 6 RESULTADOS

### 6.1 DEFINIÇÃO DO *BUFFER*

A definição do raio do *buffer*, que define a área de interesse para captura de dados para a modelagem, foi abordada, inicialmente, por Torres (2016), através de raios circulares com diversos valores. O melhor ajuste do raio para utilização foi de 150 metros a partir do ponto de interesse, já que essa medida mostrou bons resultados para a quantidade de variáveis e um bom ajuste para considerar características locais e de entorno. O mesmo valor de raio foi usado por Machado (2017) e também obteve resultados satisfatórios, assim, optou-se por usar o mesmo valor.

### 6.2 PONTOS DE INTERESSE ANALISADOS

Com a escolha do raio de *buffer* definido, foi necessário definir no entorno de qual elemento ele seria gerado, chamado aqui de pontos de interesse. Cada ponto de interesse gera uma região distinta de análise a partir do *buffer*, sendo algumas regiões circulares, quadráticas ou poligonais.

Os estudos de Torres (2016) e Machado (2017) utilizavam, respectivamente, escolas e paradas de ônibus como pontos de interesse. Porém, como o escopo dessa pesquisa é acidentes no entorno de corredores de ônibus no contrafluxo, o ponto de interesse escolhido por Torres – escolas – foi eliminado. Então, foram definidos dois tipos de pontos de interesse: paradas de ônibus e o eixo das vias em questão. Para o ponto de interesse definido como paradas de ônibus foi utilizado o mesmo método de geração de *buffer* proposto por Machado (2017), através de uma área circular com raio de 150 metros. Já para o ponto de interesse através do eixo da via foi definido que o eixo seria linearmente segmentado e, assim, cada segmento utilizado como um ponto de interesse, sendo o *buffer*, neste caso, uma área quadrática ou poligonal com arestas de largura igual a 300 metros (raio de 150 metros a partir do eixo).

#### 6.2.1 *Buffers* gerados a partir de paradas de ônibus

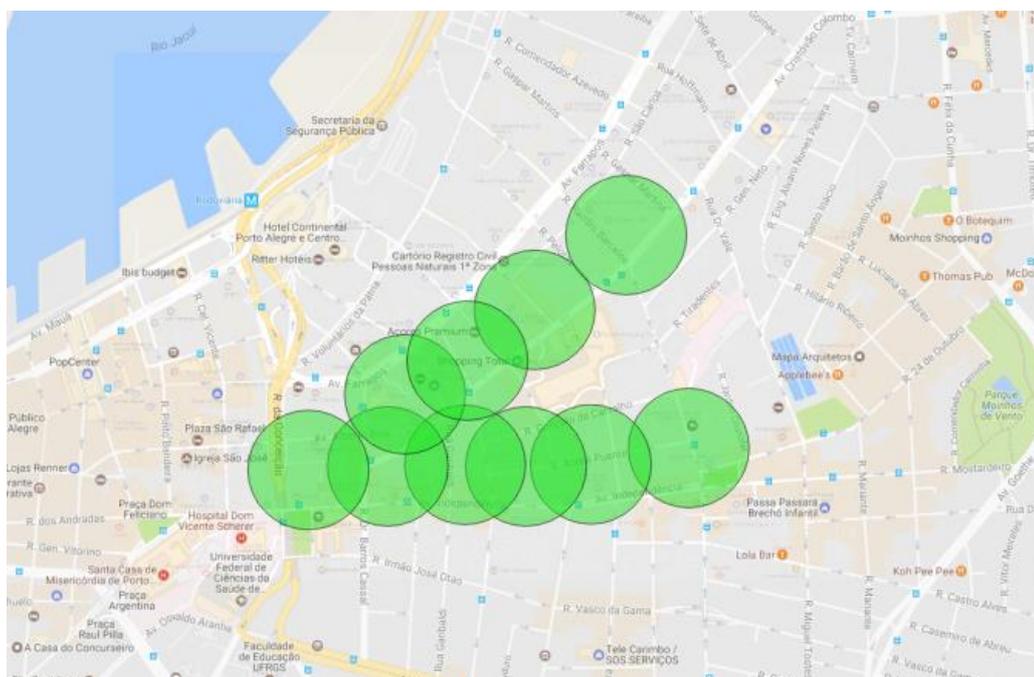
O primeiro critério de análise foi utilizar paradas de ônibus como os pontos de interesse para gerarem os *buffers*. Paradas de ônibus são infraestruturas fundamentais em sistemas de ônibus, e usando-as como pontos de interesse se esperava ter uma pequena variabilidade

dentro de um mesmo *buffer*, assim, criando regiões de análise consistentes individualmente. As dificuldades encontradas para o uso desse ponto de interesse foram a pequena quantidade de paradas de ônibus ao longo dos 2 km de corredores em estudo e também pela grande proximidade entre elas, onde a maioria se encontrava a distâncias menores que o raio de *buffer* estabelecido, gerando assim uma grande sobreposição entre eles.

O número de paradas de ônibus disponíveis para serem criados *buffers* totalizava 10. Isso poderia gerar uma dificuldade na análise estatística posterior devido a pequena quantidade de regiões agregadoras.

A sobreposição de *buffer* havia sido resolvida por Machado (2017) através da união entre *buffers* muito próximos, principalmente entre estações ou paradas de ônibus que formavam módulos para os dois sentidos do corredor. Porém, essa solução não foi possível de ser aplicado a esse estudo, posto que os corredores da Av. Independência e da Av. Cristóvão Colombo possuem somente um sentido e, assim, diminuiria ainda mais a amostra. Sendo assim, se uniriam *buffers* sobrepostos de mesmo sentido e em maior quantidade, conforme Figura 14, do que o máximo ocasionado naquele estudo, que foram união de dois pontos de interesse.

Figura 14 - As áreas mais escuras dos *buffers* mostram a ocorrência de sobreposição



(fonte: elaborado pelo autor)

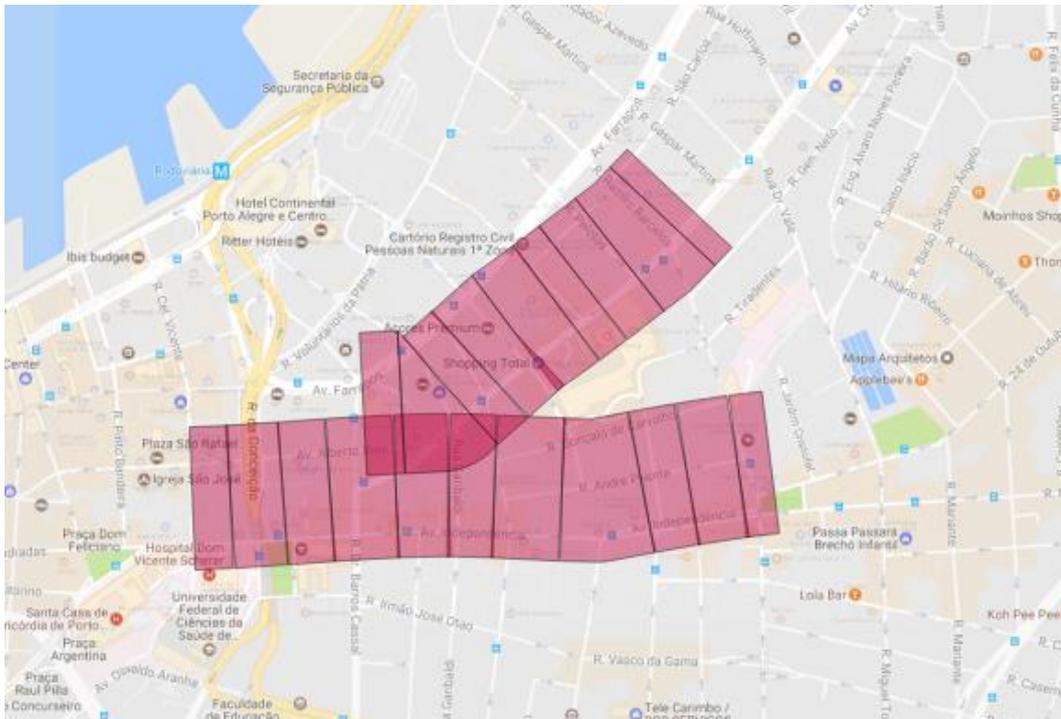
## 6.2.2 Buffers gerados a partir de segmentação linear de meia-quadra a meia-quadra

A escolha do critério de divisão linear dos corredores foi avaliada por Machado (2017) e foi indicado por poder controlar melhor o número de *buffers* criados e criar uma praticidade maior comparada com paradas de ônibus no manuseio dos dados, mas era contraindicada para aquele estudo por poder criar áreas de grande heterogeneidade dentro de um mesmo *buffer* dependendo da sua extensão.

O segundo critério de segmentação avaliado foi segmentar o eixo viário linearmente, sendo que cada segmento iria do ponto localizado na metade uma quadra até a metade de outra quadra, sendo o primeiro e último trecho segmentados de uma esquina até o meio da quadra. Essa solução proposta propunha estabelecer um padrão da estrutura viária envolvida na análise, agregando sempre uma interseção e um segmento de quadra, dessa forma esse será tido com a **Segmentação 1** do estudo.

Foi desenvolvida essa alternativa de segmentação, pois havia uma incerteza quanto a qualidade da informação que seria obtida. Os estudos precedentes abordavam apenas o *buffer* com raio circular através de um ponto de interesse, não de um segmento.

Figura 15 - Segmentação linear de meia-quadra a meia-quadra

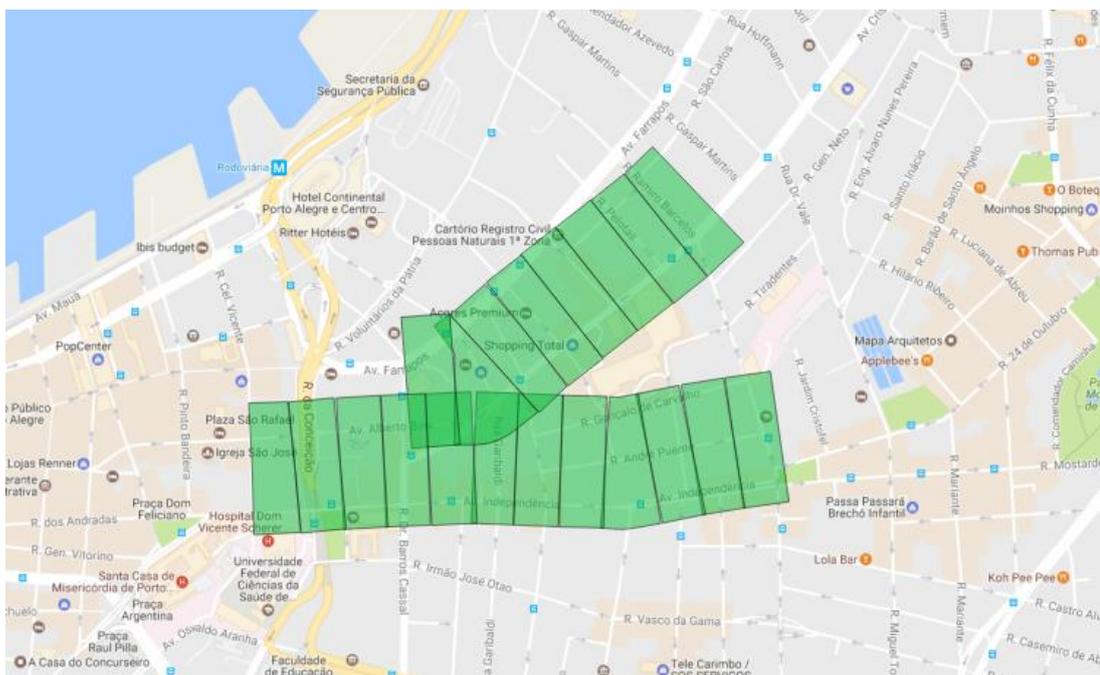


(fonte: elaborado pelo autor)

### 6.2.3 Buffers gerados a partir de segmentação linear equidistante

O terceiro critério de segmentação foi a divisão linear equidistante. Esse tipo de segmentação se apresentou adequada o modelo proposto, já que a extensão de corredores é pequena (dois km) e não apresentaria uma heterogeneidade expressiva dentro de um mesmo *buffer* já que as regiões por onde os dois corredores passam não têm mudança considerável na sua estrutura urbana. Assim, foi possível segmentar o corredor utilizando uma distância fixa de aproximadamente 100 metros para cada segmento do eixo viário. Como resultado, se obteve 20 pontos de interesse (Figura 16), o dobro do que se escolhido pontos de paradas de ônibus e a mesma quantidade da segmentação proposta na seção 6.2.2, portanto esse será a **Segmentação 2** do estudo.

Figura 16 - Segmentação linear com distâncias equidistantes de 100 metros



(fonte: elaborado pelo autor)

### 6.3 SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS

As variáveis foram analisadas para verificar se possuíam informações necessárias, se haviam sido compatibilizadas (as variáveis deveriam estar no mesmo sistema de coordenadas e em arquivos de mesmo formato, no caso *shapefiles* compatíveis com o *QGIS*) e então suas feições (ocorrência de cada variável) foram agrupadas de acordo com o *buffer* ao qual pertenciam.

Das variáveis utilizadas, algumas foram adicionadas em relação ao conjunto de variáveis proposto por Machado (2017), a fim de adaptar o modelo à configuração viária de contrafluxo, já que o modelo apresentado naquele estudo se referia a corredores centrais. Já outras variáveis foram agrupadas em apenas uma, por exemplo, a discriminação de tipos de faixas de pedestres que se tornou apenas a quantidade de faixas de pedestres sem determinar se era escalonada, com ou sem gradis, já que no recorte proposto por esse estudo não continha alguns dos tipos de travessias de pedestres estabelecidas.

O Quadro 1 contém o todas variáveis utilizadas, sendo divididas por suas características, além de determinar qual informação foi extraída, o seu tipo (dummy, contínua ou discreta), suas fontes e unidade de grandeza. Na primeira coluna, são dispostas as variáveis, dependentes e independentes, avaliadas para a modelagem e a característica a que estão relacionadas (acidentalidade, estrutura urbana, socioeconômicas e instituições de ensino). Ainda, sua unidade é demonstrada entre parênteses, sendo: “0;1” para variáveis *dummy*, ou seja, relacionada a presença ou não daquela variável no acidente; “n°” foi utilizada para variáveis discretas, que contabilizam o número de ocorrências daquelas variável dentro de um *buffer*; e as outras unidades são definidas para variáveis contínuas. A segunda coluna define o significado de cada variável. A terceira coluna define o tipo de variável baseado no modo em que foi coletada. A quarta coluna traz a fonte das informações das variáveis. A última coluna define o formato do arquivo, sendo *csv* um arquivo compatível com *Microsoft Excel* e *shapefiles* são arquivos com dados georreferenciados compatíveis com o *software QGIS*.

Para a definição de variáveis socioeconômicas, de densidade e algumas variáveis de estrutura urbana foi utilizado o banco de dados do Censo do ano de 2010. A base do Censo continha informações referentes aos setores censitários nos quais as áreas dos *buffers* interceptavam e então essas informações eram extraídas e combinadas a outras para geraram as variáveis finais.

Quadro 1 – Lista de variáveis avaliadas no estudo

<u>Variável</u>	<u>Significado</u>	<u>Tipo de Variável</u>	<u>Fonte</u>	<u>Formato do arquivo</u>
<b>Dependente</b>				
Atropelamento (n°)	Atropelamentos	discreta	EPTC - open data	csv
Total de acidentes (n°)	Total de acidentes	discreta	EPTC - open data	csv
<b>Independente</b>				
<i>Acidentalidade</i>				

(continua)

(conclusão)

Chuva (0;1)	Presença de chuva	<i>dummy</i>	EPTC - open data	csv
Automóveis (0;1)	Presença de automóveis	<i>dummy</i>	EPTC - open data	csv
Ônibus (0;1)	Presença de ônibus	<i>dummy</i>	EPTC - open data	csv
Motocicleta (0;1)	Presença de motos	<i>dummy</i>	EPTC - open data	csv
Lotações(0;1)	Presença de lotações	<i>dummy</i>	EPTC - open data	csv
Bicicleta (0;1)	Presença de bicicletas	<i>dummy</i>	EPTC - open data	csv
Dia útil (0;1)	Ocorrência em dia útil	<i>dummy</i>	EPTC - open data	csv
Dia (0;1)	Ocorrência durante o dia	<i>dummy</i>	EPTC - open data	csv
Ac.Interseção (0;1)	Ocorrência em interseção	<i>dummy</i>	EPTC - open data	csv
<b><i>Estrutura urbana</i></b>				
<b><u>Desenho urbano</u></b>				
Interseção(n°)	Número de interseções	discreta	EPTC - cedido	shapefile
Paradas (n)	Número de paradas	discreta	EPTC - cedido	shapefile
Declividade (%)	Declividade média	contínua	EPTC - cedido	shapefile
CompLink (m)	Comprimento médio de quadra	contínua	EPTC - cedido	shapefile
PARteriais (%)	Parcela de arteriais	contínua	EPTC - cedido	shapefile
P4aprox(%)	Interseções com 4 aproximações	contínua	EPTC - cedido	shapefile
Semáforo (n)	Número de semáforos	discreta	EPTC - cedido	shapefile
Fx Pedestres(n°)	Número de faixas de pedestres	discreta	coletado	shapefile
PCalcada (%)	Domicílios com calçadas	contínua	Censo 2010 - IBGE	csv
PIluminacao (%)	Domicílios com iluminação pública	contínua	Censo 2010 - IBGE	csv
PRampa (%)	Rampas para cadeirantes	contínua	Censo 2010 - IBGE	csv
PMeiofio (%)	Domicílios com meio-fio	contínua	Censo 2010 - IBGE	csv
Ppavimento (%)	Domicílio com pavimentação	contínua	Censo 2010 - IBGE	csv
PARborizacao (%)	Domicílios com arborização	contínua	Censo 2010 - IBGE	csv
<b><u>Densidade</u></b>				
DensPop (hab/km <sup>2</sup> )	Densidade Populacional	contínua	Censo 2010 - IBGE	csv e shapefile
DensDom (dom/km <sup>2</sup> )	Densidade de Domicílios	contínua	Censo 2010 - IBGE	csv e shapefile
DensComServ (n°/km <sup>2</sup> )	Densidade de comércios e serviços	contínua	SMIC - open data	csv
<b><u>Diversidade</u></b>				
Idiv	índice de diversidade do uso do solo	contínua	SMIC - open data	csv
<b><i>Socioeconômicas</i></b>				
Renda média (renda/dom)	Renda média	contínua	IBGE	csv
Menor 18 (n°)	População menor de 18 anos	discreta	IBGE	csv
18a65 (n°)	População entre 18 e 65 anos	discreta	IBGE	csv
Maior 65 (n°)	População maior de 65 anos	discreta	IBGE	csv
<b><i>Instituições de Ensino</i></b>				
n.. Escolas	Número de escolas	discreta	SMED - open data	shapefile
n° Matriculas	Número de matrículas	discreta	SMED - open data	shapefile

(fonte: elaborado pelo autor)

Todas as variáveis relacionadas a acidentalidade são definidas como *dummy* por tratarem de uma relação de existência ou não de determinada condição no momento da ocorrência do acidente. O valor “1” foi atribuído à variável *dummy* quando a ocorrência de determinada condição era esperada que influenciasse positivamente no aumento das chances de ocorrer o acidente.

*Chuva* é uma variável para verificar a condição climática em que ocorreu o acidente. Se ocorrido em um momento de chuva, o valor atribuído era 1, se a condição climática era qualquer outra (bom, nublado, não cadastrado), o valor atribuído era 0.

*Automóveis, Ônibus, Motocicleta, Lotações e Bicicleta*, todas se referem ao envolvimento de ao menos um desses veículos no acidente. A variável *Ônibus* considerou somente se foi registrado um veículo desse tipo no acidente, já que não foi possível distinguir se ele trafegava pela faixa exclusiva para ônibus no contrafluxo ou nas faixas de tráfego misto adjacentes devido às informações contidas no registro de acidentes. Uma das variáveis adicionadas ao estudo de Machado (2017) foi a variável *Lotações*, pois existem 8 linhas na Av. Independência e 5 na Av. Cristóvão Colombo que utilizam a faixa exclusiva (EPTC, 2017) e, assim, podem ter significância no diagnóstico de prevalência.

*Dia útil* foi retirada indiretamente da base de dados de acidentes da EPTC. A base original continha o dia da semana em que ocorreu o acidente, desta forma, foi definido que os dias comumente estabelecidos como dias úteis (segunda-feira a sexta-feira) seriam utilizados para gerar essa variável. Julga-se que nesses dias o fluxo de veículos e pessoas são maiores devido à presença de atividades comerciais, educacionais e de serviços. Feriados que ocorressem em dias de semana e que, desse modo, tirariam a característica que fundamentou a variável não foram considerados a fim de simplificar a coleta das informações.

O registro de acidentes fornecido pela EPTC registra entre as 06:00 e as 18:00 horas como o turno “Dia”, desconsiderando a subjetividade de definir pela condição de iluminação natural, já que em determinadas épocas do ano o dia escurece mais rapidamente e amanhece tardiamente. A variável *Dia* tem estabelecida sua condição de valor 1 (ocorrência) devido a maior atividade de comércio e serviços, portanto maior fluxo de veículos e pessoas nesse turno, satisfazendo essa atribuição de valor.

A *Interseção* define quando um acidente ocorre numa interseção. As interseções são pontos que possuem maior quantidade de conflitos possíveis, consequentemente, o valor 1 é atribuído quando o acidente ocorreu em uma interseção.

A variável *Interseção* corresponde ao número de interseções presentes dentro de um *buffer*. São consideradas as interseções de todos os tipos, podendo conter de uma a até mais de 4 aproximações. Essa variável também foi adicionada ao agrupamento inicial de variáveis de Machado (2017), no intuito de adicionar uma característica importante para elementos da estrutura urbana.

*Paradas* não foi uma variável abordada no estudo de Machado (2017), pois era considerada o ponto de interesse para geração dos *buffers*. Como o ponto de interesse para *buffers* dessa pesquisa é o segmento de eixo da via no contrafluxo, essa variável foi incluída nas selecionadas. O quantitativo de paradas foi baseado em um *shape* com informações previamente coletadas. Porém, o *shape* somente continha paradas e estações existentes ao longo de corredores ou faixas exclusivas de ônibus, desconsiderando paradas localizadas em calçadas à direita da pista de tráfego misto.

*Declividade* é definida como a média das declividades encontradas dentro de cada *buffer*. Os dados foram coletados a partir do *shape* malha viária, que continha diversos parâmetros de declividade. Foi usado, então, o parâmetro que considerava a declividade absoluta entre dois pontos que fornece uma boa suposição do quanto é acidentado o terreno.

*CompLink* fornece a informação da média dos comprimentos de malha viária presentes em cada *buffer*. Através da ferramenta *QGIS* foi possível calcular o comprimento de cada segmento ininterrupto de via localizado dentro de cada *buffer* após o recorte do *shape* de malha sobre o *buffer*.

A fim de analisar a influência de vias arteriais no modelo, foi incluída a variável *PArterial*. A variável busca a extensão de vias classificadas como arteriais no total de vias existentes dentro de cada *buffer*. Para determinar se uma via era arterial ou não, foi usado o próprio diagnóstico dos dados fornecidos pela EPTC, onde classificava as vias em “Normal”, “Arteriais 2”, “Arteriais 1” e “Via de transição”. As vias encontradas para a área em análise, eram classificadas somente Normais ou Arteriais 2. As Normais incluem vias locais e

coletoras, enquanto Arteriais 2 funcionam como um classe II de arteriais, onde a principal característica é a predominância do fluxo de passagem sobre o local.

*P4approx* é a relação de proporção entre a quantidade de interseções de 4 aproximações em relação ao total de interseções - de qualquer tipo. A variável foi criada a partir de um filtro no *shape* que continha informações sobre logradouros. Dentro desse *shape* a informação *N\_Hierarq* continha informações sobre as interseções da malha viária de Porto Alegre, e o número correspondente dessa coluna se relacionava ao número de aproximações das interseções, tornando assim possível a consolidação da variável.

A variável *Semáforos* consistiu em determinar o número de semáforos contidos por *buffer*. Semáforos podem ajudar a controlar reduções de velocidade, mas podem estar associadas a um maior volume de veículos (KIM et al., 2008).

O *shape* relacionado a quantidade de faixas de pedestres existentes – *FxPedestres* – agrupou todos seus tipos de faixas presentes no banco de dados. O *shape* com as informações dividia as faixas de travessia em contínua, escaladona com gradil e escalonada sem gradil. Optou-se por agrupá-las todas em uma única variável devido a baixa ocorrência de cada tipo dentro da área estudada.

As variáveis *PRampa*, *PMeiofio*, *Ppavimento* e *Parborização* se referem a informações da estrutura urbana em relação aos domicílios presentes. As informações foram coletadas a partir da base do censo de 2010, que determinam a porcentagem desses elementos em cada setor censitário. Para determinação da variável, foi feita uma ponderação da área do censo com a área efetiva interseccionada com o *buffer*, assim, o valor original do dado foi ponderado de acordo com a área do Censo dentro de cada *buffer*.

*DensPop*, *DensDom* relacionam, respectivamente, o número de habitantes e de domicílios com as áreas dos *buffers* correspondentes seguindo o mesmo procedimento de ponderação a partir de dados do Censo das variáveis citadas anteriormente. A variável *DensCom* verifica a densidade do número de comércio pelo valor da área do *buffer* em que são localizados.

A variável *IDiv* foi criada por Torres (2016) a fim de representar a diversidade de uso do solo de cada *buffer*. A variável cria um entendimento semelhante à entropia de uso do solo usada por Cervero e Kockelman (1997). A variável possui a seguinte equação para seu desenvolvimento:

$$I_{div} = \frac{|\sum_i P_i \times \ln(P_i)|}{\ln(i)} \quad (4)$$

Onde:

$i$  = número de diferentes usos do solo na área do *buffer*;

$P_i$  = Proporção de unidades de cada tipo de uso do solo em relação ao total de unidades da área em análise.

*Renda média* estabelece a relação entre renda e domicílios dentro de um *buffer* (segue o mesmo procedimento de ponderação das variáveis que usaram o Censo como base). As variáveis de idades – *Menor 18, 18 a 65 e Maior 65* - contabilizam o número de pessoas com as idades citadas dentro de cada *buffer*.

Por fim, *Nº de Escolas e Nº de Matrículas* referem-se ao número de escolas e número de matrículas dentro de cada *buffer*, sendo que a última variável citada também é uma variável adicional ao modelo de Machado (2017). Essa variável foi adicionada com a expectativa de determinar se a influência do número de matrículas seria mais significativa do que somente o número de escolas, considerando que escolas dentro da região possuíam números de alunos muito diferentes entre si em alguns casos.

Com as variáveis definidas, foi realizada uma análise descritiva com o propósito de avaliar melhor suas grandezas e determinar se tinham valores condizentes com a base de dados. A análise descritiva foi realizada para os dois tipos de segmentação avaliados como alternativas para o estudo – segmentação de meio de quadra a meio de quadra (Segmentação 1) e segmentação de 100 em 100 metros (Segmentação 2) - conforme capítulo 6.2. Uma variação entre valores das variáveis para acidentes totais e atropelamentos é observada, visto que dois *buffers* não apresentavam nenhum atropelamento, fazendo com que o cálculo da média e dos valores de mínimos e máximos mudasse. As tabelas 7 e 8 demonstram os resultados das análises descritivas.

Tabela 7 - Análise descritiva das variáveis para dados da segmentação 1

Variáveis	Acidentes Totais				Atropelamentos			
	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
<b>Depedentes</b>								
Ac. Totais	46.40	35.96	13.00	161.00	-	-	-	-
Atropelamentos	-	-	-	-	4.15	3.75	0.00	15.00
<b>Independentes</b>								
Chuva	3.90	3.99	0.00	18.00	4.28	4.03	1.00	18.00
Automóveis	39.35	31.39	10.00	137.00	42.33	31.72	15.00	137.00
Ônibus	3.25	3.68	0.00	16.00	3.50	3.79	0.00	16.00
Motocicleta	6.00	4.51	1.00	20.00	6.44	4.53	2.00	20.00
Lotações	2.55	2.39	0.00	8.00	2.78	2.41	0.00	8.00
Bicicleta	0.50	0.83	0.00	3.00	0.56	0.86	0.00	3.00
Dia útil	37.95	29.61	11.00	133.00	40.83	29.87	13.00	133.00
Dia	35.70	27.24	9.00	118.00	38.50	27.31	14.00	118.00
Ac.Interseção	13.85	13.78	0.00	61.00	15.17	13.92	0.00	61.00
Interseção	2.40	2.26	0.00	10.00	2.56	2.33	0.00	10.00
Paradas	0.50	0.51	0.00	1.00	0.56	0.51	0.00	1.00
Declividade	0.03	0.02	0.01	0.06	0.03	0.02	0.01	0.06
CompLink	141.34	18.93	100.92	167.11	139.92	18.96	100.92	163.66
PArteriais	0.32	0.12	0.13	0.57	0.32	0.12	0.13	0.57
P4aprox	0.37	0.38	0.00	1.00	0.41	0.38	0.00	1.00
Semáforo	1.30	0.57	1.00	3.00	1.33	0.59	1.00	3.00
Fx Pedestres	1.00	0.46	0.00	2.00	1.00	0.49	0.00	2.00
Pcalçada	1.00	0.01	0.98	1.00	1.00	0.01	0.98	1.00
Piluminacao	1.00	0.01	0.97	1.00	1.00	0.01	0.97	1.00
Prampa	0.49	0.32	0.00	1.00	0.49	0.32	0.00	1.00
Pmeiofio	1.00	0.01	0.98	1.00	1.00	0.01	0.98	1.00
Ppavimento	0.95	0.16	0.42	1.00	0.94	0.17	0.42	1.00
PArborizacao	0.88	0.24	0.01	1.00	0.88	0.25	0.01	1.00
DensPop	15679.42	6257.04	7629.60	30101.21	15599.58	6112.38	7629.60	30101.21
DensDom	7445.97	3300.79	3056.47	14318.23	7379.57	3185.02	3056.47	14318.23
DensComServ	3439.49	2346.79	724.64	9700.43	3640.72	2391.52	724.64	9700.43
Idiv	0.47	0.13	0.19	0.70	0.48	0.13	0.19	0.70
Renda média	5176.55	1912.69	3153.85	9628.39	5236.33	2012.69	3153.85	9628.39
Menor 18	52.91	24.07	19.41	95.37	52.30	23.92	19.41	95.37
18a65	349.85	173.72	116.95	662.51	347.78	172.59	116.95	662.51
Maior 65	92.48	53.86	20.35	189.44	92.03	53.82	20.35	189.44
n.. Escolas	0.30	0.47	0.00	1.00	0.28	0.46	0.00	1.00
n° Matrículas	160.65	332.11	0.00	1270.00	167.00	348.69	0.00	1270.00

Tabela 8 - Análise descritiva das variáveis para dados da segmentação 2

Variáveis	Acidentes Totais				Atropelamentos			
	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
<b>Dependentes</b>								
<i>Ac. Totais</i>	47.15	38.48	8.00	159.00	-	-	-	-
<i>Atropelamentos</i>	-	-	-	-	4.61	4.26	1.00	17.00
<b>Independentes</b>								
Chuva	4.00	4.40	0.00	20.00	4.33	4.51	0.00	20.00
Automóveis	40.05	33.61	8.00	135.00	43.22	33.98	11.00	135.00
Ônibus	3.25	3.64	0.00	15.00	3.61	3.66	0.00	15.00
Motocicleta	6.00	4.65	1.00	20.00	6.44	4.68	3.00	20.00
Lotações	2.60	1.96	0.00	6.00	2.89	1.84	1.00	6.00
Bicicleta	0.50	0.89	0.00	3.00	0.56	0.92	0.00	3.00
Dia útil	38.70	31.42	8.00	130.00	41.78	31.66	12.00	130.00
Dia	36.30	29.57	7.00	115.00	39.44	29.53	7.00	115.00
Ac.Interseção	13.85	14.88	0.00	61.00	15.28	15.02	0.00	61.00
Interseção	2.35	2.30	0.00	10.00	2.50	2.36	0.00	10.00
Paradas	0.50	0.51	0.00	1.00	0.56	0.51	0.00	1.00
Declividade	0.03	0.02	0.01	0.06	0.03	0.02	0.01	0.06
Complink	142.33	22.10	104.04	180.30	143.39	21.42	104.04	180.30
PArteriais	0.30	0.12	0.00	0.51	0.29	0.13	0.00	0.51
P4aprox	0.30	0.34	0.00	1.00	0.34	0.34	0.00	1.00
Semáforo	1.30	0.66	0.00	2.00	1.39	0.61	0.00	2.00
Fx Pedestres	1.00	0.46	0.00	2.00	1.06	0.42	0.00	2.00
Pcalcada	1.00	0.01	0.97	1.00	1.00	0.01	0.97	1.00
Piluminacao	1.00	0.01	0.97	1.00	1.00	0.01	0.97	1.00
Prampa	0.48	0.31	0.00	1.00	0.49	0.31	0.00	1.00
Pmeiofio	1.00	0.01	0.97	1.00	1.00	0.01	0.97	1.00
Ppavimento	0.95	0.16	0.37	1.00	0.94	0.17	0.37	1.00
PArborizacao	0.89	0.23	0.01	1.00	0.89	0.24	0.01	1.00
DensPop	16252.14	5978.87	7349.11	27808.18	16196.88	5772.02	7349.11	27808.18
DensDom	7772.26	3191.14	2880.71	13868.27	7719.26	3052.18	2880.71	13868.27
DensComServ	3047.08	2032.12	819.94	7231.83	3233.20	2058.73	819.94	7231.83
Idiv	0.45	0.12	0.22	0.66	0.46	0.12	0.25	0.66
Renda média	5202.29	1939.18	3153.85	9227.07	5300.90	2019.64	3153.85	9227.07
Menor 18	51.94	17.30	24.79	97.22	51.46	16.56	24.79	97.22
18a65	344.36	122.40	167.11	583.70	342.88	115.85	167.11	583.70
Maior 65	91.48	40.18	22.18	160.92	91.56	39.12	22.18	160.92
<i>n.. Escolas</i>	0.30	0.47	0.00	1.00	0.33	0.49	0.00	1.00
<i>n° Matriculas</i>	221.40	583.84	0.00	2505.00	246.00	612.01	0.00	2505.00

No intuito de estudar possíveis ruídos que determinadas variáveis pudessem gerar nos modelos e para determinar quais variáveis seriam mais adequadas para representar os fatores associados à ocorrência de acidentes no ambiente estudado foram definidos 3 grupos de variáveis, conforme Quadro 2.

Quadro 2 - Variáveis correspondentes aos 3 grupos estabelecidos

<b>Variáveis</b>	<b>Grupo 1</b>	<b>Grupo 2</b>	<b>Grupo 3</b>
Chuva	x	x	-
Automóveis	x	x	-
Ônibus	x	x	-
Motocicleta	x	x	-
Lotações	x	x	-
Bicicleta	x	x	-
Dia útil	x	x	-
Dia	x	x	-
Ac.Interseção	x	-	-
Interseção	-	x	x
Paradas	x	x	x
Declividade	x	x	x
CompLink	x	x	x
PArteriais	x	x	x
P4aprox	x	x	x
Semáforo	x	x	x
Fx Pedestres	x	x	x
Pcalcada	x	x	x
Piluminacao	x	x	x
Prampa	x	x	x
Pmeiofio	x	x	x
Ppavimento	x	x	x
PArborizacao	x	x	x
DensPop	x	x	x
DensDom	x	x	x
DensComServ	x	x	x
Idiv	x	x	x
Renda média	x	x	x
Menor 18	x	x	x
18a65	x	x	x
Maior 65	x	x	x
n.. Escolas	x	-	-
n° Matriculas	-	x	x

A escolha das variáveis do *Grupos 1* se deu para adotar um conjunto de variáveis o mais próximo possível dos estudos precedentes conduzidos por Machado (2017) e Torres (2016). Esses estudos obtiveram bons resultados com as variáveis selecionadas.

O *Grupo 2* teve a substituição das variáveis *Ac. Interseção* e *n° Escolas* para as variáveis *Interseção* e *n° de Matrículas*. A mudança foi provocada já que a possibilidade de interpretação da variável que representa o número de interseções é mais clara que a análise do número de acidentes em uma interseção. O número de interseções cria uma conexão mais direta para a interpretação da estrutura urbana do que acidentes ocorridos em interseções, já que o foco é a quantificação das interseções. Já a mudança para o N° de Matrículas foi estabelecido na leitura das informações contidas no *shape* de escolas, onde algumas escolas tinham um número de matrículas muito superior a outras, podendo algumas escolas gerar um tráfego de pessoas muito superior a outras.

O *Grupo 3* serviu como comparativo ao *Grupo 2* para analisar se as variáveis relacionadas a accidentalidade estariam gerando algum ruído na modelagem já que eram diretamente ligados aos acidentes.

## 6.4 MODELOS GERADOS

Os modelos gerados através da regressão Binomial Negativo foram executados a partir dos dois tipos de segmentação avaliados, sendo a Segmentação 1 uma segmentação linear de meia em meia quadra e a Segmentação 2 uma segmentação linear de 100 em 100 metros. Cada modelo gerado foi executado a partir de uma regressão Binomial Negativa envolvendo os três grupos de variáveis discutidos na seção 6.3.1. Os resultados das etapas para gerar os modelos são apresentados a seguir.

### 6.4.1 Teste de multicolineariedade

O desenvolvimento dessa etapa busca eliminar relações de multicolineariedade entre as variáveis propostas. O processo utilizado para essas eliminações de variáveis com multicolineariedade foi através da técnica *backwards elimination*. A técnica consiste em eliminar uma variável por vez, considerando o critério daquela que tenha o maior valor de VIF. O processo se repete até que toda variáveis restantes apresentem um VIF máximo de 10 (HAIR et al., 2009).

Ao gerar as primeiras rodadas de regressões lineares para os modelos no *software SPSS*, algumas relações muito fortes de colinearidade (problema de multicolinearidade) ocorriam e as variáveis eram automaticamente excluídas da rodada. Algumas variáveis retornavam ao processo quando as relações eram eliminadas através da exclusão de determinada variável.

O exemplo da Tabela 9 mostra que na primeira rodada da regressão linear variáveis como *Densidade Populacional* e *Densidade de Domicílios* foram automaticamente eliminadas devido à forte colinearidade. O mesmo acontece para as variáveis *Ônibus* e *Paradas* e também para *PIluminação* e *Pcalçadas*. A correlação entre *Auto*, *Motocicletas*, *Dúil e Dia* pode ser explicada já que em dias úteis, durante o dia, o fluxo de todos tipos de veículos é maior. Entre as variáveis analisadas, a correlação pode ser observadas entre a variável *DensComServ* e *Renda média* já que em locais com uso de solo mais denso o valor de imóveis e alugueis é maior. Os resultados para o uso da variável dependente *Atrapelamentos* foi muito semelhante dos resultados para *Ac. Totais*.

Tabela 9 - Análise inicial da regressão linear para Segmentação 1 com Grupo de Variáveis 1 para acidentes totais

<b>Segmentação 1 - Grupo Variáveis 1</b>	
<b>Variáveis Analisadas</b>	<b>VIF</b>
Chuva	61.062
Lotações	65.947
Bicicleta	56.021
Ac. Interseção	4.787
n° Escolas	4.280
Fx Pedestres	7.262
Semáforos	5.383
DensComServ	99.927
18a65	30.254
% dom. com pav	5.558
% dom. com arborização	5.628
% dom. com rampa para cadeirante	26.114
% dom. com meio fio	11.507
Renda média	64.500
Declividade	75.683
Comprimento Médio Quadra	4.381
Parcela de Arteriais	4.775
Interseções com 4 aprox	13.326
Índice Diversidade	10.097

(continua)

(conclusão)	
Variáveis Eliminadas	VIF
Auto	-
Moto	-
Ônibus	-
Dútil	-
Dia	-
Paradas	-
Densidade Populacional (hab/km <sup>2</sup> )	-
menos18	-
mais65	-
% iluminação pública	-
% dom. com calçada	-
Densidade Domicilios (dom/km <sup>2</sup> )	-

A seguir, nas tabelas 10 e 11 são apresentados os resultados finais das variáveis com VIF menor que 10 para os dois modos de segmentação. Nota-se que para o modo de segmentação 2 e grupo de variáveis 1 uma exceção foi admitida. Algumas variáveis foram aceitas com o VIF entre 10 e 11, pois foram consideradas variáveis relevantes e passíveis de serem melhor analisadas na estimação dos modelos.

Tabela 10 - Resultado final da análise de multicolineariedade para Segmentação 1

Segmentação utilizada	Grupos Variáveis 1		Grupos Variáveis 2		Grupos Variáveis 3	
	Variáveis	VIF	Variáveis	VIF	Variáveis	VIF
<b>Segmentação 1</b>	PArborizacao	3.804	PArborizacao	5.696	PArborizacao	5.253
	Ppavimento	1.556	Ppavimento	1.405	Pmeiofio	3.514
	Prampa	4.272	Prampa	6.653	Ppavimento	1.426
	18a65	6.768	Piluminacao	8.253	Prampa	4.905
	Ac.Interseção	3.830	Bicicleta	2.393	Piluminacao	5.551
	Bicicleta	1.656	CompLink	3.074	CompLink	2.111
	CompLink	3.053	Declividade	6.391	Declividade	6.104
	Declividade	5.941	n° Escolas	2.121	n° Escolas	2.170
	Fx Pedestres	1.745	Fx Pedestres	1.700	Fx Pedestres	3.351
	Idiv	2.561	Idiv	2.629	Idiv	2.669
	P4aprox	2.009	P4aprox	1.950	P4aprox	2.253
	Lotações	6.320	Lotações	5.508	Menor 18	4.940
	n° Escolas	1.842	Menor 18	6.132	Paradas	4.725
	Ônibus	2.562	Ônibus	5.585	PArteriais	2.921
	PArteriais	3.673	PArteriais	3.478	Renda média	5.147
	Renda média	4.279	Renda média	4.175	Semáforo	7.403
	Semáforo	4.337	Semáforo	3.403		

Tabela 11- - Resultado final da análise de multicolineariedade para Segmentação 2

Segmentação utilizada	Grupos Variáveis 1		Grupos Variáveis 2		Grupos Variáveis 3	
	Variáveis	VIF	Variáveis	VIF	Variáveis	VIF
Segmentação 2	PArborizacao	9.087	PArborizacao	6.039	PArborizacao	7.040
	Pmeiofio	2.601	Pmeiofio	2.507	Pmeiofio	2.591
	Ppavimento	4.107	Ppavimento	2.442	Ppavimento	2.487
	Prampa	4.871	Prampa	4.667	Prampa	4.892
	Bicicleta	2.817	Bicicleta	1.808	18a65	6.719
	CompLink	2.724	CompLink	2.316	CompLink	2.049
	DensComServ	10.721	Declividade	6.255	Declividade	6.036
	DensDom	6.583	DensComServ	8.682	DensComServ	8.436
	n.. Escolas	3.116	DensDom	6.790	n.. Escolas	1.772
	Fx Pedestres	3.247	n.. Escolas	1.858	Fx Pedestres	1.767
	Idiv	9.600	Fx Pedestres	2.088	Idiv	7.401
	Interseção	10.475	Idiv	8.662	P4aprox	2.906
	P4aprox	5.481	P4aprox	2.934	Paradas	3.415
	Paradas	10.343	Paradas	3.419	PArteriais	4.587
	PArteriais	4.185	PArteriais	4.573	Renda média	2.858
	Renda média	2.983	Renda média	2.986		
	Semáforo	7.755				

#### 6.4.2 Estimação dos Modelos

Após eliminar as variáveis que apresentassem VIF maior que 10, foi usado o *software SPSS* para gerar os modelos pelo método binomial negativo. A mesma técnica de eliminação usada para a regressão linear de verificação do VIF foi utilizada nesse método, *backward elimination*. Entretanto, a relação usada era com o parâmetro *Valor-p*; o qual testa a significância da variável. O valor de significância utilizado foi de 90%, assim, as variáveis deveriam apresentar um *Valor-p* de até 0,1. Quando uma variável apresentasse valor mais próximo de 1 ela era, então, eliminada e o processo se repetia a cada rodada até que todas restantes estivessem dentro do intervalo estabelecido. A Tabela 12 apresenta as variáveis significativas para todos modelos e grupos de variáveis testados.

Tabela 12 - Tabela resumo do modelo Binomial Negativo para todos modelos e grupos de variáveis avaliados

Segmentações	Variável Dependente	Variáveis Significativas	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
			B	Valor-p	B	Valor-p	B	Valor-p
Segmentação 1	Ac. Totais	<i>Ac. Interseção</i>	0,35	0,072	-	-	-	-
		<i>Piluminacao</i>	-	-	50,51	0,07	50,51	0,07
	Atropelamento	-	-	-	-	-	-	
Segmentação 2	Ac. Totais	<i>Ac. Interseção</i>	0,04	0,03	-	-	-	-
		<i>Paradas</i>	-	-	0,777	0,086	0,777	0,086
	Atropelamento	<i>PARteriais</i>	-4,092	0,074	-4,092	0,074	-4,092	0,074

### 6.4.3 Efeitos Marginais

Como os resultados do modelo Binomial Negativo para atropelamentos da Segmentação 1 não foram satisfatórios, já que não houve variável significativa; portanto os efeitos marginais foram calculados somente para os resultados da Segmentação 2. Além disso, os resultados das variáveis e seus *Valores-p* foram os mesmos para os grupos de variáveis 2 e 3; sendo assim, foi calculado o efeito marginal somente para os grupos 1 e 3.

Tabela 13 - Efeitos marginais para modelos de frequência de acidentes totais

		Variáveis	Coefficiente	Incremento	Tipo de variável	Efeito Marginal
Segmentação 2	Grupo 1	<i>Ac. Interseção</i>	0,040	1 unid.	<i>dummy</i>	<b>2.13</b>
		Const.	3.136			
	Grupo 3	<i>Paradas</i>	0,777	10%	discreta	<b>37.36</b>
		Const.	3.391			

Tabela 14 - Efeitos marginais para modelos de frequência de atropelamentos

		Variáveis	Coefficiente	Incremento	Tipo de variável	Efeito Marginal
Segmentação 2	Grupos 1 e 3	<i>PARteriais</i>	-4.092	10%	contínua	<b>-16.27</b>
		Const.	2.540			

Efeitos marginais para variáveis contínuas e discretas foram calculados a partir de um incremento de 10% na média do valor de cada variável, enquanto que variáveis *dummy* foram calculadas a partir de um incremento unitário na variável.

## 7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Esse capítulo discutirá os resultados obtidos da seção anterior, analisando os resultados que cada modelo apresentou e a relação das variáveis com a segurança viária em corredores no contrafluxo.

A Tabela 12 apresentou um resumo de todas as variáveis significativas resultantes para todas as combinações de modelos e grupos de variáveis. A variação no tipo de segmentação gerou diferentes resultados finais na modelagem. O modelo estimado para Segmentação 1 – meia a meia quadra – gerou resultados insatisfatórios. Não houve variável dentro do intervalo de confiança definido (90%) para a variável dependente *Atropelamentos*. Ainda, a variável *Piluminacao* teve um coeficiente muito alto (50,01), comparativamente aos outros modelos que tiveram valores muito menores. A influência dessa variável parece um pouco superestimada, já que as Tabelas 7 e 8 mostram que o valor mínimo de porcentagem de domicílios com iluminação é de 97%, e sua média é próxima de 100%, ou seja, a variação é muito baixa para criar tamanha influência. Por fim, considerando que cerca de 77% dos acidentes dentro da área analisada ocorreram durante o turno do dia, determinar tamanha interferência para uma variável relacionada ao turno noturno gerou incertezas quanto a qualidade desse modelo, gerado pela segmentação de meia a meia quadra, portanto essa segmentação foi descartada nas análises seguintes.

Os modelos estimados a partir dos dois modos de segmentação para os grupos de variáveis 2 e 3 não apresentaram diferença nos resultados de suas variáveis significativas e respectivos coeficientes. Foi considerado, então, que as variáveis envolvidas com a acidentalidade não estavam gerando ruídos e maiores influências sobre os resultados, assim, o Grupo 2 de variáveis foi descartado.

### 7.1 MODELOS DE FREQUÊNCIA PARA ACIDENTES TOTAIS

Considerando a Segmentação 2 (segmentação de 100 em 100 metros) e os grupos de variáveis 1 e 3 para número de acidentes totais, as variáveis significativas foram a ocorrência de acidentes em interseções (variável *Ac.Interseções*) e paradas de ônibus (variável *Paradas*).

Paradas de ônibus foram relacionadas com um aumento na frequência de acidentes. Diferentes estudos mostram que existe uma correlação entre acidentes e estações ou paradas de ônibus (HESS et al., 2004). Outros estudos mostram que, por atrainem pedestres e ônibus para o

local, caso esses locais não possuam devida infraestrutura segura, como semáforos e faixas de travessia, o resultado da presença de paradas é o aumento no número de acidentes (PULUGURTHA e VANAPALLI, 2008).

Acidentes em interseção se relacionaram com um aumento no número de acidentes, demonstrado pelo seu coeficiente (0,040). Interseções costumam ser locais que concentram grande número de conflitos entre diversos usuários numa via. Gerar um aumento na frequência de acidentes é um resultado coerente.

O efeito marginal para a variável *Ac. Intersecao* pode ser entendido da seguinte maneira: para cada acidente ocorrido em interseções, é esperado um aumento de 2 acidentes na região. Já o efeito marginal para variável *Paradas* indica que um acréscimo de 10% no número de paradas existentes pode gerar um aumento de 37 acidentes sobre o número de acidentes totais. Esse dado deve ser tratado com cautela, posto que por se tratar de um elemento da parte operacional de um sistema de ônibus sua interpretação se torna mais complexa. Paradas de ônibus costumam ser dispostas de acordo com estudos prévios de demanda do sistema. A capacidade de alocar mais paradas de ônibus ao longo do corredor se torna questionável, pois novas paradas podem não ter a mesma frequência de passageiros e ônibus.

## 7.2 MODELOS DE FREQUÊNCIA PARA ATROPELAMENTOS

No modelo de frequência para atropelamentos, a única variável significativa foi *PArterial*, que é definida pela quantidade de extensão de vias arteriais em relação a extensão total contida em cada *buffer*. A influência esperada dessa variável era o aumento no número de atropelamentos devido ao maior fluxo e velocidades ocorridas em vias com essa hierarquia. Porém o coeficiente negativo (-4,092) retifica esse prenúncio. Alguns estudos mostram que vias com maior índice de acesso à ônibus e conectividade para pedestres, características de vias arteriais, estão associadas negativamente a acidentes (CLIFTON et al., 2009). Isso pode ser explicado pelos atributos ligados a esses eixos, como melhor iluminação, maior quantidade de travessias de pedestres e semáforos para pedestres, que atuam a favor da segurança.

Os efeitos marginais para o modelo de frequência de atropelamentos, apontados na Tabela 14, indicam que um aumento de 10% no percentual de extensão de vias arteriais existentes pode gerar uma redução de cerca de 16 atropelamentos na região.

### 7.3 ESCOLHA DO *BUFFER* E SEGMENTAÇÃO UTILIZADA

A definição pela escolha do tipo de *buffer* e ponto de interesse pode ser concluída como inexata. Isso porque a variação entre os tipos de ponto de interesse escolhidos foi pequena (a diferença entre áreas e extensões dos segmentos não apresentavam grandes discrepâncias) e mesmo assim os resultados na estimação dos modelos e suas variáveis significativas foi bastante discrepante. Outro fator que pode estar associado a essa falta de consistência dos resultados é a pequena extensão de vias analisadas, o que resulta em um número pequeno de áreas para análise. Pequenas amostras podem não gerar informações suficientes para obter uma relação satisfatória entre tantos elementos analisados. Porto Alegre por possuir somente dois corredores exclusivos para ônibus com a configuração avaliada, soma um total de apenas 2 km, e esse tamanho de amostra de dados pode não ser o suficiente para se analisar tantos aspectos relacionados a acidentes de trânsito.

A Segmentação 2, linear de 100 em 100 metros, apresentou um melhor ajuste nesse estudo. Devido à Segmentação 1, linear de meia em meia-quadra, apresentar resultados inconsistentes para uma de suas variáveis significativas, e, principalmente por não ter nenhuma variável significativa para a variável dependente *Atropelamentos*, essa segmentação teve considerado um ajuste insuficiente em relação à Segmentação 2.



## 8 CONCLUSÃO

Sistemas de transporte coletivo por ônibus já são responsáveis por cerca de 30% das viagens de trânsito no Brasil (ANTP,2016) e podem representar cerca de 65% dos acidentes graves envolvendo pedestres (VIOLA; ROE, 2010). Ainda, a literatura existente especificamente para corredores de ônibus no contrafluxo não é limitada e são necessários maiores avanços no entendimento do impacto desse tipo de corredor sobre a segurança viária.

A presente pesquisa, realizada através de diferentes testes de grupo de variáveis e tipologias de *buffers* com diferentes pontos de interesse, atingiu os dois objetivos propostos:

(i) Foram identificadas, através da revisão bibliográfica, 33 variáveis relacionadas à segurança viária passíveis de serem estudadas a fim de identificar sua prevalência associada a acidentes de trânsito no entorno de corredores de ônibus no contrafluxo.

(ii) Foi identificada a prevalência de fatores associados à ocorrência de acidentes de trânsito no entorno de corredores de ônibus no contrafluxo; foram obtidas 3 variáveis significativas: ocorrência de acidentes em interseções, quantidade de paradas de ônibus e parcela de arteriais no entorno de um corredor de ônibus no contrafluxo. Porém, os resultados ainda precisam indícios mais consistentes para se afirmar um claro entendimento dos fatores associados a acidentes nesse tipo de corredor de ônibus.

Através da escolha de diferentes segmentações para geração de *buffers* e grupos de variáveis, foi definido que os agrupamentos para segmentação de 100 em 100 metros com os grupos de variáveis 1 e 3 obtiveram os resultados mais consistentes. O Quadro 3 apresenta um resumo das variáveis e seus impactos esperados sobre acidentes de trânsito:

Quadro 3 - Resumo das variáveis significativas e seus impactos

<b>Variável</b>	<b>Ac. Totais</b>	<b>Atropelamentos</b>
<i>Ac. Interseção</i>	+	
<i>Paradas</i>	+	
<i>Parteriais</i>		-

Das variáveis identificadas nesse estudo, somente uma foi também encontrada no modelo de frequências de acidentes totais de Machado (2017), *Ac. Interseção*. Esse resultado ajuda a reforçar a diferença quanto à segurança viária entre corredores de ônibus centrais e em

contrafluxo, já que variáveis diferentes impactaram cada configuração de sistema prioritário para ônibus.

A conclusão acerca do modo como segmentar e como escolher pontos de interesse para corredores de ônibus no contrafluxo é de que os resultados se apresentam sensíveis ao modo como essas escolhas são feitas. Os resultados para as duas segmentações lineares utilizadas apresentou diferenças consideráveis. A segmentação linear de meia em meia quadra não obteve nenhuma variável significativa para a variável dependente *Atropelamentos*, enquanto que para a segmentação linear equidistante de 100 em 100 metros foi obtida a variável *Parteriais* para a variável dependente *Atropelamentos*. Para a variável dependente *Acidentes Totais*, a segmentação de 100 em 100 metros teve duas variáveis significativas: *Ac. Interseção* e *Paradas*. Já segmentação de meia em meia quadra apresentou significância na variável relacionada a acidentes ocorridos em interseções, *Ac. Interseção*, e na variável *PIluminação*, relacionada a porcentagem de domicílios com iluminação pública na região. Porém, a última variável, *PIluminação*, apresentou um coeficiente com relevância muito elevada (50,51) para uma região com características de iluminação pública tão semelhantes.

Como sugestões para estudos futuros, indica-se aprofundar estudos sobre corredores no contrafluxo, principalmente quanto a severidade de acidentes. Ainda, abordar a prevalência de fatores associados a acidentes de trânsito no entorno das outras classes hierárquicas de vias – arteriais, coletoras e locais – a fim de poder obter um cenário completo para uma cidade, criando assim a possibilidade da produção de uma ferramenta para que o poder público possa analisar e criar planos de ações de acordo com o objetivo desejado.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, Silvânia Suely Caribé de Araújo. **Panorama dos acidentes de transporte terrestre no Brasil: das internações às sequelas e ao óbito.** 2015. Tese (Doutorado em Epidemiologia) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. doi:10.11606/T.6.2015.tde-21092015-131123. Acesso em: 2017-06-21.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10697: pesquisa de acidentes de trânsito – terminologia.** Rio de Janeiro, 1989.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. ANTP. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana Relatório Geral 2014.** 2016. Disponível em: <[http://files.antp.org.br/2016/9/3/sistemasinformacao-mobilidade--geral\\_2014.pdf](http://files.antp.org.br/2016/9/3/sistemasinformacao-mobilidade--geral_2014.pdf)>
- BOFFO, G. H. **Formatos e técnicas de modelos de previsão de acidente de trânsito.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- BRANDÃO, L. M. Medidores eletrônicos de velocidade: Uma visão da engenharia para sua implantação. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA DOS CAMPOS GERAIS, 2., 2006, Ponta Grossa. **Anais eletrônicos...** Ponta Grossa: [s. n.], 2006. Disponível em: <[http://www.pg.utfpr.edu.br/ppgep/anais/artigos/eng\\_elet\\_automacao/41%20MEDIDORES%20ELETRONICOS%20DE%20VELOC%20UMA%20VISA0%20ENGENHA%20PARA%20IMP.pdf](http://www.pg.utfpr.edu.br/ppgep/anais/artigos/eng_elet_automacao/41%20MEDIDORES%20ELETRONICOS%20DE%20VELOC%20UMA%20VISA0%20ENGENHA%20PARA%20IMP.pdf)>. Acesso em: 3 nov. 2016.
- BRASIL, Código Nacional de Trânsito. **Código de Trânsito Brasileiro.** Brasília: Senado Federal, Subsecretária de Edições Técnicas, 1997.
- BRTDATA. 2016. Acesso em 12 nov 2016. Disponível em: <<http://brtdata.org/>>
- CERVERO, R.; SARMIENTO, O. L.; JACOBY, E.; GOMEZ, L. F.; NEIMAN, A. Influences of Built Environments on Walking and Cycling: Lessons from Bogotá. **International Journal of Sustainable Transportation**, v. 3, n. 4, p. 203–226, 2009.
- CERVERO, Robert; KOCKELMAN, Kara. **Travel demand and the 3Ds - Density, diversity, and design.** Transportation Research Part D, v. 2, n. 3, p. 199-219, 1997.
- CHAGAS, D. M. **Estudo sobre fatores contribuintes de acidentes de trânsito urbano.** 2011. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- CLIFTON, Kelly J.; BURNIER, Carolina V.; AKAR, Gulsah. **Severity of injury resulting from pedestrian–vehicle crashes: What can we learn from examining the built environment?.** Transportation Research Part D: Transport and Environment, v. 14, n. 6, p. 425-436, ago. 2009.
- CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa : UFV, 2003. 579p, 2003

DATASUS - Departamento de Informática do SUS. Ministério da Saúde. Estatísticas vitais – Mortes por causas externas no período 2000-2014. Brasília/DF, Brasil, 2016. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php>>. Acesso em: 16 set. 2016.

DIOGENES, M. C.; LINDAU, L. A.. **Evaluation of Pedestrian Safety at Midblock crossings, Porto Alegre, Brazil**. Transportation Research Record, p. 37–43, 2010

DUDUTA, N. et al. **Understanding road safety impact of high-performance bus rapid transit and busway design features**. Transportation research record: journal of the transportation research board, v. 2317, p. 8-14, 2012.

Disponível em: <<http://www.brt.cl/wp-content/uploads/2013/03/duduna-et-al-2012.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

Duduta, N., L. A. Lindau, e C. Adriazola-Steil. **Using Empirical Bayes to Estimate the Safety Impacts of Transit Improvements in Latin America**. International Conference in Road Safety and Simulation, 2013

Dumbaugh, E., and R. Rae, Safe Urban Form: **Revisiting the Relationship Between Community Design and Traffic Safety**. Journal of the American Planning Association v.75, n.3, p. 309–329, 2009

EL-GENEIDY, Ahmed M.; LEVINSON, David M.. **Access to Destinations: Development of Accessibility Measures**. Minnesota Department of Transportation, 2006. Disponível em: <<https://www.lrrb.org/PDF/200616.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2016.

ELIAS, Wafa; SHIFTAN, Yoram. **The influence of individual's risk perception and attitudes on travel behavior**. Transportation research part A, v. 46, n. 8, p. 1241–1251, 2012.

ELVIK, R.; HOYE, A.; VAA, T.; SORENSEN, M. **The handbook of road safety measures**. 2nd ed. Bingley: Emerald, 2009.

EMBARQ. **Segurança em sistemas prioritários para ônibus**. World Resources Institute. Brasil, 2015. Disponível em: <<http://d.pr/f/S5P1>>

EMPRESA DE PÚBLICA DE TRANSPORTE E CIRCULAÇÃO, EPTC. Acesso em 20 de maio de 2017. Disponível em: <[http://www.eptc.com.br/EPTC\\_Itinerarios/lograd1.asp](http://www.eptc.com.br/EPTC_Itinerarios/lograd1.asp)>

EMPRESA DE PÚBLICA DE TRANSPORTE E CIRCULAÇÃO, EPTC. **Revista Transporte em Números**, Porto Alegre, n. 5, p. 9-35, 2012. Disponível em: <[http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/eptc/usu\\_doc/revista\\_onibus.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/eptc/usu_doc/revista_onibus.pdf)>. Acesso em: 29 out 2016.

EWING, R. E CERVERO, R. **Travel and the Built Environment: A Synthesis**. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 1780 p.87-114, 2001

EWING, Reid; CERVERO, Robert. **Travel and the Built Environment: A Meta-Analysis**. Journal of the American Planning Association, v. 76, n. 3, p. 265-294, 2010.

EWING, Reid; DUMBAUGH, Eric. **The Built Environment and Traffic Safety: A Review of Empirical Evidence**. *Journal of Planning Literature*, [S.L], v. 23, n. 4, p. 347-367, 2009.

Flickr. WRI Brasil Cidades Sustentáveis. 2016. Acesso em: 16 nov 2016 Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/wricidades/>.

GEHL, J. *Cidade para pessoas*. , 2014.

GREENE, W. Testing hypotheses about interaction terms in nonlinear models. **Economics Letters**, v. 107, p. 291–296, 2010.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. Bookman Editora, 2009.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. Bookman Editora, 2009.

HESS, P. M., A. V. MOUDON, AND J. M. MATLICK. **Pedestrian safety and transit corridors**. *Journal of Public Transportation* 7(2): 73-93. 2004

IBM. **IBM SPSS Statistics 19 Brief Guide**, 2010.

KAPLAN, Sigal; PRATO, Carlo Giacomo. Risk factors associated with bus accident severity in the United States: A generalized ordered logit model. **Journal of Safety Research**, v. 43, n. 3, p. 171-180, jul. 2012.

KIM, J. K. et al. Age and pedestrian injury severity in motor-vehicle crashes: A heteroskedastic logit analysis. **Accident Analysis and Prevention**, v. 40, n. 5, p. 1695–1702, 2008.

LARRAÑAGA, A. M. U. **ESTRUTURA URBANA E VIAGENS A PÉ**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul., 2012

LEVINSON, H. S. et al. Bus rapid transit: an overview. **Journal of public transportation**, v. 5, n. 2, p. 1-30, 2002. Disponível em: <<http://www.nctr.usf.edu/wp-content/uploads/2010/03/jpt-5-21-levinson.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2016.

LEVINSON, Herbert S.. **Bus rapid transit on city streets: how does it work**. Second urban street symposium, p. 1-25, 2003

LITMAN, T.; S. FITZROY. **Safe travels: Evaluating mobility management traffic safety impacts**. Victoria, BC: Victoria Transport Policy Institute, 2005

MACHADO, R. C. **Prevalência de fatores associados à ocorrência de acidentes viários no entorno de pontos de paradas de ônibus**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Portaria n. 737, de 16 de maio de 2001. **Aprova a Política Nacional de Redução da Morbimortalidade por Acidentes e Violências**. Diário Oficial da União, Brasília, p. 3, 18 de maio 2001

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Política Nacional de Mobilidade Urbana**. 2013.

Disponível em:

<[https://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSEMOB/cartilha\\_lei\\_12587.pdf](https://www.cidades.gov.br/images/stories/ArquivosSEMOB/cartilha_lei_12587.pdf)>

NAING, C. et al. **Which Factors and Situations for Human Functional Failures? Developing Grids for Accident Causation Analysis**. Traffic Accident Causation in Europe, 2007. Disponível em: <<http://www.trace-project.org/publication/archives/trace-wp5-d5-2.pdf>>. Acesso em: 04 nov. 2016.

NAING, C.; BAYER, S.; VAN ELSLANDE, P.; FOUQUET, K. **Which Factors and Situations for Human Functional Failures? Developing Grids for Accident Causation Analysis**. [S. l.: s. n.], 2007. Disponível em: <<http://www.trace-project.org/publication/archives/trace-wp5-d5-2.pdf>>. Acesso em: 3 nov. 2016.

OECD, Organization for Economic Co-operation and Development. Speed Management. 2006. Disponível em: <<https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/06speed.pdf>>

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. Empresa Pública de Transporte e Circulação. **Revista Transporte em Números**, Porto Alegre, n. 5, p. 9-35, 2012. Disponível em: <[http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/eptc/usu\\_doc/revista\\_onibus.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/eptc/usu_doc/revista_onibus.pdf)>. Acesso em: 19 nov 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. Empresa Pública de Transporte e Circulação. **Pesquisa de origem e destino de Porto Alegre**. Porto Alegre, 2004. Disponível em: <[http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/eptc/usu\\_doc/relatorio\\_edom\\_2003.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/eptc/usu_doc/relatorio_edom_2003.pdf)>. Acesso em: 19 nov 2016.

PULUGURTHA, S., AND V. VANAPALLI. **Hazardous bus stops identification: An illustration using GIS**. Journal of Public Transportation 11: 65-83. 2008.

QGIS. **QGIS User Guide: Release testing**, 2017.

SEOUL SOLUTIONS. Development Program for Yonsei-ro Transit Mall, 2016. Disponível em: <https://seoulsolution.kr/en/content/development-program-yonsei-ro-transit-mall>. Acesso em: jun 2016.

TORRES, T. B. **Prevalência de fatores associados a acidentes viários no entorno de escolas**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

VIOLA, R., M. ROE, AND H. SHIN. **The New York City Pedestrian Safety Study and Action Plan**. New York City Department of Transportation, 2010.

WASELFISZ, JULIO JACOBO. **Mapa da Violência 2011. Os Jovens do Brasil**. Brasília, Ministério da Justiça, Instituto Sangari, 2011.

WHO. **Global status report on road safety 2015**. World Health Organization. Switzerland, 2015. Disponível em: <[http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/road\\_safety\\_status/2015/en/](http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/en/)>. Acesso em: 01 novembro 2016.

WORLD ROAD ASSOCIATION. PIARC. **Road Accident Investigation Guidelines for Road Engineers**, 2007. Disponível em:  
<[http://www.who.int/roadsafety/news/piarc\\_manual.pdf](http://www.who.int/roadsafety/news/piarc_manual.pdf)>. Acesso em: 15 nov. 2016.

WRI, WORLD RESOURCERS INSTITUTE,. **O Desenho de Cidades Seguras**. 2016.  
Disponível em < <http://d.pr/f/1lLiQ>>

WRIGHT, L., AND W. HOOK. **Bus Rapid Transit: Planning Guide**. Institute for Transportation and Development Policy, New York, 2007.