

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA**

**POLIANA DUARTE DE ANDRADE SANTOS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA LEI SECA SOBRE A MORTALIDADE  
POR ACIDENTE DE TRÂNSITO AUTOMOTIVO NA REGIÃO  
METROPOLITANA DE RECIFE/PE**

**CARUARU – PE**

**2016**

POLIANA DUARTE DE ANDRADE SANTOS

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA LEI SECA SOBRE A MORTALIDADE  
POR ACIDENTE DE TRÂNSITO AUTOMOTIVO NA REGIÃO  
METROPOLITANA DE RECIFE/PE

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia – PPGECON, como requisito à obtenção do título de Mestre em Economia, nesta Universidade.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Sónia Maria Fonseca Pereira Oliveira Gomes

CARUARU – PE

2016

Catálogo na fonte:  
Bibliotecária – Simone Xavier CRB/4 - 1242

S237a Santos, Poliana Duarte de Andrade.  
Avaliação do impacto da lei seca sobre a mortalidade por acidente de trânsito  
automotivo na região metropolitana do Recife/PE. / Poliana Duarte de Andrade Santos. –  
2016.  
37f. : il. ; 30 cm.

Orientadora: Sonia Maria Fonseca Pereira Oliveira Gomes  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de  
Pós-Graduação em Economia, 2016.  
Inclui Referências.

1. Acidentes de trânsito. 2. Trânsito – Legislação - Brasil. 3. Segurança no trânsito -  
Brasil. I. Gomes, Sonia Maria Fonseca Pereira Oliveira (Orientadora). II. Título.

330 CDD (23. ed.) UFPE (CAA 2016-079)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

**POLIANA DUARTE DE ANDRADE SANTOS**

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA LEI SECA SOBRE A MORTALIDADE  
POR ACIDENTE DE TRÂNSITO AUTOMOTIVO NA REGIÃO  
METROPOLITANA DE RECIFE/PE.**

A Comissão Examinadora de Defesa da Dissertação atribuiu à menção APROVADA a referida  
mestranda. Defesa realizada em 31 de março de 2016.

---

SÓNIA MARIA FONSECA PEREIRA OLIVEIRA GOMES  
(PPGECON e UFRPE)  
(orientadora)

---

ROBERTA DE MORAES ROCHA  
(PPGECON)  
(examinador interno)

---

MARCELO EDUARDO ALVES DA SILVA  
(PIMES e DECON/UFPE)  
(examinador externo)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me ajudado a finalizar mais essa etapa.

A Nossa Senhora por sua interseção e proteção infalível.

A Minha família e amigos pelo apoio e incentivo em todos os momentos desta jornada.

Aos colegas de mestrado Kelly Samá, Tiago Jesus, Willamam Fernandes e Gescilene Barbosa pelos momentos compartilhados.

A minha orientadora Sônia Gomes pela paciência, solidariedade e compreensão durante todos os anos de orientação na Graduação e no Mestrado.

A todo corpo docente do PPGECON, em especial aos professores Roberta Rocha, Cássio Bessaria, Lucilena Castanheira, Monaliza Ferreira e Sônia Rebouças pela atenção e conhecimentos compartilhados.

A secretária do PPGECON, Débora Pereira pela solicitude nos momentos que dela precisei.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Pró-Reitoria para Assuntos de Pesquisa e Pós-Graduação (Propesq)/UFPE pela concessão de bolsa de estudos.

## RESUMO

Os acidentes de trânsito tem se apresentado como um sério problema de saúde no mundo, ocasionando prejuízos físicos, emocionais e econômicos. Esses tipos de acidentes são diretamente influenciados por ações individuais dos motoristas e de outros usuários. Leis ou medidas que afetem os incentivos individuais na forma de se comportarem no trânsito podem levar a mudanças nas taxas de mortalidade, entre elas as que restringem a associação, consumo de bebidas alcoólicas e direção, como a Lei Seca implantada no Brasil no ano de 2008. Desta forma, o objetivo desta dissertação é avaliar o impacto da Lei Seca sobre a mortalidade por acidente de trânsito automotivo na Região Metropolitana de Recife, Pernambuco. Para tanto, a partir do método do Controle Sintético de dados de mortalidade obtidos no DATASUS estimou-se um efeito positivo da referida lei na RMR, resultando em uma redução da taxa de mortalidade por acidentes de trânsito automotivo em média de um ponto, equivalente a 45%, entre os anos de 2008 a 2013. Ou seja, a Lei Seca apresentou como uma medida eficiente na prevenção de mortes no trânsito decorrentes de acidentes automobilísticos na região em estudo.

Palavras-chaves: Acidentes de Trânsito; Lei Seca; Método Controle Sintético.

## **ABSTRACT**

Traffic accidents must be presented as a serious health problem in the world, causing damages to physical, emotional and economic. These types of accidents are directly influenced by individual actions of drivers and of other users. Laws or measures that affect individual incentives in the form of behavior in transit may lead to changes in mortality rates, among them the that restrict the association, consumption of alcoholic beverages and direction, as the Dry Law implanted in Brazil in the year 2008. In this way, the objective of this dissertation is to assess the impact of the Dry Law on mortality by automotive traffic accident in the Metropolitan Region of Recife, Pernambuco. For both, from the method of synthetic control of mortality data obtained in DATASUS we estimated a positive effect of this law in the metropolitan Recife, resulting in a reduction in the rate of mortality from traffic accidents automotive on average a point, equivalent to 45%, between the years of 2008 to 2013. Thus the Dry Law presented as an efficient in the prevention of traffic related deaths resulting from car accidents in the region under study.

**Keywords :** Traffic Accidents; Dry Law; Synthetic Control Method.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução da taxa de mortalidade por acidente de trânsito automotivo na Região Metropolitana de Recife, PE – 1996 a 2013.....	28
Figura 2 – Evolução da taxa de mortalidade por acidente de trânsito automotivo e do seu controle sintético na Região Metropolitana de Recife, PE – 1996 a 2013.....	30
Figura 3 – Diferença entre as taxas de mortalidade por acidente automotivo e de seu controle sintético.....	30
Figura 4 – Diferenças entre as taxas de mortalidade por acidente de trânsito automotivo e dos seus controles sintéticos por causas externas na RMR, PE – 1996 a 2013 .....	31
Figura 5 - Diferenças entre as taxas de mortalidade por acidente de trânsito automotivo e dos seus controles sintéticos a partir de teste de placebo .....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estatística descritiva das taxas de mortalidade por 100.000 habitantes segundo as causas na Região Metropolitana de Recife, PE – 1996 a 2013.....	27
Tabela 2 – Médias dos condicionantes da taxa de mortalidade por acidente de trânsito automotivo .....	28
Tabela 3 - Peso das causas de óbito no Controle Sintético da mortalidade por acidente de trânsito automotivo na Região Metropolitana de Recife, PE .....	29

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>17</b>
	3.1 Modelo Teórico.....	17
	3.2 Estratégia Empírica .....	21
	3.2.1 Método Controle Sintético .....	22
	3.3 Dados e Variáveis Envolvidas .....	25
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>27</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>33</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>35</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Os acidentes de trânsito tem se apresentado como um sério problema de saúde pública no mundo. Tanto em países desenvolvidos quanto naqueles em desenvolvimento. Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), 1,2 milhão de pessoas morrem a cada ano no mundo em colisões no trânsito e entre 20 a 50 milhões ficam feridos ou incapacitados (OMS, 2012).

Nos países desenvolvidos, a maioria das vítimas constitui-se de motoristas e passageiros de automóveis, enquanto que, nos países em desenvolvimento a maior parte é formada por pedestres, ciclistas, motociclistas e passageiros do transporte público. Sendo mais da metade dos óbitos ocorridos entre jovens do sexo masculino e em idade produtiva (OMS, 2012).

As lesões causadas pelo trânsito fazem parte das principais causas de morte e doenças no mundo. De acordo com projeções da OMS (2012), estas devem subir do décimo lugar em 2002, para a oitava posição no ano de 2030, na contribuição para a carga global de doenças. Além de ser um crescente problema de saúde pública, que afeta de maneira particular os menos favorecidos, os acidentes de transporte impactam negativamente a economia dos países. Ainda de acordo com a mesma fonte esses acidentes custam cercam de 1% a 2% do Produto Interno Bruto (PIB) daqueles países em desenvolvimento.

Os acidentes de transporte ocasionam prejuízos físicos, emocionais e econômicos. Ao estar relacionada à morte prematura de indivíduos em idade ativa, a perda de qualidade de vida, às incapacitações físicas e psicológicas, a dor e ao sofrimento que passam as vítimas e seus familiares. Assim como também, os significantes e crescentes custos com os serviços de saúde e custos para os cofres públicos em geral.

Estimativas apontam que o custo econômico mundial dos acidentes de trânsito seja de aproximadamente 518 bilhões de dólares ao ano (OMS, 2012). Nas aglomerações urbanas brasileiras este custo seria superior a 9 bilhões de reais anuais, e o custo dos acidentes em rodovias, de aproximadamente 30 bilhões de reais (CARVALHO, 2012). Afora os custos sobre as economias global e nacional, os acidentes de transporte geram uma carga financeira significativa para as famílias. Em que muitas delas são levadas a condição de pobreza pelos elevados gastos médicos, pela perda do provedor do lar ou até mesmo pelas despesas de cuidar de pessoas incapacitadas.

Além disto, a rápida e não planejada urbanização associada a deficiências de infraestrutura adequada nas cidades bem como de um sistema legal eficiente tornam a situação mais preocupante nos países e regiões em desenvolvimento.

No Brasil, mortes por causas externas, denominação dada para mortes provocadas por acidentes ou violências são a terceira causa de óbitos na população brasileira (ALMEIDA, 2010). Segundo Lima *et al.* (2012), os acidentes de trânsito são os maiores responsáveis por este tipo mortalidade, ceifando mais vidas do que os homicídios, suicídios e a maioria das doenças não evitáveis.

A evolução do risco de acidentes rodoviários ao longo do tempo é tipicamente correlacionada com o desenvolvimento da mobilidade. Estas estimativas de mobilidade são, por sua vez afetadas por fatores socioeconômicos, refletindo o nível de motorização em um país, o crescimento econômico e o nível de prosperidade econômica global (YANNIS, PAPADIMITRIOU e FOLLA, 2013).

O processo de crescimento econômico ocorrido no Brasil, a partir da década de 2000, com a estabilização da economia, uma maior oferta de crédito e aumento na renda *per capita* e incentivos fiscais dado ao setor automobilístico criaram um ambiente propício ao crescimento da frota de veículos no país (MARTINS, BOING e PERES, 2013). Para alguns estudiosos, o aumento do número de acidentes de trânsito no país estaria associado ao crescimento da frota de veículos [ZANATTA e RAMOS (2010); SILVA *et al.* (2011) ].

Para Vasconcellos, Carvalho e Pereira (2011), o aumento das frotas de automóveis e de motocicletas no Brasil após os anos 2000, decorreu do crescimento do poder aquisitivo das pessoas, pelas deficiências do transporte público e pelo apoio do Governo Federal, na forma de isenções de impostos e auxílio financeiro na aquisição de veículos.

O Estado de Pernambuco tem acompanhado o aumento de acidentes de transporte terrestre. Os dados sobre este tipo de mortalidade no Estado, no período 1996-2013, quando passaram a ser classificados pela 10ª Revisão da Classificação Internacional de Doenças (CID-10), mostraram uma redução no número de óbitos de pedestres (-50%), e aumento no número de óbitos de ciclistas (43%), de ocupantes de automóveis (273%) e de motociclistas (2792%). Apenas no ano de 2013 foram registradas 1868 mortes ocorridas no Estado por acidentes de transportes terrestre. Deste total, 40% deveram-se a morte de motociclistas, 20% a de pedestres e 20% de ocupantes de automóveis (DATASUS, 2015).

Os acidentes de trânsito também são diretamente influenciados por ações individuais dos motoristas e de outros usuários como a frequência na utilização de veículos, a velocidade empregada, atenção ao dirigir, uso da faixa de pedestre, emprego ou não do cinto de segurança,

posse de seguro, consumo de bebidas alcoólicas, entre outras. Neste sentido, leis ou medidas que afetem os incentivos individuais na forma de se comportar no trânsito podem ocasionar mudanças nas taxas de mortalidade por acidentes e seus custos associados (KUME e NERI, 2007).

As leis direcionadas ao trânsito no Brasil obtiveram mais destaque com a implementação do novo Código de Trânsito Brasileiro (CTB)<sup>1</sup> a partir do ano de 1998, com ações punitivas e penas financeiras substantivas, e suas alterações relacionadas a restrição da combinação consumo de bebidas alcoólicas e direção, como a “Lei Seca<sup>2</sup>” em 2008 e a “nova Lei Seca<sup>3</sup>” em 2012.

Estudos mostraram que estas leis contribuíram para a redução do número de acidentes e das taxas de mortalidades no trânsito [MARIN e QUEIROZ (2000); KUME e NERI (2007); MALTA *et al.* (2010); ABREU *et al.* (2012) ]. No entanto, os mesmos estudos indicaram uma situação heterogênea em relação as regiões brasileiras no qual os municípios maiores nas regiões mais desenvolvidas, especificamente as capitais brasileiras e seus entornos, apresentaram uma melhor resposta quando comparados com outras regiões.

Em que a partir do ano de 2008, após a Lei Seca, estas diferenças passaram a ser mais acentuadas. O que segundo Malta *et al.* (2010) o melhor desempenho da Lei Seca nas capitais brasileiras estaria relacionado com a maior efetividade da fiscalização e aplicação das leis de trânsito nessas cidades, pelo fato do trânsito estar municipalizado, como também de ações combinadas dos órgãos executivos de trânsito dos estados e dos municípios.

Essas diferenças regionais na distribuição dos óbitos no trânsito também estão presentes no estado de Pernambuco. De acordo com dados de mortalidade disponíveis no DATASUS (2015) a região Metropolitana de Recife concentra a maior parte dos óbitos de acidentes de transporte terrestre seguida das regiões Agreste, Sertão, Mata e São Francisco Pernambucano. Mas, esse cenário tem apresentado mudanças nos últimos anos com o aumento do número de

---

<sup>1</sup>Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Entrou em vigor no ano de 1998 é baseado na Constituição Federal Brasileira de 1988 e define atribuições das diversas autoridades e órgãos ligados ao trânsito, fornece diretrizes para a engenharia de tráfego e estabelece normas de conduta, infrações e penalidades para os diversos usuários do sistema de trânsito.

<sup>2</sup>Lei nº 11.705, de 19 de junho de 2008. Alterou a Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, que ‘institui o Código de Trânsito Brasileiro’, e a Lei nº 9.294, de 15 de julho de 1996, que dispõe sobre as restrições ao uso e à propaganda de produtos fumíferos, bebidas alcoólicas, medicamentos, terapias e defensivos agrícolas, para inibir o consumo de bebida alcoólica por condutor de veículo automotor, e dá outras providências.

<sup>3</sup>Lei nº 12.760, de 20 de dezembro de 2012. Tornou mais rígida a punição para os condutores flagrados conduzindo veículos após a ingestão de bebida alcoólica.

acidentes e de mortes no interior do Estado, principalmente os acidentes envolvendo motociclistas.

Outro fato que tais dados apontam é para a diminuição dos óbitos por ocupantes de automóveis na região Metropolitana de Recife, principalmente a partir do ano de 2008, ano de implementação da Lei Seca. Um ano após a instalação da lei este tipo de mortalidade obteve uma redução de 15% e entre os anos de 2008 a 2013 de 47%. Diante deste cenário o objetivo desta Dissertação é avaliar o impacto da Lei Seca sobre a mortalidade por acidente de trânsito automotivo na região metropolitana de Recife.

Para tanto esta Dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos, incluindo esta introdução. O segundo capítulo apresenta a revisão da literatura com a descrição dos trabalhos empíricos realizados na área, o terceiro capítulo, a metodologia empregada incluindo o modelo teórico, a estratégia empírica usada para responder ao objetivo mencionado e a especificações dos dados e variáveis utilizadas. No quarto capítulo são apresentados os resultados obtidos e por fim são apresentadas as considerações finais.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Nos últimos anos tem crescido o número de trabalhos que tem examinado fatores que influenciam a incidência e a mortalidade por acidentes de trânsito. Além de questões relacionadas as condições das estradas e dos sistemas de transporte, a introdução de elementos adicionais, como os fatores socioeconômicos, ajudou a compreender um outro lado do problema.

Dentre estes estudos está o de Joksch (1984) que analisou as relações entre o número de morte por veículos a motor e fatores econômicos (taxa de desemprego, índice de produção industrial, dados de renda e produção de automóveis) para os Estados Unidos, no período 1930-1982. No entanto, apesar dele ter testado estas relações com as variáveis econômicas, o índice de produção industrial apresentou-se como o preditor mais forte. Segundo o autor, a variação no número de mortes no trânsito por ano é igual a dois terços da mudança no índice de produção industrial. Além disso, este observou que muitos dos fatores que influenciam este tipo de mortalidade, por exemplo, melhorias no sistema viário, aumento na frota de veículos e no número de motoristas, apresentaram pequena variação ao longo do tempo. Enquanto que no curto prazo, a relação entre o nível de atividade econômica e as mortes no trânsito foram mais fortes com alterações na economia.

Wagenaar (1984), por exemplo, investigou os efeitos das condições macroeconômicas sobre a incidência de acidentes de veículos a motor nos Estados Unidos a partir de dados mensais do período 1972-1982. O estudo revelou uma relação inversa entre a taxa de desemprego e o número de acidentes. De acordo com o autor, o desemprego estaria associado com menos milhas percorridas pelos veículos e que isto levaria a uma diminuição dos acidentes caso o desemprego aumente.

Por outro lado, na investigação de Skinner (1988), as conclusões encontradas foram que as mudanças na atividade econômica afetam a distribuição do risco de condução no trânsito. E que condições de desemprego levariam a maiores tensões nas estradas o que, por sua vez, resultaria em uma condução mais agressiva e, assim, um aumento no número de acidentes.

Já na análise de Reinfurt, Stewart e Weaver (1991) sobre as relações entre fatores econômicos e as fatalidades no trânsito para os Estados Unidos no período 1960-1986, observaram que em épocas de alta atividade econômica as distâncias percorridas por veículos a motor aumentam mais do que em tempos de recessão, e que os acidentes e mortes no trânsito seriam maiores nesses momentos de expansão econômica. Segundo esses autores, apesar destas

observações, o conhecimento de variáveis econômicas não resultaria em uma melhor previsão ou estimação do nível de mortes no trânsito.

Outros estudos também buscaram estimar a relação entre as mortes no trânsito e o nível de renda. Em que estes apesar da utilização de diferentes métodos de análise, observaram a existência de uma relação em forma de U invertido entre a renda e a mortalidade do trânsito, que é semelhante a curva de Kuznets (1955) que relaciona renda *per capita* e desigualdade de renda.

Entre eles, o trabalho de Van Beeck, Borsboom e Mackenbach (2000) examinaram a associação entre o crescimento econômico e mortes por acidentes de trânsito utilizando dados de países industrializados durante o período 1962-1990. Eles concluíram que a relação entre o crescimento econômico e a mortalidade por acidente de trânsito parece ser não linear. O crescimento econômico inicialmente levaria a um aumento no número de mortes no trânsito mas, depois tornaria protetor contra a mortalidade por acidente de trânsito, pois seria acompanhado por uma diminuição do número de mortes no trânsito. Estes autores argumentaram que o crescimento não estaria apenas associado ao crescente número de veículos, mas, também acabaria por estimular mecanismos de adaptação, tais como a melhoria da infraestrutura de tráfego e de atendimento médico ao trauma.

No mesmo âmbito, Bishai *et al.* (2006) investigaram porque as mortes no trânsito aumentam com o PIB *per capita* em países de baixa renda e diminuem com o PIB *per capita* nos países ricos. Conforme os autores, nos países de baixa renda um aumento nos acidentes, ferimentos e mortes no trânsito acompanha o crescimento econômico. Mas, nos países ricos aumentos no PIB parecem reduzir o número de mortes no trânsito, entretanto não reduz o número de acidentes ou lesões. Em que esta associação negativa entre as mortes no trânsito e o PIB nos países ricos poderia ser explicada por uma menor gravidade da lesão e pós-lesão dado pelo maior acesso ao socorro de emergência e cuidados médicos ofertados por estes países.

Apesar da existência de estudos que indiquem diferenças nos acidentes e na mortalidade no trânsito entre países, dadas suas características econômicas, poucos trabalhos investigaram tais desigualdades dentro dos próprios países. Procurando atender a esta demanda La Torre *et al.* (2007), buscaram identificar os determinantes das diferenças regionais da mortalidade por acidentes de trânsito na Itália. E estes encontraram que na Itália, pode ser observado grandes diferenças regionais nas taxas de mortalidade no trânsito. E que os preditores mais fortes destas diferenças regionais em termos de mortalidade no trânsito e taxas de acidentes seriam a taxa de emprego e de consumo de álcool, ambos diretamente associados. Estes autores apontaram para a necessidade de políticas regionais diferenciadas para as áreas de alto risco identificadas com

a finalidade de melhorar o comportamento nas estradas e para reduzir o número de acidentes e as taxas de mortalidade no trânsito.

Enquanto Krüger (2013), buscou determinar os fatores que influenciam o número de acidentes na Suécia. Para isso realizou duas análises, uma utilizando dados em painel em nível regional, para o período 1976-2007, e outra, dados de séries temporais, 1950-2005. Como resultados encontrou que, para os dados em painel, as fatalidades no trânsito diminuíram com o desemprego e aumentaram os mais jovens e conforme o crescimento do número de veículos, já para séries temporais, verificou que o número de mortes por quilômetro percorrido aumenta durante *booms* econômicos e que dirigir embriagado na Suécia diminui durante as contrações econômicas.

Neste mesmo contexto, segundo Yannis, Papadimitriou e Folla (2013), apesar das fatalidades no trânsito apresentarem reduções importantes nos últimos anos em vários países desenvolvidos, estas não podem ser justificadas apenas por esforços políticos, mas também, devem ser atribuídas a recessão econômica global que afeta a economia e a mobilidade na maioria dos países. Para testar o efeito das variações anuais do PIB *per capita* sobre as taxas de mortalidade por acidentes, utilizaram dados para o período 1975-2011 de 27 países europeus. E observaram que um crescimento anual do PIB *per capita* leva a um aumento nas taxas de mortalidade, ao passo que uma retração anual do PIB *per capita* induz uma diminuição das taxas de mortalidade.

Diante desses resultados, outros estudos buscaram determinar o impacto dos acidentes de trânsito no crescimento econômico e também analisar o efeito que as variáveis macroeconômicas tem sobre acidentes de trânsito. Entre eles o trabalho de Enu (2014), aplicado para Gana, em que o estudo revelou que os acidentes de trânsito afetam negativamente o crescimento econômico deste país e o grau desse efeito negativo é de aproximadamente 0,21% do PIB. O estudo também mostrou que, as principais variáveis macroeconômicas que afetam acidentes de trânsito em Gana são o tamanho da economia (PIB), o nível de vida dos cidadãos (PIB *per capita*) e os gastos do governo.

No Brasil, a literatura econômica sobre os acidentes de trânsito é escassa. Poucos são os trabalhos que relacionam fatores socioeconômicos aos acidentes e à mortalidade no trânsito. Mas, Silva e Kilsztajn (2003) analisaram a relação entre óbitos por acidentes de trânsito envolvendo veículos a motor, tamanho da frota de veículos e nível de atividade econômica, a partir de dados do Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM) e do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) referentes ao período 1980-1999. Os resultados indicaram um comportamento cíclico do número de óbitos por acidentes de trânsito de veículos a motor

associado ao nível de atividade econômica do país bem como uma queda tendencial do número de óbitos por veículo, que acompanha a elevação do número de veículos por habitante.

Já o trabalho de Kume e Neri (2007), mostrou que mudanças nas leis podem diminuir as mortes no trânsito, já que leis mais duras, com penas financeiras substantivas, podem ter efeitos significativos nos incentivos dos indivíduos. Segundo estes autores, a implantação do novo Código de Trânsito Brasileiro, em vigor a partir de 1998, reduziu significativamente as mortes de trânsito no Brasil em até 5,8%. Isso representaria mais de 26,3 mil vidas salvas, além de uma economia de R\$ 71 bilhões referentes à perda de produção, aos cuidados de saúde, a remoção e traslado entre os anos de 1998 e 2004. Os resultados também apontaram para uma diferenciação na mortalidade entre os gêneros em que as mulheres são mais sensíveis a leis de trânsito mais rígidas do que os homens.

Malta *et al.* (2010) analisou os efeitos da Lei Seca, no qual esta, teria se mostrado como uma importante medida de proteção a vida e prevenção de acidentes de trânsito. Esses autores estimaram uma redução significativa no risco de morte nas principais cidades brasileiras após a implantação da Lei Seca, sendo para o Rio de Janeiro (-58,1%), Salvador (-37%), Recife (-33%), Distrito Federal (-17,4%) e São Paulo (-11,3%).

Segundo Melcop (2011) as associações de vários fatores podem ser apontados como causadores de acidentes de trânsito, sendo estes relativos aos usuários, aos veículos, às vias, às condições ambientais e aos fatores sociais e institucionais. No qual estes fatores poderiam ser agrupados em três grandes categorias nomeadas de componente humano, componente veicular e componente viário-ambiental. Sendo o componente humano responsável por mais de 90% dos acidentes de trânsito.

Dentro desse componente humano, conforme Abreu *et al.* (2012), aproximadamente 70% dos acidentes automobilístico mais graves estariam relacionados ao consumo de bebidas alcoólicas. Ainda segundo esses autores um ano após a implementação da Lei Seca, no ano de 2009, observou-se uma redução de 12,9% no número de acidentes de trânsito na cidade do Rio de Janeiro. Em que a divulgação da nova lei pela mídia e o aumento da efetividade da fiscalização colaborou para que se chegasse a esse resultado.

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo, a fim de identificar como os indivíduos se comportam diante a decisão de cometerem atos considerados ilícitos, é apresentado o modelo teórico desenvolvido por Becker (1968), que busca calcular as perdas sociais decorrentes da ação criminosa. Segundo Becker (1968) a punição através de multas seria uma forma eficiente de minimizar essas perdas sociais. Em seguida, é exibida a estratégia empírica utilizada para avaliar o efeito da Lei Seca sobre a mortalidade por acidente de trânsito automivo na Região Metropolitana de Recife, Pernambuco, que apresenta como principais ações punitivas a administração de multas monetárias, como também os dados e variáveis utilizadas.

#### 3.1 Modelo Teórico

O Modelo de Becker (1968) é útil para explicar as relações comportamentais que estariam por trás dos custos públicos e privados com a criminalidade. Essas relações podem ser divididas em cinco categorias: (1) o número de crimes e o custo de infrações; (2) o número de crimes e as punições; (3) o número de crimes, detenções e condenações e os gastos públicos com a polícia e o judiciário; (4) o número de condenações e os custos de penitenciárias ou outros tipos de punições, e (5) número de crimes e o gasto privado com proteção e apreensão. Na qual a estrutura básica do modelo teórico compreende: A função de oferta agregada de crimes, os custos sociais da atividade criminosa, o custo de prender e condenar, punições e condições de otimização. Conforme Clemente e Welters (2007) a estrutura do modelo de teórico de Becker (1968) pode ser resumida da seguinte forma:

a) A função de oferta agregada de crimes

A função de oferta agregada de crimes da sociedade é dada como:

$$O = O(p, f, u) = \sum_j O_j \quad (1)$$

onde, o nível de atividade da indústria do crime,  $O$ , depende da probabilidade de o criminoso ser descoberto e condenado,  $p$ ; da punição imposta nesse caso,  $f$ ; como também de uma série de parâmetros da sociedade como nível de educação, nível de emprego, distribuição da renda etc.,  $u$ . As variáveis  $p$  e  $f$  influenciam negativamente o nível de criminalidade. A política de

segurança deveria escolher  $p$  e  $f$  na região em que o crime não vale a pena, região na qual os criminosos obteriam renda real maior em alguma atividade legal.

b) Os custos sociais da atividade criminosa

A ideia de que os outros membros da sociedade são prejudicados pelas ações dos criminosos é a motivação por trás de proibir ou limitar uma atividade criminosa. Em que o prejuízo da atividade criminosa de ordem  $i$ ,  $H_i$ , é função crescente de seu nível (número de crimes), representado por  $O_i$ . Além disso, o prejuízo marginal é crescente, ou seja, o dano é crescente à taxa crescente.

$$\begin{aligned} H_i &= H_i(O_i) \\ H'_i &= \frac{dH_i}{dO_i} > 0 \\ H''_i &> 0 \end{aligned} \quad (2)$$

O valor social dos ganhos dos criminosos,  $G$ , é função crescente do nível de atividade. O ganho marginal é decrescente, ou o ganho é crescente à taxa decrescente.

$$\begin{aligned} G &= G(O) \\ G' &= \frac{dG}{dO} > 0 \\ G'' &= < 0 \end{aligned} \quad (3)$$

O custo líquido para a sociedade,  $D$ , é obtido pela diferença entre o prejuízo provocada à sociedade e o ganho (social) obtido pelos criminosos.

$$\begin{aligned} D(O) &= H(O) - G(O) \\ D'(O) &= H'(O) - G'(O) \\ D''(O) &= H''(O) - G''(O) > 0 \end{aligned} \quad (4)$$

O custo social líquido marginal pode ser positivo ou negativo.  $D'$  é função contínua e existe um nível de atividade criminosa para o qual  $D' = 0$ . O custo social líquido marginal é crescente. Segundo Becker (1968) a essa questão da mensuração econômica dos ganhos e dos custos para a sociedade é complexa (CLEMENTE; WELTERS, 2007).

c) O custo de prender e condenar

Com a tecnologia disponível, o custo de prender e condenar,  $C$ , é função crescente do nível de atividade da polícia e do judiciário,  $A$ .

$$C = C(A) \quad (5)$$

$$C' = \frac{dC}{dA} > 0$$

O nível de atividade da polícia e do judiciário pode ser assimilado ao número de crimes penalizados, calculado como uma porcentagem do total de crimes. Essa porcentagem é a medida de risco para os criminosos.

$$A \cong p \cdot O \quad (7)$$

Tanto aumento da probabilidade de prender e condenar, quanto o aumento do número de crimes causam aumento de custo.

$$C_p = \frac{\partial C(A)}{\partial p} = \frac{\partial C(pO)}{\partial p} = C'O > 0 \quad (8)$$

$$C_o = \frac{\partial C(A)}{\partial o} = \frac{\partial C(pO)}{\partial o} = C'p > 0$$

O custo marginal é crescente à taxa crescente tanto em relação a  $p$  quanto em relação a  $O$ . Além disso, as variáveis  $p$  e  $O$  apresentam o mesmo efeito sobre o custo total de detenção e condenação.

$$\begin{aligned} C_{pp} &= C''O^2 > 0 \\ C_{oo} &= C''p^2 > 0 \\ C_{po} &= C_{op} = C''pO + C' > 0 \end{aligned} \quad (9)$$

#### d) Punições

O valor das punições (custo para o criminoso) precisa ser avaliado monetariamente, mas a mensuração somente é direta no caso de multas. O custo de detenção compreende o valor presente da renda que deixa de ser ganha, das restrições ao consumo e da perda da liberdade. Isso apresenta diferença de pessoa para pessoa, o mesmo tempo de encarceramento apresenta maior valor para uma pessoa mais rica (CLEMENTE; WELTERS, 2007). Cada tipo de punição apresenta uma composição de custos e de ganhos e possui um coeficiente de transformação:

$$f' = bf \quad (10)$$

sendo,  $f$  o custo para o criminoso e  $f'$ , o custo para a sociedade;  $b \cong 0$  para multas, pois a sociedade é ressarcida virtualmente sem custo;  $b > 0$ , para todos os outros tipos de punição;  $b$  seria maior do que 1 para adultos encarcerados e jovens em casas de correção.

#### e) Condições de otimização

A situação ótima é obtida com base em duas forças contrárias entre si: o desejo de reduzir a criminalidade aumentando  $p$  e  $f$  e o seu custo. Na medida em que se elevam  $p$  e  $f$ , proporcionando benefícios crescentes de níveis mais baixos de criminalidade, é necessário enfrentar custos maiores de prender e condenar, bem como custos maiores de punir. A função  $L$  representa a perda para a sociedade.

$$L = L(D, C, bf, O) \quad (11)$$

O objetivo é escolher  $D$ ,  $C$  e  $b$  que minimizem  $L$ .

$$\frac{\partial L}{\partial D} > 0, \frac{\partial L}{\partial C} > 0, \frac{\partial L}{\partial bf} > 0 \quad (12)$$

Uma formulação menos genérica da função de perda para a sociedade é adotada por Becker (1968):

$$L = D(O) + C(p, O) + bpfO \quad (13)$$

em que se supõe  $b$  constante.

Seguem as condições de primeira ordem para otimização:

$$\frac{\partial L}{\partial f} = D'O_f + C'O_f + bpfO_f + bpO = 0 \quad (14)$$

e

$$\frac{\partial L}{\partial p} = D'O_p + C'O_p + C_p + bpfO_p + bfO = 0 \quad (15)$$

Essas condições podem ser reescritas como:

$$D' + C' = -bpf \left(1 - \frac{1}{\varepsilon_f}\right) \quad (16)$$

e

$$D' + C' + C_p \frac{1}{O_p} = -bpf \left(1 - \frac{1}{\varepsilon_p}\right) \quad (17)$$

onde

$$\varepsilon_f = -\frac{f}{O} O_f \quad (18)$$

e

$$\varepsilon_p = -\frac{p}{O} O_p \quad (19)$$

As equações (16) e (17) representam as condições marginais observadas na situação ótima e podem ser interpretadas como: o custo social marginal de aumentar o número de crimes,  $O$ , através de redução em  $f$  é igual à receita social marginal de aumentar o número de crimes por meio de redução em  $f$ , ou contrário. A ideia é a mesma com relação a  $p$ . As elasticidades apresentadas nas duas últimas equações são parâmetros da sociedade que desempenham papel de destaque (CLEMENTE; WELTERS, 2007).

### 3.2 Estratégia Empírica

Com a finalidade de verificar o impacto gerado pela Lei Seca na trajetória da mortalidade por acidentes de trânsito automotivo, na Região Metropolitana de Recife (RMR), poderia se pensar em utilizar um média simples das taxas de mortalidade por outras causas externas como contrafactual da trajetória desta mortalidade na região. Contudo usar esta estratégia não seria a forma mais apropriada.

Para obter o contrafactual adequado da trajetória da mortalidade por acidentes de trânsito automotivo na RMR na ausência da Lei Seca utiliza-se o método do controle sintético desenvolvido por Abadie e Gardeazabal (2003). Este método busca gerar o contrafactual

adequado e compará-lo com o resultado observado da variável de interesse para o indivíduo ou grupo tratado. No caso do presente estudo, deseja-se saber qual foi o efeito da implementação da Lei Seca na trajetória da mortalidade por acidentes de trânsito automotivo na RMR, após o ano de 2008, o que consiste em comparar o comportamento das taxas de mortalidade após 2008, com o que teria acontecido na ausência da lei.

O método é útil para estimar efeitos sobre uma unidade que sofreu algum tipo de tratamento. Caso se soubesse como seria a unidade sem a intervenção, então seria simples de computar o efeito de interesse. Entretanto, já que na prática não se sabe como a unidade seria sem essa intervenção, precisa-se de um método estatístico objetivo que simule como a unidade tratada se comportaria sem tratamento e, assim, estime o efeito da intervenção (ABADIE; GARDEAZABAL, 2003).

Segundo Abadie e Gardeazabal (2003), o método se baseia na comparação do chamado grupo de tratamento, isto é, o grupo que sofreu a intervenção que se tem por objetivo analisar, com outro grupo, sintético ou controle, construído de forma a ser o mais semelhante possível, ao grupo de interesse no período anterior ao tratamento. Basicamente, a ideia é que se o desempenho dos grupos de tratamento e sintético sejam similares no período anterior à intervenção, possíveis diferenças em desempenho após o tratamento representam o efeito resultante da intervenção (ABADIE; DIAMOND; HAINMUELLER, 2010).

Nesse sentido, o método de controle sintético apresenta algumas vantagens. Dentre elas, de ser um método flexível, no sentido em que há liberdade na definição das unidades que irão compor o grupo sintético. Com base nessas informações, o método define pesos a cada unidade considerada, construindo um grupo cujas características mais se aproximam das características da unidade de tratamento no período anterior à intervenção. Dessa forma, tem-se grupos de comparação que são definidos, não a partir de uma escolha subjetiva do pesquisador, mas a partir dos dados considerados na avaliação. Como também, o método pode ser considerado transparente, no sentido em que o peso ou contribuição de cada unidade na formação do grupo sintético é conhecido, assim como as similaridades entre grupos de tratamento e controle em termos de desempenho das variáveis consideradas (ABADIE; DIAMOND; HAINMUELLER, 2010).

### 3.2.1 Método Controle Sintético

Dado que não é possível observar as taxas de mortalidade por acidentes de trânsito da região em estudo sob a intervenção da Lei Seca e na ausência da mesma política, de modo que

a mortalidade no trânsito na região não pode ser observada na condição de “tratada” e “não tratada”. O primeiro passo na avaliação do impacto da Lei Seca é a construção ou obtenção de um contrafactual da evolução da taxa de mortalidade por acidente de trânsito por ocupante de automóvel da Região Metropolitana de Recife.

Sob tais condicionantes, esta Dissertação emprega a estratégia de construção de um controle sintético, desenvolvida por Abadie e Gardeazabal (2003) e estendida por Abadie, Diamond e Hainmueller (2010), para obtenção de uma estimativa do impacto da Lei Seca sobre a mortalidade por acidente de trânsito automotivo na Região Metropolitana de Recife, medida pela taxa de mortalidade por acidente de trânsito por ocupante de automóvel por 100 mil habitantes.

Primeiramente, a partir de uma estratégia que busca a máxima aproximação dos valores das taxas de mortalidade por acidente de trânsito por ocupante de automóvel da referida região no período pré-política, o método permite a obtenção de um grupo de controle representado por uma média ponderada das demais causas de óbitos, classificadas a partir da 10ª Revisão da Classificação Internacional de Doenças (CID-10), potencialmente comparáveis a causa de morte por acidentes automotivos, na Região Metropolitana de Recife, o controle sintético, que tem seu desempenho considerado bom quanto à variável de interesse utilizado como contrafactual para obtenção do impacto da política pública, neste caso a Lei Seca.

Uma breve síntese desta estratégia inicia-se com o reconhecimento da estrutura de dados de painel necessária para aplicação do método e da expressão do efeito do tratamento e da política. Neste sentido, conforme Abadie, Diamond e Hainmueller (2010), admite-se a existência de um painel com observações para um conjunto  $I_c + 1$  de causa de morte para um período de  $T$  anos, onde  $I_c$  corresponde ao número de causas não tratados considerados. Assuma-se também que a política é implementada no ano  $T_0$ ,  $1 \leq T_0 < T$ , apenas na causa foco da avaliação, neste caso à Lei Seca. Denotando-se também  $Y_{it}^I$  e  $Y_{it}^N$ , respectivamente, o valor do variável foco da avaliação (taxa de mortalidade por acidente de trânsito por ocupante de automóvel) da causa de óbito  $i$  com e sem intervenção, o interesse é obter estimativas para:

$$\tau_{it} = Y_{it}^I - Y_{it}^N = Y_{it} - Y_{it}^N \quad \text{para } t > T_0 \quad (20)$$

onde  $Y_{it}^I = Y_{it}$ , já que este valor é observável.

Buscam-se estimativas para os valores de  $Y_{it}^N$  a partir dos demais  $Ic$  causas. Neste sentido, Abadie, Diamond e Hainmueller (2010) assumem que tais valores são gerados a partir de um modelo do tipo:

$$Y_{jt}^N = \delta_t + \theta_t Z_j + \gamma_t \mu_j + \varepsilon_{jt} \quad (21)$$

no qual  $j$  indexa os  $Ic$  causas que não sofreram intervenção,  $\delta_t$  é um fator desconhecido e comum as causas,  $Z_j$  é um vetor de variáveis observáveis não afetadas pela intervenção e  $\theta_t$  é seu associado vetor de parâmetros,  $\mu_j$  é um vetor de efeito específico do estado  $j$ , com  $\gamma_t$  seu associado vetor de parâmetros desconhecidos, e  $\varepsilon_{jt}$  representa choques transitórios não observados da causa  $j$  com média zero.

A estratégia procura, então, entre os vetores de pesos  $W (Ic \times 1)$ ,  $(w_1, w_2, \dots, w_{Ic})'$ , onde  $w_j \geq 0$  e  $\sum_{j=1}^{Ic} w_j = 1$ , um vetor  $w^*$ <sup>4</sup>. Cada valor específico do vetor  $W$  representa um potencial controle sintético, sendo uma média ponderada em particular das causas controle. O valor da variável de resultado para cada controle sintético indexado por  $W$  é tal que:

$$\sum_{j=1}^{Ic} w_j^* Y_{jt} = Y_{it}, \quad \text{para } 1 \leq t \leq T_0, \quad (22)$$

$$\text{e} \quad \sum_{j=1}^{Ic} w_j^* Z_j = Z_i$$

Isto é, um vetor que pondere as variáveis dependentes das causas de óbito que não sofreram intervenção do período pré-intervenção e as variáveis explicativas observáveis destas causas de forma que se obtenha, respectivamente, o valor da variável dependente da causa tratada  $i$  em cada período e as variáveis explicativas observáveis desta causa. Tal vetor representa uma estrutura de ponderação das causas não tratados e corresponde ao controle sintético da causa  $i$ , causa de morte sob intervenção da política.

Abadie, Diamond e Hainmueller (2010) também demonstraram que, sob condições padrões, o valor esperado de  $Y_{it}^N - \sum_{j=1}^{Ic} w_j^* Y_{jt}$ , ou seja, da diferença entre a variável de interesse da causa  $i$  que sofreu a intervenção para o período sem intervenção e a soma ponderada, pelo vetor  $W^*$ , dos valores das causas sem intervenção, é zero.  $\sum_{j=1}^{Ic} w_j^* Y_{jt}$  é, pois, um estimador não enviesado de  $Y_{it}^N$ . Assim, estimativas do impacto da intervenção na causa de mortalidade  $i$  nos períodos pós intervenção podem ser obtidas através da diferença:

---

<sup>4</sup> Carvalho, Masini e Medeiros (2014) apresentam as limitações do método quanto a definição dos pesos.

$$\hat{\tau}_{it} = Y_{it} - \sum_{j=1}^{Ic} w_j^* Y_{jt} \quad \text{para } t > T_0 \quad (23)$$

Como, em geral, as condições em (22) tendem a não vigorar exatamente, o controle sintético representado pelo vetor de pesos  $w^*$  é escolhido de forma que tais condições vigorem aproximadamente.

Ainda segundo Abadie, Diamond e Hainmueller (2010), um ponto interessante e útil da estratégia consiste no fato de ao contrário das aplicações tradicionais de diferenças em diferenças, onde não há um controle para influência específica das causas variantes do tempo, no modelo da equação (21), a partir da variação possível do parâmetro  $\gamma_t$  no tempo, se permite que efeitos não observáveis específicos das causas variem no tempo. Isto decorre do fato de que as condições para um controle sintético satisfazer as condições em (22) só vigoram se as condições  $\sum_{j=1}^{Ic} w_j^* Z_j = Z_i$  e  $\sum_{j=1}^{Ic} w_j^* \mu_j = \mu_i$  vigoram aproximadamente.

A obtenção do controle sintético (vetor de pesos  $W^*$ ) envolve a minimização de uma medida de distância entre os valores das variáveis da causa de óbito que sofreu a intervenção no período pré-intervenção,  $X_1$  (vetor de variáveis), e o mesmo conjunto de variáveis para as causas de mortalidade que não sofreram a intervenção no mesmo período ponderadas pelo vetor de pesos,  $X_0W$  (vetor de variáveis ponderadas):  $\sqrt{(X_1 - X_0W) \cdot V(X_1 - X_0W)}$ , onde  $V$  é uma matriz simétrica positiva semidefinida que afeta o Erro Quadrado Médio de Previsão (RMSPE). Nesta Dissertação, segue-se o recurso apresentado em Abadie, Diamond e Hainmueller (2010), escolhendo-se  $V$  de forma que o RMSPE da variável de interesse (taxa de mortalidade por acidente de trânsito de ocupante de automóvel) é minimizado no período pré-intervenção. Os dados e variáveis envolvidas no modelo são descritos a seguir.

### 3.3 Dados e Variáveis Envolvidas

Os dados sobre mortalidade utilizados na Dissertação foram obtidos a partir do Sistema de Informação de Mortalidade (SIM), disponível no Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), para os óbitos ocorridos na Região Metropolitana de Recife, no período de 1996 a 2013. O limite temporal proposto considera o início da classificação dos óbitos a partir da CID-10 e a última atualização dos dados disponíveis no DATASUS.

Para o cálculo das taxas de mortalidade por 100 mil habitantes foram utilizados dados da população residente nesta região provenientes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A variável de interesse, a taxa de mortalidade por acidente de trânsito

automotivo foi obtida do agrupamento das categorias de causas de óbito da CID-10: ocupante de um automóvel traumatizado em um acidente de transporte (V40-V49), ocupante de uma caminhonete traumatizado em um acidente de transporte (V50-V59) e ocupante de um veículo de transporte pesado traumatizado em um acidente de transporte (V60-V69). A escolha de agrupar as taxas acima se deu pelo fato deste ser um procedimento usual nos trabalhos de acidentes de trânsito que utilizam a classificação CID-10.

A variável utilizada como potencial controle do modelo com base nas categorias de classificação dos acidentes de transporte foi: acidentes de transporte terrestre, dado pelo somatório das categorias pedestre traumatizado em um acidente de transporte (V01-V09), ciclista traumatizado em um acidente de transporte (V10-V19), motociclista traumatizado em um acidente de transporte (V20-V29), ocupante de triciclo motorizado traumatizado em um acidente de transporte (V30-V39), ocupante de um ônibus traumatizado em um acidente de transporte (V70-V79) e outros acidentes de transporte terrestre (V80-V89).

Já os outros possíveis controles dados pelas categorias de causas externas consistiram em: outras causas externas de traumatismo acidentais (W00-X59), lesões autoprovocadas intencionalmente (X60-X84), agressões (X85-Y09), eventos (fatos) cuja intenção é indeterminada (Y10-Y84), complicações de assistência médica e cirúrgica (Y40-Y84) e sequelas de causas externas de morbidade e mortalidade (Y85-Y89). Totalizando um conjunto de sete prováveis controles representados pelas suas taxas de mortalidade por 100 mil habitantes.

Os dados utilizados como variáveis explicativas foram tabulados de acordo com características dos indivíduos entre elas: gênero, estado civil (solteiro e casado), cor/raça (branca, parda e preta), faixa etária (10 a 19 anos, 20 a 29 anos, 30 a 39 anos, 40 a 49 anos) e por escolaridade (nenhuma, 1 a 3 anos de estudo, 4 a 7 anos de estudo, 8 a 11 anos de estudo e 12 anos ou mais anos de estudo).

## 4 RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados do método controle sintético na avaliação do impacto da Lei Seca sobre a taxa de mortalidade por acidente de trânsito automotivo na Região Metropolitana de Recife, Pernambuco. Mas, antes a Tabela 1 a seguir apresenta a descrição dos dados das taxas de mortalidade por causas externas na região, no período 1996 a 2013, e percebe-se que a taxa de óbito por ocupante de automóvel é considerada baixa em comparação as outras causas. Enquanto as taxas de óbitos por agressões apresentam valores bastantes elevados.

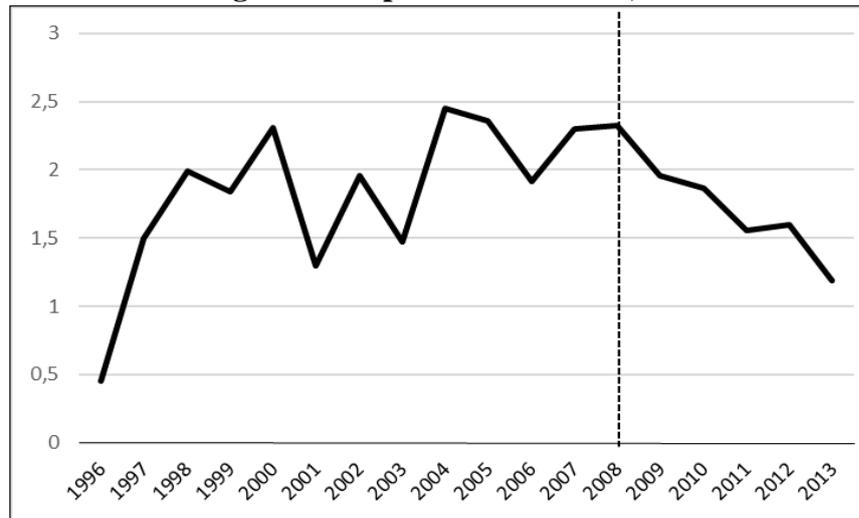
**Tabela 1 - Estatística descritiva das taxas de mortalidade por 100.000 habitantes segundo as causas na Região Metropolitana de Recife, PE – 1996 a 2013.**

Causa do óbito	Nº de obs.	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
Ocupante de automóvel	18	1,794	0,506	0,453	2,451
Acidentes de trânsito terrestre	18	18,838	3,311	15,568	27,413
Outras causas externas de traumatismo acidentais	18	14,924	3,207	10,610	21,638
Lesões autoprovocadas intencionalmente	18	3,283	0,613	2,227	4,565
Agressões	18	67,323	14,063	38,839	88,004
Eventos (fatos) cuja intenção é indeterminada	18	10,091	3,767	5,049	16,546
Complicações de assistência médica e cirúrgica	18	1,423	0,914	0,285	3,576
Sequelas de causas externas de morbidade e mortalidade	18	0,212	0,115	0,053	0,488

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do SIM/DATASUS.

A Figura 1 a seguir apresenta a evolução da taxa de mortalidade por acidente de trânsito automotivo na RMR, entre os anos de 1996 e 2007. A partir do ano de 2008, ano de implantação da Lei Seca, essa taxa passa a apresentar uma tendência de queda, constatando-se redução por volta de 47% entre os anos de 2008 e 2013. No entanto, atribuir a essa variação o efeito provocado pela referida lei na redução das mortes por ocupantes de automóveis não é forma mais adequada de avaliação desta política.

**Figura 1 – Evolução da taxa de mortalidade por acidente de trânsito automotivo na Região Metropolitana de Recife, PE – 1996 a 2013.**



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do SIM/DATASUS.

Para avaliar o impacto da Lei Seca sobre a taxa de mortalidade por acidente de trânsito automotivo na RMR, é importante ter uma medida de como essa taxa de mortalidade evoluiria na região após o ano de 2008 caso não estivesse sido exposta a referida intervenção. Dado isto, a estratégia é a obtenção de um grupo de controle sintético representado por uma combinação de causa de óbitos potenciais cuja evolução se aproxime da evolução da taxa de mortalidade por acidente de trânsito automotivo no período pré-intervenção, como apresentado no capítulo anterior. O resultado desta construção é apresentado na Tabela 2, a seguir, que compara os valores das variáveis condicionantes da taxa de mortalidade por acidente de trânsito automotivo na RMR com aqueles do controle sintético, sendo o modelo escolhido o que apresentou o menor erro quadrático médio de previsão (RMSPE).

**Tabela 2 – Médias dos condicionantes da taxa de mortalidade por acidente de trânsito automotivo**

Variáveis	Tratado	Sintético
Homem	1,4837	1,6307
Solteiro	0,8812	0,9886
Parda	1,2632	1,1987
Faixa etária 30 a 39 anos	0,3834	0,3581
Taxa de mortalidade (1996)	0,4531	1,3186
Taxa de mortalidade (2000)	2,3057	1,8349
Taxa de mortalidade (2002)	1,9547	1,8330
Taxa de mortalidade (2003)	1,4705	1,8752
Taxa de mortalidade (2004)	2,4508	2,1505
Taxa de mortalidade (2006)	1,9185	2,2407

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do SIM/DATASUS. RMSPE: 0,3778.

Com o intuito de exibir as causas de óbitos consideradas e desconsideradas como potenciais controles, a Tabela 3 a seguir apresenta os pesos de cada causa de morte sobre o sintético da taxa de mortalidade por acidente de trânsito automotivo. Os pesos indicam que as tendências das causas de mortalidade que mais se aproximam da estudada antes da implantação da Lei Seca foram compostas por: acidentes de transporte terrestre, agressões, eventos (fatos) cuja intenção é indeterminada, complicações de assistência médica e cirúrgica, e sequelas de causas externas de morbidade e mortalidade. As outras causam obtiveram peso zero.

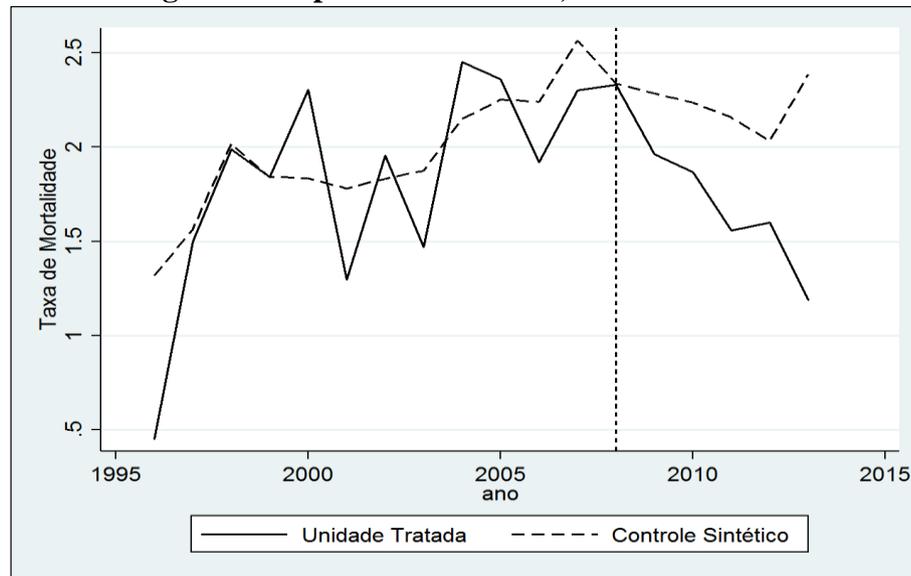
**Tabela 3 - Peso das causas de óbito no Controle Sintético da mortalidade por acidente de trânsito automotivo na Região Metropolitana de Recife, PE**

Causas de óbitos	Peso
Acidentes de transporte terrestre	0,032
Outras causas externas de traumatismo acidentais	0
Lesões autoprovocadas intencionalmente	0
Agressões	0,012
Eventos (fatos) cuja intenção é indeterminada	0,102
Complicações de assistência médica e cirúrgica	0,012
Sequelas de causas externas de morbidade e mortalidade	0,842

Fonte: Elaboração própria a partir de dados do SIM/DATASUS.

As trajetórias das taxas de mortalidade por acidente de trânsito automotivo e seu controle sintético antes e após a implementação da Lei Seca são apresentadas na Figura 2 abaixo. Observa-se, apesar do controle sintético não proporcionar uma perfeita aproximação com a evolução das taxas de mortalidade no período antes da intervenção, uma tendência de aproximação das duas trajetórias para a região em estudo. Contudo, esta figura demonstra que a após a Lei Seca de 2008 as trajetórias das taxas de mortalidades apresentam discrepância, ou seja, a partir desta data houve um declínio na taxa de mortalidade por acidente de trânsito automotivo e a linha pontilhada, o controle sintético, mostra que se não tivesse ocorrido essa política, ocorreria uma diminuição da taxa de óbito, no entanto, o número de mortes seria maior e voltaria a aumentar posteriormente. Esse resultado indica um efeito positivo da implantação da Lei Seca na redução de mortes no trânsito por ocupantes de automóvel na RMR.

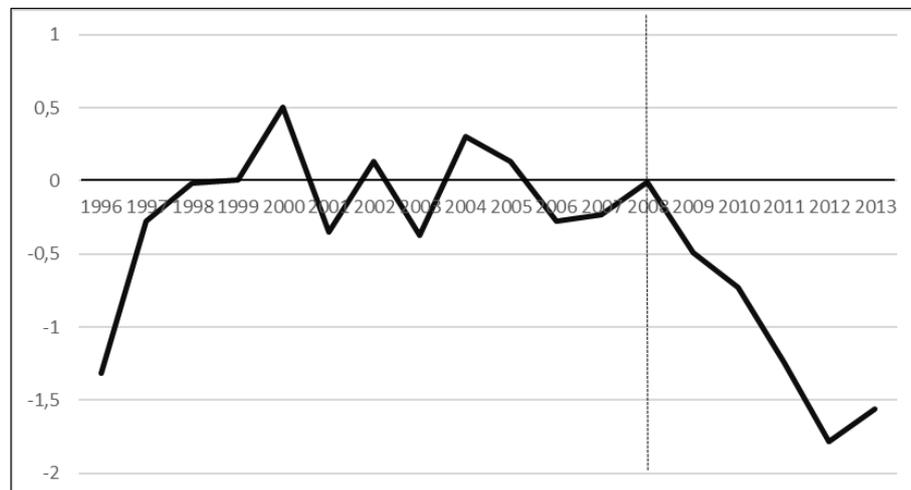
**Figura 2 – Evolução da taxa de mortalidade por acidente de trânsito automotivo e do seu controle sintético na Região Metropolitana de Recife, PE – 1996 a 2013**



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do SIM/DATASUS.

A Figura 3 a seguir apresenta a diferença entre as taxas de mortalidade por acidente automotivo e seu controle sintético ao longo do tempo e demonstra o efeito da Lei Seca. De acordo com a Figura 3 é possível perceber que a taxa de mortalidade por este tipo de acidente, após a Lei Seca (2008 a 2013), indicam uma redução média de um ponto na taxa de mortalidade por acidentes automotivos na RMR, quando comparados com seu controle sintético, o que corresponde a uma redução por volta de 45% em relação aos níveis de mortalidade no ano de implementação da intervenção.

**Figura 3 – Diferença entre as taxas de mortalidade por acidente automotivo e de seu controle sintético**

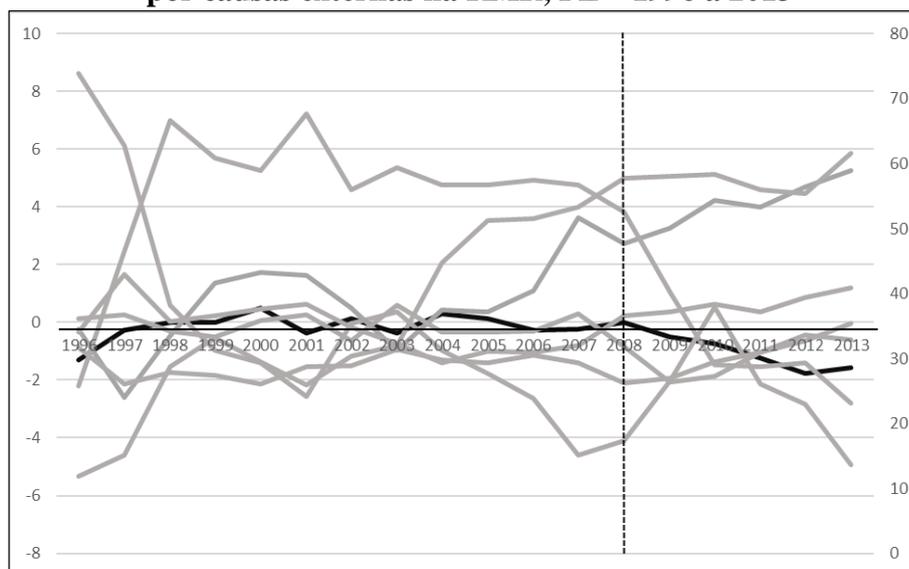


Fonte: Elaboração própria a partir de dados do SIM/DATASUS.

Para estimar a significância dos resultados obtidos foram realizados testes a partir de placebos sugeridos em Abadie, Diamond e Hainmueller (2010) em que o objetivo é aplicar o método de controle sintético para todas as outras causas de óbito que não sofreram a intervenção com a finalidade de observar o comportamento dessas causas, caso fossem escolhidas aleatoriamente em vez da causa em estudo. Se os testes com os placebos apresentassem uma tendência semelhante a resposta encontrada para o caso dos acidentes por ocupantes de automóvel, a análise não ofereceria resposta significativa para explicar o efeito da Lei Seca sobre este tipo de mortalidade, mas, se ao contrário, os testes com os placebos revelassem uma grande diferença entre a causa de interesse e as demais a análise passa a ser significativa.

Para isto foram obtidas sete diferenças do tratado e seus respectivos controles sintéticos de acordo com as demais causas de óbitos e inseridas no mesmo gráfico com a diferença entre as taxas de mortalidade por acidente automotivo e de seu controle sintético. Com intuito de facilitar a visualização da trajetória dessas diferenças, os resultados para a causa agressão foram expostos no eixo a direita dado os valores discrepantes em relação aos obtidos para as demais causas. A Figura 4 apresenta os resultados deste teste, em que a linha escura representa a mortalidade por ocupantes de automóvel e as linhas cinzas as outras causas, no qual é possível perceber que a trajetória da diferença entre a taxa de mortalidade por acidente automotivo e seu controle sintético no período pós-intervenção apresenta valores negativos.

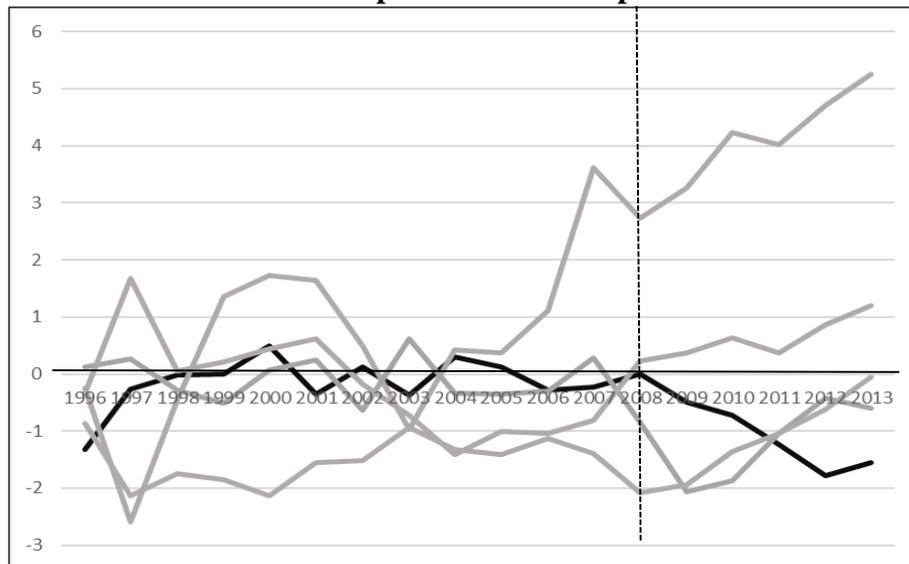
**Figura 4 – Diferenças entre as taxas de mortalidade por acidente de trânsito automotivo e dos seus controles sintéticos por causas externas na RMR, PE – 1996 a 2013**



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do SIM/DATASUS.

Também foi realizado o teste de permutação dos placebos indicados em Abadie, Diamond e Hainmueller (2010). A partir deste teste exclui-se da amostra as causas de óbitos que apresentam, para seus respectivos controles sintéticos, valores bastantes discrepantes no período pré-intervenção quando comparados às taxas de mortalidade efetivamente verificadas. Isso quer dizer que tais controles sintéticos simulam indevidamente estas taxas de mortalidade no período pré-intervenção que ocasionam informações inadequadas para a realização de inferência a partir da Figura 4. A realização deste teste se deu pela exclusão das causas cujos RMSPE de suas respectivas taxas de mortalidade situaram-se duas vezes acima o valor do RMSPE da taxa de mortalidade por acidente de trânsito automotivo no período pré-intervenção (1996-2007). Neste caso, as causas excluídas foram: Outros acidentes de transporte terrestre, agressões e eventos (fatos) cuja intenção é indeterminada. E o resultado após a aplicação do teste de permutação pode ser visualizada a partir da Figura 5 a seguir.

**Figura 5 - Diferenças entre as taxas de mortalidade por acidente de trânsito automotivo e dos seus controles sintéticos a partir de teste de placebo**



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do SIM/DATASUS.

Apesar da exclusão de causas de óbitos mencionadas acima é importante ressaltar que tal procedimento mantém inalterada os resultados quanto a significativa do método, ou seja, a o efeito positivo da Lei Seca sobre a redução da taxa de mortalidade por acidente de trânsito automotivo na RMR.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os acidentes de trânsito são considerados um sério problema de saúde pública tanto nos países desenvolvidos quanto naqueles em desenvolvimento, refletindo também nas áreas econômica e social. Seguindo a tendência de países em desenvolvimento, o Brasil tem apresentado crescente número de acidentes e mortes no trânsito, que além de vidas ceifadas provocam perdas econômicas e sociais para a sociedade como o aumento do número de leitos hospitalares ocupados e despesas médicas com os acidentados, pedidos de auxílio doença, aposentadoria precoce, diminuição de parcela jovem da força de trabalho, entre outras.

Além de fatores estruturais, ambientais e socioeconômicos, o fator humano é um componente preponderante na determinação dos acidentes de trânsito, dado que decisões individuais podem interferir na segurança viária. Estudiosos do setor de tráfego estimam este fator como responsável por mais de 90% dos acidentes graves de trânsito. Uma das formas que os governos tem encontrado para reduzir esses efeitos é através de políticas de incentivos individuais. Principalmente, por meio de uma estrutura institucional com a aplicação da legislação e efetividade da fiscalização.

No Brasil uma importante medida institucional foi a criação do novo Código de Trânsito Brasileiro, em 1998, que apresentou resultados significativos na redução de acidentes e mortes de trânsito. No entanto, foram necessárias alterações que geraram outras leis como a Lei Seca em 2008, que surgiu para alertar a sociedade para os perigos do álcool associado à direção. Os primeiros resultados desta lei apontaram para um efeito positivo no número de mortes e acidentes, contudo, esse impacto revelou-se diferente a depender da região do país, principalmente nas capitais brasileiras, dados sua maior estrutura de monitoramento e cumprimento da lei.

Desta forma, buscou-se nesta Dissertação avaliar o impacto da Lei Seca sobre a taxa de mortalidade por acidente de trânsito automotivo na Região Metropolitana de Recife, Pernambuco, no período 1996 a 2013. Com base em dados de mortalidade disponíveis no DATASUS pode-se observar que esta região apresentou uma variação negativa de 47% na taxa de mortalidade por ocupante de automóvel, entre os anos 2008 a 2013, período pós Lei Seca. No entanto, essa medida é inapropriada para avaliar o efeito da lei por não considerar variáveis explicativas observáveis e não observáveis das causas de mortalidade. Dada esta limitação utilizou-se como estratégia o método de Controle Sintético que é um expediente eficiente na avaliação de políticas públicas.

Assim, aplicado a este objetivo, o método permitiu estimar um efeito positivo da referida lei na RMR, resultando em uma redução da taxa de mortalidade por acidentes de trânsito automotivo em média de um ponto, equivalente a 45%, entre os anos de 2008 a 2013. Ou seja, a Lei Seca apresentou como uma medida eficiente na prevenção de mortes no trânsito decorrentes de acidentes automobilísticos. O que reforça a importância da manutenção e ampliação de ações como a fiscalização, além de medidas de educação e esclarecimento de forma sistemática e contínua, para que não ocorram recuo nestes avanços. Como também para que os planejamentos e execuções de ações educativas e de fiscalização sejam realizadas de forma estruturada e interligada entre órgãos governamentais e não governamentais.

Portanto, o desafio de tornar o trânsito mais seguro deve ser assumido tanto pelos gestores públicos quanto pela sociedade civil, com o comprometimento da execução e fiscalização das normas institucionais, como também a mudanças nos hábitos e comportamentos individuais. De maneira que a implantação de políticas públicas de promoção de saúde e paz no trânsito alcancem resultados eficientes de proteção a vida, ambientes viários mais seguros e melhoria da mobilidade humana.

## REFERÊNCIAS

ABADIE, A.; DIAMOND, A.; HAINMUELLER, J. Synthetic Control Methods for Comparative Case Studies: Estimating the Effect of California Tobacco Control Program. **Journal of the American Statistical Association**, American Statistical Association, Massachusetts, v. 105, n. 490, p. 493-505, jun. 2010.

ABADIE, A.; GARDEAZABAL, J.. The Economic Costs of Conflict: A Case Study of the Basque Country. **American Economic Review**, American Economic Association, v. 93, n. 1, p. 113-132, march, 2003.

ALMEIDA, A. P. B. **Análise da mortalidade e dos anos potenciais de vida perdidos por acidentes de transporte terrestre no estado de Pernambuco – 1998 A 2007**. 2010. 175 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Saúde Pública) — Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, Recife, 2010.

BECKER, G. S. Crime and punishment: an economic approach. **Journal of Political Economy**, v. 76, n. 2, p. 169-217, 1968.

BISHAI, D.; QURESH, A.; JAMES, P.; GHAFAR, A. National Road Casualties and Economic Development. **Health Economics**, v. 15, n. 1, p. 65-81, 2006.

CARVALHO, C. H. R. Custos dos acidentes de trânsito no Brasil. In: Congresso Internacional de Trânsito, Porto Alegre, 2012. **Anais do Congresso Internacional de Trânsito**, 2012. Disponível em: < <http://www.congressodetransito.rs.gov.br/noticias/detalhe/42/Apresentao-Carlos-Henrique-Ribeiro-de-Carvalho-IPEA> > Acesso em: 05 de jul. 2015.

CARVALHO, C. V.; MASINI, R.; MEDEIROS, M. C. Synthetic Control Theory and Inference for Stationary Processes. In: 36º Encontro Brasileiro de Econometria, 2014, Natal. **Anais do 36º Encontro Brasileiro de Econometria, 2014**.

CLEMENTE, A.; WELTERS, A. Reflexões sobre o modelo original da economia do crime. **Revista de Economia**, v. 33, n. 2, p. 139-157, 2007.

ENU, P. Road Traffic Accidents and Macroeconomic Conditions in Ghana. **Social and Basic Sciences Research Review**, v. 2, n. 9, p. 374-393, 2014.

JOKSCH, H. G. The relation between motor vehicle accident deaths and economic activity. **Accident Analysis and Prevention**, v. 16, n. 3 p. 207-210, 1984.

KILSZTAJN, S.; SILVA, C. R. L.; SILVA, D. F.; MICHELIN, A. C.; CARVALHO, A. R.; FERRAZ, I. L. B. Taxa de mortalidade por acidentes de trânsito e frota de veículos. **Revista de Saúde Pública**, v. 35, n. 3, p. 262-288, 2001.

KRÜGER, N. A. Fatal connections - socioeconomic determinants of road accident risk and drunk driving in Sweden. **Journal of Safety Research**, v. 46, p. 59-65, 2013.

KUME, L.; NERI, M. C. **É possível reduzir as mortes no trânsito? O efeito do novo Código Brasileiro de Trânsito**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2007. 25 p. (Ensaio Econômico nº 660). Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/921/2249.pdf> > Acesso em: 13 fev. 2015.

LA TORRE, G.; VAN BEECK, E.; QUARANTA, G.; MANNOCI, A.; RICCIARDI, W. Determinants of within-country variation in traffic accident mortality in Italy: a geographical analysis. **International Journal of Health Geographics**, v. 6, n. 49, p.1-8, out, 2007.

LIMA, M. L. C.; CESSÉ, E. A. P.; ABATH, M. B.; OLIVEIRA JÚNIOR, F. J. M. Tendência de mortalidade por acidentes de motocicleta no Estado de Pernambuco, no período de 1998 a 2009. **Epidemiologia e Serviço de Saúde**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 395-402, 2012.

MARTINS, E. T.; BOING, A. F.; PERES, M. A. Mortalidade por acidentes de motocicleta no Brasil: análise de tendência temporal, 1996-2009. **Revista Saúde Pública**, São Paulo, v. 47, n. 5, p. 931-941, 2013.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Relatório mundial sobre prevenção de lesões causadas pelo trânsito**: Resumo. OMS, 2012.

REINFURT, D. W.; STEWART, J. R.; WEAVER, N. L. The economy as a factor in motor vehicle fatalities, suicides, and homicides. **Accident Analysis and Prevention**, v. 23, n. 5, p. 453-462, 1991.

SILVA, C. R. L; KILSZTAJN, S. Acidentes de trânsito, frota de veículos e nível de atividade econômica. **Revista de Economia Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 7, n.1, p. 147-159, 2003.

VAN BEECK, E. F.; BORSBOOM, G. J.; MACKENBACH, J. P. Economic development and traffic accident mortality in the industrialized world, 1962–1990. **International Journal of Epidemiology**, v. 29, n. 3, p. 503–509, 2000.

WAGENAAR, A. C. Effects of macroeconomic conditions on the incidence of motor vehicle accidents. **Accident Analysis and Prevention**, v. 16, n. 3, p. 191-205, 1984.

YANNIS, G.; PAPADIMITRIOU, E.; FOLLA, K. Effect of GDP changes on road traffic fatalities. **Safety Science**, v. 63, p. 42-49, 2013.