

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

**Bruno Lazzari Artuso**

**MODERAÇÃO DE TRÁFEGO:  
ANÁLISE DE MEDIDAS ADOTADAS EM PORTO ALEGRE**

Porto Alegre  
junho 2016

**BRUNO LAZZARI ARTUSO**

**MODERAÇÃO DE TRÁFEGO:  
ANÁLISE DE MEDIDAS ADOTADAS EM PORTO ALEGRE**

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: Christine Tessele Nodari**

Porto Alegre  
junho 2016

**BRUNO LAZZARI ARTUSO**

**MODERAÇÃO DE TRÁFEGO: ANÁLISE DE MEDIDAS  
ADOTADAS EM PORTO ALEGRE**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRA CIVIL e aprovado em sua forma final pela Professora Orientadora e pela Coordenadora da disciplina Trabalho de Diplomação Engenharia Civil II (ENG01040) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 16 de junho de 2016.

Prof.<sup>a</sup> Christine Tessele Nodari  
Dra. em Engenharia de Transportes pela UFRGS  
Orientadora

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof.<sup>a</sup> Christine Tessele Nodari (UFRGS)**  
Dra. em Engenharia de Transportes pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Prof. Daniel Sérgio Presta Garcia (UFRGS)**  
Dr. em Engenharia de Transportes pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Prof.<sup>a</sup> Maria Beatriz Berti da Costa (UFRGS)**  
Dra. em Engenharia de Transportes pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

**Prof. João Paulo Cardoso Joaquim (UNISINOS)**  
Mestre em Engenharia de Transportes pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Alcides e Naides, à  
minha irmã Georgia e aos meus amigos  
que se mostraram sempre presentes.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à professora Christine Tessele Nodari, orientadora deste trabalho, pela dedicação e ajuda durante a elaboração, acrescentando muito para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço à minha família, sempre presente nessa muito longa e difícil caminhada da graduação. Aos meus amigos que pude criar no decorrer do curso e também aos já presentes em minha vida, apesar de muitas vezes não terem necessariamente contribuído para agilizar a formatura.

Agradeço aos profissionais da EPTC pela oportunidade de aprendizado e crescimento profissional durante o período de estágio, o que serviu para a base deste trabalho, em especial a Paula Kruel, João Paulo Cardoso e Marcelo Hansen.

Agradeço aos membros da banca, os professores Christine Tessele Nodari, Daniel Sérgio Presta Garcia, Maria Beatriz Berti da Costa e João Paulo Cardoso Joaquim, pelo tempo na leitura e elucidaciones quanto ao trabalho.

Somos finos como papel. Existimos por acaso entre as porcentagens, temporariamente. E esta é a melhor e a pior parte, o fator temporal. E não há nada que se possa fazer sobre isso. Você pode sentar no topo de uma montanha e meditar por décadas e nada vai mudar. Você pode mudar a si mesmo para ser aceitável, mas talvez isso também esteja errado. Talvez pensemos demais. Sinta mais, pense menos.

*Charles Bukowski*

## RESUMO

Este trabalho trata de um estudo comparativo de Antes e Depois referente à implantação de métodos de moderação de tráfego na Rua Corrêa Lima, em Porto Alegre. Foi comparado os dados de acidentes ocorridos nesta via no período anterior ao projeto de segurança e após o projeto. Visando um melhor aproveitamento do dinheiro público investido em segurança viária, este estudo se mostra importante para se avaliar a real eficácia destes métodos frente à diminuição de velocidade e acidentes. Na primeira parte da revisão bibliográfica apresentam-se os fatores contribuintes para os acidentes, onde o excesso de velocidade se mostra como principal. É mostrado, também, como os dados de acidentes são divididos e recolhidos. Além disso, é mostrado o conceito da segurança viária, como forma de reduzir a velocidade de automóveis e, conseqüentemente, a diminuição de acidentes graves. Métodos usados na cidade de Porto Alegre foram listados e descritos. Na segunda parte, é demonstrado as formas de se realizar o estudo, como o Método Antes e Depois Simplista, Método Antes e Depois com Grupo de Comparação e o Fenômeno de Regressão à Média. A finalização do estudo deu-se com a comparação do número de acidentes entre o período anterior e posterior ao projeto de segurança viária. Ao final do trabalho é possível identificar se estes métodos implementados foram eficazes ou não em seu objetivo.

Palavras-chave: Moderação de Tráfego. Segurança Viária. Método Antes e Depois.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Delineamento da pesquisa .....	09
Figura 2 – Ondulações transversais.....	24
Figura 3 – Ilhas de travessia .....	25
Figura 4 – MCRV .....	26
Figura 5 – Gradis .....	27
Figura 6 – Comparação da segurança .....	28
Figura 7 – Dos dados para o produto final .....	32
Figura 8 – Quadro explicativo de grupo de comparação .....	38
Figura 9 – Possibilidades de existência do FRM .....	45
Figura 10 – Rua Corrêa Lima .....	46
Figura 11 – Ondulações Transversais na Rua Corrêa Lima .....	47
Figura 12 – Marcas de Canalização como Redutor de Velocidade na Rua Corrêa Lima	47
Figura 13 – Análise da presença do FRM .....	52
Figura 14 – Análise da presença do FRM .....	56



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Contagem de acidentes e valores esperados .....	39
Tabela 3 – Resultados para etapas 1 e 2 do estudo de grupo de controle .....	44
Tabela 4 – Equações para etapas 3 e 4 do estudo de grupo de controle .....	44
Tabela 5 – Acidentes na Rua Corrêa Lima no estudo 1 .....	48
Tabela 6 – Acidentes na Rua Dona Malvina no estudo 1 .....	49
Tabela 7 – Acidentes na Rua Corrêa Lima no estudo 2 .....	49
Tabela 8 – Acidentes na Rua Dona Malvina no estudo 2 .....	50
Tabela 9 – Total de acidentes na Rua Corrêa Lima .....	53
Tabela 10 – Total de acidentes no grupo de controle e grupo de comparação .....	54
Tabela 11 – Total de acidentes nos grupos de controle e comparação em períodos menores .....	54
Tabela 12 - Total de acidentes na Rua Corrêa Lima .....	56
Tabela 13 – Total de acidentes no grupo de controle e grupo de comparação .....	58
Tabela 14 – Total de acidentes nos grupos de controle e comparação em períodos menores .....	58
Tabela 15 – Comparativo dos resultados obtidos .....	59

## **LISTA DE SIGLAS**

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

Detran – Departamento Estadual de Trânsito

EPTC – Empresa Pública de Transporte e Circulação

GRSP – *Global Road Safety Partnership*

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	05
<b>2 DIRETRIZES DA PESQUISA</b> .....	07
2.1 QUESTÃO DA PESQUISA .....	07
2.2 OBJETIVO DA PESQUISA .....	07
<b>2.2.1 Objetivo Principal</b> .....	07
<b>2.2.2 Objetivo Secundário</b> .....	07
2.3 PRESSUPOSTO .....	07
2.4 PREMISSE .....	08
2.5 DELIMITAÇÕES.....	08
2.6 LIMITAÇÕES .....	08
2.7 DELINEAMENTO .....	08
<b>3 ACIDENTES</b> .....	10
3.1 DADOS DE ACIDENTES .....	12
3.2 USUÁRIOS DA VIA .....	14
<b>3.2.1 Ciclistas</b> .....	14
<b>3.2.2 Motociclistas</b> .....	15
<b>3.2.3 Automóveis</b> .....	16
<b>3.2.4 Pedestre</b> .....	17
<b>4 MODERAÇÃO DE TRÁFEGO</b> .....	19
4.1 ONDULAÇÕES TRANSVERSAIS .....	24
4.2 ILHAS DE TRAVESSIA .....	25
4.3 MARCA DE CANALIZAÇÃO COMO REDUTOR DE VELOCIDADE (MCRV).	26
4.4 GRADIL .....	27
<b>5 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA</b> .....	28
5.1 MÉTODO ANTES-DEPOIS SIMPLISTA .....	29
<b>5.1.1 Os Quatro-Passos do Método Antes-Depois Simplista</b> .....	30
5.1.1.1 Quatro-Passos para uma única entidade .....	35
5.1.1.2 Quatro-Passos para uma entidade composta .....	36
5.2 MÉTODO ANTES E DEPOIS COM GRUPO DE COMPARAÇÃO .....	37
<b>5.2.1 Análise Estatística</b> .....	39
5.3 FENÔMENO DE REGRESSÃO À MÉDIA (FRM) .....	44
<b>6 DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO</b> .....	46

6.1 ÁREA ESTUDADA .....	46
6.2 ANÁLISE DOS NÚMEROS DE ACIDENTES .....	48
<b>6.2.1 Estudo 1 .....</b>	<b>48</b>
<b>6.2.2 Estudo 2 .....</b>	<b>49</b>
<b>7 ANÁLISE DA EFICÁCIA DAS MEDIDAS IMPLANTADAS .....</b>	<b>51</b>
7.1 ESTUDO 1 .....	51
<b>7.1.1 Método Antes-Depois Simplista .....</b>	<b>51</b>
<b>7.1.2 Método Antes e Depois Com Grupo de Comparação .....</b>	<b>53</b>
7.2 ESTUDO 2 .....	55
<b>7.2.1 Método Antes-Depois Simplista .....</b>	<b>55</b>
<b>7.2.2 Método Antes e Depois Com Grupo de Comparação .....</b>	<b>57</b>
7.3 COMPARATIVO .....	59
<b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>60</b>
REFERÊNCIAS .....	62

## 1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento da cidade, cresce também o número de vias e automóveis que nela circulam. Porém, este crescimento desordenado leva a vias com projeto e nível de manutenção deficientes do ponto de vista de segurança viária, ocasionando perigos para todos seus usuários. No sistema de uma cidade, carros e pedestres precisam saber dividir os mesmos espaços. Entretanto, devido a uma série de fatores, há casos em que os limites de um se sobrepõem aos do outro, ocasionando acidentes, ora entre veículos motorizados e não motorizados, ora entre veículos motorizados. O resultado disto é uma média de mais de 20.000 acidentes de trânsito por ano nas vias da cidade de Porto Alegre (PORTO ALEGRE, 2015a).

Um acidente de trânsito pode gerar muitos custos para o cidadão e a cidade. Além das mortes que podem ser ocasionados pelos acidentes, há também custos sociais e ambientais como, por exemplo, os congestionamentos. Um desafio para os órgãos responsáveis pelo controle do planejamento urbano da cidade é encontrar uma forma para que estes acidentes sejam reduzidos, melhorando a vida de todos.

Uma alternativa para tornar o ambiente mais seguro é a adoção de técnicas de Moderação de Tráfego, internacionalmente conhecida por *traffic calming*. A moderação de tráfego consiste em uma série de intervenções físicas nas vias com alto grau de acidentes, com o objetivo de forçar o motorista a diminuir a velocidade. A técnica é executada primordialmente para a segurança dos pedestres, porém, o seu uso acaba refletindo em maior segurança, também, para os outros usuários que nela transitam, visto que exige uma maior atenção por parte dos motoristas. O resultado é uma zona de tráfego mais segura para todos.

Para decidir quais zonas são propícias a receber as intervenções do *traffic calming*, é feita uma análise das vias com maiores problemas de segurança viária. É importante saber exatamente quais as características dos acidentes, para que se possa ajustar a técnica ao lugar em questão. Dados sobre os acidentes ocorridos nos pontos estudados são muito importantes para isto. Eles ajudam a definir quais as medidas que devem e serão usadas para aquele ponto. A cidade de Porto Alegre, foco deste trabalho, possui um programa específico para o cadastro destes acidentes, contendo informações detalhadas do ocorrido.

Este trabalho se destina a identificar os tipos de intervenção de moderação de tráfego usadas para áreas antes problemáticas do ponto de vista de segurança viária, analisando sua eficiência quanto à redução de acidentes com pedestres, automóveis e demais usuários da via. Para isto, é levado em conta o número de acidentes registrados anteriormente e posteriormente à implantação da intervenção estudada. Assim, pode-se atestar a eficácia, ou não, de tal intervenção de moderação de tráfego.

## **2 DIRETRIZES DA PESQUISA**

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

### **2.1 QUESTÃO DE PESQUISA**

A questão de pesquisa do trabalho é: os dispositivos de moderação de tráfego utilizados em Porto Alegre foram realmente eficientes na redução de acidentes de trânsito?

### **2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA**

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundário e são descritos a seguir.

#### **2.2.1 Objetivo principal**

O objetivo principal do trabalho é a verificação da eficiência dos dispositivos de moderação de tráfego utilizados nas vias da cidade de Porto Alegre quanto à redução de acidentes.

#### **2.2.2 Objetivos secundários**

Este trabalho tem como objetivo secundário a descrição dos métodos de moderação de tráfego utilizados em Porto Alegre.

### **2.3 PRESSUPOSTO**

O trabalho tem por pressupostos que os dados sobre acidentes obtidos pelo banco de dados de acidentes da cidade de Porto Alegre representam a realidade.

## 2.4 PREMISSA

O trabalho tem por premissa que a alta velocidade dos veículos motorizados é causa de muitos acidentes viários e que o uso de dispositivos que moderem esta velocidade podem reduzir estes acidentes.

## 2.5 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se a cidade de Porto Alegre.

## 2.6 LIMITAÇÕES

O trabalho limita-se a fazer a análise crítica dos locais estudados na cidade de Porto Alegre que sofreram intervenção de moderação de tráfego e para os quais se dispõem de contagens de volume de tráfego.

## 2.7 DELINEAMENTO

O trabalho será realizado através das etapas apresentadas a seguir, que são descritas nos próximos parágrafos e estão representadas na figura 1:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) caracterização dos métodos de moderação de tráfego;
- c) coleta de dados sobre acidentes;
- d) escolha dos pontos que serão analisados;
- e) análise crítica sobre métodos implantados;
- f) considerações finais.

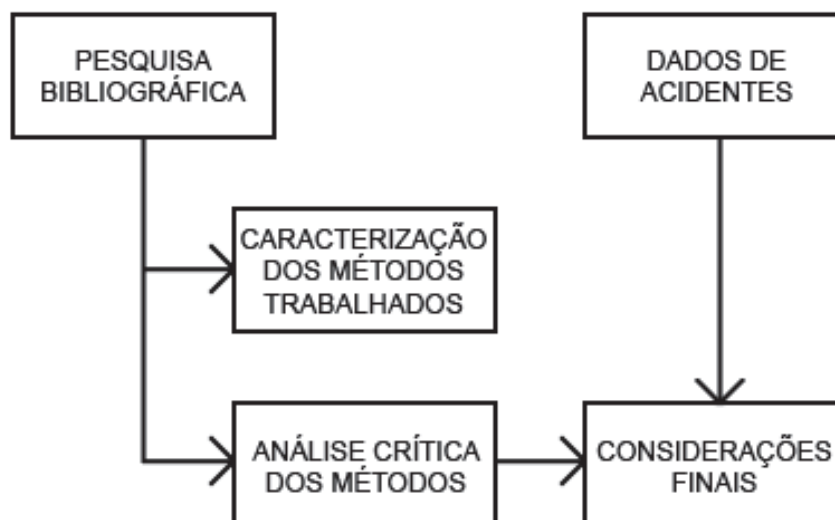
A pesquisa bibliográfica acompanhará todo o processo de elaboração do trabalho. Tendo por objetivo o embasamento teórico para o bom desenvolvimento de todas as etapas subsequentes. Nesta, foi feita uma pesquisa sobre a importância no tratamento de acidentes de trânsito em vias urbanas, por parte tanto do motorista como do pedestre, analisando as causas comuns disto. Ainda, foram apresentados conceitos de medidas de moderação de tráfego que são usadas para aumentar a segurança de pedestres e motoristas, bem como métodos de uso destes conceitos.



Na caracterização dos tipos de dispositivos de moderação de tráfego, foram apresentados os diversos tipos usados na cidade, com suas especificações. Paralelamente a isto, foram coletados os dados sobre os acidentes pelo banco de dados de acidentes da Empresa Pública de Transporte de Circulação (EPTC), de pontos onde ocorreram implantações destes métodos citados, bem como da outra via trabalhada.

Na análise crítica dos resultados, foram levantados os dados de acidentes de antes e depois das revitalizações das áreas estudadas, a fim de comparar o antes e o depois das implantações. Concomitantemente a isto, foi usada uma outra via onde não houve nenhum tipo de moderação de tráfego, com o objetivo de comparar se o número de acidentes sofria alguma diferença em relação à via com os dispositivos instalados. Com base nisso, pode-se determinar a real eficácia dos instrumentos utilizados para a área em questão, assim como se estes mesmos instrumentos eram alternativas ideais ou não.

Figura 1 – Delineamento da pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

Por fim, de posse dos resultados, serão feitas as considerações finais para o fechamento do trabalho.

### 3 ACIDENTES

O fator humano, as condições da via e a tecnologia dos veículos são os principais fatores que contribuem para os acidentes no trânsito, segundo Austroads<sup>1</sup> (1994 apud MEIRA 2006, p. 21). Quando é utilizada uma via em más condições de tráfego, a probabilidade de que possa acontecer algum acidente cresce consideravelmente. É necessário que seja dada atenção as condições da via para que os obstáculos presentes não resultem em acidentes. Concomitantemente a isso, ter o automóvel em perfeito estado é muito importante para eliminar quaisquer surpresas. Deve-se lembrar, porém, que o fator humano, tanto no papel de motorista quanto como pedestre, é o fator preponderante para a causa de acidentes.

Entre os principais fatores contribuintes do acidente está o excesso de velocidade, definido pela *Organisation for Economic Co-operation and Development / European Conference of Ministers of Transport* (2006, p. 19) como uma união de velocidade excessiva, quando se dirige acima do limite legal estabelecido, e velocidade inadequada, que é quando a velocidade, apesar de legal, está acima do aceitável para a condição da via. Velocidades mais altas que a permitida na via podem fazer com que o condutor perca o controle do seu veículo, não se antecipe a tempo aos perigos que se aproximam e também faça com que outros usuários da via subestimem a velocidade do seu veículo, além de proporcionar um tempo de parada muito maior do que se estivesse em menor velocidade (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, 2008, p. 6).

Além da maior facilidade de acontecer alguns acidentes devido à alta velocidade, ela também é responsável pelo aumento da gravidade do acidente. Segundo a Organização Pan-Americana da Saúde (2008, p. 9-10), “[...] um aumento de 5% na velocidade média leva a um aumento de cerca de 10% nas colisões envolvendo lesões, e um aumento de 20% nas colisões fatais [...]”. Este aumento de colisões fatais se deve ao fato de que com o aumento de velocidade, o impacto na colisão também aumenta, contribuindo para que as forças que devem ser absorvidas também aumentem.

---

<sup>1</sup> AUSTROADS. **Road Safety Audit**. Austroads National Office. Austrália. 1994.

É importante, também, analisar as condições da via onde o acidente ocorreu. Se o acidente foi devido à alta velocidade, deve-se observar se a via era propícia a desenvolver altas velocidades e se ela estava devidamente sinalizada com o limite legal da mesma. A via deve conter informações na forma de placas e pinturas que indicam qual a velocidade máxima que deve ser adotada no trecho. A via, também, deve conter sinalizações claras e objetivas para que não haja dúvidas ao motorista no momento que estiver trafegando, além de possuir um desenho que faça com que velocidades maiores que as regulamentadas não sejam estimuladas (CHAGAS, 2011, p. 47).

Segundo uma pesquisa do Departamento de Trânsito do Rio Grande do Sul (Detran/RS) a maior incidência de mortes por atropelamentos ocorre no período da noite, quando a sua visualização por parte dos motoristas é diminuída, o que requer mais atenção da parte do motorista e até mesmo do pedestre para atravessar a via (RIO GRANDE DO SUL, 2014). É importante para o pedestre que ele seja visto pelo motorista, a fim de que o motorista note sua presença e tenha mais atenção, de preferência fazendo a travessia da via sobre a faixa de segurança.

Um fator importante para que se estude técnicas de moderação de tráfego para as vias de uma cidade é o custo que pode gerar um acidente. Mesmo que no acidente não haja vítimas fatais, os custos para o tratamento das vítimas dos acidentes, tanto no hospital como no pós-tratamento, como a fisioterapia, também são contabilizados. Além dos custos materiais ou pessoas há o custo causado pelo congestionamento que o acidente acarreta e o tempo perdido pelas pessoas envolvidas, retidas no tráfego (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2003, p. 13-14).

Para Meira (2006, p. 22), o caminho para reduzir o número de acidentes é criar um ambiente que envolva vias e veículos, onde as chances de erros por parte de motoristas e pedestres seja limitado, além de promover a educação e fiscalização no trânsito, a fim de que a infraestrutura instalada seja bem utilizada.

Segundo a Empresa Pública de Transporte de Circulação (EPTC) de Porto Alegre, foco da discussão, analisando os últimos cinco anos (no período de 2010 e 2014), a média anual de acidentes fica em 23.138,2 (PORTO ALEGRE, 2015a). Quanto a mortes no trânsito, ocasionadas por qualquer tipo de acidente, a média é de 132,4 mortes (PORTO ALEGRE, 2015b).

Entre os acidentes, a maior parte deles é abalroamento (47,27%), seguido de colisão (32,43%), choque (8,47%), atropelamento (6,35%), queda (3,38%), eventual (1,55%), capotagem (0,36%) e incêndio (0,19%) (PORTO ALEGRE, 2015c).

Ainda é possível analisar mais profundamente estes números com os acidentes ocorridos em vias específicas, com o auxílio de um programa que cadastra todos os acidentes ocorridos em Porto Alegre. Com estes números é possível conhecer as dimensões e características do problema que deverá ser combatido e com isso fazer a escolha ideal do método usado para cada situação encontrada na cidade. Eles permitem, também, que se possa avaliar a eficácia, ou não, do método utilizado naquele ponto. Eles são a principal fonte de informação para tratar este problema.

Para uma melhor escolha de métodos a serem planejados e instalados pelos engenheiros de tráfego das cidades em vias que apresentam alto número de acidentes, estes métodos devem ser estudados e analisados a fim de que se provem eficientes para seu uso. Com o uso destes números se pode verificar os pontos que requerem uma intervenção para a diminuição dos acidentes, bem como se esta intervenção está dando os resultados esperados.

Este trabalho tratará de colher as informações dos acidentes ocorridos e verificar se as medidas implantadas na área foram efetivas ou não, atestando a real eficácia dos modelos que foram instalados.

### 3.1 DADOS DE ACIDENTES

Os dados dos acidentes ocorridos são necessários para que se possa identificar quais os pontos críticos da cidade e assim adotar as medidas de controle. Para isso, é determinante a qualidade e especificação do registro sobre o acidente.

Os dados de acidentes são provenientes tanto da Fiscalização de Trânsito da Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC), responsável pela gestão de trânsito de Porto Alegre, como do Departamento de Polícia Judiciária de Trânsito (DPTran). No entanto, é a EPTC que

mantém o banco de dados com os endereços dos acidentes que ocorrem na cidade de Porto Alegre (CARDOSO, 2002<sup>2</sup> apud DIÓGENES, 2008, p. 128).

Existem vários tipos de acidentes, que envolvem tanto carros como pedestres ou objetos do sistema viário. Frente a isso, a Empresa Pública de Transporte e Circulação (EPTC), utiliza em seu programa nove classificações de acidentes (PORTO ALEGRE, 2015c). Abaixo são descritos estes nove tipos de acidentes baseadas nas normas NBR 10697 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989<sup>3</sup> apud BOCANEGRA, 2006, p. 62-63) e NBR 12898 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1993<sup>4</sup> apud BOCANEGRA, 2006, p. 62-63):

- a) abalroamento: dois veículos em movimento se colidem lateralmente ou transversalmente por outro veículo, também em movimento. No caso de colidir lateralmente, os veículos circulam ou no mesmo ou em diferentes sentidos ou em faixas diferentes. No segundo caso é quando os veículos se abalroam em direções próximas a 90°. Ocorre geralmente em saídas de estacionamentos, etc. Esta colisão transversal também pode ser chamada de abalroamento frontal, se o impacto de ambos os veículos ocorrer na parte dianteira.
- b) atropelamento: pedestre ou animal é impactado por um veículo, motorizado ou não, em movimento;
- c) capotagem: veículo em movimento gira em qualquer sentido, ficando com suas rodas viradas para cima. Não precisa necessariamente permanecer com suas rodas voltadas para cima. Pode ocupar a posição lateral ou de tombamento ao final;
- d) choque: impacto de um veículo contra qualquer obstáculo fixo ou contra outro veículo parado;
- e) colisão: quando dois ou mais veículos em movimento no mesmo sentido ou em sentidos opostos se impactam. Pode ocorrer na mesma faixa ou pista, frente a frente ou pela traseira. É classificado em frontal (colisão entre dois veículos em sentidos opostos), traseira (colisão entre dois veículos no mesmo sentido) e engavetamento (colisão entre três ou mais veículos, podendo ser frontal ou traseira);
- f) eventual: qualquer acidente que não se enquadre nas outras definições. Exemplo: raio, explosão;
- g) incêndio;

---

<sup>2</sup> CARDOSO, G. **O Sistema de Cadastro, Consulta e Análise de acidentes de trânsito em Porto Alegre**. 2002. In: FORUM NACIONAL SOBRE SEGURANÇA NO TRÂNSITO, 2002, Blumenau. Anais... Blumenau: FONAST, 2002.

<sup>3</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10697**: pesquisas de acidentes de tráfego. Rio de Janeiro, 1989.

<sup>4</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12898**: relatório de acidente de trânsito – RAT. Rio de Janeiro, 1993.

- h) queda: quando o veículo se precipita de um plano inferior, ou quando há queda de passageiros em um ônibus, caminhão ou moto;
- i) tombamento: quando um veículo tomba, de forma lateral ou frontal, e permanece parado nesta posição.

Este trabalho focará em todos os tipos de acidentes. Será analisado métodos de segurança que consigam fazer com que a velocidade do motorista seja diminuída, podendo, assim, ajudar a minimizar o número de todos acidentes descritos anteriormente. Além destes métodos redutores de velocidade, outras formas de segurança viária para pedestres e outros usuários da via serão analisadas.

## 3.2 USUÁRIOS DA VIA

O trânsito se forma com a utilização por parte das pessoas, veículos, animais, ciclistas, motociclistas. Quer que as pessoas sejam pedestres ou passageiros de veículos, estejam sozinhas ou em grupos, andando nas vias, sobre a pista ou a calçada, elas estão fazendo parte do trânsito. Para que todas essas consigam dividir o mesmo espaço sem maiores problemas, é dever do engenheiro de trânsito desenvolver um sistema de comum acordo entre todos. Para isto, deve-se saber, também, quais são seus objetivos e necessidades no ambiente do trânsito (PIETRANTONIO, 2006, p. 1).

### 3.2.1 Ciclistas

Tendo que muitas vezes dividir o espaço viário com automóveis e motocicletas, o ciclista na maioria das vezes é desfavorecido. Viajar junto com veículos trafegando a velocidades muito maiores deixa o ciclista em desvantagem e a perigo. Com o aumento da popularização da bicicleta e a construção de ciclovias pela cidade, o aumento de acidentes envolvendo ciclista também aumentou. Nos últimos cinco anos, a média de acidentes envolvendo ciclista na cidade foi de 265,6, com um aumento de 9% em comparação ao ano de 2014 (PORTO ALEGRE, 2015d).

As principais causas para tais acidentes são perda de controle, inexperiência, falha do outro veículo envolvido, problemas mecânicos na bicicleta e ambientes perigosos, como vias com cascalho. De modo geral, acidentes fatais estão geralmente relacionados a colisões com outros veículos e a alta velocidade (THOMPSON; RIVARA, 2001).

Acidentes envolvendo ciclistas tendem a ocorrer tanto nas ciclovias quanto nos cruzamentos das vias públicas e os principais motivos destes acidentes, quando a responsabilidade é da parte do motorista do veículo motorizado são (GONDIM, 2010, p. 52):

- a) abertura da porta do veículo;
- b) imprudência na conversão à esquerda;
- c) entrada sem sinalização;
- d) velocidade perigosa;
- e) desobediência ao sinal vermelho.

Já quando as causas dos acidentes são de responsabilidade do próprio ciclista, os motivos são (GONDIM, 2010, p. 52):

- a) velocidade imprudente;
- b) ultrapassagem pela direita;
- c) não obediência do sinal vermelho.

Uma forma de evitar estes acidentes, por parte dos engenheiros de tráfego, é executando uma sinalização horizontal nas vias onde há a confluência dos dois modais. Uma sinalização importante é a advertência ao ciclista da proximidade de cruzamento com veículos ou pedestres. Deve-se alterar a coloração ou revestimento do piso na área de encontro, com objetivo de alertar o ciclista que a partir daquele trecho a prioridade é do pedestre que anda a pé (GONDIM, 2010, p. 53).

### **3.2.2 Motociclistas**

Com a segunda maior média de acidentes na cidade de Porto Alegre, atrás apenas do automóvel (PORTO ALEGRE, 2015d), as motocicletas também necessitam de uma maior atenção. Muitas vezes pouco observadas pelos outros usuários da via, os condutores de motocicletas estão sempre correndo risco. Outras vezes, porém, elas próprias se colocam em risco, mediante a pressa que estão envolvidos em seu trabalho de entrega de produtos.

Porém, enquanto nos outros meios de transporte os resultados dos acidentes são geralmente somente bens materiais, no caso do motociclista, os acidentes implicam em danos mais severos, especialmente à vida (NATIONAL HIGHWAY TRAFFIC SAFETY

ADMINISTRATION, 2006, p. 28, tradução nossa), visto que a motocicleta não possui nenhum sistema de segurança além dos equipamentos do próprio condutor.

Quanto aos tipos mais comuns de acidentes envolvendo motos, três tipos se destacam. São eles: (i) o acidente decorrente de violação dos direitos, que está ligado na forma como os condutores de outros veículos percebem os motociclistas. Geralmente acontece nas intersecções, onde não é respeitada a preferência do condutor da motocicleta; (ii) perda de controle na curva, geralmente quando a velocidade de entrada na curva é muito elevada para o raio de curvatura da mesma, fazendo com que o condutor sofra uma queda; (iii) manobras motociclísticas, como a de dividir a mesma faixa de rodagem com outro veículo (MÂNICA, 2007, p. 40-43).

### 3.2.3 Automóveis

É o meio de transporte que mais se envolve em acidentes na cidade. Contudo, a grande maioria destes acidentes só envolve bens materiais. São abalroamentos entre outros veículos, que podem não causar nenhum dano aos tripulantes e motoristas, porém ocasionam prejuízos a outras pessoas, visto que este acidente fará com que se crie um congestionamento para a desobstrução dos veículos, atrapalhando outras pessoas que estão passando pela via neste momento (PORTO ALEGRE, 2015d).

O motorista deve estar apto a planejar e executar uma viagem entre uma origem e um destino, seguindo orientações de diferentes formas, analisar o meio viário e extrair informações tais quais perigos na via, velocidade máxima permitida, e ter o controle sobre o seu veículo. Ou seja, saber executar tarefas como frear, acelerar, trocar marchas. Ele deve analisar tudo e decidir qual é a melhor ação a ser tomada. Por ser o único elemento do sistema de tráfego (veículo, via e ser humano) que é capaz de tomar decisões, ele também é o maior responsável pelos acidentes (DEWAR; OLSON, 2007<sup>5</sup>; EVANS, 2004<sup>6</sup>; OGDEN, 1996<sup>7</sup> apud BOTTESINI, 2010, p. 19).

---

<sup>5</sup> DEWAR, R.; OLSON, P. **Human Factors in Traffic Safety**. 2007. 533 p. 2 ed. Tucson, EUA: Lawyers & Judges Publishing Company Inc.

<sup>6</sup> EVANS, L. **Traffic Safety**. 2004. 444 p. 2 ed. Bloomfield Hills, EUA: Science Serving Society.

<sup>7</sup> OGDEN, K. W. **Safer Roads: A Guide to Road Safety Engineering**. 1996. 516 p. Burlington, EUA: Ashgate.



Segundo Oliveira<sup>8</sup> (2000, apud CAMPOS 2005, p. 19-20), as causas de acidentes que envolvem o fator humano podem ser agrupadas em três áreas:

- a) aspecto comportamental: engloba as características psicológicas do homem (seja como motorista, pedestre ou qualquer outro elemento do trânsito), tais como a responsabilidade, prudência, bom senso, educação e características de personalidade como agressividade, lentidão;
- b) aspecto cognitivo: são as características humanas ligadas ao aprendizado quanto ao ato de dirigir. Sua experiência ao volante, poder de julgamento, atenção e conhecimento das regras de trânsito;
- c) aspectos fisiológicos: são os aspectos relacionados ao estado físico do homem. Se o motorista está sob efeito de drogas, cansado ou com deficiências visuais ou motoras.

### 3.2.4 Pedestre

Qualquer pessoa que se locomova a pé nas vias públicas, inclusive pessoas em cadeiras de rodas, são consideradas pedestres. Sabe-se que em muitas cidades brasileiras estas viagens a pé chegam a 30% do total de todos os deslocamentos e não somente de viagens a curtas distâncias (GOLD, 2003, p. 9). Em algum momento do dia cada pessoa se transforma em um pedestre, seja para ir de casa até a parada de ônibus como ir do estacionamento até o destino final, por exemplo.

Dentre os direitos do pedestre, o Código de Trânsito Brasileiro define o modo a pé como preferencial em relação aos veículos em algumas situações (BRASIL, 2008, p. 27):

É assegurada ao pedestre a utilização dos passeios ou passagens apropriadas das vias urbanas e dos acostamentos das vias rurais para circulação [...].

Nas áreas urbanas, quando não houver passeios ou quando não for possível a utilização destes, a circulação de pedestres na pista de rolamento será feita com prioridade sobre os veículos, pelos bordos das pistas, em fila única [...].

Nas vias rurais, quando não houver acostamento ou quando não for possível a utilização dele, a circulação de pedestres, na pista de rolamento, será feita com prioridade sobre os veículos, pelos bordos da pista, em fila única, em sentido contrário ao deslocamento de veículos [...].

Para cruzar a pista de rolamento o pedestre tomará precauções de segurança, levando em conta, principalmente, a visibilidade, a distância e a velocidade dos veículos, utilizando sempre as faixas de passagens a ele destinadas sempre que elas existirem numa distância de até cinquenta metros dele [...].

---

<sup>8</sup> OLIVEIRA, M. J. **Acidentes de Trânsito: Uma Contribuição no Processo de Coleta de Informações**. 2000. Tese de mestrado submetida ao IME/Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro.

Os pedestres que estiverem atravessando a via sobre as faixas delimitadas para esse fim terão prioridade de passagem, exceto nos locais com sinalização semafórica [...].

Nos locais em que houver sinalização semafórica de controle de passagem será dada preferência aos pedestres que não tenham concluído a travessia, mesmo em caso de mudança do semáforo liberando a passagem de veículos.

Porém, o desrespeito a estes direitos ocasiona os acidentes. Os atropelamentos representam 6,35% do total de acidentes da cidade no período entre 2010 e 2014. Dentre esta porcentagem, 42,12% tiveram vítimas fatais (PORTO ALEGRE, 2015d; PORTO ALEGRE, 2015e).

Segundo Queiroz (2003, p. 64):

[...] a maioria dos acidentes fatais ocorre em meio de quadra, enquanto que a maioria dos acidentes sem vítimas ocorre em interseções. Verificou-se que as interseções semaforizadas têm o seu maior percentual no caso de acidentes sem vítimas, indicando que elas possuem mais acidentes, porém estes são de menor gravidade.

Magalhães<sup>9</sup> et al. (2004 apud VELLOSO 2006, p. 16), apresenta algumas tendências comportamentais dos pedestres que ajudam a entender o número de atropelamentos em meio de quadra:

- a) menor dispêndio de energia: os pedestres preferem trajetos mais curtos e caminhadas mais fáceis e menos cansativas. Preferem semáforos a passarelas e atravessam a via em linha reta, geralmente fora da faixa de pedestres;
- b) movimento contínuo: os pedestres não gostam de fugir do sentido do destino e têm pouca tolerância à espera, desobedecendo os tempos de semáforo;
- c) comportamento e reflexos condicionados: apresentam desatenção em relação ao trânsito, atravessando a via sem prestar atenção ao fluxo de veículos.

---

<sup>9</sup> MAGALHÃES, M. T. Q., RIOS, M. F., YAMASHITA, Y. **Identificação de padrões de posicionamento determinantes do comportamento do pedestre**. 2004. XVIII ANPET.

## 4 MODERAÇÃO DE TRÁFEGO

Visando diminuir as velocidades adotadas nas vias urbanas, e tendo em mente que as vias não são somente utilizadas para veículos trafegarem, mas sim como um objeto de deslocamento de todos habitantes da cidade, engenheiros de tráfego europeus desenvolveram métodos para regulamentar estas velocidades, levando o motorista a dirigir de forma mais segura e focada. Esses métodos são chamados internacionalmente de *traffic calming* ou, em português, de moderação de tráfego (DEVON COUNTY COUNCIL, 1991, p. 7-8, tradução nossa).

Na Europa, este tipo de moderação se tornou comum em muitas áreas. Num primeiro momento foi devido a políticas governamentais que tinham como objetivo a redução do número de acidentes. Logo depois disto, as autoridades locais consideraram como um elemento importante para o transporte. E por fim, os próprios residentes das áreas mais críticas pedem a implantação de tais medidas, para não mais permitir o fluxo em alta velocidade nas áreas residenciais (BELO HORIZONTE, 1999, p. 22).

A necessidade do *traffic calming* surge quando a qualidade de vida nas cidades está sobre pressão do alto uso dos veículos motores. Os espaços para atividades e convívio social são trocados por vagas de estacionamento. Muitas ruas estão agora carregando volumes de tráfegos muito maiores do que elas foram projetadas. Os mais afetados com isso são as crianças, idosos e pessoas com algum problema de mobilidade, que estão sendo afastados da rua e do convívio com seus vizinhos dentro de seu bairro. Para mudar a prioridade nas ruas e espaços públicos e devolver para os pedestres, foram projetados os métodos de *traffic calming* (DEVON COUNTY COUNCIL, 1991, p. 8, tradução nossa).

As origens do *Traffic Calming* não são muito bem definidas, mas segundo Hass-Klau<sup>10</sup> et al. (1992 apud BELO HORIZONTE 1999, p. 23), datam da década de 70, em países da Europa, como Alemanha e Holanda. No caso da Alemanha, o desenvolvimento ocorreu através do aumento das áreas de pedestres nos centros das cidades, na luta dos moradores e do aumento da conscientização das pessoas quanto às questões ambientais. No caso da Holanda,

---

<sup>10</sup> HASS-KLAU, C., NOLD, I., BOCKER, G and CRAMPTON, G. (1992). **Civilised Streets: a guide to traffic calming. Environmental & Transport Planning.** Brighton.

engenheiros constataram que o bem das pessoas não estava somente relacionado às suas moradias, mas também pelo seu entorno.

Desde o início, suas diretrizes foram desenvolvidas sobre três raízes, segundo Hass-Klau<sup>11</sup> (1990 apud BELO HORIZONTE 1999, p. 23):

- a) áreas ambientais: medidas de Moderação de Tráfego já haviam sido implantadas em zonas ambientais em cidades britânicas, ainda na década de 60;
- b) woonerf (pátios residenciais): surgiu na Holanda com a ideia de evitar a separação entre a pista e a calçada de pedestre. Neste novo espaço todos os usuários transitam juntos, sem distinção de direitos. Transforma o local numa área de recreação e lazer, sem função para o tráfego de passagem;
- c) áreas de pedestres: fechamento de ruas existentes, deixando a via exclusiva para pedestres. Há a construção de calçadas, paisagismo e mobiliário urbano. Inicialmente ciclistas e veículos de serviços eram proibidos, mas recentemente os mesmos compartilham a área com os pedestres.

Com a combinação destas três ideias as cidades europeias começaram a desenvolver e implementar os conceitos da Moderação de Tráfego.

Para Esteves (2003, p. 51), pode-se definir a moderação de tráfego como um conjunto de técnicas cujo objetivo é reduzir os efeitos negativos do trânsito da cidade e conseguir transformar em um ambiente calmo, agradável e seguro para todos. Para isto, deve-se mudar o comportamento do motorista e do tráfego e não adaptar as condições locais às exigências do tráfego motorizado, como é visto na maioria dos lugares.

Meira (2006, p. 31) define as principais metas do *Traffic Calming* como:

- a) reduzir o número e a gravidade dos acidentes de trânsito;
- b) diminuir a velocidade dos veículos motorizados;
- c) melhorar o volume de veículos em algumas áreas;
- d) melhorar o comportamento e consciência dos motoristas;
- e) aumentar a segurança viária para os modos não motorizados, aumentando assim a atratividade desses modos;
- f) melhorar a qualidade de vida nas cidades e proteger o meio ambiente (diminuir poluição atmosférica, reduzir ruídos e aumentar a permeabilidade do solo).

---

<sup>11</sup> HASS-KLAU, C. (1990). **An Illustrated Guide to Traffic Calming. Friends of the Earth.** London.

Para *Devon County Council* (1991, p. 11, tradução nossa), o objetivo do *traffic calming* é adaptar o volume, velocidade e comportamento para as funções primordiais das ruas, ao invés de se adaptar às exigências dos veículos motorizados. O motorista deve perceber que a direção em alta velocidade naquela zona é inapropriada e antissocial, provocando a redução da velocidade.

Com modelos implementados ao redor do mundo, como Europa, Austrália e América do Norte, a Moderação de Tráfego tem se mostrando muito eficiente, se feito da maneira correta. Os resultados são a diminuição da velocidade, o número e severidade dos acidentes e o nível de ruído provocado pelos automóveis. Este método pode ser considerado uma ferramenta eficaz no planejamento urbano por apresentar inúmeros resultados facilmente identificáveis, como a redução no número e gravidade dos acidentes. Além disso, há os resultados intangíveis como a melhora na qualidade de vida, na redução de poluentes e no incentivo aos modos não motorizados (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 2002, p. 66, tradução nossa).

A razão do *traffic calming* ser tão importante é que este método já foi comprovado que é realmente efetivo no que ele é proposto. Alguns destas propostas, como a redução de acidentes e diminuição das severidades destes acidentes são facilmente mensuráveis. (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 2002, p. 65, tradução nossa).

Segundo uma pesquisa de Kjemtrup e Herrstedt<sup>12</sup> (1992 apud CRUZ, 2006, p. 51), a moderação de tráfego, quando implantada na França e na Dinamarca, reduziu os acidentes em 60% e 78% respectivamente. Além da redução no número de acidentes com vítimas graves, a moderação também se mostrou eficiente no combate às altas velocidades nas áreas residenciais.

Apesar de agrandar uma parcela da população da área onde são implantadas as medidas, outros usuários da via podem se mostrar insatisfeitos. Eles alegam que algumas destas medidas são incômodas para os motoristas, quando são obrigados a passar por alguma ondulação transversal (BELO HORIZONTE, 1999, p. 47).

---

<sup>12</sup> KJEMTRUP, K.; HERRSTEDT, L. **Speed management and traffic calming in urban areas in Europe: a historical view**. *Accid. anal. and Prev.* v. 24, n. 1, p. 57-68-5, 1992.

Desenhos ou redesenhos de vias, com objetivo de diminuir as velocidades, ou até mesmo tornar as vias e seus entornos mais adequados, além de medidas visando os pedestres, como artifícios para criar a separação entre pedestres e motoristas, são exemplos desta moderação (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, 2008, p. 79).

Além de diminuir a velocidade das vias, a moderação de tráfego também apresenta outros benefícios. Com a melhor utilização das vias, há um aumento da mobilidade para viagens essenciais à área considerada, como veículos de emergência, transportes públicos e de outros serviços, e também a melhora na qualidade de vida na região, visto que cria uma melhor convivência no espaço público (ESTEVES, 2003, p. 51).

Esteves (2003, p. 51) explica o *Traffic Calming* como estivesse dentro de uma escala, onde em uma ponta se adota medidas para moderar o trânsito e cuja abrangência não passa de uma mera “moderação de tráfego”. No outro lado da escala encontram-se as propostas para não somente moderar exclusivamente o tráfego, mas sim propostas que gerariam uma mudança cultural no uso destes espaços. É uma idéia de “tratamento ambiental para áreas urbanas”. Caberia aos técnicos, planejadores e usuários determinar em qual ponto desta escala estará o projeto.

Para Belo Horizonte (1999, p. 39), as medidas de Moderação de Tráfego podem ser separadas, com base no impacto proporcionado, em dois grupos, definidos abaixo pela Federal Highway Administration:

- a) medidas de controle de volume de tráfego: é o uso tradicional do controle de volume e rotas de tráfego. São usados, principalmente, para lidar com os problemas de tráfego por meio de bloqueios de determinados movimentos, direcionando o fluxo de veículos para pontos onde há suporte mais adequado (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 2002, p. 83, tradução nossa);
- b) medidas de controle de velocidades: usadas, principalmente, para lidar com os problemas de velocidades das vias, alterando alinhamentos verticais e horizontal ou de estreitamento da via, promovendo um redesenho da via (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 2002, p. 65, tradução nossa).

Dentro do grupo de Medidas de Controle de Velocidades, foco deste trabalho, há outras séries de combinações que propiciam maior efetividade, conforme classifica a *Federal Highway Administration* (2002, p. 67, tradução nossa):

- a) estreitamento de pista: são alterações nas vias através de sinalização horizontal. Geralmente são demarcações de áreas de estacionamento, ilhas centrais, faixas exclusivas para ciclistas, motociclistas e ônibus e arborização;
- b) alterações horizontais: medidas implantadas nas vias que reduzem a velocidade dos veículos e melhoram a segurança viária. Exemplos são os prolongamentos físicos das calçadas para pedestres, construção de baias para estacionamento dos veículos, quebra da linearidade das vias, através da instalação de chicanas;
- c) alterações verticais: medidas construídas utilizando diversos materiais. As alterações verticais têm como principal objetivo reduzir a velocidade dos veículos. Como exemplo tem-se as ondulações transversais, almofadas anti-velocidade, as áreas elevadas e os sonorizadores;
- d) medidas complementares: são as sinalizações viárias, arborização, áreas de estacionamento e que devem ser usadas em conjuntos com outras medidas, tais como fechamento de vias, rotatórias e mini-rotatórias, alterações no pavimento, tratamento de entradas, portais, espaços compartilhados;
- e) redesenho de via: mudança completa da via, abordando um outro tipo de solução, tais como chicanas, curvas para forçar a redução de velocidade, transformação da via para um comum espaço entre pedestres, ciclistas e veículos.

Quanto ao objetivo destas medidas, elas podem ser agrupadas em três grupos (BELO HORIZONTE, 1999, p. 24):

- a) reduzir o número e a severidade dos acidentes;
- b) reduzir os ruídos e a poluição do ar;
- c) revitalizar as características ambientais das vias através da redução do domínio do automóvel.

Considerando-se que diversos dispositivos e ações são utilizados, as características específicas da área que será tratada devem ser levadas em conta para que a combinação destes métodos possa solucionar o problema.

Neste trabalho, será abordado principalmente os dois primeiros objetivos. A redução da velocidade, e conseqüentemente da severidade do acidente e também os métodos possíveis para transformar a via num ambiente comunitário entre pedestre e automóvel.

A seguir, serão apresentadas as medidas comumente usadas na cidade de Porto Alegre.



## 4.1 ONDULAÇÕES TRANSVERSAIS

Parte elevada da via com um perfil circular. Construídas de meio-fio a meio-fio. O automóvel que vem em alta velocidade é obrigado a diminuir a velocidade para conseguir superar a ondulação, como mostra a figura 2. Caso não diminua, pode ocorrer algum dano ao veículo. Seu objetivo é aumentar a segurança com a diminuição da velocidade do automóvel (DEVON COUNTY COUNCIL, 1991, p. 31, tradução nossa).

Figura 2 – ondulações transversais



(fonte: BELO HORIZONTE, 1999, p. 46)

Tem como pontos positivos a grande eficácia na redução da velocidade, fácil instalação onde não requiere uma nova pavimentação ou reconstrução da rua, aplicável em vários lugares. Como pontos negativos, a dificuldade de operação de veículos de emergência, visto que eles também serão obrigados a diminuir a velocidade, onde eles não poderiam, além da impopularidade perante os motoristas de transportes coletivos e o fato de que não contribui realmente para a melhoria do meio-ambiente (DEVON COUNTY COUNCIL, 1991, p. 35, tradução nossa).

É instalado geralmente em vias onde há a presença de escolas, para evitar que haja alta velocidade numa área com muitas crianças e com grande densidade populacional (BARBOSA; MOURA, 2008, p. 3-4; BELO HORIZONTE, 1999, p. 45).

Para Costa (2008, p. 41-42), é necessário observar algumas características das vias que serão implantadas as Ondulações, como as seguintes:

- a) índice de acidentes significativo;



- b) declividade máxima de 6%;
- c) ausência de curvas ou interferências visuais que prejudiquem a visualização da Ondulação;
- d) volume de tráfego não elevado em horário de pico;
- e) pavimentos em bom estado de conservação;
- f) sinalização de advertência bem localizado e visível para evitar acidentes;
- g) pintura destacada e com manutenção constante;
- h) ter iluminação própria;
- i) devem encostar no meio-fio.

## 4.2 ILHAS DE TRAVESSIA

Ilhas localizadas na parte central da via para que pedestres possam atravessar de maneira segura vias onde há mais de duas faixas, como mostra a figura 3. Diminui a distância do pedestre para atravessar todas as faixas, fazendo com que ele possa esperar na ilha para atravessar a próxima etapa (MEIRA, 2006, p. 37).

Figura 3 – ilhas de travessia



(fonte: MEIRA, 2006, p. 37)

Ela tem como funções controlar/diminuir a zona de conflito entre veículos e pedestres, apoiar os pedestres, ordenar os fluxos de trânsito de veículos, dificultar as manobras proibidas de veículos, entre outras (COSTA, 2008, p. 39).

Os fatores que levam a redução de acidentes por parte dos veículos incluem a redução de velocidade dos motoristas quando se aproximam da Ilha de Travessia, maior atenção por parte

dos motoristas pela existência de um local de travessia de pedestres, oportunidades para os pedestres atravessarem a via com segurança e a redução do tempo de exposição dos pedestres, na via (FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 2002, p. 72, tradução nossa).

Seu ponto positivo é a segurança que este tipo de método traz, onde o pedestre pode fazer a travessia em duas fases, quando os dois lados da ilha são do mesmo sentido (DEVON COUNTY COUNCIL, 1991, p. 67, tradução nossa).

É instalada em travessias semaforizadas ou quando as pistas têm mais que três faixas. A zona implantada deve ser estudada para que a ilha comporte o número de pessoas que irá utilizá-la nas etapas da travessia (COSTA, 2008, p. 39).

#### 4.3 MARCA DE CANALIZAÇÃO COMO REDUTOR DE VELOCIDADE (MCRV)

É feita uma pintura na pista e, sobre esta pintura, são colocados tachões, mostrada na figura 4 abaixo. A MCRV é composta por uma parte externa, que funciona como um meio de estreitamento de pista e uma parte interna, no centro da pista, que tem como objetivo gerar no condutor um estado de alerta ao passar pelo local para que não passe com os pneus por sobre os tachões (AMARAL, 2013, p. 8).

Figura 4 – Marca de Canalização como Redutor de Velocidade



(fonte: AMARAL, 2013, p. 7)

Em um teste de estreitamento de pista, foi possível reduzir a velocidade média dos automóveis em um dos pontos estudados em 37,9%, com uma redução de 0,90m da pista (de 3,50m para 2,60m) (SCHNEIDER; MATOS, 1984, p. 2).

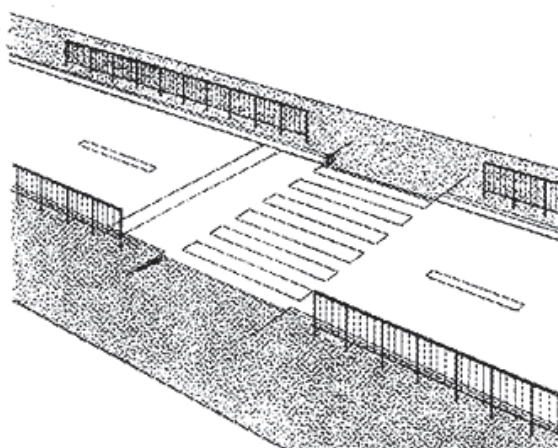
Em outra pesquisa, esta na cidade de Porto Alegre, foi verificado que a instalação do MCRV trouxe um impacto de até 25% na redução de acidentes nas vias estudadas (AMARAL, 2013, p. 13-14).

#### 4.4 GRADIL

O gradil se caracteriza por ser uma barreira metálica utilizada para canalizar o fluxo de pedestres e indicar para os mesmos o local correto para atravessarem a via, como é mostrado na figura 5. São um uso adicional para a redução de potenciais acidentes de pedestres onde há conflito com veículos. São usados, também, para separar pedestres e veículos (CIVIC VOICE, 2010, p. 1).

É importante que a instalação dos gradis seja feita nos dois lados da via, para evitar que o pedestre atravesse a via e se depare com um gradil à sua frente, fazendo com que ele fique encurralado e em uma posição de risco de acidente (ENGENHARIA DE TRÁFEGO OPTATIVA, 2015).

Figura 5 – gradis



(fonte: ENGENHARIA DE TRÁFEGO OPTATIVA, 2015)

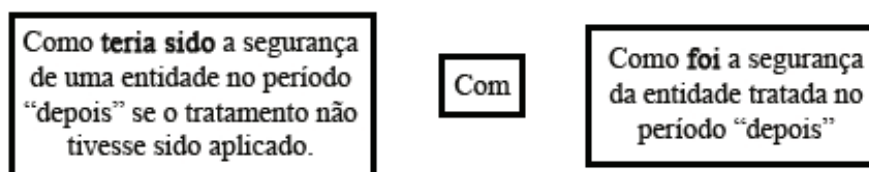
Seu ponto positivo é a maior segurança para os pedestres, que serão conduzidos até um ponto de travessia segura. Porém, às vezes isto não impede que pedestres pulem o mesmo para efetuar a travessia da via, evitando um caminho mais longo (ENGENHARIA DE TRÁFEGO OPTATIVA, 2015).

## 5 DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA

É relevante o fato de que a segurança viária muda com o tempo. Não se pode assumir que não tendo sido aplicado o tratamento (uma ação voltada para a segurança viária), a segurança no período “depois” poderia ter sido a mesma como no período “antes”. Portanto, para avaliar o efeito do tratamento na segurança de alguma entidade é preciso comparar o que poderia ter sido a segurança da entidade no período depois se o tratamento não tivesse sido aplicado, com o que ficou a segurança da entidade tratada no período depois.

Assim, a lógica básica para qualquer pergunta acerca do efeito de qualquer tratamento está na seguinte comparação:

Figura 6 – comparação da segurança



(fonte: HAUER, 1997, tradução nossa)

Existem diferentes métodos para a avaliação do impacto na segurança de intervenções viárias, sendo que cada um deles pode resultar em valores diferentes – o que poderá levar a resultados antagônicos. Segundo Hauer (1997, tradução nossa), a existência de muitos métodos diferentes de predição na segurança é desconcertante. Esta é uma das razões do porque na literatura profissional existirem muitos achados conflitantes. Seria útil ser claro sobre os méritos e as falhas de cada método de predição então para ser capaz de julgar quais resultados serão mais confiáveis e qual método será preferível utilizar. Para Hauer (1997, tradução nossa) o melhor método é aquele que prediz melhor. Para predizer bem devem ser respondidas várias questões estratégicas:

- a) como levar em conta os fatores causais que afetam a segurança e a influência que têm ou que pode ser conhecida. Por exemplo, sabe-se que o volume afeta a segurança. Para alguns casos têm-se uma idéia da relação entre o volume de tráfego e a segurança. Se a informação sobre o volume está disponível antes e

depois do tratamento, deve-se considerá-lo quando se quer prever como teria sido a segurança no período depois se o tratamento não tivesse sido aplicado;

- b) como considerar os fatores remanescentes que afetam a segurança mas que não foram mensurados ou cuja a influência não é conhecida. Uma das formas de considerar a influência desses fatores pode ser através da extrapolação da tendência ao longo do tempo utilizando os Grupos de Comparação;
- c) como considerar uma tendência. O histórico de acidentes durante o período antes é uma visão importante do que teria sido a segurança no período depois. Entretanto, o mesmo histórico de acidentes pode também ser uma das razões pelas quais o tratamento foi aplicado. Isto faz com que as previsões estejam sujeitas a uma tendência, a qual tem um nome: regressão à média;
- d) como considerar as mudanças no registro dos acidentes. O critério pelo qual os acidentes são reportados muda de tempos em tempos, de lugar para lugar. A menos que esta mudança seja estimada, não se pode separar o efeito do tratamento do efeito nas mudanças de registro dos acidentes.

Os métodos de previsão mais conhecidos no âmbito da engenharia de tráfego são os seguintes: utilizar o número de acidentes do último ano do período anterior; utilizar a média dos últimos três anos do período anterior; tendo uma série temporal relativamente longa utilizar uma equação de regressão para o ano posterior; e o estado da arte, que é a utilização de modelos de previsão de acidentes. Cada um desses métodos possui pontos positivos e negativos. A utilização de um ou outro método depende da disponibilidade de recursos e dados, bem como da finalidade e precisão que se pretende.

Neste trabalho serão utilizados dois métodos de previsão propostos por Hauer (1997, tradução nossa), a saber: Método “Antes-Depois” Simplista e Método usando Grupos de Comparação. Esses métodos são descritos a seguir.

## 5.1 MÉTODO ANTES-DEPOIS SIMPLISTA

Numa forma simples, um estudo observacional de Antes-Depois de uma entidade consiste na comparação da contagem de acidentes do período de “antes” com o número de acidentes do período “depois”.

A contagem de acidentes do período “antes” é usada para prever qual teria sido a contagem esperada de acidentes do período “depois” se o tratamento não tivesse sido implementado. Esta forma de prever reflete um pensamento ingênuo e geralmente irreal de que a passagem do tempo (do período “antes” para o período “depois”) não está associada com mudanças que

afetaram a segurança da entidade sob observação. Consequentemente, este estudo será chamado de “Antes–Depois Simplista”. Apesar da sua falha óbvia, o estudo “Antes–Depois Simplista” merece minuciosa discussão. Primeiro, porque o método é um ponto de partida natural para o debate, podendo-se discutir seus méritos e deficiências com clareza. Segundo, porque ele ainda é muito frequentemente encontrado na literatura especializada. Terceiro, porque ele é um útil limite superior, onde nenhum outro projeto de estudo pode alcançar a precisão estatística que é atingida em um estudo “Antes–Depois Simplista” (HAUER, 1997).

Na avaliação de um tratamento de segurança viária é errado pensar que os acidentes contabilizados no período “depois” foram afetados única e exclusivamente devido ao tratamento implantado. É importante assumir, também, outros fatores que podem ter influenciado, o que leva a ingenuidade do estudo. Hauer (1997, tradução nossa) elenca cinco grupos de fatores que podem ter influenciado a mudança no número de acidentes ocorridos:

- a) alterações no tráfego, clima, comportamento do usuário, frota de veículo e outros fatores que variam com o tempo;
- b) implantação de outros programas de redução de acidentes, além do tratamento em análise;
- c) contagem de acidentes afetada pelos custos de reparos que variam com o tempo, o que afeta o não registro de Boletim de Ocorrência;
- d) mudança nas formas de contabilização de acidentes por parte do órgão responsável;
- e) implantação do método de moderação pode ter sido feito devido a um atípico número de acidentes no passado, não sendo uma boa base para análise dos números posteriormente.

### 5.1.1 Os Quatro-Passos do Método Antes-Depois Simplista

As muitas variantes dos estudos Antes-Depois são somente diferentes maneiras de realizar duas tarefas:

Tarefa 1: **Predizer** como teria sido a segurança de uma entidade no período “depois”, caso o tratamento não tivesse sido aplicado;

Tarefa 2: **Estimar** o que foi a segurança da entidade no período “depois” com o tratamento.



Predizer é dizer qual teria sido o número dos acidentes na determinada via de estudo num período após o tratamento, porém, não contabilizando este tratamento. Para isto, usa-se as diversas formas existentes, já mencionadas anteriormente, como a média de anos anteriores e também o grupo de comparação. Quanto a estimar, usa-se as predições vistas anteriormente aliado com as estimativas da segurança que ocorreu com o tratamento implantado. Enquanto a predição é baseada em contagens nos períodos “antes”, a estimativa é usualmente baseada nas contagens do período “depois” (HAUER, 1997).

Nesta seção, é fornecido um quadro geral que serve para compreender todas as variantes de estudos observacionais “antes-depois”. Este esquema é composto de quatro passos básicos.

Seja:

$\pi$  é o número esperado de acidentes de uma entidade específica em um período “depois” onde não tenha sido feito nenhum tratamento. É o que deve ser **previsto**.

$\lambda$  é o número esperado de acidentes da entidade no período “depois” que recebeu o tratamento. Deve ser **estimado**.

O efeito do tratamento no ponto de vista da segurança é avaliado pela comparação de  $\pi$  e  $\lambda$ . Para comparação dos dois, estamos interessados em:

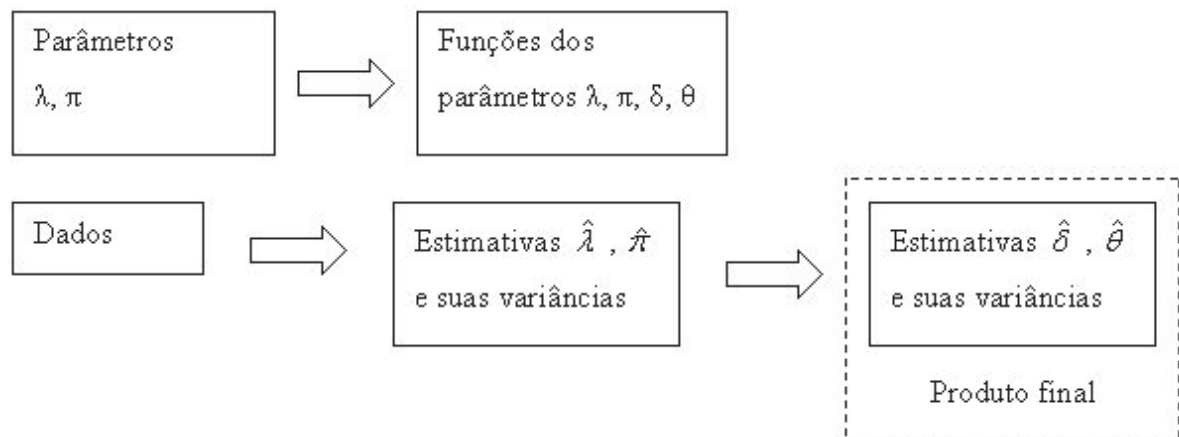
- $\delta = \pi - \lambda$  – que representa a redução do período “depois” do número esperado de acidentes, ou;
- $\theta = \lambda / \pi$  - razão entre a segurança com tratamento e o que teria sido sem o tratamento, que representa o “índice de eficácia”.

Quando  $\theta < 1$ , o tratamento é eficaz; quando  $\theta > 1$  é prejudicial para a segurança. Também,  $100*(1 - \theta)$  é a porcentagem da redução da frequência de acidente esperada.

As estimativas serão designadas por um sinal circunflexo sobre o símbolo. Assim,  $\hat{\lambda}$  significará “estimativa de  $\lambda$ ”. Na conta final, desejam-se ter as estimativas  $\hat{\delta}$  e  $\hat{\theta}$ . Para isso, será feito o fluxograma do caminho que leva a obtenção dos dados  $\hat{\delta}$  e  $\hat{\theta}$ . Quer-se traçar o caminho de uma maneira que a estimativa final seja imparcial, e que sua precisão seja conhecida.

As duas progressões na Figura 7 mostram que 2 parâmetros básicos  $\lambda$  e  $\pi$  alimentam as funções de interesse  $\delta$  e  $\theta$  e que os dados são primeiro convertidos em estimativas  $\hat{\lambda}$  e  $\hat{\pi}$  e estes, por sua vez, conduzem ao produto final.

Figura 7 – dos dados para o produto final



(fonte: HAUER, 1997, tradução nossa)

Como indicado na Figura 7, as estimativas  $\hat{\lambda}$  e  $\hat{\pi}$  são obtidas a partir dos dados. Quanto melhores os dados e os métodos da estimativa e previsão, menor será a diferença entre o número esperado de acidentes e a estimativa do número esperado de acidentes ( $\hat{\lambda} - \lambda$  e  $\hat{\pi} - \pi$ ). O descriptor habitual de tal diferença é a variância da estimativa, ou a sua raiz quadrada – o desvio-padrão.

Assim, por exemplo, a variância de  $\hat{\lambda}$  será denotada por  $\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \}$  e o desvio-padrão de  $\hat{\lambda}$  por  $\sigma \{ \hat{\lambda} \}$ . As estimativas  $\hat{\lambda}$  de  $\lambda$  e  $\hat{\pi}$  de  $\pi$  também são obtidas a partir dos dados. Para ilustrar, é feita a estimativa de  $\hat{\lambda}$  pela contagem de acidentes “depois”, e se essa contagem de acidentes tem distribuição de Poisson com uma média  $\lambda$ , então,  $\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \} = \lambda$ . Note que  $\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \}$  é um parâmetro desconhecido.

As letras gregas  $\lambda$  e  $\pi$  e as notações  $E \{ . \}$  e  $\text{VAR} \{ . \}$  serão usadas para os parâmetros desconhecidos e a média e a variância de uma variável aleatória. Já as letras gregas com o acento circunflexo e as notações  $\hat{E} \{ . \}$  e  $\hat{\text{VAR}} \{ . \}$  serão utilizadas para as estimativas obtidas a partir dos dados.



Assumindo-se que se tenham as estimativas  $\hat{\lambda}$ ,  $\hat{\pi}$ ,  $V\hat{A}R\{\hat{\lambda}\}$  e  $V\hat{A}R\{\hat{\pi}\}$ , a tarefa é usar estas para construir os estimadores para  $\delta$ ,  $\theta$ ,  $VAR\{\hat{\delta}\}$  e  $VAR\{\hat{\theta}\}$ . A única hipótese necessária é que as estimativas  $\hat{\lambda}$  e  $\hat{\pi}$  são estatisticamente independentes, ou seja, a ocorrência de uma não é influenciada por outra.

Os quatro passos são descritos a seguir:

1.  $\delta$  representa a redução na expectativa de número de acidentes, decorrente do efeito de algum tratamento na segurança:

$$\delta \approx \pi - \lambda \quad (\text{fórmula 1})$$

Onde:

$\delta$ = redução do número esperado de acidentes no período “depois”;

$\pi$ = número esperado de acidentes de uma entidade específica em um período “depois” onde não tenha sido feito nenhum tratamento;

$\lambda$ = número esperado de acidentes da entidade no período “depois” com o tratamento.

Para obter uma estimativa  $\hat{\delta}$  de  $\delta$ , utiliza-se as estimativas  $\hat{\lambda}$  e  $\hat{\pi}$  na fórmula 1.

2. Usando a hipótese de que  $\hat{\lambda}$  e  $\hat{\pi}$  são estatisticamente independentes:

$$VAR\{\hat{\delta}\} = VAR\{\hat{\pi}\} + VAR\{\hat{\lambda}\} \quad (\text{fórmula 2})$$

Onde:

$VAR\{\hat{\delta}\}$ = variância da estimativa de  $\delta$ ;

$VAR\{\hat{\pi}\}$ = variância da estimativa de  $\pi$ ;

$VAR\{\hat{\lambda}\}$ = variância da estimativa de  $\lambda$ .

Para obter uma estimativa  $V\hat{A}R\{\hat{\delta}\}$  de  $VAR\{\hat{\delta}\}$ , utilizar o  $V\hat{A}R\{\hat{\pi}\}$  e  $V\hat{A}R\{\hat{\lambda}\}$  na fórmula 2.

3. A outra medida do efeito na segurança é o índice de eficácia  $\theta$  definido como  $\lambda / \pi$ . É comum estimar  $\theta$  por  $\hat{\theta} = \hat{\lambda} / \hat{\pi}$ . Um estimador para  $\theta$  é dado por:

$$\theta = (\lambda / \pi) / [1 + \text{VAR} \{ \hat{\pi} \} / \pi^2] \quad (\text{fórmula 3})$$

Onde:

$\theta$ = índice de eficácia;

$\lambda$ = número esperado de acidentes da entidade no período “depois”;

$\pi$ = número esperado de acidentes de uma entidade específica em um período “depois” onde não tenha sido feito nenhum tratamento;

$\text{VAR} \{ \hat{\pi} \}$ = variância da estimativa de  $\pi$ ;

Para obter uma estimativa  $\hat{\theta}$ , utilizar a estimativa  $\hat{\lambda}$ ,  $\hat{\pi}$  e  $\text{VAR} \{ \hat{\pi} \}$  na fórmula 3. A expressão no denominador é um fator de correção que normalmente é apenas ligeiramente maior que 1.

4. Considerando este fator de correção na fórmula 3 como uma constante, a variância de  $\hat{\theta}$  pode ser aproximada por:

$$\text{VAR} \{ \hat{\theta} \} \approx \theta^2 [(\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \} / \lambda^2) + (\text{VAR} \{ \hat{\pi} \} / \pi^2)] / [1 + \text{VAR} \{ \hat{\pi} \} / \pi^2]^2 \quad (\text{fórmula 4})$$

Onde:

$\text{VAR} \{ \hat{\theta} \}$ = variância da estimativa de  $\theta$ ;

$\theta$ = índice de eficácia;

$\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \}$ = variância da estimativa de  $\lambda$ ;

$\text{VAR} \{ \hat{\pi} \}$ = variância da estimativa de  $\pi$ ;

$\pi$ = número esperado de acidentes de uma entidade específica em um período “depois” onde não tenha sido feito nenhum tratamento;

Para obter uma estimativa  $\text{VAR} (\hat{\theta})$ , usar as estimativas  $\hat{\theta}$ ,  $\hat{\lambda}$ ,  $\hat{\pi}$ ,  $\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \}$  e  $\text{VAR} \{ \hat{\pi} \}$  na fórmula 4.

Tomadas em conjunto, as fórmulas 1 a 4 fornecem o fundamento estatístico necessário para os métodos analisados nesse trabalho.

É habitual fazer uma estimativa de  $\lambda$  (não confundir com  $\hat{\lambda}$ ) pela contagem de acidentes no período depois. Também é costume supor que a contagem de acidente obedeça à lei de probabilidade de Poisson. Se assim for, uma vez que a média e a variância da distribuição de Poisson são as mesmas, é possível estimar o número esperado de acidentes da entidade no período “depois” que recebeu o tratamento ( $\hat{\lambda}$ ) através da contagem de acidentes e, com base nesta estimativa, obter também  $\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \}$ . Para produzir uma previsão  $\hat{\pi}$ , que é a estimativa do número esperado de acidentes de uma entidade específica em um período “depois” onde não tenha sido feito nenhum tratamento, geralmente é mais complicado. A complicação é devida ao fato de que se está lidando com uma hipótese que não se materializou e, portanto, não poderia ter sido observada. Além disso, existem muitas maneiras de prever “o que poderia ter sido”. Métodos de previsão vão desde assumir que o futuro será semelhante ao passado, através de várias projeções de tendência no tempo e, até na consideração de alterações no tráfego ou outros fatores autônomos e compensação por seleção tendenciosa. Assim sendo, a expressão para  $\text{VAR} \{ \hat{\pi} \}$  irá depender e terá de ser adaptada para o método de obtenção da predição  $\hat{\pi}$ . Para o caso deste estudo, onde os períodos de análise para “antes” e “depois” serão iguais, podemos considerar que  $\text{VAR} \{ \hat{\pi} \}$  será igual a  $\hat{\pi}$ .

O estudo estatístico pode agora ser descrito como uma sequência de atividades. Para estimar o efeito que um tratamento teve na segurança, este estudo estatístico pode sempre ser pensado dependendo das quatro etapas básicas a seguir.

#### 5.1.1.1 Quatro Passos para uma única entidade

**Passo 1. Estimar  $\lambda$  e prever  $\pi$ .** Por enquanto  $\lambda$  será estimada a partir da contagem de acidentes “depois”. A previsão de  $\pi$  dependerá do método escolhido para prever o que poderia ter sido o número esperado de acidentes-alvo no período “depois” se não tivesse sido implementado nenhum tratamento. Vários métodos comuns de predição serão analisados.

**Passo 2. Estimar  $\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \}$  e  $\text{VAR} \{ \hat{\pi} \}$ .** As estimativas de  $\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \}$  e  $\text{VAR} \{ \hat{\pi} \}$  dependem do método escolhido para fazer a estimativa  $\lambda$  e  $\pi$ . Será assumido que a contagem dos acidentes tem a distribuição de Poisson e, portanto,  $\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \} = \lambda$  e  $\text{VAR} \{ \hat{\pi} \} = \pi$ .

Passo 3. **Estimar  $\delta$  e  $\theta$**  utilizando  $\hat{\lambda}$  e  $\hat{\pi}$  do passo 1 e  $\text{VAR} \{ \hat{\pi} \}$  do passo 2 nas fórmulas 1 e 3.

Passo 4. **Estimar  $\text{VAR} \{ \hat{\delta} \}$  e  $\text{VAR} \{ \hat{\theta} \}$**  utilizando  $\hat{\lambda}$  e  $\hat{\pi}$  do passo 1 e usando  $\text{V\AA R} \{ \hat{\lambda} \}$  e  $\text{V\AA R} \{ \hat{\pi} \}$  do passo 2 nas fórmulas 2 e 4.

#### 5.1.1.2 Quatro Passos para uma entidade composta

Normalmente o efeito na segurança é estimado quando o mesmo tratamento é aplicado a várias entidades. Para obter as estimativas de  $\lambda$  e  $\pi$ , primeiro numere cada entidade (1, 2, ... , j, ... n). Consequentemente, no Passo 1 obtém-se a série de estimativas  $\hat{\lambda} (1)$ ,  $\hat{\lambda} (2)$ , ... ,  $\hat{\lambda} (j)$ , ... ,  $\hat{\lambda} (n)$  e  $\hat{\pi} (1)$ ,  $\hat{\pi} (2)$ , ... ,  $\hat{\pi} (j)$ , ... ,  $\hat{\pi} (n)$ . No Passo 2, as variâncias estimadas de cada uma destas estimativas serão obtidas a partir desse conjunto de informações. Para tirar conclusões globais neste caso, define-se:

$$\lambda \approx \Sigma \lambda (j) \text{ e}$$

(fórmula 5)

$$\pi \approx \Sigma \pi (j)$$

Onde:

$\lambda$ = número esperado de acidentes da entidade no período “depois” com o tratamento;

$\pi$ = número esperado de acidentes de uma entidade específica em um período “depois” onde não tenha sido feito nenhum tratamento;

Uma definição paralela aplica-se às estimativas  $\hat{\lambda}$  e  $\hat{\pi}$ . Quando  $\hat{\lambda} (j)$  são mutuamente independentes e  $\hat{\pi} (j)$  também são mutuamente independentes, então:

$$\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \} = \Sigma \text{VAR} \{ \hat{\lambda} (j) \} \text{ e}$$

(fórmula 6)

$$\text{VAR} \{ \hat{\pi} \} = \Sigma \text{VAR} \{ \hat{\pi} (j) \}$$

Onde:

$\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \}$  = variância da estimativa de  $\lambda$ ;

$\text{VAR} \{ \hat{\pi} \}$  = variância da estimativa de  $\pi$ .

Assim, para uma entidade composta, os quatro passos são descritos a seguir:

Passo 1. Para  $j=1, \dots, n$  estimar  $\lambda(j)$  e  $\pi(j)$ .

Passo 2. Para  $j=1, \dots, n$  estimar  $\text{VAR} \{ \hat{\lambda} (j) \}$  e  $\text{VAR} \{ \hat{\pi} (j) \}$ . Estimar  $\lambda$ ,  $\pi$ ,  $\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \}$  e  $\text{VAR} \{ \hat{\pi} \}$  usando as fórmulas 5 e 6.

Passo 3. Estimar  $\delta$  e  $\theta$  usando as fórmulas 1 e 3.

Passo 4. Estimar  $\text{VAR} \{ \hat{\delta} \}$  e  $\text{VAR} \{ \hat{\theta} \}$  usando as fórmulas 2 e 4.

Na conclusão destes quatro passos, os resultados de um estudo observacional Antes-Depois são descritos por  $[\hat{\delta}, \text{VAR} \{ \hat{\delta} \}]$  ou por  $[\hat{\theta}, \text{VAR} \{ \hat{\theta} \}]$  ou por ambos. Estes são os resultados dos Passos 3 e 4. Com isto, pode-se concluir sobre o efeito de um tratamento na segurança para uma entidade. As mesmas estimativas são também suficientes para comparar os resultados de vários estudos e para combinar os seus resultados quando possível. Além disso, com as mesmas estimativas é possível realizar testes de significância.

## 5.2 MÉTODO ANTES E DEPOIS COM GRUPO DE COMPARAÇÃO

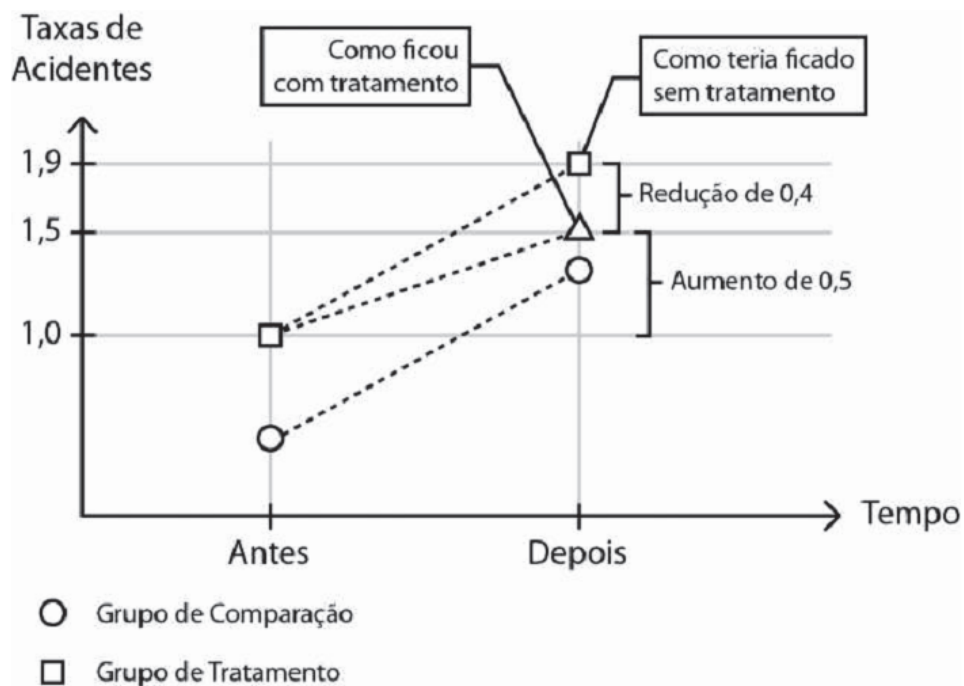
Hauer (1997, tradução nossa) mostra que a idéia central do uso de um Grupo de Comparação é simples: identificar uma área que permaneceu sem tratamento e que é semelhante à área tratada (ou áreas). A área tratada forma o “Grupo de Tratamento”, enquanto que a área não tratada é o “Grupo de Comparação”. Ambos estão representados na Figura 8. Parte-se do pressuposto de que a mudança na segurança de “antes” para “depois” do Grupo de Comparação seja um indicativo de como a segurança no grupo de tratamento poderia ter mudado. Esse pressuposto é baseado em duas suposições:

Suposição (a): que os diversos fatores que afetam a segurança tenham mudado do período “antes” para “depois” da mesma maneira em ambos os grupos – o tratado e o de comparação;

Suposição (b): que esta mudança nos diversos fatores influencia a segurança do grupo tratado e do Grupo de Comparação da mesma forma.

Para ser preciso, deixar os períodos “antes” e “depois” das áreas em questão serem iguais.

Figura 8 – Quadro explicativo de Grupo de Comparação



(fonte: elaborado pelo autor)

O Grupo de Tratamento, local onde houve a implantação da moderação, é representado pelo símbolo do quadrado na Figura 8 acima, enquanto o Grupo de Comparação, local sem implantação e com características semelhantes ao Grupo de Tratamento, é representado pelo símbolo do círculo. Para prever como teria sido o número de acidentes no Grupo de Tratamento, caso não houvesse sido feita a moderação, parte-se do pressuposto de que a razão de acidentes de “depois” para “antes” seja igual a do Grupo de Comparação, o qual já sabe-se o número de acidentes. A previsão do número de acidentes para o Grupo de Tratamento é representada pelo símbolo do triângulo.

A inclinação desta reta é chamada de  $r_C$  e é definida por:

$r_C$  = “razão de comparação”; razão entre o número esperado de acidentes-alvo no período “depois” e o número esperado de acidentes-alvo no período “antes” no Grupo de Comparação (HAUER, 1997).

No caso da figura pode-se perceber que a comparação de acidentes com o Grupo de Comparação resultou numa redução de 0,4 na taxa de acidentes, enquanto que se tivesse sido feita uma comparação simples a taxa de acidentes aumentaria em 0,5. Este método será chamado de “método G-C”. Quando, em um estudo, usa-se o “método G-C”, ele é chamado de “estudo de G-C”.

### 5.2.1 Análise Estatística

Em um estudo observacional Antes-Depois envolvendo um grupo de tratamento e um de comparação, deixe K, L, M e N denotar a contagem de acidentes que corresponde aos títulos das linhas e das colunas (tabela 1). Os valores esperados destas contagens de acidente são indicados pelas correspondentes letras gregas  $\kappa$ ,  $\lambda$ ,  $\mu$  e  $\nu$ .

Tabela 1 – contagem de acidentes e valores esperados

	Grupo de Tratamento	Grupo de Comparação
Antes	K, $\kappa$	M, $\mu$
Depois	L, $\lambda$	N, $\nu$

(fonte: HAUER, 1997, tradução nossa)

O método G-C é baseado no pressuposto de que, na ausência de tratamento, a razão entre o número esperado de acidentes-alvo “antes” e “depois” seria a mesma nos grupos de tratamento e de comparação. Para trazer o pressuposto para a órbita da análise explícita é preciso distinguir entre a razão  $r_C$  definida pelo Grupo de Comparação e uma razão paralela para o grupo de tratamento. Assim, define-se:

$$r_C = v/\mu \quad (\text{fórmula 7})$$

Onde:

$r_C$ = razão das contagens esperadas de acidente para o Grupo de Comparação;

$v$ = valor esperado para período “depois” no Grupo de Comparação;

$\mu$ = valor esperado para período “antes” no Grupo de Comparação.

E:

$$r_T = \pi/\kappa \quad (\text{fórmula 8})$$

Onde:

$r_T$ = razão das contagens esperadas de acidente para o Grupo de Tratamento;

$\pi$ = número de acidentes que teria acontecido se o tratamento não tivesse sido implementado;

$\kappa$ = valor esperado para período “antes” no Grupo de Tratamento.

O pressuposto supracitado pode agora ser expresso como uma equação: A esperança é a de que:

$$r_C = r_T \text{ ou, equivalente, que } r_C / r_T = 1 \quad (\text{fórmula 9})$$

Onde:

$r_C$ = razão das contagens esperadas de acidente para o Grupo de Comparação;

$r_T$ = razão das contagens esperadas de acidente para o Grupo de Tratamento.

Da definição de  $r_T$ , segue que:



$$\pi = r_T \cdot \kappa \quad (\text{fórmula 10})$$

Onde:

$\pi$ = número previsto de acidentes-alvo de “antes” no grupo de tratamento;

$r_T$ = razão das contagens esperadas de acidente para o Grupo de Tratamento;

$\kappa$ = valor esperado para período “antes” no Grupo de Tratamento.

Contudo, se a suposição na Fórmula 10 é verdadeira, então é verdade também que:

$$\pi = r_C \cdot \kappa \quad (\text{fórmula 11})$$

Onde:

$\pi$ = número previsto de acidentes-alvo de “antes” no grupo de tratamento;

$r_C$ = razão das contagens esperadas de acidente para o Grupo de Comparação;

$\kappa$ = valor esperado para período “antes” no Grupo de Tratamento.

Uma vez que a  $r_C$ , na Fórmula 12, pode ser estimada a partir do número de acidentes no Grupo de Comparação (M e N na Tabela 1), e  $\kappa$  pode ser estimado pelo número de acidentes no grupo de tratamento no período “antes” (K),  $\pi$  pode ser estimado.

Assim como o Método Simplista repousa sobre uma suposição, o mesmo acontece com o método G-C. Segundo Hauer (1997, tradução nossa), da mesma forma que o pressuposto subjacente, o Método Simplista nunca será exatamente verdadeiro, assim é a suposição básica do método G-C de nunca ser totalmente correto. Não se pode argumentar com convicção que, devido a algumas semelhanças externas entre os grupos tratados e de comparação, o pressuposto é “quase certo” ou “provavelmente verdadeiro”. Inúmeros dados mostram que este argumento é inválido. Um argumento mais coerente precisa ser construído.

O único argumento defensável que se pode formar para justificar o uso de um Grupo de Comparação em um estudo observacional é empírico ou indutivo. A saber, se alguém pode mostrar que em uma série temporal os valores passados de  $r_T$  e  $r_C$  foram suficientemente semelhantes, então, ciente das limitações usuais de todos os argumentos indutivos, pode-se

supor que as similaridades passadas também acontecem para aquele valor específico de  $r_C$  que é usado em um específico “estudo G-C”. Contudo, se este é o argumento sobre o qual repousa o método G-C, deve-se permitir na análise a possibilidade de que o pressuposto de  $r_T / r_C = 1$  não é exatamente verdadeiro em qualquer “estudo G-C” específico. É necessário, portanto, considerar que a razão  $r_C / r_T$  seja uma variável aleatória a qual em diferentes ocasiões toma diferentes valores. Coerentes com a terminologia estatística usual associada à Tabela 1, a razão  $r_C / r_T$  será chamada de  $\omega$ .

$$\omega = r_C / r_T \quad \text{(fórmula 12)}$$

Onde:

$\omega$ = razão da probabilidade;

$r_C$ = razão das contagens esperadas de acidente para o Grupo de Comparação;

$r_T$  = razão das contagens esperadas de acidente para o Grupo de Tratamento.

Considerando uma longa série temporal de contagens de acidentes para um grupo de entidades de tratamento e de comparação, a partir destas contagens de acidentes é possível formar uma série temporal como na Tabela 1. As quatro contagens de acidente K, L, M e N, em cada tabela são para o mesmo conjunto de entidades, exceto que em nenhum momento tem o tratamento sido aplicado às entidades para o grupo de tratamento. Em cada uma dessas tabelas um valor específico de  $\omega$  ocorre. Assim, para cada grupo de entidades de tratamento e de comparação existe uma **série temporal de  $\omega$ 's**. Qualquer sequência de tal  $\omega$ 's tem uma média  $E\{\omega\}$  e uma variância  $VAR\{\omega\}$ . Para um Grupo de Comparação ser considerado legítimo, ele deve atender à exigência de que  $E\{\omega\}=1$ . Se esta exigência não for cumprida, os últimos  $r_C$  podem ser sistematicamente maiores ou menores do que o  $r_T$  correspondente. Isso poderia negar completamente a premissa básica do “estudo G-C”.

Até aqui foi argumentado que está na natureza dos grupos de tratamento e comparação que para qualquer par particular de períodos “antes-depois”,  $\omega$  não é exatamente igual a 1, mesmo se o Grupo de Comparação é um grupo ideal. Somente em uma longa sequência de pares de períodos “antes-depois”, em cada um dos quais possui um valor diferente de  $\omega$ , será a média  $E(\omega)$  igual a 1. Uma vez que a hipótese de que  $r_T = r_C$  (isto é, que  $\omega = 1$ ) é usado na formação da previsão de  $\pi$ ,  $VAR\{\hat{\pi}\}$  deve ser influenciada pela  $VAR\{\omega\}$ .

Para calcular  $VAR\{\omega\}$  deve-se avaliar a série histórica dos acidentes e examinar como a razão probabilidade  $\omega$  variou neste período. Ao longo do período abrangido pelos dados, as contagens dos acidentes (K, L, M, N) podem ser organizadas em uma matriz 2x2 semelhante à Tabela 1.

Uma estimativa aproximada para  $\omega$  é dada por:

$$o=(KN)/(LM)/(1+1/L+1/M) \quad (\text{fórmula 13})$$

Onde:

$o$ = amostra da razão probabilidade de  $\omega$ ;

K= número de acidentes do período “antes” no Grupo de Tratamento;

N= número de acidentes do período “depois” no Grupo de Comparação;

L= número de acidentes do período “depois” no Grupo de Tratamento;

M= número de acidentes do período “antes” no Grupo de Comparação.

Para uma sequência de razões de probabilidades podemos encontrar a média da amostra  $m\{o\}$  e sua variância  $s^2\{o\}$ . Com isto, podemos estimar  $VAR\{\omega\}$  com a seguinte fórmula:

$$V\hat{A}R\{\omega\}=s^2\{o\}-(1/K+1/L+1/M+1/N) \quad (\text{fórmula 14})$$

Onde:

$s^2\{o\}$ = variância da razão probabilidade de  $\omega$ ;

K= número de acidentes do período “antes” no Grupo de Tratamento;

N= número de acidentes do período “depois” no Grupo de Comparação;

L= número de acidentes do período “depois” no Grupo de Tratamento;

M= número de acidentes do período “antes” no Grupo de Comparação.

Os resultados para as etapas 1 e 2 para o cálculo restante do método G-C estão listados na Tabela 3 abaixo. As equações usadas para as etapas 3 e 4 estão na Tabela 4.

Tabela 3 – resultados para etapas 1 e 2 do estudo de grupo de controle

Estimativas de Parâmetros Etapa 1	Estimativas de Variâncias Etapa 2
$\hat{\lambda} = L$	$\text{V}\hat{\text{A}}\text{R}\{\hat{\lambda}\} = L$
$\hat{r}_T = \hat{r}_C = (N/M)/(1+1/M)$	$\text{V}\hat{\text{A}}\text{R}\{\hat{r}_T\} / r_T^2 \approx 1/M + 1/N + \text{V}\hat{\text{A}}\text{R}\{\omega\}$
$\hat{\pi} = \hat{r}_T K$	$\text{V}\hat{\text{A}}\text{R}\{\hat{\pi}\} \approx \hat{\pi}^2 [1/K + \text{V}\hat{\text{A}}\text{R}\{\hat{r}_T\} / r_T^2]$

(fonte: HAUER, 1997, tradução nossa)

Tabela 4 – equações para etapas 3 e 4 do estudo de grupo de controle

$\delta = \pi - \lambda$	(fórmula 1)
$\text{VAR}\{\hat{\delta}\} = \text{VAR}\{\hat{\pi}\} + \text{VAR}\{\hat{\lambda}\}$	(fórmula 2)
$\theta = (\lambda/\pi) / [1 + \text{VAR}\{\hat{\pi}\} / \pi^2]$	(fórmula 3)
$\text{VAR}\{\hat{\theta}\} \approx \theta^2 [(\text{VAR}\{\hat{\lambda}\} / \lambda^2) + (\text{VAR}\{\hat{\pi}\} / \pi^2) / [1 + \text{VAR}\{\hat{\pi}\} / \pi^2]^2]$	(fórmula 4)

No Método Ingênuo,  $\hat{\pi} = K$ . No Método G-C,  $\hat{\pi} = \hat{r}_T K$ . O objetivo de  $\hat{r}_T$  (ou de sua substituta  $\hat{r}_C$ ) é o de considerar o efeito da mudança em vários fatores causais não controlados. A consequência da adição de  $\hat{r}_T$  é que a precisão estatística com que  $\pi$  pode ser estimado deve, agora, depender não somente da  $\text{VAR}\{K\}$ , mas também da  $\text{VAR}\{\hat{r}_T\}$ , como é evidente na última linha da Tabela 3.

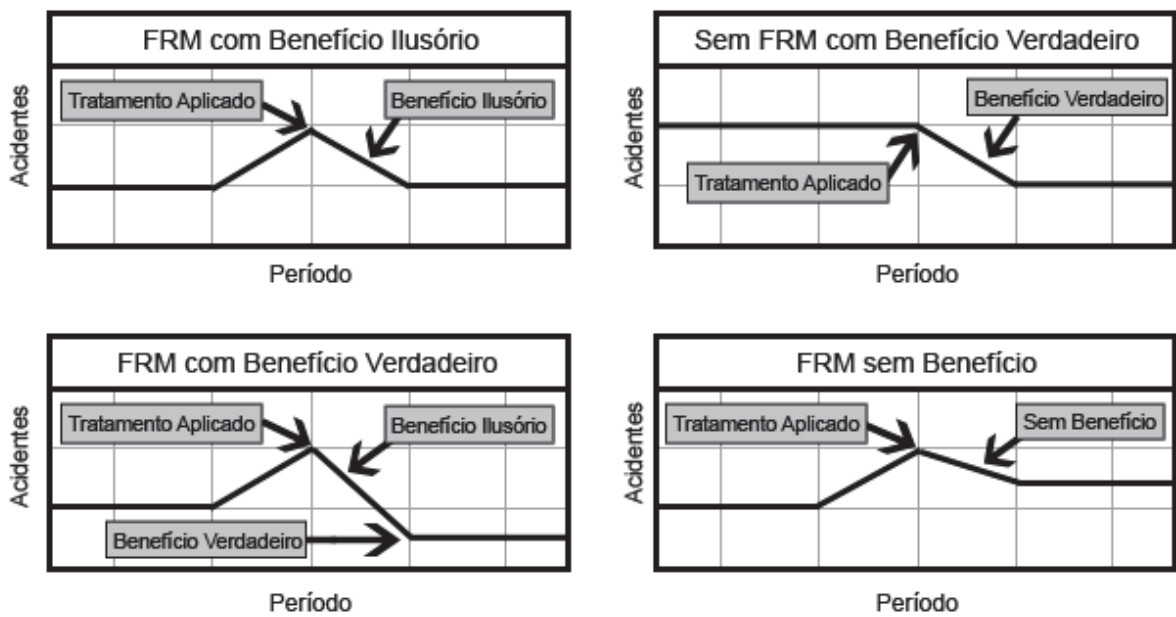
### 5.3 FENÔMENO DE REGRESSÃO À MÉDIA (FRM)

Sabendo que pode haver vários fatores que contribuem para que o número de acidentes de determinada região sofra mudanças, tendo tido, ou não, métodos implantados, surge a necessidade de uma análise dos dados em um longo período.

No caso dos dados dos acidentes, há uma tendência de que os dados oscilem ao longo dos anos, de forma aleatória. Geralmente não há nenhuma causa que justifique o aumento ou diminuição desses números. O FRM provém desta aleatoriedade identificada na série histórica (KOPPLIN, 2015).

O objetivo do FRM é verificar se a diminuição do número de acidentes, após o método ser implantado, deveu-se exclusivamente ao método ou se foi devido a uma anormalidade na média da série histórica. Além disso, pode ser usado para a tomada de decisão sobre a real necessidade da implantação do método. A Figura 9 abaixo ilustra as possibilidades da existência deste fenômeno (D'AVILA et al., 2014).

Figura 9 – possibilidades de existência do FRM



(fonte: adaptado de D'ÁVILA; et al.,2014)

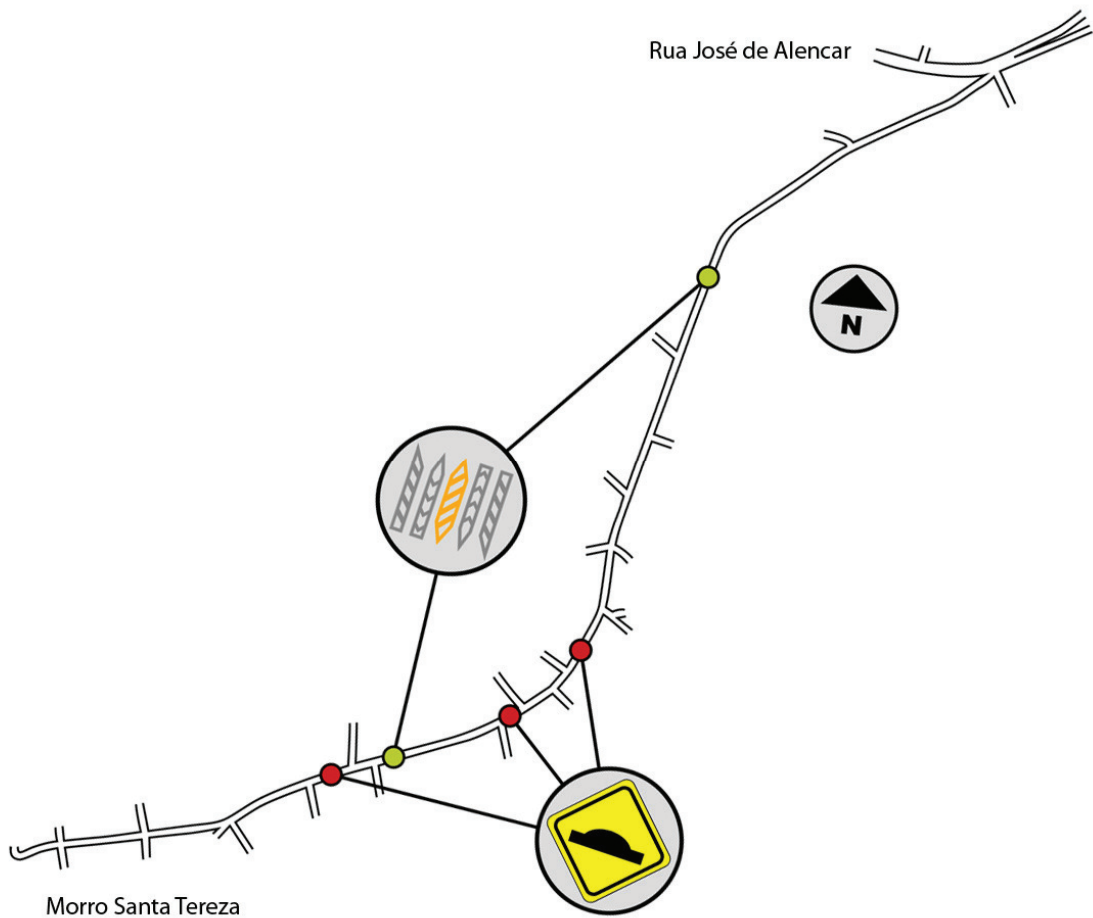
O Fenômeno de Regressão à Média será usado neste estudo aliado ao Método Antes-Depois Simplista, como uma outra forma de análise dos números de acidentes, para verificar se no período anterior de estudo houve algum decréscimo ou acréscimo anormal nos números de acidentes.

## 6 DESCRIÇÃO DO ESTUDO

### 6.1 ÁREA ESTUDADA

A Rua Corrêa Lima é caracterizada como uma via coletora, pertencente à zona sul de Porto Alegre e que faz a ligação entre o Morro Santa Tereza com uma via arterial, a Rua José de Alencar. Possui uma extensão de 2,1 km, asfaltada em sua totalidade. Tem tráfego nos dois sentidos, com uma faixa para cada sentido. A velocidade máxima permitida na via é de 40 km/h e em algumas áreas reduz-se para 30 km/h. A disposição das entidades na via é mostrada na Figura 10.

Figura 10 – Rua Corrêa Lima



(fonte: elaborado pelo autor)

O projeto de moderação de tráfego da Rua Corrêa Lima se dividiu em duas partes. Na primeira parte, em 01/11/2011, foram instaladas três Ondulações Transversais (Figura 11), enquanto que na segunda parte, em 01/01/2014, foram instaladas duas Marcas de Canalização como Redutor de Velocidade, bem como os Gradis para segurança de pedestres (Figura 12). Aliado a isso houve também um novo projeto para a sinalização vertical da via.

Figura 11 – Ondulações Transversais na Rua Corrêa Lima



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 12 – Marcas de Canalização como Redutor de Velocidade na Rua Corrêa Lima



(fonte: elaborado pelo autor)



Para o Grupo de Comparação foi utilizada a Rua Dona Malvina, por apresentar características semelhantes à via em estudo, tais como o duplo sentido, com uma faixa para cada sentido e, também, o revestimento asfáltico em sua totalidade. O fluxo de veículos também é semelhante à Rua Corrêa Lima, foco do nosso trabalho. As duas ruas também pertencem à mesma região da cidade, ficando próximas uma da outra.

## 6.2 ANÁLISE DOS NÚMEROS DE ACIDENTES

### 6.2.1 Estudo 1

O estudo 1 engloba as duas partes do projeto implantado na Rua Corrêa Lima. O período considerado para este primeiro estudo foi de junho de 2009 até maio de 2016. Como o projeto foi executado em duas partes, com a primeira parte sendo a execução das Ondulações Verticais e a segunda parte sendo a instalação de Gradis e Marcas de Canalização como Redutor de Velocidade (MCRV), entre os meses de novembro de 2011 e dezembro de 2014 (período entre as duas partes do projeto de moderação) os acidentes não foram contabilizados.

Na Tabela 5 são mostrados os totais de acidentes do período “antes” e “depois”, caracterizados pelo tipo de acidente.

Tabela 5 – acidentes na Rua Corrêa Lima no estudo 1

		Abalroamento	Atropelamento	Capotagem	Choque	Colisão	Eventual	Incêndio
Rua Corrêa Lima	Antes	40	8	0	12	19	0	0
	Depois	37	3	0	4	20	1	0

(fonte: elaborado pelo autor)

Abalroamento foi o tipo de acidente mais comum observado nos dois períodos. No período “antes” ele representou 50% do total dos acidentes, enquanto no período “depois” ele representou 57% do total. O total de acidentes no período “antes” foi de 79 acidentes, e o período “depois” foi de 65 acidentes.

Na Tabela 6, os acidentes totais no período de estudo “antes” e “depois” para a Rua Dona Malvina (Grupo de Comparação), caracterizados de acordo com o tipo de acidente.



Tabela 6 – acidentes na Rua Dona Malvina no estudo 1

		Abalroamento	Atropelamento	Capotagem	Choque	Colisão	Eventual	Incêndio
Rua Dona Malvina	Antes	19	4	1	2	5	1	0
	Depois	20	1	0	4	4	0	0

(fonte: elaborado pelo autor)

Abalroamento foi o tipo de acidente mais comum observado nos dois períodos. No período “antes” ele representou 59,3% do total dos acidentes, enquanto no período “depois” ele representou 69% do total. O total de acidentes no período “antes” foi de 32 acidentes, e o período “depois” foi de 29 acidentes.

### 6.2.2 Estudo 2

O estudo 2 visa comparar somente a primeira etapa do projeto de moderação de tráfego da Rua Corrêa Lima, ou seja, a implantação das Ondulações Verticais. Para esta comparação o período “antes” considerado foi de novembro de 2009 a novembro de 2011, e o período “depois” considerado foi de dezembro de 2011 a dezembro de 2013.

Na Tabela 7 são mostrados os totais de acidentes do período “antes” e “depois”, caracterizados pelo tipo de acidente.

Tabela 7 – acidentes na Rua Corrêa Lima no estudo 2

		Abalroamento	Atropelamento	Capotagem	Choque	Colisão	Eventual	Incêndio
Rua Corrêa Lima	Antes	34	6	0	11	12	0	0
	Depois	38	3	1	8	22	0	0

(fonte: elaborado pelo autor)

Abalroamento foi o tipo de acidente mais comum observado nos dois períodos. No período “antes” ele representou 54% do total dos acidentes, enquanto no período “depois” ele representou 52,7% do total. O total de acidentes no período “antes” foi de 63 acidentes, e o período “depois” foi de 72 acidentes.

Na Tabela 8, os acidentes totais no período de estudo “antes” e “depois” para a Rua Dona Malvina (Grupo de Comparação), caracterizados de acordo com o tipo de acidente.

Tabela 8 – acidentes na Rua Dona Malvina no estudo 2

		Abalroamento	Atropelamento	Capotagem	Choque	Colisão	Eventual	Incêndio
Rua Dona Malvina	Antes	15	4	1	1	4	1	0
	Depois	22	5	0	1	5	0	0

(fonte: elaborado pelo autor)

Abalroamento foi o tipo de acidente mais comum observado nos dois períodos. No período “antes” ele representou 57,7% do total dos acidentes, enquanto no período “depois” ele representou 66,7% do total. O total de acidentes no período “antes” foi de 26 acidentes, e o período “depois” foi de 33 acidentes.

## **7 ANÁLISE DA EFICÁCIA DAS MEDIDAS IMPLANTADAS**

Nesta parte do trabalho será feita a análise da eficácia dos estudos 1 e 2 das medidas de moderação de tráfego realizadas na Rua Corrêa Lima no período de novembro de 2011 à janeiro de 2014.

Para esta análise foram utilizados dois métodos de avaliação, o Antes-Depois Simplista e Antes-Depois com Grupo de Comparação, ambos propostos por Ezra Hauer. O Fenômeno de Regressão à Média foi usado no Método Antes-Depois Simplista para analisar se houve alguma anormalidade na série histórica de acidentes.

### **7.1 ESTUDO 1**

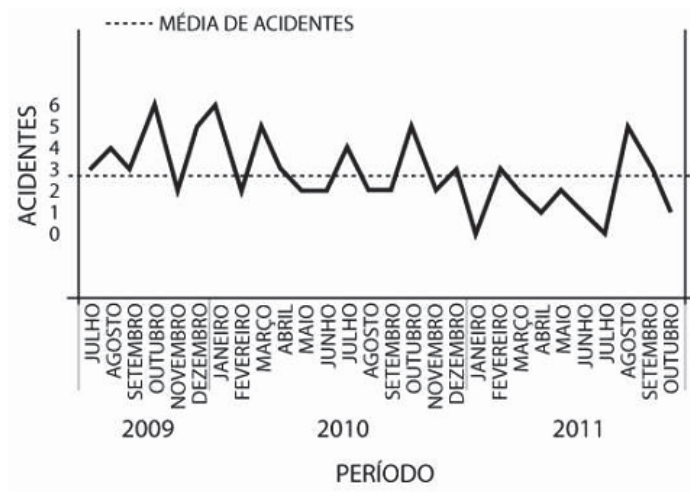
#### **7.1.1 Método Antes-Depois Simplista**

Período “antes” considerado: julho de 2009 a novembro de 2011.

Período “depois” considerado: janeiro de 2014 a maio de 2016.

Primeiramente, para verificar se o FRM ocorre na série mensal de acidentes, calculou-se a média aritmética dos acidentes do período “antes” e chegou-se ao valor de 2,8 acidentes, como mostra a Figura 13. Partindo-se do princípio de que não houve aumentos significativos no fluxo de veículos no período calculado, percebe-se que os valores flutuam em torno da média, sugerindo a presença do FRM, ou seja, não houve nenhuma anormalidade na série histórica que pudesse prejudicar o método Simplista.

Figura 13 – Análise da presença do FRM



(fonte: elaborado pelo autor)

Para o uso do método Antes-Depois Simplista usou-se o número de acidentes total dos períodos em questão. Os dados utilizados para os cálculos estão na Tabela 9.

Tabela 9 – total de acidentes na Rua Corrêa Lima

	Acidentes
Antes	79
Depois	65

(fonte: elaborado pelo autor)

O procedimento para o cálculo foi descrito no item 5.1.1.2 (Quatro Passos para uma entidade composta) e é retratado abaixo.

$$\hat{\pi} = \sum \hat{\pi} (j) = 79$$

(fórmula 5)

$$\hat{\lambda} = \sum \hat{\lambda} (j) = 65$$

$$\text{VAR} \{ \hat{\pi} \} = \Sigma \text{VAR} \{ \hat{\pi} (j) \} = 79$$

(fórmula 6)

$$\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \} = \Sigma \text{VAR} \{ \hat{\lambda} (j) \} = 65$$

$$\hat{\delta} = \hat{\pi} - \hat{\lambda} = 14$$

(fórmula 1)

$$\hat{\theta} = (\hat{\lambda} / \hat{\pi}) / [1 + \text{VAR} \{ \hat{\pi} \} / \hat{\pi}^2] = 0,81$$

(fórmula 3)

$$\text{VAR} \{ \hat{\delta} \} = \text{VAR} \{ \hat{\pi} \} + \text{VAR} \{ \hat{\lambda} \} = 144$$

(fórmula 2)

$$\text{VAR} \{ \hat{\theta} \} = \hat{\theta}^2 [(\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \} / \lambda^2) + (\text{VAR} \{ \hat{\pi} \} / \pi^2)] / [1 + \text{VAR} \{ \hat{\pi} \} / \pi^2]^2 =$$

(fórmula 4)

$$0,018$$

Utilizando esta análise foram obtidos os seguintes resultados: redução de 14 acidentes com um desvio padrão de  $\pm 12$  acidentes, uma redução percentual de 19% com um desvio padrão de  $\pm 13,4\%$ .

### 7.1.2 Método Antes e Depois Com Grupo de Comparação

Período “antes” considerado: julho de 2009 a novembro de 2011.

Período “depois” considerado: janeiro de 2014 a maio de 2016.

Para o uso do método usou-se o número de acidentes total dos períodos em questão. Os dados utilizados para os cálculos estão na Tabela 10.

Tabela 10 – total de acidentes no grupo de controle e grupo de comparação

	Grupo de Tratamento	Grupo de Comparação
Antes	$K = \kappa = 79$	$M = \mu = 32$
Depois	$L = \lambda = 65$	$N = \nu = 29$

(fonte: elaborado pelo autor)

Para o cálculo da  $V\hat{A}R\{\omega\}$  os dados dos acidentes foram divididos em períodos menores, resultando a Tabela 11 abaixo.

Tabela 11 – total de acidentes no grupo de controle e grupo de comparação em períodos menores

	Grupo de Tratamento	Grupo de Comparação	o	$M\{o\}$	$s2\{o\}$	$V\hat{A}R\{\omega\}$
Antes a	49	18				
Antes b	30	14	1,166667			
Depois a	34	16	0,916031			
Depois b	31	13	0,813996			
				0,965565	0,032934	0,0607

(fonte: elaborado pelo autor)

As etapas restantes da Tabela 2 do item 5.2.1 estão retratadas abaixo.

Etapa 1	Etapa 2
$\hat{\lambda} = L = 65$	$V\hat{A}R\{\hat{\lambda}\} = L = 65$
$\hat{r}_T = \hat{r}_C = (N/M)/(1+1/M) = 1$	$V\hat{A}R\{\hat{r}_T\} / r_T^2 = 1/M + 1/N + V\hat{A}R\{\omega\} = 0,12$
$\hat{\pi} = \hat{r}_T K = 79$	$V\hat{A}R\{\hat{\pi}\} = \hat{\pi}^2 [1/K + V\hat{A}R\{\hat{r}_T\} / r_T^2] = 868$
Etapa 3	
$\hat{\delta} = \hat{\pi} - \hat{\lambda} = 14$	
$\hat{\theta} = (\hat{\lambda} / \hat{\pi}) / [1 + V\hat{A}R\{\hat{\pi}\} / \hat{\pi}^2] = 0,7223$	
Etapa 4	
$V\hat{A}R\{\hat{\delta}\} = V\hat{A}R\{\hat{\pi}\} + V\hat{A}R\{\hat{\lambda}\} = 933$	

$\text{VAR}\{\hat{\theta}\} = \hat{\theta}^2[(\text{VAR}\{\hat{\lambda}\}/\hat{\lambda}^2) + (\text{VAR}\{\hat{\pi}\}/\hat{\pi}^2)/[1 + \text{VAR}\{\hat{\pi}\}/\hat{\pi}^2]^2 = 0,0621$
Desvios Padrão
$\hat{\sigma}\{\hat{\delta}\} = 30,5$
$\hat{\sigma}\{\hat{\theta}\} = 0,25$

Utilizando esta análise foi obtido os seguintes resultados: redução de 14 acidentes com um desvio padrão de  $\pm 30,5$  acidentes, uma redução percentual de 27,7% com um desvio padrão de  $\pm 25\%$ .

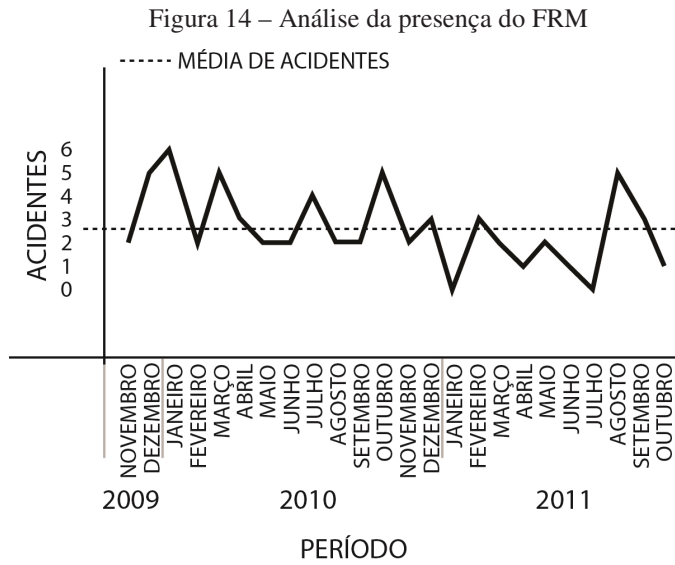
## 7.2 ESTUDO 2

### 7.2.1 Método Antes-Depois Simplista

Período “antes” considerado: novembro de 2009 a novembro de 2011.

Período “depois” considerado: dezembro de 2011 a dezembro de 2013.

Primeiramente, para verificar se o FRM ocorre na série mensal de acidentes, calculou-se a média aritmética dos acidentes do período “antes” e chegou-se ao valor de 2,7 acidentes, como mostra a Figura 13. Partindo-se do princípio de que não houve aumentos significativos no fluxo de veículos no período calculado, percebe-se que os valores flutuam em torno da média, sugerindo a presença do FRM, ou seja, não houve nenhuma anormalidade na série histórica que pudesse prejudicar o método Simplista.



(fonte: elaborado pelo autor)

Para o uso do método Antes-Depois Simplista usou-se o número de acidentes total dos períodos em questão. Os dados utilizados para os cálculos estão na Tabela 12

Tabela 12 total de acidentes na Rua Corrêa Lima

	Acidentes
Antes	63
Depois	72

(fonte: elaborado pelo autor)

O procedimento para o cálculo foi descrito no item 5.1.1.2 (Quatro Passos para uma entidade composta) e é retratado abaixo.

$$\hat{\pi} = \sum \hat{\pi} (j) = 63$$

(fórmula 5)

$$\hat{\lambda} = \sum \hat{\lambda} (j) = 72$$



$$\text{VAR} \{ \hat{\pi} \} = \Sigma \text{VAR} \{ \hat{\pi} (j) \} = 63$$

(fórmula 6)

$$\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \} = \Sigma \text{VAR} \{ \hat{\lambda} (j) \} = 72$$

$$\hat{\delta} = \hat{\pi} - \hat{\lambda} = -9$$

(fórmula 1)

$$\hat{\theta} = (\hat{\lambda} / \hat{\pi}) / [1 + \text{VAR} \{ \hat{\pi} \} / \hat{\pi}^2] = 1,125$$

(fórmula 3)

$$\text{VAR} \{ \hat{\delta} \} = \text{VAR} \{ \hat{\pi} \} + \text{VAR} \{ \hat{\lambda} \} = 135$$

(fórmula 2)

$$\text{VAR} \{ \hat{\theta} \} = \hat{\theta}^2 [(\text{VAR} \{ \hat{\lambda} \} / \lambda^2) + (\text{VAR} \{ \hat{\pi} \} / \pi^2)] / [1 + \text{VAR} \{ \hat{\pi} \} / \pi^2]^2 =$$

(fórmula 4)

$$0,036$$

Utilizando esta análise foram obtidos os seguintes resultados: aumento de 9 acidentes com um desvio padrão de  $\pm 11$  acidentes, um aumento percentual de 12,5% com um desvio padrão de  $\pm 19\%$ .

### 7.2.2 Método Antes e Depois Com Grupo de Comparação

Período “antes” considerado: novembro de 2009 a novembro de 2011.

Período “depois” considerado: dezembro de 2011 a dezembro de 2013.

Para o uso do método usou-se o número de acidentes total dos períodos em questão. Os dados utilizados para os cálculos estão na Tabela 13

Tabela 13– total de acidentes no grupo de controle e grupo de comparação

	Grupo de Tratamento	Grupo de Comparação
Antes	$K = \kappa = 63$	$M = \mu = 26$
Depois	$L = \lambda = 72$	$N = \nu = 33$

(fonte: elaborado pelo autor)

Para o cálculo da  $V\hat{A}R\{\omega\}$  os dados dos acidentes foram divididos em períodos menores, resultando a Tabela 14 abaixo.

Tabela 14– total de acidentes no grupo de controle e grupo de comparação em períodos menores

	Grupo de Tratamento	Grupo de Comparação	o	M{o}	s2{o}	$V\hat{A}R\{\omega\}$
Antes a	38	14				
Antes b	25	12	1,09901			
Depois a	36	19	1,029167			
Depois b	29	12	0,841402			
				0,98986	0,017749	0,07589

(fonte: elaborado pelo autor)

As etapas restantes da Tabela 2 do item 5.2.1 estão retratadas abaixo.

Etapa 1	Etapa 2
$\hat{\lambda} = L = 72$	$V\hat{A}R\{\hat{\lambda}\} = L = 72$
$\hat{r}_T = \hat{r}_C = (N/M)/(1+1/M) = 1$	$V\hat{A}R\{\hat{r}_T\} / r_T^2 = 1/M + 1/N + V\hat{A}R\{\omega\} = 0,14$
$\hat{\pi} = \hat{r}_T K = 63$	$V\hat{A}R\{\hat{\pi}\} = \hat{\pi}^2 [1/K + V\hat{A}R\{\hat{r}_T\} / r_T^2] = 637$
Etapa 3	
$\hat{\delta} = \hat{\pi} - \hat{\lambda} = -9$	
$\hat{\theta} = (\hat{\lambda} / \hat{\pi}) / [1 + V\hat{A}R\{\hat{\pi}\} / \hat{\pi}^2] = 0,985$	
Etapa 4	
$V\hat{A}R\{\hat{\delta}\} = V\hat{A}R\{\hat{\pi}\} + V\hat{A}R\{\hat{\lambda}\} = 709,1$	

$\text{VAR}\{\hat{\theta}\} = \hat{\theta}^2[(\text{VAR}\{\hat{\lambda}\}/\hat{\lambda}^2) + (\text{VAR}\{\hat{\pi}\}/\hat{\pi}^2)/[1 + \text{VAR}\{\hat{\pi}\}/\hat{\pi}^2]^2 = 0,1255$
Desvios Padrão
$\hat{\sigma}\{\hat{\delta}\} = 26,6$
$\hat{\sigma}\{\hat{\theta}\} = 0,35$

Utilizando esta análise foi obtido os seguintes resultados: aumento de 9 acidentes com um desvio padrão de  $\pm 26,6$  acidentes, uma redução percentual de 1,5% com um desvio padrão de  $\pm 35\%$ .

### 7.3 COMPARATIVO

Na Tabela 15 abaixo é mostrado os resultados obtidos pelos 2 estudos realizados.

Tabela 15– comparativo dos resultados obtidos

Estudo 1	
Método Antes-Depois Simplista	Método Antes e Depois com Grupo de Comparação
<ul style="list-style-type: none"> <li>• redução de 14 acidentes, com desvio padrão de <math>\pm 12</math> acidentes;</li> <li>• redução percentual de 19%, com desvio padrão de <math>\pm 13,4\%</math>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• redução de 14 acidentes, com desvio padrão de <math>\pm 30,5</math> acidentes;</li> <li>• redução percentual de 27,7%, com desvio padrão de <math>\pm 25\%</math>.</li> </ul>
Estudo 2	
Método Antes-Depois Simplista	Método Antes e Depois com Grupo de Comparação
<ul style="list-style-type: none"> <li>• aumento de 9 acidentes, com desvio padrão de <math>\pm 11</math> acidentes;</li> <li>• aumento percentual de 12,5%, com desvio padrão de <math>\pm 19\%</math>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• aumento de 9 acidentes, com desvio padrão de <math>\pm 26,6</math> acidentes;</li> <li>• redução percentual de 1,5%, com desvio padrão de <math>\pm 35\%</math>.</li> </ul>

(fonte: elaborado pelo autor)

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo verificar a eficácia dos dispositivos de moderação de tráfego na redução de acidentes na Rua Corrêa Lima, em Porto Alegre.

Para avaliar esta eficácia foram utilizados dois métodos de análise. Estes métodos descritos por Hauer (1997) foram o Método Antes-Depois Simplista e o Método de Antes e Depois com Grupos de Comparação. Aliado a isso foi utilizado, também, o Fenômeno de Regressão à Média, usado para verificar se os acidentes apresentavam algum tipo de anormalidade na série histórica que pudesse causar uma leitura diferente dos dados dos acidentes antes e depois.

Visto que o projeto de moderação de tráfego implantado na Rua Corrêa Lima, objeto do estudo, foi desenvolvido em duas partes, foram feitos dois estudos para a comparação dos acidentes do antes e do depois da implantação. No estudo 1 foi analisado os dois projetos (Ondulações Transversais e Marcas de Canalização como Redutor de Velocidade). No estudo 2, somente foi analisado as Ondulações Transversais, primeiro método implantado na via.

A redução de acidentes verificada pelos métodos antes-depois foi satisfatória. No estudo 1 foi verificada uma redução de 19% quando utilizado o Método Antes-Depois Simplista e uma redução de 27,7% quando utilizado o Método de Antes e Depois com Grupos de Comparação. Já no estudo 2, num primeiro momento, com o Método Antes-Depois Simplista, foi verificado um aumento percentual de 12,5% nos acidentes. Porém, quando analisado pelo Método Antes e Depois com Grupos de Comparação, foi verificada uma redução de 1,5% nos acidentes.

O uso de dois estudos diferentes para a análise da área se mostrou muito interessante. Pode-se demonstrar que o uso de um Grupo de Comparação para a análise é muito relevante. Com este Grupo de Comparação pode-se verificar uma redução no número de acidentes no estudo 2, apesar de que no Método Simplista mostrasse o contrário. Isto ocorreu devido ao fato de poder relacionar o padrão de acidentes de uma via semelhante com a via estudada, diferente do Método Simplista, onde não analisa isto. Apesar de ter acontecido mais acidentes no período “depois” em comparação ao período “antes”, a comparação com o Grupo de Comparação mostrou que, caso não tivesse havido a moderação, os acidentes teriam sido ainda maiores.

Estes resultados obtidos mostram que dependendo do método escolhido os percentuais de redução são diferentes. O Método Simplista, no estudo 1, mostrou uma redução menor comparado ao outro (19% contra 27,7%), porém com um desvio-padrão menor (13,4% para o Simplista e 25% para o com Grupo de Comparação), mostrando que o resultado pode ser mais consistente quando comparado ao G-C, visto que no G-C esta redução pode variar de 2,4% a 52,4%, enquanto no Simplista a margem fica em 5,6% e 32,4%.

Quanto à eficiência dos dispositivos de moderação de tráfego utilizados na cidade de Porto Alegre, pode-se perceber que para que haja uma redução mais significativa nos acidentes deve-se aliar sempre várias formas de moderação. O estudo 2 demonstrou que somente a implantação de Ondulações Transversais não foi eficiente para a redução dos acidentes, porém, aliado com as Marcas de Canalização como Redutor de Velocidade, a diminuição nos acidentes foi acentuada, como mostrou o estudo 1. Entretanto, como visto na revisão bibliográfica, somente estes dados não são suficientes para se afirmar o quão fundamental foi esta contribuição, podendo ter sido influenciado por outros fatores.

Pode-se concluir que um projeto relativamente simples e de baixo custo, aliado a um estudo sobre os dados do ponto de interesse, resultam em grandes benefícios em relação à redução de acidentes e a metodologia deste trabalho pode ajudar nesta estimativa da eficácia desses novos projetos.

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, L. H. M. **Análise da Redução de Velocidade de Dispositivos de Canalização de Tráfego do Tipo “Lápis”**. 2013. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia de Produção) – UFRGS, Porto Alegre.
- BARBOSA, H. M.; MOURA, M. V. **Ondulações Transversais para Controle da Velocidade Veicular**. 2008. Núcleo de Transportes – NUCLETRANS. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG. Anais da ANPET.
- BELO HORIZONTE. Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte: BHTRANS. **Manual de Medidas Moderação de Tráfego**. 1999.
- BOCANEGRA, C. W. R. **Procedimentos para implantação e avaliação de desempenho de Lombadas Eletrônicas em áreas urbanas**. 2006. 149 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- BOTTESINI, G. **Influência de Medidas de Segurança de Trânsito no Comportamento dos Motoristas**. 2010. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- BRASIL. **Código de Trânsito Brasileiro**. Brasília: Denatran. 2008.
- CAMPOS, M. M. **Uma Análise da Redução Entre Acidentes de Tráfego e Variáveis Sociais, Econômicas, Urbanas e de Mobilidade na Cidade do Rio de Janeiro**. 2005. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - COPPE / UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 2005.
- CHAGAS, D. M. **Estudo sobre fatores contribuintes de acidentes de trânsito urbano**. 2011. 114 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2011.
- CIVIC VOICE. **Street Pride** – Briefing 4: Guard Rails. 2010. Disponível em: <[http://www.civicvoice.org.uk/uploads/files/Briefing\\_note\\_4\\_Guard\\_rails\\_-\\_Final.pdf](http://www.civicvoice.org.uk/uploads/files/Briefing_note_4_Guard_rails_-_Final.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2015.

COSTA, R. C. M. **Medidas Facilitadoras À Mobilidade e Segurança dos Pedestres na Área Urbana**. 2008. Monografia de Especialista, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET/MG.

CRUZ, M. M. L. **Avaliação dos impactos de restrição ao trânsito de veículos**. 2006. 143 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, SP, 2006.

D'AVILA, R., DA COSTA, T. G., & BARBOSA, H. M. O efeito da regressão a media no processo de previsão de acidentes em interseções urbanas da área central de belo horizonte. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTES, 28., 2014, Curitiba. Anais...Curitiba: ANPET, 2014. Não paginado. Disponível em: <<http://www.anpet.org.br/xxviiiianpet/anais/documents/AC478.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

DEVON COUNTY COUNCIL. **Traffic Calming Guidelines**. Great Britain, 1991.

DIÓGENES, M. C. **Método para Avaliar o Risco Potencial de Atropelamentos em Travessias Urbanas em Meio de Quadra**. 2008. 244 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Produção). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, RS, 2008.

ENGENHARIA DE TRÁFEGO OPTATIVA. **Capítulo 05 – Pedestres**. 2015. Notas de aula. Não paginado. Departamento de Transportes do Setor de Tecnologia – Universidade Federal do Paraná, PR. Disponível em: <[http://www.dtt.ufpr.br/eng\\_trafego\\_optativa/arquivos/PEDESTRES.pdf](http://www.dtt.ufpr.br/eng_trafego_optativa/arquivos/PEDESTRES.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2015.

ESTEVES, R. **Cenários Urbanos e Traffic Calming**. 2003. 156 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Produção), COPPE / UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 2003.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. **Pedestrian Facilities Users Guide – Providing Safety and Mobility**. 2002.

GOLD, P. A. **Melhorando as Condições de Caminhada em Calçadas**. Gold Projects. 2003.

GONDIM, M. F. **Cadernos de Desenho: ciclovias**, 2010. Rio de Janeiro: Editora da COPPE/UFRJ.

HAUER, E. **Observational Before – After Studies in Road Safety – Estimating the effect of highway and traffic engineering measure on road safety**. 1997. Ed. Emerald, UK.,

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas brasileiras**. 2003. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Governo Federal, Brasil.

MÂNICA, A. G. **Modelo de Previsão de Acidentes Rodoviários Envolvendo Motocicletas**. 2007. 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Sistemas de Transporte e Logística, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

MEIRA, R. D. S. **Análise da Infra-Estrutura Viária Voltada para a Redução de Atropelamentos em Porto Alegre**. 2006. 70f. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, RS, 2006.

NATIONAL HIGHWAY TRAFFIC SAFETY ADMINISTRATION. **Traffic Safety Facts 2005 – A Compilation of Motor Vehicle Crash from the Fatality Analysis Reporting System and the General Estimates System**. [2006?]. U.S. Department of Transportation, Washington, DC.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT / EUROPEAN CONFERENCE OF MINISTERS OF TRANSPORT. Transport Research Centre. **Country reports on safety performance**. 2006.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Gestão da velocidade: um manual de segurança viária para gestores e profissionais da área**. Brasília, DF. OPAS, 2012.

PIETRANTONIO, H. **Engenharia de Tráfego e Transportes Urbanos: Capítulo 2: Organização do Sistema Viário**. 2006. Notas de aula. Disponível em: <<http://sites.poli.usp.br/d/ptr2437/Cap%C3%ADtulo2a.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2015.



PORTO ALEGRE. Prefeitura de Porto Alegre. **Acidentes de Trânsito em Porto Alegre – Estatísticas**. 2015a. Não paginado. Disponível em:

<[http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/eptc/usu\\_doc/acidentes\\_de\\_transito\\_todos.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/eptc/usu_doc/acidentes_de_transito_todos.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2015.

\_\_\_\_\_. Prefeitura de Porto Alegre. **Acidentes de Trânsito em Porto Alegre – Estatísticas**. 2015b. Não paginado. Disponível em:

<[http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/eptc/usu\\_doc/feridos\\_e\\_vitimas\\_fatais\\_em\\_acidentes\\_vitimas\\_fatais.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/eptc/usu_doc/feridos_e_vitimas_fatais_em_acidentes_vitimas_fatais.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2015.

\_\_\_\_\_. Prefeitura de Porto Alegre. **Acidentes de Trânsito em Porto Alegre – Estatísticas**. 2015c. Não paginado. Disponível em:

<[http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/eptc/usu\\_doc/distribuicao\\_dos\\_tipos\\_de\\_acidentes\\_todos.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/eptc/usu_doc/distribuicao_dos_tipos_de_acidentes_todos.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2015.

\_\_\_\_\_. Prefeitura de Porto Alegre. **Acidentes de Trânsito em Porto Alegre – Estatísticas**. 2015d. Não paginado. Disponível em:

<[http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/eptc/usu\\_doc/distribuicao\\_de\\_veiculos\\_em\\_acidentes\\_todos.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/eptc/usu_doc/distribuicao_de_veiculos_em_acidentes_todos.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2015.

\_\_\_\_\_. Prefeitura de Porto Alegre. **Acidentes de Trânsito em Porto Alegre – Estatísticas**. 2015e. Não paginado. Disponível em:

<[http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/eptc/usu\\_doc/distribuicao\\_dos\\_tipos\\_de\\_acidentes\\_vitimas\\_fatais.pdf](http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/eptc/usu_doc/distribuicao_dos_tipos_de_acidentes_vitimas_fatais.pdf)>. Acesso em: 15 set. 2015.

QUEIROZ, M. P. **Análise Espacial dos Acidentes de Trânsito no Município de Fortaleza**. 2003. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2003.

RIO GRANDE DO SUL. Departamento Estadual de Trânsito. **Mortes por atropelamentos são mais frequentes à noite no RS**. 2014. Não paginado. Disponível em:

<<http://www.detran.rs.gov.br/conteudo/31094/mortes-por-atropelamento-sao-mais-frequentes-a-noite-no-rs>>. Acesso em: 10 jun. 2015.

THOMPSON, M. J.; RIVARA, F. P. **Bicycle-Related Injuries**. 2001. Não paginado. University of Washington School of Medicine, Seattle, Washington. Disponível em: <<http://www.aafp.org/afp/2001/0515/p2007.html>>. Acesso em: 15 set. 2015.

SCHNEIDER, N. R.; MATOS, F. A. **Notas Técnicas. NT 098/84. Teste de Estreitamento de Pista para Redução de Velocidade**. Companhia de Engenharia de Tráfego. 1984.

VELLOSO, M. S. **Identificação dos fatores contribuintes dos atropelamentos de pedestres em rodovias inseridas em áreas urbanas: o caso do Distrito Federal**. 2006. 178 f. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, DF, 2006.