

FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS  
ESCOLA DE ECONOMIA DE SÃO PAULO

MYCHAEELL COSCYFRAN DE ALMEIDA CARDOSO

**O IMPACTO DA REDUÇÃO DA VELOCIDADE MÁXIMA PERMITIDA SOBRE OS  
ACIDENTES DE TRÂNSITO: EVIDÊNCIAS PARA A CIDADE DE SÃO PAULO**

SÃO PAULO  
2018

MYCHAEELL COSCYFRAN DE ALMEIDA CARDOSO

**O IMPACTO DA REDUÇÃO DA VELOCIDADE MÁXIMA PERMITIDA SOBRE OS  
ACIDENTES DE TRÂNSITO: EVIDÊNCIAS PARA A CIDADE DE SÃO PAULO**

Dissertação apresentada à Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia.

Campo de conhecimento: Microeconomia Aplicada

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Priscilla de Albuquerque Tavares

SÃO PAULO

2018

Cardoso, Mychaeell Coscyfran de Almeida.

O impacto da redução da velocidade máxima permitida sobre os acidentes de trânsito: evidências para a cidade de São Paulo / Mychaeell Coscyfran de Almeida Cardoso. - 2018.

53 f.

Orientador(a): Priscilla de Albuquerque Tavares  
Dissertação (MPFE) - Escola de Economia de São Paulo.

1. Trânsito urbano – São Paulo (SP). 2. Trânsito - Legislação. 3. Segurança de trânsito. I. Tavares, Priscilla de Albuquerque. II. Dissertação (MPFE) - Escola de Economia de São Paulo. III. Título.

CDU 656.05(816.11)

MYCHAEELL COSCYFRAN DE ALMEIDA CARDOSO

**O IMPACTO DA REDUÇÃO DA VELOCIDADE MÁXIMA PERMITIDA SOBRE OS  
ACIDENTES DE TRÂNSITO: EVIDÊNCIAS PARA A CIDADE DE SÃO PAULO**

Dissertação apresentada à Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia.

Campo de conhecimento: Microeconomia Aplicada

Orientador: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Priscilla de Albuquerque Tavares

**Data da Aprovação:**

\_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

**Banca Examinadora:**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Priscilla Albuquerque Tavares  
(Orientadora)  
FGV-EESP

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Verônica Inês Fernandez Orellano  
FGV-EESP

---

Prof. Dr. Felipe Garcia Ribeiro  
UFPel

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a professora Priscilla Tavares pela inspiração do tema e pela confiança na viabilidade do artigo. Agradeço também aos professores Verônica Orellano e Felipe Garcia pelos apontamentos e direcionamentos dados no momento da defesa da pesquisa.

Agradeço ao apoio da minha mãe Maria José, dos meus irmãos: Mayron e Francivan, e o carinho da minha noiva Jeniffer.

Agradeço em especial a Deus por viabilizar mais essa conquista.

## RESUMO

O grande crescimento da frota de automóveis nos países em desenvolvimento viabilizou uma sensível melhora na produtividade e bem-estar da população, mas a intensificação do tráfego de veículos trouxe também uma elevação no número de acidentes e fatalidades no trânsito. Em meio a esse cenário, a ONU, por intermédio da OMS, propôs em maio de 2011 que os governantes dessem maior atenção ao tema e estabeleceu um objetivo de redução no número de acidentes, pautado por propostas de ajustes na gestão do trânsito, entre elas a redução da velocidade máxima.

Nesse ambiente, Fernando Haddad assumiu a prefeitura de São Paulo em 2013 e se propôs a fazer da gestão da mobilidade urbana um dos marcos do seu governo. A partir disso, o então prefeito, através da CET-SP, propôs uma série de intervenções no trânsito da cidade, uma delas, foi a alteração da velocidade máxima permitida em algumas vias. Tal política foi embasada pelo sucesso alcançado em países desenvolvidos na redução dos acidentes a partir desse mecanismo, mas os estudos internacionais sobre o assunto questionam se a performance da redução dos acidentes devido a alteração na velocidade máxima permitida em países em desenvolvimento, teria a mesma eficácia demonstrada nos países desenvolvidos. Esse questionamento foi levantado por pesquisas internacionais, devido à dificuldade que os países em desenvolvimento apresentam em tornar efetiva a prática de leis e políticas públicas. A estratégia de identificação da pesquisa tem como referência a base de acidentes reportadas pelas seguradoras da cidade de São Paulo agrupada por via e o uso da metodologia econométrica de diferenças-em-diferenças. Os resultados apurados apontam que a redução da velocidade máxima em São Paulo foi neutra em relação aos acidentes; dessa forma, será necessário buscar outros mecanismos para efetivamente reduzir o número de acidentes na cidade.

**Palavras-chave:** Acidentes Trânsito. Cidade de São Paulo. Diferença-em-diferenças. Velocidade máxima permitida.

## ABSTRACT

The large growth of the car fleet in developing countries has led to a significant improvement in population productivity and well-being, but the intensification of vehicle traffic has also led to an increase in the number of traffic accidents and fatalities. Amid this scenario, the UN, through WHO, proposed in May 2011 that the governments should pay more attention to such an issue and established a goal of reducing the number of accidents, based on proposals for adjustments in traffic management, among them the maximum speed reduction.

In this environment, Fernando Haddad started his mandate of Mayor in São Paulo City in 2013 and proposed to make urban mobility management one of the marks of his government. From this, the mayor, through CET-SP, proposed a series of interventions in the city traffic, one of which was the change of the maximum speed allowed in some city roads. This policy was based on the success achieved in developed countries in reducing accidents with this mechanism, but the international studies on the subject question whether the performance of the reduction of the accidents due to the change in the maximum speed allowed in developing countries would have the same effectiveness demonstrated in developed countries. This questioning was made by international researches, due to the difficulty of the developing countries in making the practice of laws and public policies effective. The basis of accidents reported by insurers in the São Paulo city, grouped by roads, and the use of econometric differences-in-differences methodology are the reference of this research identification strategy. The results show that the reduction of maximum speed in São Paulo was neutral in relation to accidents; therefore, it will be necessary to seek other mechanisms to effectively reduce the number of accidents in the city.

**Keywords:** Traffic Accidents. São Paulo City. Difference-in-differences. Maximum speed allowed.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Distância de frenagem por velocidade (considerando o tempo de reação de 1 segundo). .....	10
Gráfico 1 – Relação entre mudanças no limite de velocidade e mudanças na média de velocidade. ....	15
Tabela 1 – Determinação dos expoentes para a fórmula 1 e seus respectivos intervalos de confiança. ....	16
Gráfico 2 – Efeito da redução no número de acidentes, pessoas feridas e fatalidades em relação à redução na velocidade. ....	17
Quadro 1 Principais resultados dos estudos sobre uso de monitoramento de velocidade com radares eletrônicos. ....	19
Tabela 2 – Velocidade média, limite de velocidade e a velocidade ótima nas vias da Suécia e Noruega. ....	20
Gráfico 3 – Relação entre Velocidade de Impacto e Gravidade das Lesões .....	23
Figura 2 – Relação entre Velocidade de Impacto e Gravidade das Lesões .....	23
Gráfico 4 – Evolução dos acidentes .....	24
Gráfico 5 – Acidentes fatais por tipo. ....	25
Gráfico 6 – Acidentes apurados pelo grupo segurador de São Paulo. ....	26
Quadro 2 – As 14 vias com maior número de acidentes de 2010 a maio de 2017 ...	27
Gráfico 7 – Frequência de acidentes nas vias por mês. Período janeiro/2010 a maio/2017. ....	28
Quadro 3 – Evolução trimestral da velocidade média na cidade de São Paulo .....	29
Gráfico 8 – Evolução anual das multas aplicadas por radares eletrônicos na cidade de São Paulo. ....	30
Gráfico 9 – Evolução anual das multas aplicadas por radares eletrônicos na cidade de São Paulo. ....	31
Quadro 4 – Estatística descritiva – setembro de 2014 a maio de 2017 .....	32
Gráfico 10 – Evolução mensal da média de acidentes. ....	34
Tabela 3 – Modelo OLS - Acidentes no trânsito e grupo de tratamento .....	37
Tabela 4 – Resultados do modelo de efeitos fixos .....	39
Tabela 5 – Resultados do modelo de efeitos fixos - Data de tratamento dez/15 .....	42
Tabela 6 – Lista de vias do grupo de controle usados na primeira rodada de estimações .....	50
Tabela 7 – Lista de vias do grupo de controle usada na segunda rodada de estimações .....	51
Quadro 5 – Lista de vias do grupo de tratamento .....	53



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>12</b>
<b>3 A POLÍTICA PAULISTA DE REDUÇÃO DA VELOCIDADE.....</b>	<b>22</b>
<b>4 DESCRIÇÃO DA BASE DE DADOS.....</b>	<b>26</b>
<b>5 ESTRATÉGIA DE IDENTIFICAÇÃO .....</b>	<b>33</b>
<b>6 RESULTADOS.....</b>	<b>37</b>
<b>7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>44</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>47</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>50</b>
<b>APÊNDICE B .....</b>	<b>51</b>
<b>APÊNDICE C .....</b>	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas duas décadas, os países em desenvolvimento apresentaram um crescimento significativo na relação veículo por habitante. Esse crescimento viabilizou um aumento na produtividade ao reduzir o tempo de deslocamento, criando maior bem-estar e conseqüente aumento na expectativa de vida das pessoas, conforme demonstrado por Ameratunga et al. (2006). Porém, o aumento de deslocamento com veículos motorizados, apesar de melhorar a produtividade e a expectativa de vida, trouxe também um crescimento na mortalidade causada por acidentes de trânsito, conforme demonstrado por Kopits e Cropper (2005): enquanto a taxa de mortalidade no trânsito caiu entre 10% e 50% em países desenvolvidos, ao comparar 1975 com 1998, nos países em desenvolvimento houve um crescimento de 50% a 400% no mesmo período; nesse período, o país que apresentou o maior crescimento foi Botsuana, na África.

Ainda que seja comum se referir à “causa” de um acidente de trânsito, a maioria não pode ser associada a um único evento causal. Os acidentes de trânsito acontecem em geral por uma simultaneidade de fatores determinantes que contribuíram diretamente e outros fatores não determinantes que contribuíram indiretamente para a sua ocorrência.

Denomina-se fator de risco associado à ocorrência de acidentes de trânsito qualquer fator que aumenta a probabilidade de sua ocorrência. Em geral, o risco está associado com a exposição ao trânsito, o binômio legislação/fiscalização, assim como diversos fatores associados aos componentes físicos do sistema: ser humano, veículo, via e meio ambiente. (FERRAZ et al., 2012).

A exposição ao trânsito corresponde à distância total percorrida por pessoas ou veículos; dessa forma, caso sejam mantidas constantes todas as demais variáveis, quanto maior esses valores, maior o risco de acidentes no trânsito para o veículo ou a pessoa.

Legislação e fiscalização são peças fundamentais para a redução do número de acidentes. Thielen, Hartmann e Soares (2008) fizeram uma pesquisa em Curitiba-PR e demonstraram que os motoristas não confiam na definição dos limites de velocidade da via; dessa forma, não se preocupam com o limite de velocidade estabelecido, mas apresentam elevado grau de preocupação com o monitoramento. Em linha com esse estudo, o Núcleo de Estudos de Segurança no Trânsito da Universidade de São Paulo (NEST-USP), com base em dados das capitais do Brasil apresentou que há uma correlação inversa entre o número de multas, que na prática expressa a intensidade de fiscalização, e o número de mortes por veículos. Ou seja, quanto maior o número de multas por veículo menor o número de mortes. (FERRAZ et al., 2012).

Entre os componentes físicos do sistema, a velocidade é o mais relevante. Segundo relatório divulgado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), em 2009, 30% dos acidentes de trânsito nos países desenvolvidos são devidos ao excesso de velocidade; o estudo também sugere que nos países em desenvolvimento esse número seja ainda maior devido à baixa fiscalização. (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2017).

A relação entre a velocidade e os acidentes é complexa de ser determinada; em geral, quanto maior a velocidade maior a probabilidade de acidentes. A energia dissipada durante a colisão é diretamente proporcional ao peso do veículo e ao quadrado da velocidade. Com base nisso, foi estabelecido que a redução da velocidade em 1 km/h gera uma redução em 3% na probabilidade de acidentes. (NILSSON, 1982).

Nilsson (1982) propôs que uma variação na velocidade média impacta nos acidentes de trânsito, lesões e fatalidade, conforme a fórmula:  $(\frac{V_2}{V_1})^2$  para acidentes,  $(\frac{V_2}{V_1})^3$  para lesões e  $(\frac{V_2}{V_1})^4$  para fatalidade; em que  $V_1$  é a média da velocidade antes da mudança e  $V_2$  a média de velocidade depois da mudança da velocidade máxima permitida. Para a OMS, conforme demonstrado na figura 1, essa relação está associada à distância de reação do motorista a um evento adverso, somada à distância de frenagem, que juntas compõem a distância total de frenagem, que apresenta um crescimento exponencial em relação à velocidade. (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2017).



Figura 1 – Distância de frenagem por velocidade (considerando o tempo de reação de 1 segundo).

Fonte: OECDE, 2006 apud WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2017.

Em meio a essa escalada no número de acidentes, a Organização das Nações Unidas (ONU), por intermédio da Organização Mundial da Saúde (OMS), propôs, em maio de 2011, um plano denominado “Década de Ação pela Segurança no Trânsito 2011-2020”, no qual governos de todo o mundo se comprometem a tomar novas medidas para prevenir os acidentes no trânsito, que matam cerca de 1,25 milhões de pessoas por ano. (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2011). Em maio de 2012, por meio de uma resolução, a ONU reforçou o pedido para que os estados membros e outros atores interessados se engajassem nas ações da década. (UNITED NATIONS, 2012).

Em setembro de 2015, a comunidade internacional aprovou a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável, com 17 objetivos de desenvolvimento e um total de 169 metas. O objetivo global número 3, que visa assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades, incorporou a seguinte meta: “até 2020, reduzir pela metade as mortes e os ferimentos globais por acidentes em estradas” (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2015).

Em São Paulo, em 2013, Fernando Haddad, quando assumiu a prefeitura da cidade, deixou claro que a mobilidade urbana seria um dos focos de sua gestão. Durante sua gestão, a cidade sofreu diversas intervenções relacionadas a esse assunto. Hoje, a cidade conta com 468 km de ciclo faixas, mais de 500 km de faixas de ônibus e teve dezenas de vias com velocidade máxima reduzida, entre elas, algumas das vias mais

importantes da cidade, tais como as Marginais do Rio Pinheiros e Tietê, o Corredor Norte-Sul (Av. Vinte e Três de Maio), Avenida dos Bandeirantes, entre outras.

As três intervenções citadas acima foram controversas, mas sem dúvidas a mais polêmica para os paulistanos foi a alteração na velocidade máxima das vias da cidade.

Desde o início das intervenções na velocidade das vias, a prefeitura, a partir da CET-SP, apresenta os resultados da redução da velocidade máxima em relação aos acidentes de trânsito. O departamento que faz a gestão de trânsito da cidade avalia a evolução nos acidentes de trânsito fazendo comparações diretas entre o período pré e pós-intervenção da política. Porém, conforme demonstrado por Ferraz et al. (2012), os acidentes de trânsito estão relacionados com o nível de exposição ao trânsito medido por horas ou km, o binômio legislação/fiscalização, assim como diversos fatores associados aos componentes físicos do sistema: ser humano, veículo, via e meio ambiente. Dessa forma, ao comparar o período pré e pós-intervenção considerando a legislação como fator único e determinante, deve-se adotar que todas as demais variáveis do risco de acidentes são constantes no tempo.

A velocidade é o fator mais importante na determinação de um acidente de trânsito (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2017), mas, mesmo com toda a relevância, o *assumption* de que a velocidade é o único fator determinante para os acidentes não é forte o suficiente para adotarmos a análise comparativa entre os períodos, pré e pós-implantação da política, como o resultado real do impacto da velocidade nos acidentes de trânsito.

Este trabalho tem a intenção de avaliar qual o impacto da redução na velocidade máxima permitida nas vias sobre o número de acidentes, usando uma metodologia econométrica adequada para a questão e uma base de microdados provenientes das seguradoras da cidade de São Paulo<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> A base de dados em questão foi cedida para fins acadêmicos e a empresa cedente solicitou que seu nome não fosse divulgado. Por isso, no decorrer do trabalho, será chamada de "Grupo Segurador" ou "Seguradoras da cidade de São Paulo". Dados considerados confidenciais ou sensíveis pelo Grupo Segurador não foram incluídos na base de dados.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os acidentes começaram a preocupar a sociedade há cerca de 100 anos; desde então, várias teorias foram propostas para explicar o motivo desse evento. Elvik et al. (2009). Os autores apontam que não há unanimidade na comunidade científica sobre a metodologia correta de mensuração do impacto de políticas de trânsito sobre o número de acidentes, mas algumas delas desfrutam de maior aceitação, como a que considera o acidente uma variável aleatória, por exemplo. Apesar de os acidentes resultarem de escolhas humanas e de aspectos comportamentais, se pudessem ser antecipados, provavelmente não ocorreriam. (ELVIK et al., 2009).

Nos últimos anos, o sucesso alcançado pelos países desenvolvidos na redução dos acidentes e vítimas fatais e não fatais através de estudo científico tem mostrado que os acidentes são, em sua maioria, previsíveis e evitáveis. (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2010). Tradicionalmente, a segurança no trânsito era vista como uma responsabilidade do setor de transportes, mas, nos anos 60, os países desenvolvidos iniciaram um ciclo de gestão da acidentalidade criando um setor específico para cuidar do assunto, envolvendo outros setores, sobretudo o de Saúde, uma vez que a ocupação hospitalar, anos de vida perdidos e outros indicadores de saúde são fortemente impactados pelos acidentes de trânsito. (FERRAZ et al., 2012).

Estudos sobre o impacto de políticas públicas nos acidentes de trânsito foram desenvolvidos ao redor do mundo, especialmente nos países desenvolvidos. A literatura internacional fomenta a necessidade de estudos provenientes de países em desenvolvimento, uma vez que a aplicação prática de normas e leis nesses países é diferente da observada nos países desenvolvidos (BUNN et al., 2003).

No Brasil, uma pesquisa realizada pelo Núcleo de Estudos de Segurança no Trânsito da Universidade de São Paulo (NEST-USP), divulgado por Ferraz et al. (2012), com base na pesquisa de Bastos (2011) e dados fornecidos por algumas capitais de estados do país, mostra que há uma correlação negativa entre o número de multas por veículos (nível de fiscalização) e o número de mortes por veículo (nível de

segurança), isto é, quanto maior o número de multas por veículo, maior o respeito à velocidade máxima e menor o número de mortes por veículos.

Ferraz et al. (2012, prefácio) desenvolveram uma pesquisa no Brasil com o intuito de consolidar os projetos de gestão viária desenvolvidos no país e no mundo para fomentar a gestão efetiva dos acidentes. Nesta pesquisa, os autores abordaram fundamentos sobre os acidentes de trânsito, fatores de risco associados aos acidentes, fatores de riscos associados à severidade, quantificação e qualificação da acidentalidade, engenharia na segurança do trânsito, técnicas de avaliação de conflitos de tráfego, modelos de previsão de acidentes, ações para redução da acidentalidade, entre outros tópicos.

Os autores destacam a importância do monitoramento de trânsito para avaliar o impacto real das políticas de trânsito; a quantidade de recursos destinados à segurança no trânsito é, na maioria das vezes, reduzida diante da magnitude do problema, sobretudo nos países em desenvolvimento. Por isso, a tendência natural é dirigir os recursos disponíveis para o desenvolvimento e a implementação de novos projetos visando reduzir a acidentalidade, em vez de destinar parte deles para o monitoramento/avaliação da eficácia das ações implementadas (FERRAZ et al., 2012).

Nos países em desenvolvimento, o estudo sobre o impacto da velocidade nos acidentes de trânsito foi abordado em Gana por Afukaar (2003), em cujo estudo são utilizados dados reportados pelos gestores de trânsito sobre os acidentes na principal via da região de Accra-Kumasi antes e depois da implementação de lombadas para reduzir a velocidade média e, em consequência, o número de acidentes. Segundo Afukaar (2003), esse tipo de abordagem na gestão do tráfego é comum em Gana devido ao custo-benefício e à efetividade na redução da velocidade.

O autor compara os dados sobre acidentes no período pré-intervenção – 1995 a 1999 – em relação ao período pós-intervenção – janeiro de 2000 a abril de 2001. A metodologia usada na análise do autor é o *Modular Accident Analysis Program* (MAAP)<sup>5</sup>, uma metodologia da engenharia nuclear usada há mais de 30 anos para prever riscos e acidentes em plantas de produção de energia nuclear. Com a aplicação

do estudo, o autor identificou uma redução de 35% nos acidentes e 55% nas fatalidades.

Elvik et al. (2004), com a intenção de consolidar e apresentar de forma simples e de fácil acesso todo o conhecimento acumulado até então sobre as medidas de segurança no trânsito, desenvolveram o chamado “*Handbook of Road Safety Measures*”. Dentre todas as consolidações, um dos principais objetivos dos autores é encontrar estudos que quantificam ou tentam quantificar o impacto de medidas de segurança viária nos acidentes de trânsito, taxa de acidentes, número de feridos ou risco de ferimentos. Os estudos foram classificados pelos autores de acordo com a medida usada para mensurar o impacto da política e seu isolamento em relação a políticas concomitantes, buscando identificar políticas e impactos isolados sobre o *output* em questão.

Para consolidar o resultado dos estudos, Elvik et al. (2004) fizeram uso da metodologia de probabilidades de *logs* aplicada por Fleiss (1981) e Shadish e Haddock (1994). O método consiste em considerar o resultado de cada estudo expresso em taxa da taxa (*rate ratio*), ou seja, é o resultado do *outcome* no grupo impactado pela intervenção em termos percentuais, dividido pelo resultado do mesmo *outcome* no grupo de controle. Por exemplo, se um estudo encontra que o número de acidentes na via X era de 75 antes de a política ser implementada, e 23 depois do tratamento, enquanto o número de acidentes no grupo de controle era de 67 antes da implementação da medida e 25 depois, a *rate ratio* será  $\left(\frac{\frac{23}{25}}{\frac{75}{67}}\right) = 0,82$ . Isso corresponde a uma redução no número de acidentes de 18%.

Dessa forma, Elvik et al. (2004) consolidaram 51 trabalhos com 248 estimativas sobre o impacto da redução da velocidade nos acidentes de trânsito, ferimentos e fatalidades. Conforme gráfico 1, os autores mostram que os efeitos da velocidade máxima permitida sobre os acidentes, ferimentos leves e mortalidade dependem do impacto da velocidade máxima permitida sobre a velocidade média e definem esse impacto por meio de uma equação chamada *Power Function*: Essa equação determina que a taxa de variação dos acidentes pós-política, em relação aos acidentes pré-política, é igual à taxa de variação da média de velocidade pós-política



em relação a média de velocidade anterior à política, com o lado direito da igualdade sendo elevado a um expoente que é determinado pelo gráfico 1.

Segundo os autores, em geral quando a velocidade máxima permitida é alterada em 10 km/h, a velocidade média muda cerca de 2,5 km/h.

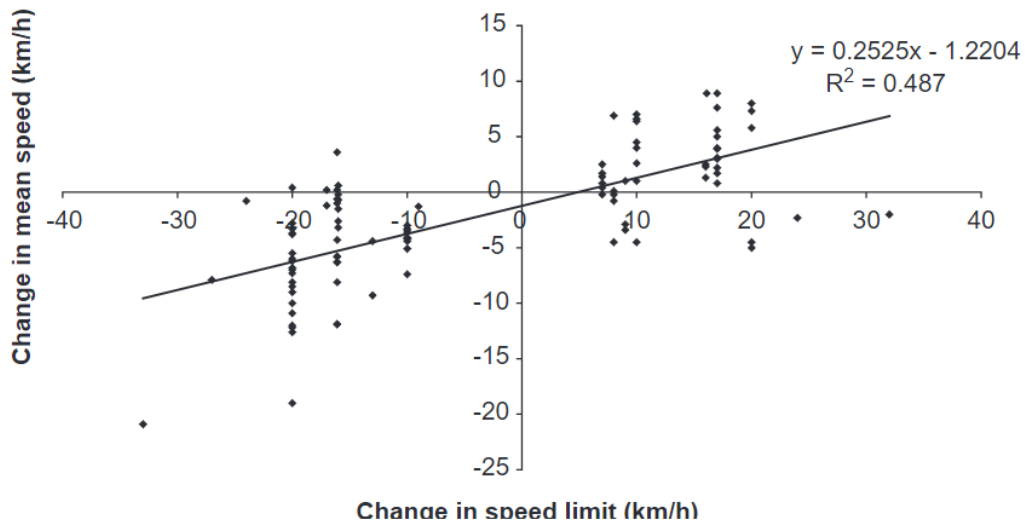


Gráfico 1 – Relação entre mudanças no limite de velocidade e mudanças na média de velocidade.

Fonte: ELVIK et al., 2004.

Tabela 1 – Determinação dos expoentes para a fórmula 1 e seus respectivos intervalos de confiança.

Accident/injury severity	Best estimate	95% confidence interval
Fatalities	4.5	(4.1–4.9)
Serious injuries	3.0	(2.2–3.8)
Slight injuries	1.5	(1.0–2.0)
All injuries	2.7	(0.9–4.5)
Fatal accidents	3.6	(2.4–4.8)
Accidents with serious injuries	2.4	(1.1–3.7)
Accidents with slight injuries	1.2	(0.1–2.3)
All injury accidents	2.0	(1.3–2.7)
Property-damage-only accidents	1.0	(0.2–1.8)

Fonte: ELVIK et al., 2004.

A tabela 1 apresenta as melhores estimativas para determinar o expoente da equação *Power Function* e seus respectivos intervalos de confiança. Com isso, o autor determina no gráfico 2 a relação entre mudanças na velocidade máxima permitida e a taxa de acidentes no trânsito.

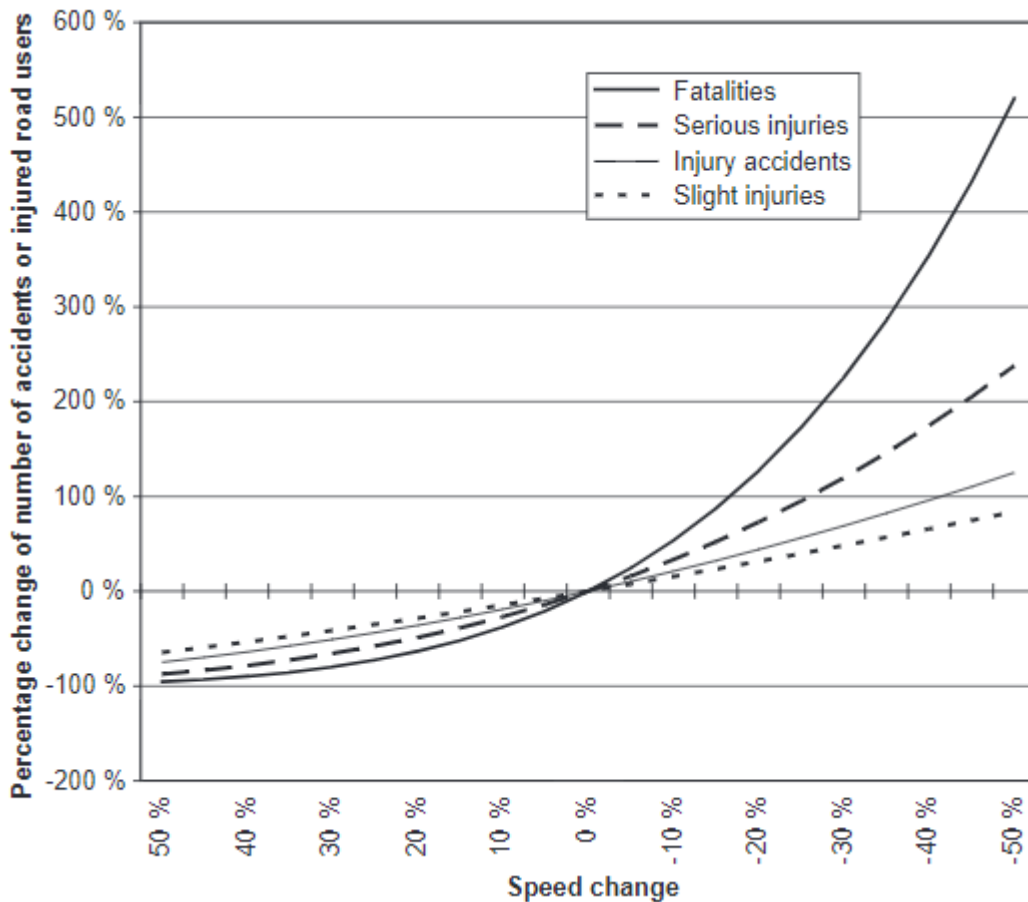


Gráfico 2 – Efeito da redução no número de acidentes, pessoas feridas e fatalidades em relação à redução na velocidade.

Fonte: ELVIK et al., 2004.

É possível notar que as fatalidades são mais sensíveis a reduções na velocidade, seguidas por ferimentos graves, acidentes e acidentes leves. Dessa forma, 10% de redução na velocidade máxima implica em 50% de redução nos acidentes fatais.

Na pesquisa de Elvik et al. (2004), também foram avaliados estudos que mediram o impacto da implantação de equipamentos de redução da velocidade, por exemplo, lombadas. Nesse caso, a taxa de acidentes em vias de acesso está entre 1,4 e 3 acidentes por milhão de quilômetros rodados, enquanto que, em vias de acesso que possuem algum equipamento de redução da velocidade, a taxa apurada fica entre 0,3 e um acidente por milhão de quilômetros rodados. (BLAKSTAD, 1988 apud ELVIK et al., 2004).

Em geral, os resultados para os 32 estudos apurados pelo autor apontam que houve uma redução na velocidade média de 47,7 km/h para 36,6 km/h, nas ruas onde

lombadas foram instaladas, o que corresponde a uma redução de 24% na velocidade. Baseado na relação proposta anteriormente pelo autor entre redução da velocidade média e acidentes, isso implica em uma redução de 42% no número de acidentes.

Bunn et al. (2003) também desenvolveram uma pesquisa com o objetivo de consolidar os estudos que mensuram o impacto da redução da velocidade nos acidentes de trânsito. Os autores consideraram em sua pesquisa estudos estruturados com a metodologia *Randomized and quasi-randomized controlled trial* (RCT) ou *Controlled Before and After Study* (CBA). Os estudos que entraram na consolidação dos resultados tinham como *outcomes*: óbitos, lesões, acidentes e atropelamentos causados pela exposição ao trânsito.

O resultado de cada estudo foi expresso em taxa da taxa, ou seja, é o resultado do *outcome* no grupo impactado pela intervenção em termos percentuais, dividido pelo resultado do mesmo *outcome* no grupo de controle, por exemplo, o *rate ratio* de 0,8 corresponde a uma redução de 20% a mais no *outcome* na área onde houve a intervenção *versus* o mesmo *outcome* no grupo de controle; é a mesma metodologia empregada por Elvik et al. (2004).

Para os acidentes de trânsito, Bunn et al. (2003) apresentam, a partir da consolidação de 12 estudos, que a redução da velocidade máxima gerou uma *rate ratio* de 0,89, ou seja, uma redução no número de acidentes nas unidades tratadas com a redução da velocidade 11% acima do que o observado nos grupos de controle. Para os autores, o resultado da pesquisa, que consolidou de forma sistemática os estudos relacionados ao impacto do controle da velocidade em regiões específicas, aponta que esse tipo de intervenção tem grande potencial para reduzir o número de acidentes e mortes no trânsito. O autor aponta que as intervenções nas vias reduzem a velocidade, que implica em uma redução na probabilidade de acidentes e ferimentos no trânsito. Por fim, o autor reforça a necessidade de mais estudos e dados sobre o assunto provenientes de países em desenvolvimento.

Decina et al. (2007) desenvolveram uma pesquisa para consolidar os resultados da implementação de sistemas de monitoramento de velocidade (radares eletrônicos), com o intuito de reduzir a velocidade dos veículos e, em consequência, o número de

acidentes. Os estudos levantados pelos autores são dos Estados Unidos, Austrália, Nova Zelândia, Reino Unido, Dinamarca, Holanda, Noruega, Suécia e Canadá.

Eles encontraram 13 estudos que apontam redução na velocidade média e consequente redução no número de acidentes; o resumo dos resultados segue no quadro 1.

<b>Estudo</b>	<b>Tipo região</b>	<b>Velocidade-alvo</b>	<b>Resultados reportados</b>
<b>ARRBGroup (2005)</b>	Rural	-	- 20% de acidentes - 24% de acidentes fatais
<b>Elvik (1997)</b>		50, 60, 70, 80 e 90 Km/h	- 5,2 km/h em média - 20% de acidentes
<b>Hess (2004)</b>	Rural e Urbana	-	- 41% de acidentes
<b>Mountain, Hirst e Maher (2004)</b>		48 km/h	- 25% de acidentes
<b>Cunningham, Hummer e Moon (2005)</b>	Urbana	56 km/h a 80 km/h	- 12% de acidentes
<b>Newstead e Cameron (2003)</b>	Rural e Urbana	Todos os tipos	- 17% nos acidentes severos - 16% nos acidentes fatais
<b>Christie et al. (2003)</b>	Rural e Urbana	48 km/h; 97 - 113km/h;	- 51% de acidentes em vias de 48 km/h; - 47% acidentes em vias de 97km/h - 113km/h
<b>Goldenbeld e Van Schagen (2005)</b>	Rural	de 80 km/h a 100 km/h	- 21% acidentes
<b>Tay (2000)</b>	Urbana	-	- 9,2% de acidentes - 32,3% de acidentes com ferimentos graves
<b>Cameron, Cavallo e Gilbert (1992)</b>	Rural e Urbana	60 km/h e 100 km/h	- 30% de acidentes
<b>Chen et al. (2000)</b>	Rural e Urbana	-	- 25% de acidentes
<b>Chen, Wilson e Meckle (2002)</b>	Rural	80 km/h e 90 km/h	- 16% de acidentes
<b>Gains et al. (2004)</b>	Rural e Urbana	-	- 33% de acidentes com ferimentos - 40% de acidentes com morte.

Quadro 1 Principais resultados dos estudos sobre uso de monitoramento de velocidade com radares eletrônicos.

Fonte: Elaboração própria com base em DECINA et al., 2007.

A definição da velocidade máxima permitida pode ser determinada usando diferentes técnicas (NILSSON; ROOSMARK, 1976; JORGENSEN et al., 1985; VAGVERKET, 1997 apud ELVIK et al., 2004). Um dos objetivos dessas técnicas é a minimização do custo para a sociedade. Nesse custo está incluso o custo com os acidentes, custos com o tempo de viagem, custos com manutenção dos veículos, custos ambientais e custos de manutenção da via.

Tabela 2 – Velocidade média, limite de velocidade e a velocidade ótima nas vias da Suécia e Noruega.

Road category	Average speed (km/h)	Actual speed limit (km/h)	Optimal speed limit (km/h)
<b>Norway</b>			
Motorway A	95	90 or 100	100
Motorway B	86	90 or 80	80
Rural road	77	80	70
Urban arterial	50	50	50
Access road	40	30	40
<b>Sweden</b>			
Motorway A	109	110	110
Motorway B	108	110	90
Motorway B	96	90	80
Rural road	95	90	80
Urban arterial	50	50	60
Access road	39	30	60

Fonte: ELVIK et al., 2004.

O autor afirma que os limites de velocidade ótimos são calculados de forma diferente na Suécia e Noruega; um dos motivos destacados por ele é que o custo de execução é levado em consideração e esse custo varia em cada país. Uma vez que o custo social nesses dois países é muito similar, o motivo da diferença segundo o autor é de fato o custo de execução.

Elvik et al. (2004) desenvolvem um exemplo numérico do custo benefício da implementação de uma lombada em uma via de acesso residencial na Noruega. Para isso, assume-se que nessa via passam 200 veículos por dia, com uma incidência de acidentes de um a cada 1 milhão de km rodados. É implementada uma lombada que reduz a velocidade de 35 km/h para 25 km/h, e, com isso, os acidentes reduzam 50%. Os custos ambientais relacionados com as emissões de gases são de NOK 0,10 por km rodado, o custo para implementação de 10 lombadas é de NOK 150.000, os custos

com os acidentes são estimados em NOK 960.000. O aumento estimado no custo do tempo de viagem é de NOK 970.000, o aumento nos custos de manutenção dos veículos é de NOK 210.000, o aumento estimado nos custos ambientais é de NOK 85.000. Dessa forma, para o autor o aumento desses custos supera o benefício da redução dos acidentes em NOK -305.000.

Em 1987, uma lei federal americana permitiu que os estados dos EUA elevassem o limite de velocidade das rodovias rurais de 90 km/h para 105 km/h. Considerando que os estados que praticaram a elevação na velocidade máxima permitida, consideraram que o benefício econômico da eficiência logística é superior ao dos custos com a perda de vidas em acidentes (ASHENFELTER; GREENSTONE, 2004), propôs-se calcular a disposição da sociedade em trocar a riqueza por uma probabilidade de morte. O aumento na velocidade permitida foi de 3,5%, enquanto o aumento na taxa de mortalidade foi de 35% nos 21 estados que adotaram a elevação no limite de velocidade; as estimativas sugerem que foram economizadas 125.000 horas por vida perdida. Valorar o tempo economizado em horas sugere que os estados que aceitaram o aumento na velocidade estavam dispostos a aceitar US\$ 1,54 milhões de dólares por fatalidade.

Dentro desse contexto de evolução da motorização nos países em desenvolvimento, viabilizou-se um aumento na produtividade ao reduzir o tempo de deslocamento, criando maior bem-estar e consequente aumento na expectativa de vida. (AMERATUNGA; HIJAR; NORTON, 2006). Por outro lado, esse bem-estar proveniente da motorização gerou também uma externalidade negativa relacionada à evolução dos acidentes no trânsito, que foi valorada por estudos acadêmicos, e que agora pode ser considerada na definição da velocidade máxima permitida. Em meio a essas evidências sobre o *tradeoff* ao alterar a velocidade máxima permitida, entender o impacto da redução da velocidade máxima nos acidentes em São Paulo será de grande valor para futuras decisões; dessa forma, essa pesquisa tem o objetivo de contribuir para a literatura trazendo dados massivos da gestão do trânsito em uma das principais capitais dos países em desenvolvimento.

### **3 A POLÍTICA PAULISTA DE REDUÇÃO DA VELOCIDADE**

Na Constituição Federal é feita referência ao tema trânsito nos artigos 22, 23 e 144. O artigo 22 estabelece que somente à União compete legislar sobre a matéria trânsito. O artigo 23 dispõe que é competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios estabelecer e implantar política de educação para a segurança do trânsito. No artigo 144 é explicitado que a segurança pública é dever do Estado, direito e responsabilidade de todos, e exercida para a preservação da ordem pública e da incolumidade das pessoas e do patrimônio, na qual se insere o trânsito, por intermédio dos seguintes órgãos: Polícia Federal, Polícia Rodoviária Federal, Polícia Ferroviária Federal, Polícias Civis, Polícias Militares e Corpos de Bombeiros Militares (FERRAZ et al., 2012).

A legislação de trânsito do país está estabelecida no Código de Trânsito Brasileiro, objeto da Lei 9.503, de 23 de setembro de 1997, e em vigor a partir de 28 de janeiro de 1998. (BRASIL, 1997).

Na legislação de trânsito são definidas as atribuições dos órgãos executivos de trânsito dos municípios (Secretárias, Departamentos ou Empresas ligadas à Prefeitura) e entre suas atribuições estão: planejar, projetar e regulamentar o trânsito nas vias urbanas e rodovias municipais; implantar, manter e operar o sistema de sinalização; coletar dados e realizar estudos sobre os acidentes de trânsito; executar a fiscalização de trânsito, autuando e aplicando penalidades de advertência e de multas (FERRAZ et al., 2012).

Em linha com a proposta da OMS e fazendo valer a sua ordem de ofício, o governo da prefeitura de São Paulo, sob gestão do Prefeito Haddad 2013-2016, fez da gestão do trânsito e da mobilidade urbana um dos principais focos de seu mandato. Um dos temas centrais foi a redução da velocidade máxima permitida em dezenas de vias da cidade, entre elas a Marginal Pinheiros, Marginal Tietê e a Avenida Vinte e Três de Maio. O objetivo principal da política foi reduzir o número de acidentes de trânsito nestas vias.



Conforme divulgado pela CET-SP, os fundamentos técnicos para a redução da velocidade vêm da relação entre velocidade e letalidade dos acidentes apontados no estudo do Departamento de Transportes britânico. Segundo o estudo, como mostra a o gráfico 3 abaixo, a letalidade é exponencial em relação à velocidade. Dessa forma, pequenas variações na velocidade a partir dos 40 km/h podem ser a diferença entre salvar ou não a vida do agente envolvido no trânsito. (SARNO, 2016).

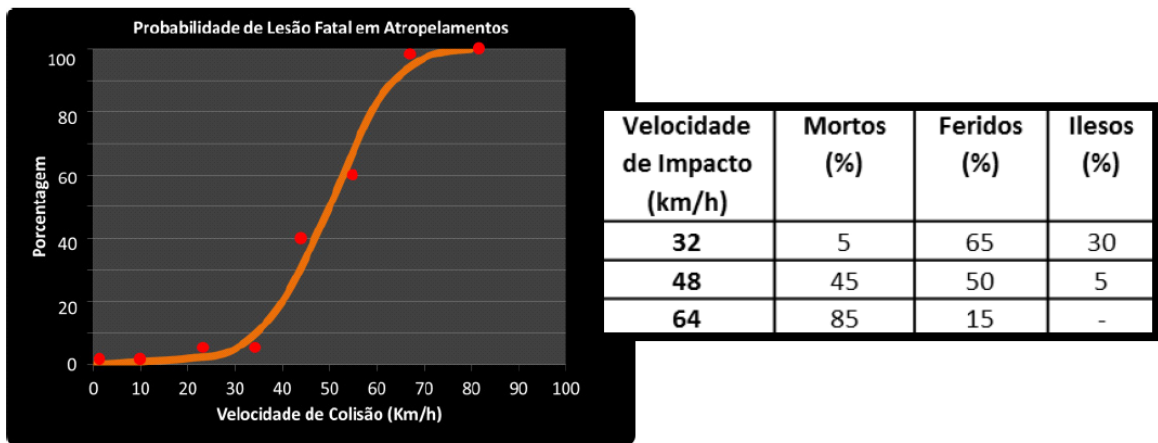


Gráfico 3 – Relação entre Velocidade de Impacto e Gravidade das Lesões  
Fonte: U.K DEPARTMENT OF TRANSPORT apud SARNO, 2016, p. 6.

Apesar de intuitiva, a relação entre velocidade e letalidade causada por atropelamentos pode não ter grande apelo como argumento para a política paulista, uma vez que nas principais vias que sofreram com redução de velocidade praticamente não há trânsito de pedestres.

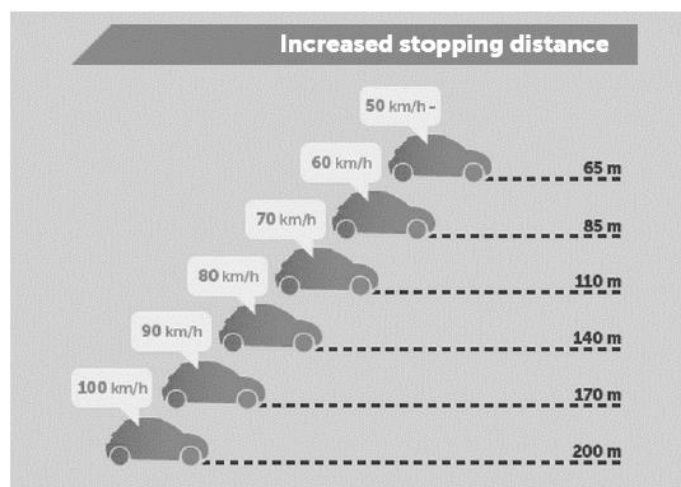


Figura 2 – Relação entre Velocidade de Impacto e Gravidade das Lesões  
Fonte: U.K DEPARTMENT OF TRANSPORT apud SARNO, 2016, p. 6.

A figura acima mostra a relação exponencial entre velocidade e distância percorrida durante a frenagem, fator de grande relevância para os acidentes fatais. Um veículo a 50 km/h precisa de 65 metros para a frenagem total, mas quando esse mesmo veículo está a 100 km/h serão necessários 200 metros para a frenagem absoluta, ou seja, ao dobrar a velocidade, a distância necessária para frenagem é triplicada.

Em linhas gerais, a CET-SP considera que a redução da velocidade máxima causaria uma redução nos acidentes de trânsito, uma vez que estes estão relacionados com os tempos de percepção e reação dos motoristas, por sua vez associados à frenagem, aceleração e movimentação dos veículos. Dessa forma, a diminuição da velocidade exige menos agilidade na percepção e reação, além de exigir distâncias menores para manobras seguras, diminuindo assim a formação de “ondas” no tráfego (anda e para), reduzindo, assim, a necessidade de troca de faixas e, conseqüentemente, evitando novas perturbações. (SARNO, 2016).

A CET-SP acompanha a evolução histórica dos acidentes desde 2005: o número de acidentes vem apresentando uma redução desde de 2012 e, em 2016, sofreu uma sensível redução de cerca de 20% em relação a 2015, conforme descrito no gráfico 4.

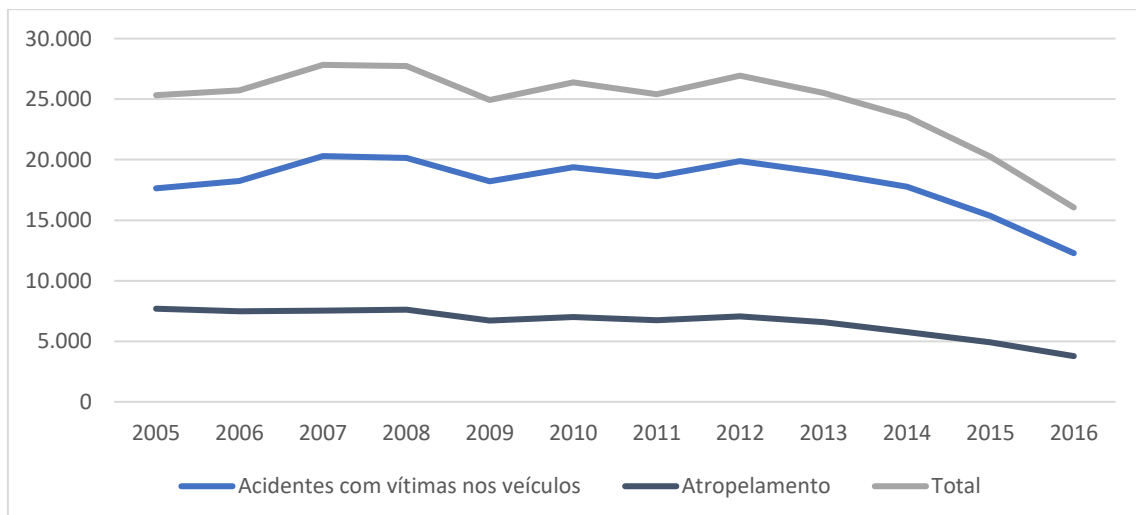


Gráfico 4 – Evolução dos acidentes

Fonte: Desenvolvimento do autor com base em Relatório Anual de Acidentes de Trânsito (COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO, 2016).

Em relação aos acidentes fatais, houve uma redução de 15% entre 2015 e 2016 (140 em números absolutos). A variação dos choques e outros foi de 5% e 0% respectivamente, a variação efetiva ficou por conta das colisões e atropelamentos, ambas com 20% de redução conforme demonstrado no gráfico 5.

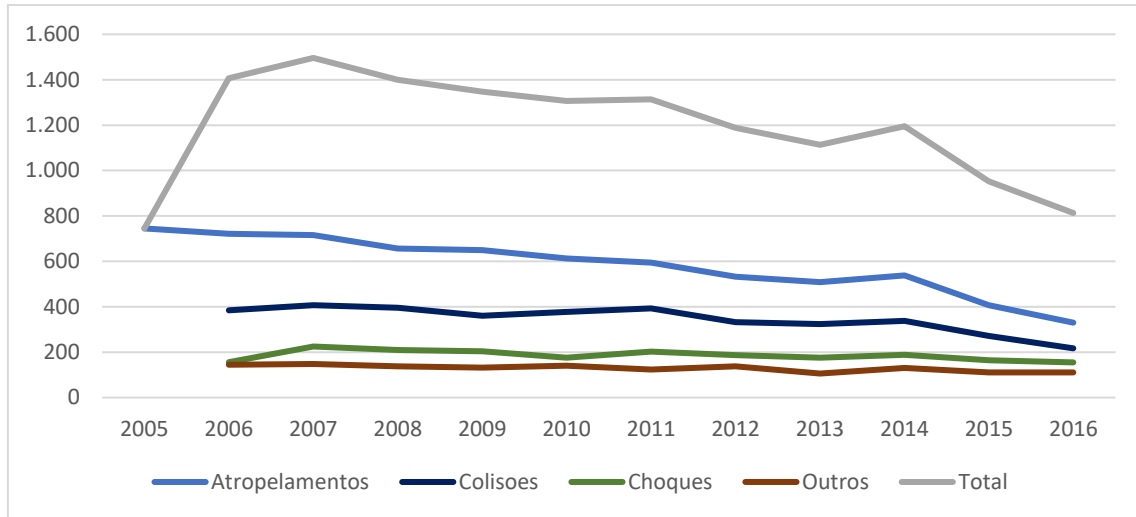


Gráfico 5 – Acidentes fatais por tipo

Fonte: Desenvolvido pelo autor com base em Relatório Anual de Acidentes de Trânsito (COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO, 2016).

Em 2015, o pacto feito entre OMS e governantes foi de reduzir em 50% o volume absoluto de vítimas fatais em acidentes de trânsito na comparação entre 2020 e 2010. Na cidade de São Paulo, isso significa sair de um número de 1.357 acidentes fatais em 2010 para 678 em 2020. Em 2016, o número de vítimas foi de 854, uma redução de 37% em relação a 2010, esse desempenho sugere que o desafio tem potencial de ser alcançado em 2020, segundo os números reportados pela CET. (COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO, 2016).

## 4 DESCRIÇÃO DA BASE DE DADOS

A avaliação do impacto da redução da velocidade máxima permitida sobre os acidentes de trânsito na cidade de São Paulo utiliza dados consolidados por vias, disponibilizado pelo maior grupo segurador de automóveis do Brasil, que possui aproximadamente 60% de *market share* na cidade.

As seguradoras de automóvel oferecem para seus clientes guinchos que são acionados em situações em que os clientes não conseguem seguir viagem com o carro devido a quebra de uma peça mecânica ou colisão. Esse estudo faz uso dessa interação do cliente com a seguradora a partir da necessidade de um guincho por motivo de colisão. No desenvolvimento da pesquisa, esse dado foi consolidado por via, somando o volume de acidentes por mês de janeiro de 2010 a maio de 2017.

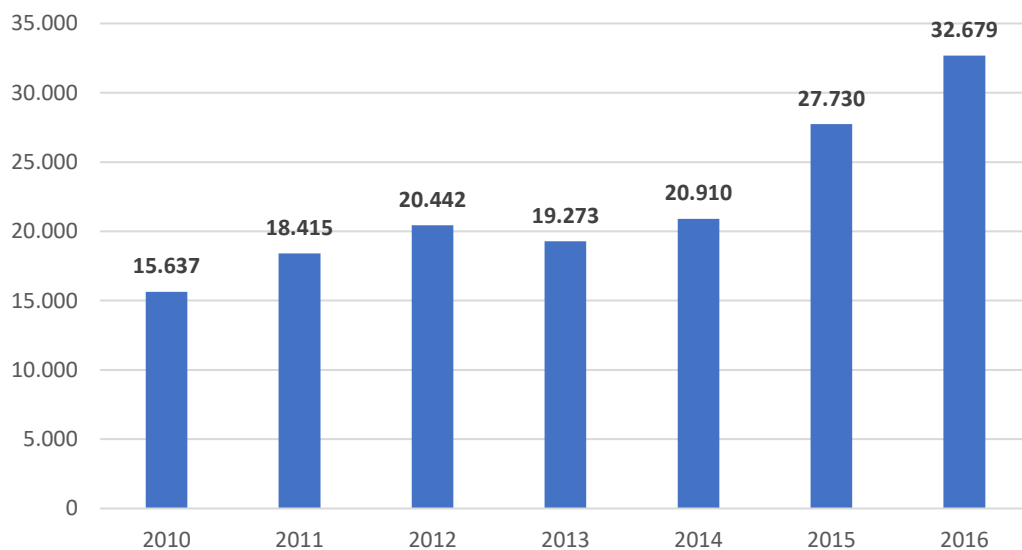


Gráfico 6 – Acidentes apurados pelo grupo segurador de São Paulo

Fonte: Elaboração própria com dados das seguradoras BASE de dados das seguradoras, 2017.

A evolução anual dos dados de acidentes apresenta um crescimento médio de 7% até 2014; já em 2015 e 2016, o crescimento em relação ao ano anterior é de 32% e 17%, respectivamente.

O número de acidentes acompanhado pelas seguradoras de veículos em 2016 possui uma grandeza quase três vezes maior que o apurado pela CET. Faz sentido, uma vez que o *market share* do grupo segurador que cedeu as informações é de 60% na cidade, e que a CET não tem capacidade para acompanhar e monitorar todos os acidentes, além do fato de a CET reportar o número de acidentes com vítimas, diferentemente das seguradoras, que acompanham a quantidade de acidentes total com veículos.

Os 164 mil acidentes analisados no estudo estão dispersos em 7.377 vias da cidade, conforme demonstrado no quadro 2, a Marginal Tietê e a Marginal Pinheiros juntas somam 2,33% dos acidentes na cidade de São Paulo.

	Acidentes 2010 a maio/2017	% Total Geral
MARGINAL (Pinheiros e Tietê)	3.831	2,33%
Avenida Aricanduva	967	0,59%
Rodovia Raposo Tavares	807	0,49%
Avenida dos Bandeirantes	774	0,47%
Avenida Vinte e Três de Maio	769	0,47%
Avenida do Estado	730	0,44%
Rodovia dos Bandeirantes	714	0,43%
Avenida Professor Luiz Ignácio Anhaia Mello	678	0,41%
Avenida Washington Luís	676	0,41%
Avenida Interlagos	658	0,40%
Avenida Raimundo Pereira de Magalhães	631	0,38%
Avenida Jacu-Pêssego - Nova Trabalhadores	630	0,38%
Avenida Salim Farah Maluf	611	0,37%
Rua Estanislau de Miranda	559	0,34%
<b>Soma</b>	<b>13.035</b>	<b>8%</b>
<b>Total Geral</b>	<b>164.238</b>	<b>100%</b>

Quadro 2 – As 14 vias com maior número de acidentes de 2010 a maio de 2017

Fonte: Elaboração própria com dados das seguradoras BASE de dados das seguradoras, 2017.

Com o gráfico 7 é possível constatar que 96% das vias possuem uma frequência de até um acidente por mês. Além da marginal, a única via que possui uma frequência de acidente mensal superior a 10 é a Avenida Aricanduva.

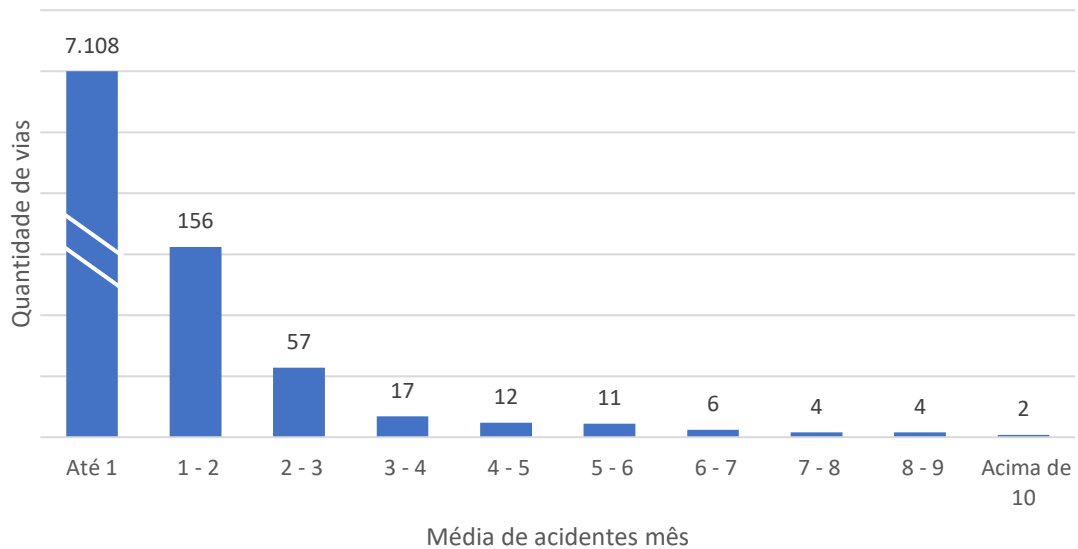


Gráfico 7 – Frequência de acidentes nas vias por mês. Período janeiro/2010 a maio/2017.  
 Fonte: Elaboração própria com dados das seguradoras BASE de dados das seguradoras, 2017.

Além dos acidentes foram consideradas no estudo informações que apresentam variação no tempo, possuem uma granularidade por via e de alguma forma estão relacionadas com o número de acidentes na cidade de São Paulo.

A primeira variável considerada foi a evolução da velocidade média observada nas vias; as seguradoras consolidam esse tipo de informação para utilizar nos modelos preditivos de risco e na definição logística de serviços. A velocidade média é consolidada em km/h e separada em quatro variáveis: velocidade média *Free Flow*, velocidade média dia da semana, velocidade média final de semana e velocidade média semana.

A variável “velocidade média *Free Flow*” é a velocidade média em km/h observada no período de maior fluidez do trânsito, normalmente o período da madrugada. A variável “velocidade média dia da semana” apresenta a velocidade média em km/h observada em dias da semana. A variável “velocidade média final de semana” apresenta a velocidade média em km/h observada aos finais de semana. Por fim, a variável “velocidade média semana” apresenta a velocidade média observada durante toda a semana, essa é a média global.

As variáveis de velocidades são consolidadas trimestralmente, desde o terceiro trimestre de 2014; dessa forma, para serem inclusos no painel de dados mensal, o estudo adotou como valores para cada mês o dado do seu respectivo trimestre. Por exemplo, a média de velocidade observada na Av. Bandeirantes no primeiro trimestre de 2016 foi de 47 KM/h; dessa maneira, nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2016, o valor considerado como média de velocidade mensal foi 47 km/h.

Data	Velocidade média Km/h
01/09/2014	25,275
01/12/2014	25,265
01/03/2015	25,299
01/06/2015	25,220
01/09/2015	24,970
01/12/2015	24,852
01/03/2016	24,850
01/06/2016	24,854
01/09/2016	24,861
01/12/2016	21,385
01/03/2017	21,389
01/06/2017	18,287
01/09/2017	18,264

Quadro 3 – Evolução trimestral da velocidade média na cidade de São Paulo

Fonte: Elaboração própria com dados das seguradoras BASE de dados das seguradoras, 2017.

Conforme demonstrado no quadro 3, a velocidade média na cidade de São Paulo apresenta uma leve tendência de queda trimestral, mas, em dezembro de 2016 e junho de 2017, houve uma queda considerável de 14% e 15%, respectivamente.

Outras duas variáveis adicionadas ao estudo foram a quantidade de multas aplicadas por radares eletrônicos na cidade e a quantidade de multas aplicadas por agentes de trânsito. Conforme demonstrado por NEST-USP, há uma correlação negativa entre a quantidade de multas aplicadas e os acidentes de trânsito. (FERRAZ et al., 2012).

Os dados relacionados às multas foram coletados da plataforma Painel Mobilidade Segura, da Prefeitura de São Paulo (2017). Nessa plataforma, a prefeitura disponibiliza a informação de multas aplicadas por radares eletrônicos mensalmente agrupada por radar de setembro de 2014 a julho de 2017. Na tabela de dados, a prefeitura também disponibiliza o endereço dos radares eletrônicos. Durante a

pesquisa, todos os endereços foram georreferenciados, ou seja, o endereço foi transformado em uma latitude e longitude; dessa forma, com o uso de uma ferramenta de *Geographic Information System* (GIS), foi feito um relacionamento espacial da posição do endereço de cada radar com cada via. Em seguida os dados de multas aplicadas por radares eletrônicos foram sumarizados por via e mês.

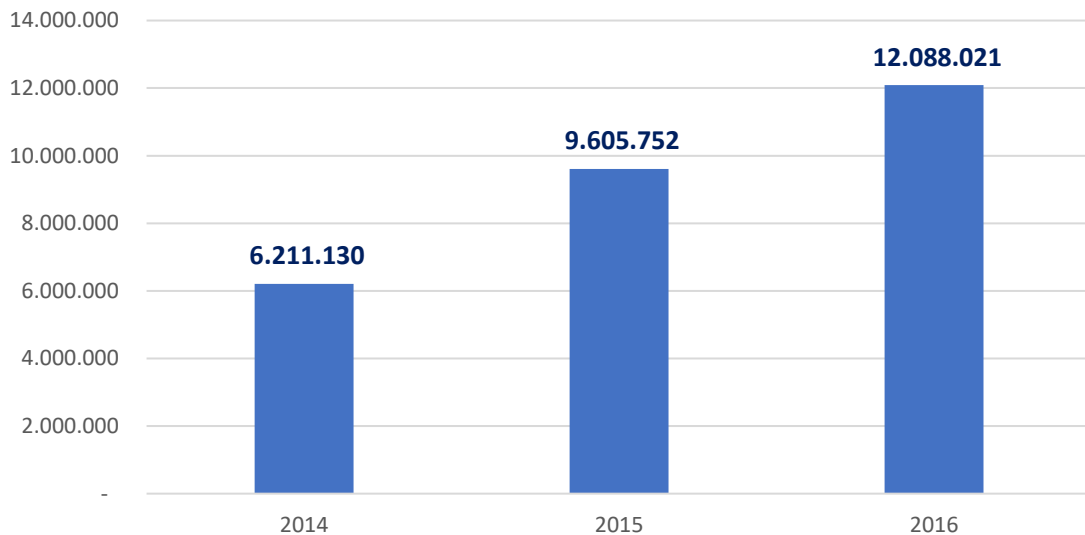


Gráfico 8 – Evolução anual das multas aplicadas por radares eletrônicos na cidade de São Paulo.

Fonte: Elaboração própria com dados do Painel Mobilidade Segura (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2017).

A prefeitura de São Paulo em linha com os estudos demonstrados ao longo do trabalho, como Thielen (2008) e Elvik et al. (2004), por exemplo, intensificou o monitoramento eletrônico na cidade em 2015 e 2016. O gráfico 8 mostra que a quantidade de multas aplicadas por radares eletrônicos cresceu 54% de 2014 para 2015 e 25% de 2015 para 2016. Em 2016, os radares eletrônicos da cidade aplicaram o dobro de multas aplicadas em 2014. Com essa evolução, podemos afirmar que a política de fato foi praticada pelos usuários do trânsito da cidade, uma vez que o monitoramento é peça-chave na gestão efetiva da velocidade máxima permitida.

Adicionalmente às multas aplicadas por radares eletrônicos, esta pesquisa também fez uso das multas aplicadas por agentes de trânsito; essa informação foi obtida também por meio da prefeitura de São Paulo, que disponibiliza o dado no Painel Mobilidade Segura (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2017). As multas aplicadas por agentes de trânsito são disponibilizadas com o endereço da ocorrência;



assim, os endereços foram georreferenciados e com o uso de ferramenta GIS foi feito um relacionamento espacial entre as multas aplicadas e as vias. Após o relacionamento espacial, as multas foram sumarizadas por via e mês. Os dados estão disponíveis de janeiro de 2014 a julho de 2017.

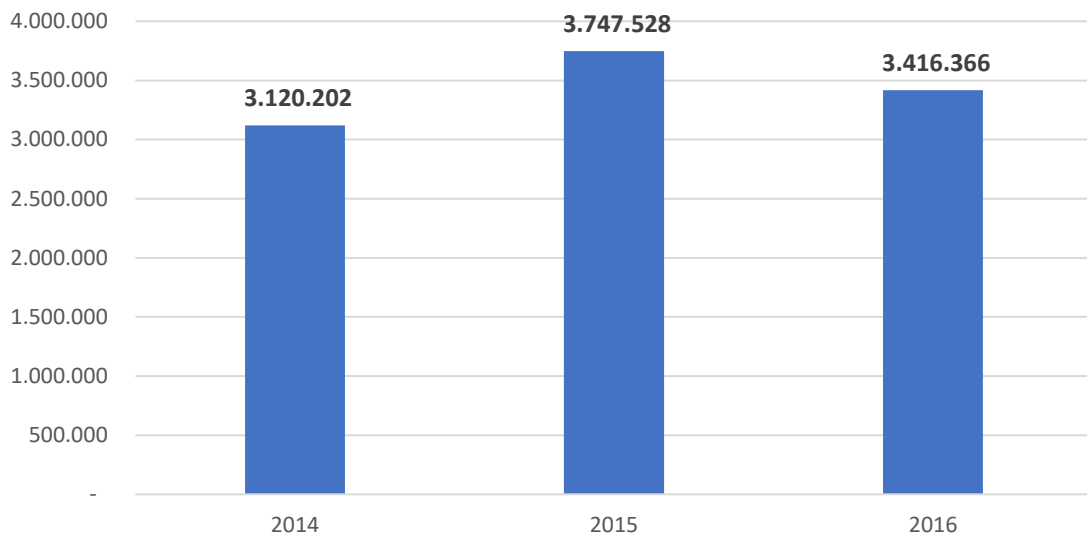


Gráfico 9 – Evolução anual das multas aplicadas por radares eletrônicos na cidade de São Paulo.

Fonte: Elaboração própria com dados do Painel Mobilidade Segura (PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO, 2017).

As multas aplicadas por agentes de trânsito cresceram 20% de 2014 para 2015 e depois recuaram 10% em 2016 comparado com 2015. Dessa forma, no primeiro ano da implementação da medida, tanto os radares quanto os agentes de trânsito foram extremamente rigorosos e efetivos na aplicação de multas.

A última variável adicionada ao modelo econométrico foi uma variável criada a partir das multas aplicadas por radares eletrônicos. Essa variável foi criada com o objetivo de atribuir a vias que não possuem radares eletrônicos, mas estão próximas a algum, o peso das multas aplicadas nos radares próximos, uma vez que, conforme demonstrado por Thielen (2008) e Elvik et al. (2004), o monitoramento é o elo entre a implementação da velocidade permitida e a velocidade média; dessa maneira, foi adotado que uma distância de 1 km para qualquer radar implica na sensação de monitoramento e, em consequência, na aplicação ou não de velocidade.

Dessa forma, a partir da latitude e longitude dos radares, foi feito um relacionamento espacial de todos os trechos de via para todos os radares, de tal forma que todas as vias foram relacionadas ao radar mais próximo. Após o relacionamento, foi calculada a distância da via para o radar mais próximo; com isso, trechos de vias com distância para um radar acima de 1 km receberam o valor zero nessa variável; os demais trechos de vias que estão a 1 km de distância de algum radar tiveram a soma das multas aplicadas no seu respectivo radar descontadas pela distância, ou seja, se um radar que aplicou 300 multas em um mês está relacionado com um trecho de via a uma distância de 400 metros, significa que a quantidade de multas aplicadas nesse radar consideradas nessa via será de  $300 \cdot ((1000-400)/1000) = 180$  multas.

Apesar da evolução dos acidentes estar disponível com um histórico que inicia em janeiro de 2010, o estudo se desenvolverá a partir de setembro de 2014, uma vez que as variáveis explicativas de multas e velocidades começaram a ser estruturadas a partir dessa data.

O quadro 4 apresenta a tabela descritiva dos dados, cujo grande destaque é a variabilidade do dado, o que reflete a heterogeneidade das vias, com desvio padrão elevado nas multas e na velocidade média.

Variável	Média	Máximo	Desvio Padrão
<b>Média diária de Acidentes</b>	0,01	2,47	0,04
<b>Infrações Eletrônicas</b>	3,62	3.949,00	42,39
<b>Infrações Manuais</b>	0,60	194,73	3,30
<b>Infrações Eletrônicas ponderadas Distância</b>	158,06	85.455,50	940,72
<b>Velocidade Média <i>Freeflow</i></b>	17,90	100,77	13,53
<b>Velocidade Média Dia da Semana</b>	23,61	97,36	7,37
<b>Velocidade Média Final de Semana</b>	25,17	99,78	7,88
<b>Velocidade Semana</b>	23,96	98,05	7,48

Quadro 4 – Estatística descritiva – setembro de 2014 a maio de 2017

Fonte: Elaboração própria.

Dessa forma, com o uso de mineração de dados, ferramentas de *Analytics* e GIS, as informações foram sumarizadas mensalmente para as 7.377 vias, de setembro de 2014, período em que a informação de multas aplicadas por radares eletrônicos inicia, até maio de 2017.

## 5 ESTRATÉGIA DE IDENTIFICAÇÃO

Para avaliar o impacto da política de redução da velocidade máxima, a primeira estratégia foi separar as vias em dois grupos: tratamento e controle. O grupo de tratamento é composto pelas vias que foram submetidas ao novo limite, enquanto o grupo de controle foi definido pelas vias que durante o período analisado não sofreram intervenções na velocidade máxima permitida. Para fazer essa definição, no desenvolvimento do estudo foram realizadas consultas no *site* da CET-SP sobre a mudança da velocidade máxima permitida; dessa forma, foram definidas as 37 vias com mudança na velocidade máxima permitida e as 117 que não foram impactadas pela intervenção no período analisado nesse estudo (Apêndice A) e (Apêndice C).

Apesar de a base de acidentes estar disponível de 2010 até maio de 2017, conforme demonstrado na seção de dados, as variáveis explicativas (infrações eletrônicas, infrações manuais e velocidade média da via) estão disponíveis a partir de setembro de 2014; dessa forma, essa pesquisa vai estudar os acidentes de trânsito entre os meses de setembro de 2014 a maio de 2017. No modelo de diferenças-em-diferenças (ANGRIST; PISCHKE, 2009), tão importante quanto a definição dos grupos controle e tratamento é também a definição do período anterior e posterior à implementação da política. Para essa definição foi usada a data em que a primeira via do grupo de controle teve a redução da velocidade máxima implantada; essa data também coincide com o início da redução da velocidade máxima na Marginal. Dessa forma, o período de setembro de 2014 a junho de 2015 será considerado como período anterior à implementação da política, enquanto o período de julho de 2015 a maio de 2017 será considerado como período posterior à implementação da política.

A análise empírica para determinar o impacto da política de redução da velocidade máxima permitida nos acidentes de trânsito da cidade de São Paulo será feita com o uso da ferramenta econométrica diferenças-em-diferenças (ANGRIST; PISCHKE, 2009). A ferramenta medirá o efeito da redução da velocidade máxima na evolução dos acidentes no tempo nas vias que foram tratadas em relação à evolução nas vias que não foram tratadas, que serão chamadas de grupo de controle.

Para isso, o modelo assume que, na ausência da nova política de redução da velocidade máxima, a quantidade de acidentes no grupo tratado e controle seguiria uma mesma tendência. No gráfico 10, é apresentada a tendência da média de acidentes diária no período que está sendo considerado como anterior ao tratamento. Com isso, é possível constatar que a média diária de acidentes nos dois grupos apresentam trajetória semelhante; dessa forma, o comportamento da variável de interesse é aderente ao *assumption*.

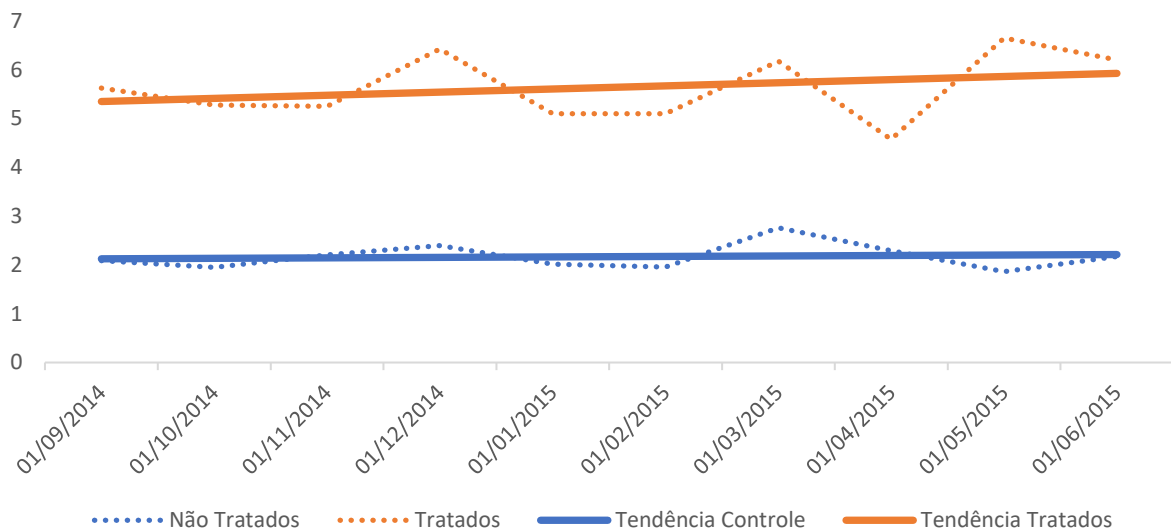


Gráfico 10 – Evolução mensal da média de acidentes.

Fonte: Base de dados das seguradoras: elaborado pelo autor

Dessa forma, o estimador de diferenças-em-diferenças com base em Angrist e Pischke (2009) para a evolução dos acidentes no tempo, dada a política de redução da velocidade máxima, será desenvolvido por meio da seguinte equação:

$$y_{it} = \alpha_i + \theta_1 d_t + \theta_2 d_j + \theta_3 (d_t * d_j) + e_{it} \quad (1)$$

A variável *dummy*  $d_j$  separa os grupos entre tratamento e controle, sendo a via  $i$  considerada no grupo de tratados ( $j=T$ ), caso esteja dentre as 37 vias que tiveram a velocidade máxima permitida reduzida, ou do grupo de controle ( $j=C$ ), caso esteja no grupo das 117 vias que não tiveram a velocidade máxima permitida alterada. A variável *dummy*  $d_t$  identifica o tempo anterior à implementação da política ( $t=0$ ) e

posterior à implementação da política com ( $t=1$ );  $a_i$  é a constante da via  $i$ , enquanto o ruído branco é representado pela variável  $e_{it}$ .

O parâmetro que mensura o impacto da política (redução da velocidade máxima) é o  $\theta_3$ , considerando que a variável *dummy* de interação ( $d_t * d_j$ ) será igual à unidade quando a via for do grupo de tratamento ( $j=T$ ) e o período avaliado ser o posterior à implantação da política ( $t=1$ ).

Adicionalmente foram inseridas as variáveis independentes de controle, onde estão as informações observáveis que variam no tempo e influenciam o número de acidentes nas vias (multas aplicadas por radares eletrônicos, multas aplicadas por agentes de trânsito e velocidade média da via no *freeflow*, em dia da semana, final de semana e velocidade média geral).

Finalmente, a variável dependente  $y_{it}$  é a média diária de acidentes para cada mês do painel para a via  $i$  no período  $t$

Para avaliar o impacto da política de redução da velocidade máxima sobre a média diária de acidentes, comparando o período anterior à implementação da política ( $t=0$ ) com o período posterior à implantação ( $t=1$ ), será calculado o valor esperado da equação 1 para ambos os períodos, conforme abaixo:

$$E[y_i | j = T, t = 1, a_i] = a_i + \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \varepsilon_{T1} \quad (2)$$

$$E[y_i | j = T, t = 0, a_i] = a_i + \theta_2 + \varepsilon_{T0} \quad (3)$$

O fator  $\varepsilon$  é o termo de erro associado a cada equação, com a mesma premissa, para o grupo de controle (117 vias que não foram impactadas pela política de redução da velocidade máxima):

$$E[y_i | j = C, t = 1, a_i] = a_i + \theta_1 + \varepsilon_{C1} \quad (4)$$

$$E[y_i | j = C, t = 0, a_i] = a_i + \varepsilon_{C0} \quad (5)$$

Dessa forma, o efeito da implementação da política nas vias tratadas será o resultado das seguintes diferenças:

$$\begin{aligned}\Delta y_{t,T} &= E[y_i | j = T, t = 1, a_i] - E[y_i | j = T, t = 0, a_i] = \\ &= \theta_1 + \theta_3 \quad (6)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta y_{t,C} &= E[y_i | j = C, t = 1, a_i] - E[y_i | j = C, t = 0, a_i] = \\ &= \theta_1 \quad (7)\end{aligned}$$

Com a diferença entre os períodos antes e depois da política, e os grupos controle e tratamento, o impacto da política paulista de redução da velocidade máxima permitida será determinado pelo parâmetro  $\theta_3$ .

## 6 RESULTADOS

O modelo de diferenças-em-diferenças foi especificado considerando dois períodos: o primeiro período está compreendido entre setembro de 2014 e junho de 2015 – momento anterior à implementação da política na primeira via considerada no grupo de tratamento. O segundo período está compreendido entre julho de 2015 e maio de 2017; esse segundo período é considerado como início das intervenções na velocidade máxima nas 37 vias do grupo de controle.

A variável dependente utilizada nas especificações do modelo foi a evolução da média de acidentes diária em cada mês do período analisado. Dessa forma, o objetivo será encontrar o impacto da implementação da política na média diária de acidentes.

O desenvolvimento quantitativo do trabalho se inicia com um modelo OLS (regressão linear), considerando apenas a variável *dummy* que separa as vias entre tratamento e controle. O objetivo dessa estimação é avaliar se no período do estudo – setembro de 2014 a maio de 2017 – houve diferença no nível de acidentes entre os dois grupos. Os resultados da estimação são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Modelo OLS - Acidentes no trânsito e grupo de tratamento

Variável dependentes: Média diária de acidentes	OLS
Variáveis explicativas	
Dummy Tratamento	0,1510009 (0,0058037)
Constante	0,0954856 (0,0028448)
Número de observações	5.082
Teste F	677
Prob>F	0,000

Fonte: Elaboração própria.

Nota: Desvios-padrão robustos entre parênteses. (\*\*\*) Significativo a 1%; (\*\*) Significativo a 5%; (\*) Significativo a 10%.

Conforme apresentado na tabela 3, o coeficiente da variável *Dummy* que separa os grupos entre tratamento e controle é positivo no período analisado. Isso significa que no período analisado a média diária de acidentes de trânsito no grupo de tratamento

foi maior do que o observado no grupo de controle. Esse coeficiente se mostrou estatisticamente significativo ao nível de 1%.

Mesmo com um provável erro de estimação de variável omitida, o coeficiente acima apresenta um resultado importante em relação ao comportamento da média diária de acidentes nos dois grupos, evidenciando o motivo da escolha das vias para a implementação da política de redução da velocidade máxima, ou seja, as vias escolhidas pela prefeitura de São Paulo para serem tratadas são as vias que possuem a maior média diária de acidentes.

A partir dessa constatação, para demonstrar efetivamente o efeito da redução da velocidade máxima permitida na média diária de acidentes, será demonstrada abaixo a estimação do modelo de diferenças-em-diferenças com efeitos fixos; nessa especificação foram incluídas como variáveis explicativas uma variável *dummy* para identificar o período anterior e posterior à implementação da política de redução da velocidade máxima, a variável de interação entre a *dummy* de grupo de controle e a *dummy* de tempo (Tratamento\*Tempo); o coeficiente dessa variável evidenciará o impacto da política. No modelo foram adicionadas também as variáveis explicativas que estão relacionadas com a média diária de acidentes; multas aplicadas por radares eletrônicos, multas aplicadas por agentes de trânsito e velocidade média da via no *freeflow*, em dia da semana, final de semana e velocidade média geral.



Tabela 4 – Resultados do modelo de efeitos fixos

Variável dependentes: Média diária de acidentes	estimações						
	Variáveis explicativas	I	II	III	IV	V	VI
Dummy Tratamento	0,1196925 *** (0,010449 )	0,0657782*** (0,0077597)	0,0255763*** (0,0082022)	0,0125068 (0,0080245)	0,0127213 (0,0079996)	0,0129544 (0,0080011)	0,0133696* (0,0080041)
Dummy Tempo	0,0373144 *** (0,0061349)	0,0241796*** (0,0045344)	0,0251145*** (0,004458 )	0,028134*** (0,0043444)	0,0305182 *** (0,0043508)	0,0307928*** (0,0043557 )	0,0302027*** (0,0043707)
Tratamento*Tempo	0,0449206*** (0,012516)	-0,0092944 (0,0092791)	0,0024084 (0,0091638)	0,0055491 (0,0089245)	0,0072749 (0,0089017)	0,0075112 (0,0089031)	0,0076943 (0,0089024)
Infrações eletrônicas ponderada		8.28e-07*** (1.27e-08)	7.91e-07*** (1.28e-08)	7.52e-07*** (1.27e-08)	7.53e-07*** (1.26e-08)	7.58e-07*** (1.31e-08)	7.60e-07*** (1.32e-08)
Infrações Manuais			0,0000604*** (4.53e-06)	0,0000575*** (4.42e-06)	0,0000609*** (4.44e-06 )	0,000061*** (4.44e-06)	0,0000617*** (4.46e-06)
Velocidade Média <i>Freeflow</i>				0,0018674*** (0,0001118)	0,0004162 (0,0002765 )	0,0005821* (0,000305 )	0,0006869** (0,000312)
Velocidade Média dia da semana					0,0017784** (0,0003102)	0,0027369** (0,0008057)	0,0138604** (0,0070226)
Velocidade Média final de semana						-0,0011183 (0,0008676)	0,0021429 (0,0022216)
Velocidade média semana							-0,0143984 (0,0090302)
Constante	0,0694786*** (0,0051217)	0,0577075*** (0,0037861)	0,0507592*** (0,0037582)	-0,0136488** (0,0053151)	-0,0219375*** (0,0054921)	-0,0197834*** (0,0057404)	-0,022161*** (0,0059301)
Número de observações	5.082	5.082	5.082	5.082	5.082	5.082	5.082
Teste F	261,00	1.418,21	1.209,64	1.109,80	961,93	842,00	748,96
Prob>F	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Fonte: Elaboração própria.

Nota: Desvios-padrão robustos entre parênteses. (\*\*\*) Significativo a 1%; (\*\*) Significativo a 5%; (\*) Significativo a 10%.

A tabela acima mostra as sete estimações desenvolvidas com seus respectivos coeficientes e significância. No primeiro modelo, foram incluídas como variáveis explicativas uma variável *dummy* para identificar os períodos anteriores e posteriores à implementação da política de redução da velocidade máxima, a variável *dummy* que identifica o grupo de controle e tratamento e a interação entre as duas variáveis, que será o resultado efetivo da política.

Na primeira estimação, o coeficiente para a interação das *dummies* (período e tratamento), apesar de baixo, apresenta resultado positivo com significância estatística ao nível de 1%. Esse primeiro resultado sugere que as vias que estão no grupo de tratamento, ou seja, que tiveram a velocidade máxima permitida reduzida, tiveram mais acidentes após o período de intervenção.

Ao adicionar na segunda estimação, a variável explicativa “Infrações Eletrônicas Ponderadas”, variável desenvolvida na pesquisa, conforme explicado na seção de dados, o coeficiente da interação das *dummies* de tempo e grupo fica negativo, mas

sem significância estatística, sugerindo, dessa forma, neutralidade em relação à política. A partir da segunda rodada, as demais variáveis explicativas foram sendo incluídas em sequência, e o resultado da interação das *dummys* de tempo e grupo voltou a ser positivo, mas sem significância estatística.

As variáveis explicativas “Infrações Eletrônicas Ponderada” e “Infrações Manuais”, apresentaram coeficiente positivo e com significância estatística ao nível de 1% em todas as rodadas de estimação. Isso mostra que a evolução no número de multas aplicadas na cidade de São Paulo não implica em redução no número de acidentes, enquanto as variáveis explicativas “Velocidade Média *Freeflow*” e “Velocidade Média dia da Semana” também apresentaram um coeficiente positivo, mas com um nível de significância estatística de 5% e 10% em quase todas as rodadas, com exceção apenas da “Velocidade Média *Freeflow*” na rodada cinco. Isso sugere que a leve redução na velocidade média apurada não reduziu o número de acidentes no período estudado.

Em relação às variáveis explicativas “Velocidade Média Final de Semana” e “Velocidade Média Semana”, adicionadas na estimação seis e sete respectivamente, demonstram neutralidade em relação ao número de acidentes, uma vez que os coeficientes apurados não possuem significância estatística.

Em resumo, o resultado de todas as estimações dessa primeira rodada sugere neutralidade da política de redução da velocidade máxima em relação aos acidentes de trânsito na cidade de São Paulo, uma vez que houve significância estatística na *dummy* de interação de tempo e grupo apenas na primeira estimação, resultado que, após a inclusão das variáveis omitidas e significativas “Infrações Eletrônicas Ponderadas” e “Infrações Manuais”, apresentou um coeficiente não significativo em todas as estimações seguintes.

Para avaliar a robustez desse resultado, foi especificada mais uma rodada de estimações, considerando agora que a data de início do tratamento, para as vias do grupo de controle, se inicia em janeiro de 2016; dessa forma, a única via do grupo de tratamento que teve a alteração da velocidade máxima permitida implementada após

essa data foi retirada do grupo, formando assim um novo grupo de controle (Apêndice B). Os resultados dessa rodada estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5 – Resultados do modelo de efeitos fixos - Data de tratamento dez/15

Variáveis explicativas	estimações						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Dummy Tratamento	0,1366244*** (0,0084019)	0,0576657*** (0,0063046)	0,0215545*** (0,0067687)	0,0091479 (0,006635)	0,0096646 (0,0066139)	0,0098633 (0,0066139)	0,0102328 (0,0066169)
Dummy Tempo	0,0209351*** (0,0056783)	0,0115759*** (0,0041841)	0,0121664*** (0,0041135)	0,0154964*** (0,0040115)	0,0188349*** (0,0040391)	0,0194476*** (0,0040552)	0,0186153 *** (0,004088)
Tratamento*Tempo	0,0331427*** (0,011706)	-0,0019574 (0,0086339)	0,0106086 (0,0085127)	0,0132515 (0,0082928)	0,0149351* (0,0082707)	0,015731* (0,0082831)	0,0160912* (0,0082849)
Infrações eletrônicas ponderada		8.31e-07*** (1.27e-08)	7.94e-07*** (1.28e-08)	7.57e-07*** (1.27e-08)	7.58e-07*** (1.27e-08)	7.63e-07*** (1.31e-08)	7.65e-07*** (1.31e-08)
Infrações Manuais			0,0000607*** (4.57e-06)	0,0000576*** (4.46e-06)	0,0000611*** (4.48e-06)	0,0000614*** (4.49e-06)	0,0000621*** (4.51e-06)
Velocidade Média <i>Freeflow</i>				0,0018597*** (0,0001123)	0,0003662 (0,0002793)	0,0005777* (0,0003068)	0,0006857** (0,0003142)
Velocidade Média dia da semana					0,0018344** (0,0003143)	0,0031015** (0,0008242)	0,014314** (0,0070784)
Velocidade Média final de semana						-0,0014684* (0,000883)	0,0018344 (0,0022512)
Velocidade média semana							-0,0145333 (0,0091124)
Constante	0,0847009*** (0,0040755)	0,0685149*** (0,0030116)	0,0618754*** (0,0030025)	-0,0018863 (0,0048359)	-0,0105643** (0,0050442)	-0,0078555 (0,0052998)	-0,0102223* (0,0055029)
Número de observações	5.049	5.049	5.049	5.049	5.049	5.049	5.049
Teste F	243,90	140,91	1.195,72	1.096,07	950,52	832,34	740,37
Prob>F	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Fonte: Elaboração própria.

Nota: Desvios-padrão robustos entre parênteses. (\*\*\*) Significativo a 1%; (\*\*) Significativo a 5%; (\*) Significativo a 10%.

Os resultados do modelo considerando a data de janeiro de 2016 como início do período de tratamento nas vias do grupo de controle apresentam, na primeira estimação, um coeficiente positivo para a *dummy* de interação de tempo e grupos; tal coeficiente apresenta um nível de significância estatística de 1%. Dessa forma, essa primeira estimação da segunda rodada traz um impacto semelhante ao apurado na primeira estimação da primeira rodada, ou seja, os acidentes nas vias de tratamento não apresentaram redução com a implantação da política. Na estimação seguinte, o coeficiente da *dummy* de interação de tempo e grupos se torna negativo, mas sem significância estatística, enquanto a variável adicionada de “infrações eletrônicas ponderada” apresenta um coeficiente positivo com significância estatística.

Na terceira e quarta estimação, a variável “infrações manuais” e “velocidade média freeflow” são adicionadas e revelam um coeficiente positivo e significativo, mas a *dummy* de interação de tempo e grupos novamente não apresenta significância estatística.

Nas estimações seguintes, ao considerar as variáveis explicativas de velocidade, o coeficiente da *dummy* de interação de tempo e grupos volta a ser estatisticamente significativo, porém agora a um nível de 10%. Como o coeficiente nas três últimas estimações é positivo, o resultado dessa segunda rodada corrobora com a neutralidade da política demonstrada na primeira rodada de estimações apresentado na tabela 4.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O crescimento significativo na relação veículo por habitante nos países em desenvolvimento viabilizou um aumento na produtividade e bem-estar da população, mas a elevação na motorização traz consigo uma externalidade direta, que é o número de acidentes no trânsito e conseqüente elevação no número de mortes por essa natureza.

Em meio a esse cenário, a ONU, por intermédio da OMS, propôs em maio de 2011 que os governantes ao redor do mundo criassem uma agenda para tratar o assunto de acidentes e fatalidades no trânsito.

Com esse panorama, em São Paulo, em 2013, Fernando Haddad assumiu a prefeitura da cidade e fez da gestão da mobilidade urbana uma das principais pautas do seu governo. Com o intuito de reduzir a acidentalidade do trânsito na capital paulista, o então prefeito, com base no estímulo da ONU e em pesquisas internacionais, propôs a alteração da velocidade máxima permitida nas principais vias da cidade, entre elas Marginal Pinheiros, Marginal Tietê e Avenida 23 de Maio.

Para reforçar a implementação da política, o então prefeito intensificou a aplicação de multas; os números mostram que a quantidade de infrações aplicadas por radares eletrônicos cresceu 54% de 2014 para 2015 e 25% de 2015 para 2016. Em 2016, os radares eletrônicos da cidade aplicaram o dobro de multas comparado a 2014.

Essa nova dinâmica de interação das pessoas no trânsito gerou uma série de questionamentos, um dos quais relacionado com a efetividade da aplicação da política de redução da velocidade máxima em relação ao número de acidentes. A literatura internacional aponta para uma efetiva redução nos países desenvolvidos, mas tem receio de essa efetividade não ser a mesma em países em desenvolvimento, devido à diferença no grau de respeito às políticas e regras implementadas nesse segundo grupo de países (BUNN et al., 2003; WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2017).

Nesse contexto, essa pesquisa, com base em dados disponibilizados pelas seguradoras da cidade de São Paulo, tem como objetivo avaliar o impacto da redução da velocidade máxima permitida nas vias da cidade.

A metodologia econométrica aplicada, com uso de dados em painel com modelo de efeitos fixos, viabiliza a comparação da evolução do número de acidentes de trânsito nas vias que foram impactadas pela política de redução da velocidade máxima (grupo de tratamento) em relação às vias em que a velocidade máxima foi mantida (grupo de controle). Os períodos analisados no modelo foram (i) setembro de 2014 a junho de 2015, período anterior à implementação da política na primeira via do grupo de tratamento; (ii) julho de 2015 a maio de 2017, período posterior ao início da implementação da política; (iii) janeiro de 2016 a maio de 2017, período posterior à alteração da velocidade máxima na última via do grupo de tratamento, este período foi utilizado para avaliar a robustez dos resultados da primeira data escolhida.

Os resultados encontrados apontam para uma neutralidade na política de redução da velocidade máxima, ou seja, a política foi indiferente para o número de acidentes no grupo de controle. Esse resultado não converge com o demonstrado na literatura internacional em pesquisas de países desenvolvidos, mas está em linha com a suposição que a literatura faz de que a menor aplicabilidade de leis em países em desenvolvimento dificulta a redução do número de acidentes a partir da redução da velocidade máxima permitida.

A neutralidade da política foi aferida nas estimações de cada uma das duas rodadas propostas nesse modelo, gerando, assim, maior robustez ao resultado final.

Em relação às principais variáveis de controle, todas apresentaram um coeficiente positivo em relação ao volume de acidentes. As variáveis explicativas relacionadas à velocidade média, apesar de demonstrar pouca variabilidade no período, apresentaram redução, mas isso não influenciou negativamente o número de acidentes. Em relação às variáveis de monitoramento relacionadas à aplicação de multas, ambas apresentaram crescimento no período analisado, mas também sem influência na redução dos acidentes observados.

Contudo, isso não significa que a política não se faz necessária, mas sugere que a prefeitura da cidade deverá buscar, além da gestão da velocidade, outros mecanismos para garantir uma redução efetiva no número de acidentes: radares que multam por velocidade média, dispositivos de monitoramento individual em cada automóvel entre outras aplicações já disponíveis no mercado.

Apesar da base de dados estruturada por via da cidade, essa pesquisa apresenta limitações relacionadas ao horizonte de tempo, devido ao período em que os dados foram disponibilizados e também ao fato de a política de redução da velocidade máxima ter sido implementada recentemente. Outra limitação da pesquisa é a definição do grupo de controle e tratamento que teve de ser reduzido em relação ao universo total, devido à não publicidade estruturada dos dados da prefeitura de São Paulo.

Essa linha de pesquisa no Brasil pode se desdobrar com parcerias entre empresas seguradoras, prefeituras e empresas de *Analytics* detentoras de informações de tráfego. Com a participação dessas entidades, o horizonte de tempo do estudo poderá ser ampliado, reduzindo, dessa forma, o erro das estimações.

Esse tipo de estudo se faz necessário uma vez que a redução ou não da velocidade máxima permitida incide em custos financeiros elevados e, principalmente, na perda de uma vida.



## REFERÊNCIAS

AFUKAAR, Francis K. Speed control in developing countries: issues, challenges and opportunities in reducing road traffic injuries. **Injury control and safety promotion**, v. 10, n. 1-2, p. 77-81, 2003.

AMERATUNGA, Shanthi; HIJAR, Martha; NORTON, Robyn. Road-traffic injuries: confronting disparities to address a global-health problem. **The Lancet**, v. 367, n. 9521, p. 1533-1540, 2006.

ANGRIST, Joshua D.; PISCHKE, Jörn-Steffen. **Mostly harmless econometrics: an empiricist's companion**. Princeton University Press, 2009.

ASHENFELTER, Orley; GREENSTONE, Michael. Using mandated speed limits to measure the value of a statistical life. **Journal of political Economy**, v. 112, n. S1, p. S226-S267, 2004.

BASE de dados das seguradoras: janeiro de 2010 a maio 2017. Arquivo em excel: 2017.

BASTOS, Jorge Tiago. **Geografia da mortalidade no trânsito no Brasil**. 2011. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18144/tde-14032011-112111/pt-br.php>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Lei n. 12.760 de 20 de dezembro de 2012. Altera a Lei n. 9.503, de 23 de setembro de 1997, que institui o Código de Trânsito Brasileiro. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12760.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12760.htm)>. Acesso em: abr. 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Datasus. **Informações sobre mortalidade no trânsito**: 2017. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sim/cnv/obt10uf.def>>. Acesso em: 09 dez. 2017.

BUNN, Frances et al. Area-wide traffic calming for preventing traffic related injuries. **The Cochrane Library**, 20 jan. 2003.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. Home. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. Relatório anual de acidentes de trânsito. São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/media/562061/relatorioanualacidentestransito-2016.pdf>>. Acesso em: 09 dez 2017.

DECINA, Larry E. et al. **Automated enforcement: a compendium of worldwide evaluations of results**. United States. National Highway Traffic Safety Administration, 2007.

ELVIK, Rune et al. **The handbook of road safety measures**. 2. ed. Bingley: Emerald Group Publishing, 2009.

ELVIK, Rune et al. **The handbook of road safety measures**. Bingley: Emerald Group Publishing, 2004.

FERRAZ, Antônio Clóvis Pinto et al. **Segurança viária**. São Carlos: Suprema Gráfica e Editora, 2012.

FLEISS, J. L. **Statistical methods for rates and proportions**. 2. ed. New York: John Wiley and Sons, 1981.

KOPITS, Elizabeth; CROPPER, Maureen. Traffic fatalities and economic growth. **Accident Analysis & Prevention**, v. 37, n. 1, p. 169-178, 2005.

NILSSON, Göran. Effects of speed limits on traffic accidents in Sweden. **VTI Särtryck**. Linköping, n. 68, 1982.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Década da ação pela segurança no trânsito (2011-2020), 2011. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/campanha/seguranca-transito/>>. Acesso em: 09 dez. 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 10 dez. 2017.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. Painel Mobilidade Segura, 2017. Disponível em: <[http://mobilidadesegura.prefeitura.sp.gov.br/QvAJAXZfc/opensoc.htm?document=Painel\\_Mobilidade\\_Segura.qvw&host=QVS%40c65v27i&anonymous=true](http://mobilidadesegura.prefeitura.sp.gov.br/QvAJAXZfc/opensoc.htm?document=Painel_Mobilidade_Segura.qvw&host=QVS%40c65v27i&anonymous=true)>. Acesso em: 09 dez. 2017.

SARNO, Caio Cesar Baldocchi. **Benefícios imediatos da redução das velocidades máximas permitidas: o caso das Marginais Tietê e Pinheiros**. São Paulo: Companhia de Engenharia de Tráfego, 2016. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/media/517275/nt251.pdf>>. Acesso em: 09 dez 2017.

SHADISH, W. R.; HADDOCK, C. K. Combining estimates of effect size. In: COOPER, H.; HEDGES, L. V. (Eds.). **The Handbook of Research Synthesis**. New York: Russell Sage Foundation, 1994.

THIELEN, Iara Picchioni; HARTMANN, Ricardo Carlos; SOARES, Diogo Picchioni. Percepção de risco e excesso de velocidade. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 1, jan. 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-311X2008000100013](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2008000100013)>. Acesso em: 10 dez. 2017.

UNITED NATIONS. Resolution adopted by the General Assembly on 19 April 2012. 66/260. Improving global road safety. Disponível em: <<https://undocs.org/A/RES/66/260>>. Acesso em: 09 dez. 2017.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução à econometria**: uma abordagem moderna. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Data systems**: a road safety manual for decision-makers and practitioners. 2010.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Managing speed**. 2017. Disponível em: <[http://www.who.int/violence\\_injury\\_prevention/publications/road\\_traffic/managing-speed/en/](http://www.who.int/violence_injury_prevention/publications/road_traffic/managing-speed/en/)>. Acesso em: 09 dez. 2017.

## APÊNDICE A

Tabela 6 – Lista de vias do grupo de tratamento usados na primeira rodada de estimações

<b>Nome da Via</b>	<b>Velocidade Máxima</b>	<b>Data da Alteração da Velocidade</b>
Marginal	70	01/07/2015
Avenida Aricanduva	50	01/08/2015
Avenida Vinte e Três de Maio	50	01/09/2015
Avenida dos Bandeirantes	50	01/09/2015
Avenida do Estado	50	01/09/2015
Avenida Washington Luís	50	01/09/2015
Avenida Jacu-Pêssego - Nova Trabalhadores	50	01/08/2015
Avenida Interlagos	50	01/09/2015
Avenida Salim Farah Maluf	50	01/09/2015
Avenida Raimundo Pereira de Magalhães	50	01/12/2015
Avenida Professor Francisco Morato	50	01/11/2015
Avenida Ragueb Chohfi	50	01/11/2015
Avenida das Nações Unidas	50	01/07/2015
Avenida Rebouças	50	01/11/2015
Avenida Corifeu de Azevedo Marques	50	01/11/2015
Avenida Santo Amaro	50	01/11/2015
Estrada de Itapecerica	50	01/07/2015
Avenida Giovanni Gronchi	50	01/12/2015
Avenida Alcântara Machado	50	01/12/2015
Avenida Nove de Julho	50	01/11/2015
Avenida Atlântica	50	01/09/2015
Avenida Doutor Ricardo Jafet	50	01/10/2015
Estrada M'Boi-Mirim	50	01/09/2015
Avenida Morumbi	50	01/12/2015
Avenida Doutor Assis Ribeiro	50	01/12/2015
Avenida Marechal Tito	40	01/09/2017
Avenida Doutor Gastão Vidigal	50	01/09/2015
Avenida João Dias	50	01/11/2015
Avenida Vereador Abel Ferreira	50	01/12/2015
Rua das Juntas Provisórias	50	01/09/2015
Avenida Guido Caloi	50	01/12/2015
Avenida Líder	50	01/12/2015
Avenida São Gabriel	60	01/12/2015
Estrada do Iguatemi	50	01/12/2015
Rua dos Pinheiros	50	01/10/2015
Avenida Sapopemba	50	01/11/2015
Avenida Senador Teotônio Vilela	50	01/08/2015

Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE B

Tabela 7 – Lista de vias do grupo de tratamento usada na segunda rodada de estimações

Nome da Via	Velocidade	
	Máxima	Data da Alteração da Velocidade
Marginal	70	01/07/2015
Avenida Aricanduva	50	01/08/2015
Avenida Vinte e Três de Maio	50	01/09/2015
Avenida dos Bandeirantes	50	01/09/2015
Avenida do Estado	50	01/09/2015
Avenida Washington Luís	50	01/09/2015
Avenida Jacu-Pêssego - Nova Trabalhadores	50	01/08/2015
Avenida Interlagos	50	01/09/2015
Avenida Salim Farah Maluf	50	01/09/2015
Avenida Raimundo Pereira de Magalhães	50	01/12/2015
Avenida Professor Francisco Morato	50	01/11/2015
Avenida Ragueb Chohfi	50	01/11/2015
Avenida das Nações Unidas	50	01/07/2015
Avenida Rebouças	50	01/11/2015
Avenida Corifeu de Azevedo Marques	50	01/11/2015
Avenida Santo Amaro	50	01/11/2015
Estrada de Itapeperica	50	01/07/2015
Avenida Giovanni Gronchi	50	01/12/2015
Avenida Alcântara Machado	50	01/12/2015
Avenida Nove de Julho	50	01/11/2015
Avenida Atlântica	50	01/09/2015
Avenida Doutor Ricardo Jafet	50	01/10/2015
Estrada M'Boi-Mirim	50	01/09/2015
Avenida Morumbi	50	01/12/2015
Avenida Doutor Assis Ribeiro	50	01/12/2015
Avenida Doutor Gastão Vidigal	50	01/09/2015
Avenida João Dias	50	01/11/2015
Avenida Vereador Abel Ferreira	50	01/12/2015
Rua das Juntas Provisórias	50	01/09/2015
Avenida Guido Caloi	50	01/12/2015
Avenida Líder	50	01/12/2015
Avenida São Gabriel	60	01/12/2015
Estrada do Iguatemi	50	01/12/2015
Rua dos Pinheiros	50	01/10/2015
Avenida Sapopemba	50	01/11/2015
Avenida Senador Teotônio Vilela	50	01/08/2015

Fonte: Elaboração própria.

## APÊNDICE C

### Nome da Via

Rodoanel Mário Covas  
 Alameda Gabriel Monteiro da Silva  
 Alameda Jaú  
 Alameda Santos  
 Alameda dos Tupiniquins  
 Avenida Aírton Pretini  
 Avenida Amador Bueno da Veiga  
 Avenida Arquiteto Vilanova Artigas  
 Avenida Brás Leme  
 Avenida Brigadeiro Faria Lima  
 Avenida Brigadeiro Luís Antônio  
 Avenida Calim Eid  
 Avenida Casa Verde  
 Avenida Celso Garcia  
 Avenida Coronel Sezefredo Fagundes  
 Avenida Deputado Cantídio Sampaio  
 Avenida Doutor Cardoso de Melo  
 Avenida Doutor Eduardo Cotching  
 Avenida Doutor Guilherme Dumont Vilares  
 Avenida Elísio Teixeira Leite  
 Avenida Embaixador Macedo Soares  
 Avenida Engenheiro Heitor Antônio Eiras Garcia  
 Avenida Governador Carvalho Pinto  
 Avenida Ibirapuera  
 Avenida Iimirim  
 Avenida Itaberaba  
 Avenida Itaquera  
 Avenida Lins de Vasconcelos  
 Avenida Luís Dumont Villares  
 Avenida Maria Luísa Americano  
 Avenida Marquês de São Vicente  
 Avenida Mascote  
 Avenida Mateo Bei  
 Avenida Miguel Estéfano  
 Avenida Ministro Petrônio Portela  
 Avenida Mutinga  
 Avenida Nova Cantareira  
 Avenida Onze de Junho  
 Avenida Padre Arlindo Vieira  
 Avenida Paulista  
 Avenida Pedro Bueno  
 Avenida Pires do Rio  
 Avenida Presidente Altino

### Nome da Via

Rodovia Anhanguera  
 Rodovia Ayrton Senna da Silva  
 Rodovia Fernão Dias  
 Rodovia Presidente Dutra  
 Rodovia dos dos Bandeirantes  
 Rodovia dos Imigrantes  
 Rua Almirante Lobo  
 Rua Alvarenga  
 Rua Amadis  
 Rua Amambaí  
 Rua Andiratuba  
 Rua Barra Funda  
 Rua Bela Cintra  
 Rua Benjamim Pereira  
 Rua Bom Pastor  
 Rua Borges de Figueiredo  
 Rua Cardeal Arcoverde  
 Rua Cardoso de Almeida  
 Rua Cipriano Barata  
 Rua Conselheiro Carrão  
 Rua Costa Barros  
 Rua Cuevas  
 Rua Dom Pedro Henrique de Orleans e Bragança  
 Rua Doutor César  
 Rua Doutor César Castiglioni Júnior  
 Rua Doutor Luís Aires  
 Rua Doutor Penaforte Mendes  
 Rua Edgar de Azevedo Soares  
 Rua Emílio de Sousa Docca  
 Rua Engenheiro Aubertin  
 Rua Esperanto  
 Rua Estados Unidos  
 Rua Fradique Coutinho  
 Rua Francesco Dai Libri  
 Rua Heitor Penteadado  
 Rua Inocência Tobias  
 Rua Itinguçu  
 Rua Jacirendi  
 Rua João Rafael Jafet  
 Rua João Ramalho  
 Rua Joaquim Távora  
 Rua José Bento  
 Rua Júlio Colaço

Avenida Presidente Castelo Branco	Rua Lavradio
Avenida Regente Feijó	Rua Manuel Gaya
Avenida Rio das Pedras	Rua Professor Eduardo Monteiro
Avenida Sadamu Inoue	Rua Quitanduba
Avenida Santa Catarina	Rua Rocha
Avenida Santos Dumont	Rua Serra de Botucatu
Avenida São Miguel	Rua Siqueira Bueno
Avenida Tiradentes	Rua Tabapuã
Avenida do Cursino	Rua Tibúrcio de Sousa
Avenida do Imperador	Rua Tuiuti
Avenida do Oratório	Rua Vicente Leporace
Rodovia Anchieta	Rua Voluntários da Pátria
	Rua Willy Heinrich Borghoff
	Rua da Liberdade
	Rua da Mooca
	Rua do Oratório
	Avenida Engenheiro Caetano Álvares
	Rodovia Raposo Tavares
	Rua Vergueiro

Quadro 5 – Lista de vias do grupo de controle

Fonte: Elaboração própria.