DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
PROFISSIONALIZANTE EM ECONOMIA

**Impacto das Políticas Públicas na Redução
de Acidentes de Trânsito no Brasil**

DANIELA CASADEI LIMA MOTA ORNELAS

ORIENTADOR: MARCELO DE ALBUQUERQUE E MELLO

Rio de Janeiro, 11 de junho de 2007

**“IMPACTO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS NA REDUÇÃO DE ACIDENTES DE
TRÂNSITO NO BRASIL”**

DANIELA CASADEI LIMA MOTA ORNELAS

Dissertação apresentada ao curso de
Mestrado Profissionalizante em Economia
como requisito parcial para obtenção do
Grau de Mestre em Economia.

Área de Concentração: Microeconometria,
dados em painel.

ORIENTADOR: MARCELO DE ALBUQUERQUE E MELLO

Rio de Janeiro, 11 de junho de 2007.

“IMPACTO DAS POLÍTICAS PÚBLICAS NA REDUÇÃO DE ACIDENTES DE TRÂNSITO NO BRASIL”

DANIELA CASADEI LIMA MOTA ORNELAS

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Profissionalizante em Economia como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Economia.
Área de Concentração: Microeconometria, dados em painel.

Avaliação:

BANCA EXAMINADORA:

Professor MARCELO DE ALBUQUERQUE E MELLO (Orientador)
Instituição: Faculdades Ibmecc-RJ

Professor ANTÔNIO FIORÊNCIO (Co-orientador)
Instituição: Faculdades Ibmecc-RJ

Professor RODRIGO REIS SOARES
Instituição: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro, 11 de junho de 2007.

FICHA CATALOGRÁFICA

Entrar em contato com a biblioteca no 14º andar,
ou através do e-mail: geyza@ibmecrj.br

DEDICATÓRIA

Ao João Pedro.

AGRADECIMENTOS

Ao Ibmecc pelo apoio financeiro. Aos professores Antônio Fiorêncio e Marcelo Mello pelos comentários. Meu agradecimento especial ao Emanuel pelo constante apoio.

RESUMO

Eu analiso a eficácia das políticas públicas brasileiras na redução dos acidentes e fatalidades de trânsito nas rodovias federais do Brasil. Dentre essas políticas, analiso o impacto da implementação dos redutores eletrônicos de velocidade, os efeitos da privatização das estradas federais, e o impacto do código de trânsito de 1998. Para tanto, construí um banco de dados único com informação acerca dos acidentes e fatalidades de trânsito nas rodovias federais dos 27 estados brasileiros entre 1996 e 2005. Os resultados encontrados indicam que as três políticas públicas em análise têm sido eficazes em reduzir o índice de acidentes e fatalidades de trânsito nas rodovias federais do País.

Palavras Chave: acidentes de trânsito, fatalidades de trânsito, código de trânsito de 1998, privatização das estradas federais e redutores eletrônicos de velocidade.

ABSTRACT

I study the efficacy of Brazil's public policies on the number of accidents and fatalities in Brazil's federal highways. Among those policies, I evaluate the impact of the implementation of speed cameras, the effect of the privatization of some federal highways, and the impact of the road traffic code of 1998. To do so, I assembled a unique dataset with information on the number of accidents and fatalities in Brazil's federal highway for each of the 27 states in Brazil from 1996 to 2005. The result indicate that each of these three policies analyzed have been effective in reducing the traffic accidents and fatalities in the federal highway.

Key Words: traffic accidents, traffic fatalities, road traffic code of 1998, privatization of federal highways and speed cameras.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Acidentes e Fatalidades de Trânsito nas Rodovias Federais Brasileiras, 1996-2005.....	2
Tabela 2 - Número de Redutores Eletrônicos de Velocidade nas Rodovias Federais Brasileiras por Estado, 2000-2005.....	8
Tabela 3 - Cinco Estados que Apresentaram Maior Número de Acidentes de Trânsito nas Rodovias Federais, 1996 - 2005.....	21
Tabela 4 - Cinco Estados que Apresentaram Maior Número de Fatalidades de Trânsito nas Rodovias Federais, 1996 - 2005.....	21
Tabela 5-Regressões de Acidentes como Variável Dependente(proxy estradas privatizadas)	28
Tabela 6 - Regressões de Acidentes como Variável Dependente (proxy situação geral das rodovias).....	31
Tabela 7 - Impacto do Código de Trânsito de 1998 sobre o Número de Acidentes nas Estradas Federais em 1999 e 2004.....	33
Tabela 8 - Impacto da Privatização sobre o Número de Acidentes nas Estradas Federais em 1999 e 2004.....	35
Tabela 9 - Impacto da Implementação dos REV's sobre o Número de Acidentes nas Estradas Federais em 2001 e 2004.....	36
Tabela 10 - Regressões de Vítimas Fatais como Variável Dependente (proxy estradas privatizadas).....	37

Tabela 11 - Regressões de Vítimas Fatais como Variável Dependente (proxy situação geral das rodovias).....	40
Tabela 12 - Impacto do Código de Trânsito de 1998 sobre o Número de Fatalidades nas Estradas Federais em 1999 e 2004.....	42
Tabela 13 - Impacto da Privatização sobre o Número de Fatalidades nas Estradas Federais em 1999 e 2004.....	44
Tabela 14 - Impacto da Implementação dos REV's sobre o Número de Fatalidades nas Estradas Federais em 2001 e 2004.....	45
Tabela 15 - Regressões de Acidentes como Variável Dependente Normalizada pela População (proxy estradas privatizadas)	47
Tabela 16 - Regressões de Acidentes como Variável Dependente Normalizada pela População (proxy situação geral das rodovias).....	48
Tabela 17 - Regressões de Vítimas Fatais como Variável Dependente Normalizada pela População (proxy estradas privatizadas)	49
Tabela 18 - Regressões de Vítimas Fatais como Variável Dependente Normalizada pela População (proxy situação geral das rodovias).....	51
Tabela 19- Impacto do Código de Trânsito de 1998 sobre o Número de Acidentes nas Estradas Federais em 1999 e 2004 (modelo y em nível).....	59
Tabela 20 - Impacto da Implementação dos REV's sobre o Número de Acidentes nas Estradas Federais em 2001 e 2004 (modelo y em nível).....	61
Tabela 21 - Impacto do Código de Trânsito de 1998 sobre o Número de Fatalidades nas Estradas Federais em 1999 e 2004 (modelo y em nível).....	62
Tabela 22 - Impacto da Privatização sobre o Número de Fatalidades nas Estradas Federais em 1999 e 2004 (modelo y em nível).....	64

Tabela 23 - Impacto da Implementação dos REVs sobre o Número de Fatalidades nas Estradas Federais em 2001 e 2004 (modelo y em nível).....	65
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS

ABCR	Associação Brasileira de Concessões Rodoviárias
CNT	Confederação Nacional dos Transportes
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
DNIT	Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes
DPRF	Departamento da Polícia Rodoviária Federal
EF	Efeito Fixo
EA	Efeito Aleatório
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPEA	Instituto de Pesquisa Aplicada
IV	Variável Instrumental
MQO	Mínimos Quadrados Ordinários
PRF	Polícia Rodoviária Federal
REV	Redutor Eletrônico de Velocidade

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	POLÍTICAS PÚBLICAS	6
2.1	CÓDIGODE TRÂNSITO BRASILEIRO DE 1998	6
2.2	IMPLEMENTAÇÃO DOS REDUTORES ELETRÔNICOS DE VELOCIDADE	8
2.3	PRIVATIZAÇÃO	9
3	LITERATURA RELACIONADA	11
4	BASE DE DADOS	16
5	METODOLOGIA	23
6	RESULTADOS	27
6.1	ACIDENTES	27
6.1.1	Impacto sobre o número de acidentes	31
6.2	VÍTIMAS FATAIS	37
6.2.1	Impacto sobre o número de vítimas fatais	41
6.3	ANÁLISE DE ROBUSTEZ	46
6.3.1	Acidentes	46
6.3.2	Vítimas Fatais	48
6.3.3	Testes Adicionais	51
7	CONCLUSÃO	53

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
APÊNDICE A	59
APÊNDICE B	66

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Departamento Nacional de Transportes (DENATRAN), no ano de 2005 ocorreram 383 mil acidentes de trânsito no território nacional, resultando em mais de 26 mil fatalidades¹. Vinte e oito por cento desses acidentes, assim como vinte e quatro por cento das fatalidades, ocorreram nas rodovias federais brasileiras. Segundo pesquisa do Instituto de Pesquisa Aplicada (IPEA 2003) acidentes de trânsito são a segunda causa de mortalidade no Brasil, perdendo somente para homicídios.

A tabela 1 mostra o número total de acidentes e fatalidades nas rodovias federais do País entre os anos de 1996 a 2005. Entre 1996 e 1997, o número de acidentes aumentou em cerca de 32%. No entanto, após 1998, ano de implementação do novo código de trânsito, os números apresentam uma tendência de queda. Verifica-se uma tendência similar com o número de fatalidades.

O IPEA (2003) constatou que os custos com acidentes nas rodovias do Brasil são de R\$ 22 bilhões de reais, correspondendo a quase 2% do PIB brasileiro, sendo que R\$ 8,1 bilhões desse valor são relativos aos acidentes nas rodovias federais brasileiras. Esses custos envolvem gastos com saúde, prejuízo com perda de carga, danos a

¹ Segundo dados disponíveis em www.denatran.gov.br.

veículos, perda da produtividade dos trabalhadores envolvidos, deterioração do meio ambiente, e atendimento policial.

Tabela 1 – Acidentes e Fatalidades de Trânsito nas Rodovias Federais Brasileiras, 1996–2005

Ano	Acidentes	Fatalidades
1996	87.836	6.616
1997	116.067	8.157
1998	120.914	7.609
1999	117.839	6.697
2000	115.275	6.634
2001	102.576	5.718
2002	108.881	6.312
2003	104.863	5.780
2004	112.372	6.116
2005	108.465	6.264

Nota: Os dados de acidentes e fatalidades são por boletim de ocorrência (registro de acidentes de trânsito com ou sem vítima feita por uma autoridade competente).

Fonte: Dinop / Núcleo de Estatística / DPRF (Departamento da Polícia Rodoviária Federal).

Sabe-se que, em geral, países com renda alta tendem a apresentar um índice de motorização maior que os países em desenvolvimento. Por esse motivo, esperar-se-ia que países com renda mais alta apresentassem taxas de acidentes mais elevadas. No entanto, de acordo com a Organização Mundial de Saúde (2004), países com renda alta apresentam um número de acidentes e fatalidades muito inferior aos dos países de renda baixa e mediana.

Isso se deve possivelmente à eficácia das políticas públicas desses países. Um exemplo é a Finlândia, que apesar do crescente volume do tráfego conseguiu reduzir em 50% o número de fatalidades nos últimos anos². Outro exemplo é a Inglaterra.

² World Health Organization (2004).

Após constatar que o excesso de velocidade era uma causa freqüente de acidentes e mortes, o governo britânico investiu em câmeras que autuam os condutores em excesso de velocidade. Em 2001, havia cerca de cinco mil câmeras instaladas, e a expectativa é de que esse número triplicasse até o final da década (Buckingham 2003). Além da multa aplicada a esse tipo de penalidade, as infrações cometidas são contabilizadas na carteira de habitação (nesse caso três pontos), e se em três anos somar-se mais de doze pontos, o motorista fica proibido de dirigir por seis meses. Segundo o governo britânico, essa política gerou uma queda de 42% no número de fatalidades nas áreas onde as câmeras foram instaladas³.

O objetivo desse trabalho é analisar a eficácia das políticas públicas brasileiras na redução dos acidentes e fatalidades de trânsito nas rodovias federais do País. Para tanto, construí um banco de dados único, em painel, com informação acerca dos acidentes e fatalidades de trânsito nas rodovias federais dos vinte e sete estados brasileiros entre 1996 e 2005. No Brasil a falta de um estudo econométrico sobre esse tópico se deve ao fato de não existir um banco de dados.

A construção desse banco de dados nos permite analisar o impacto de três tipos de políticas públicas sobre acidentes e fatalidades de trânsito nas rodovias federais brasileiras. Primeiro, analiso o impacto da implementação de redutores eletrônicos de velocidade (REV) nas rodovias federais, a partir do ano de 2000, pelo Departamento Nacional de Infra-Estrutura e Transporte (DNIT). Segundo o DNIT, a implementação desses redutores têm por objetivo o “gerenciamento de tráfego e a redução dos índices de acidentes nas rodovias federais”.

³ “Cameras Catch Speeding Britons and Lots of Grief”, The New York Times, October 27, 2006.

Além disso, estudo o efeito da privatização das estradas federais nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná e Rio Grande do Sul. Ao melhorar as condições de uso e segurança das estradas (melhor asfalto; número maior de barreiras físicas separando pistas, reduzindo a probabilidade de colisão frontal; maior número de faixas; melhor sinalização), a privatização pode potencialmente contribuir para uma redução no número de acidentes e fatalidades de trânsito no Brasil.

Finalmente, analiso o impacto do código de trânsito brasileiro de 1998. O novo código de trânsito inovou em vários aspectos que podem ter afetado o número de acidentes e fatalidades no País. Por exemplo, o código instituiu o sistema de pontuação na carteira de habilitação, uma maior periodicidade da renovação da carteira de motorista e da inspeção do veículo, programas de educação no trânsito, e alterações na concessão da primeira carteira de habilitação.

Os resultados encontrados sugerem que as três políticas públicas em análise foram eficazes, reduzindo o índice de acidentes e fatalidades de trânsito nas rodovias federais brasileiras. Em particular, os resultados indicam que, apenas em 2004, o código contribuiu para uma redução de 11 a 29 mil acidentes, e 600 a 1500 fatalidades de trânsito no País. Com relação à implementação dos REVs, os resultados sugerem que nesse mesmo período os REVs foram responsáveis em reduzir de 9 a 12 mil o número de acidentes, enquanto o efeito sobre fatalidades seria de uma redução de 1.000 fatalidades. Em função da privatização de algumas rodovias federais ocorreram cinco mil acidentes de trânsito a menos no País em 2004. O efeito sobre fatalidades seria de uma redução de 100 a 500 fatalidades.

Este trabalho está estruturado da seguinte forma. Após essa introdução, detalho na seção 2 as políticas públicas em análise. Nas seções 3 e 4 discuto a literatura relacionada e a base de dados, respectivamente. Na seção 5 apresento a metodologia de estudo. Os resultados são apresentados e discutidos na seção 6. A seção 7 conclui.

2 POLÍTICAS PÚBLICAS

2.1 CÓDIGO DE TRÂNSITO BRASILEIRO DE 1998

Em setembro de 1997 foi aprovada a lei que instituiu o novo código de trânsito brasileiro, que entrou em vigor em janeiro de 1998. O novo código inovou em vários aspectos em relação ao código anterior, de 1966. Descrevo abaixo as principais inovações produzidas por ele⁴.

Uma inovação importante foi a introdução do sistema de pontuação na carteira nacional de habilitação⁵. Determinou-se que as infrações de trânsito cometidas pelo condutor sejam pontuadas na carteira de habilitação, e ao total de 20 pontos somados no período de um ano, a carteira de motorista seja suspensa. A suspensão do direito de dirigir pode ocorrer mesmo que os 20 pontos não sejam atingidos. Isso pode ocorrer, por exemplo, no caso em que o motorista exceda a velocidade máxima permitida em mais que 20% nas rodovias e vias de trânsito rápido, e em mais de 50% nas demais⁶. O mesmo se aplica aos casos de embriaguez comprovada. O condutor que for pego em estado de embriaguez (mais de seis decigramas de álcool por litro de sangue)

⁴ A versão completa do código de trânsito de 1998 está disponível em www.denatran.gov.br.

⁵ Na realidade, o sistema de pontuação já fazia parte do código de trânsito brasileiro de 1966, mas de forma mais branda. O condutor poderia ter sua licença de direção suspensa caso cometesse três infrações graves no período de um ano.

⁶ Ver Nascimento (1999) que discute as principais alterações trazidas pelo código de 1998.

poderá ter a licença de direção suspensa, além de incorrer em pagamento de multa correspondente à penalidade do tipo gravíssima.

Penalidades via pontuação na carteira de habilitação aplicam-se também aos casos em que ocupantes dos veículos não utilizam o cinto de segurança. A lei que tornou obrigatório o uso do cinto de segurança nas rodovias federais brasileiras foi instituída em 1985. No entanto, o não cumprimento da lei acarretava somente o pagamento de multa, sem que houvesse a contabilização dos pontos (nesse caso cinco pontos) na carteira de habitação, imposto pelo novo código de trânsito brasileiro.

Outra alteração importante relaciona-se à concessão da primeira carteira de habilitação. Após ser aprovado nos testes de direção, o condutor receberá uma permissão para dirigir por um período de um ano, e somente após esse período, se não houver sido cometidas infrações graves ou gravíssimas ou reincidência de infrações leves, a licença permanente de direção é concedida. Algumas regras com relação à periodicidade da renovação da carteira de habilitação e à inspeção do veículo, quesito que garante o bom funcionamento do automóvel, também foram alteradas, tornando-se mais frequentes.

Finalmente, de acordo com a Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP), educação no trânsito tornou-se prioridade com o novo código. Nesse sentido, estabeleceu-se que 5% e 10 % do valor das multas e seguro obrigatório, respectivamente, devem ser investidos em educação e segurança no trânsito.

2.2 IMPLEMENTAÇÃO DOS REDUTORES ELETRÔNICOS DE VELOCIDADE

Os redutores eletrônicos de velocidade, REV, foram implementados nas rodovias federais brasileiras a partir de 2000. Segundo o DNIT, o principal objetivo dos REVs é reduzir os índices de acidentes nas rodovias federais do País⁷. A tabela 2 mostra a evolução do número de REVs no Brasil entre 2000 e 2005. Dos 27 estados brasileiros, apenas os 14 estados indicados na tabela 2 apresentavam redutores eletrônicos de velocidade nas estradas federais até 2005.

Tabela 2 - Número de Redutores Eletrônicos de Velocidade nas Rodovias Federais Brasileiras por Estado, 2000–2005

UF	2000	2001	2002	2003	2004	2005
CE	0	12	12	12	12	12
DF	0	0	0	0	0	4
ES	0	0	4	4	4	4
GO	27	46	51	51	54	58
MG	19	33	37	61	67	80
MS	7	7	7	12	17	18
MT	7	9	10	18	18	18
PB	2	4	5	6	6	7
PE	6	15	18	18	18	18
PR	18	19	19	19	21	22
RJ	0	9	11	12	14	24
RS	0	1	1	1	6	8
SC	0	4	6	21	23	24
SP	0	0	0	0	0	10
Brasil	86	159	181	235	260	307

Fonte: DNIT.

⁷ <http://www.dnit.gov.br/menu/rodovias/radar>. Informação obtida no dia 11 de fevereiro de 2007.

Até 2005, havia 307 REV's instalados nas rodovias federais brasileiras. De acordo com a última atualização do DNIT, em outubro de 2006 já existiam 321 aparelhos. O DNIT tem por objetivo a implementação de 346 unidades adicionais de redutores eletrônicos na malha rodoviária federal brasileira⁸.

2.3 PRIVATIZAÇÃO

O governo brasileiro iniciou em 1995 um processo de privatização/concessão das rodovias estaduais e federais brasileiras. Nesse programa, a empresa concessionária e, não mais o governo brasileiro, torna-se responsável pelas obras de melhoria e conservação do trecho concedido. Até 2006, contudo, as concessões nas rodovias federais limitam-se aos estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná e Rio Grande do Sul. De acordo com a Associação Brasileira de Concessão Rodoviária (ABCR), 4.234 km da malha rodoviária federal brasileira estavam em poder das concessionárias em 2006⁹. Isso corresponde a 7,3% do total da malha rodoviária federal pavimentada do País. O estado do Paraná é o que apresenta maior malha rodoviária federal privatizada, 60,54%, em seguida têm-se os estados do Rio Grande do Sul, 29,84%, Rio de Janeiro, 29,22%, São Paulo, 20,20%, e por último o estado de Minas Gerais com 0,55%.

A má condição das estradas é freqüentemente apontada como uma causa de acidentes rodoviários e fatalidades. Nesse sentido, a privatização pode ser benéfica se estiver associada a melhorias na qualidade das estradas. Segundo a ABCR, R\$10,5 bilhões foram investidos entre 1995 e 2005 na melhoria da qualidade das estradas. De fato, os benefícios gerados pela privatização são visíveis na maioria dos trechos concedidos,

⁸ O cronograma para a instalação dessas unidades adicionais não foi divulgado no sítio.

⁹ Ver www.abcr.org.br.

uma vez que ela freqüentemente implica melhores condições de uso e segurança: melhor asfalto; número maior de barreiras físicas separando pistas, o que reduz a probabilidade de colisão frontal; número maior de faixas de trânsito; e melhor sinalização.

3 LITERATURA RELACIONADA

Nessa seção discuto a literatura relacionada à acidentes e fatalidades de trânsito. Primeiramente descrevo o estudo de Peltzman (1975) e as idéias de Cohen e Einav (2003). Em seguida apresento as análises de Keeler (1994), Buckingham (2003) e Cropper e Kopits (2003). Finalizo discutindo um estudo da Organização Mundial de Saúde (2004).

Peltzman (1975) sugere que o uso de dispositivos de segurança não reduz e podem até mesmo aumentar o número de acidentes e fatalidades. A idéia principal é que o uso desses equipamentos pode gerar um comportamento compensatório, uma vez que o motorista se sentiria mais seguro usando os dispositivos de segurança e, portanto, conduziria o veículo de forma menos prudente e cautelosa, o que acarretaria em mais acidentes e mortes. Sabe-se que o efeito direto dos equipamentos e medidas de segurança é gerar maior proteção. O efeito compensatório pode ser definido como o efeito indireto (menos prudência e cautela) que o uso do dispositivo de segurança pode causar. Desse modo, o efeito benéfico do uso do equipamento de segurança em reduzir a chance de acidentes e fatalidades poderia ser sobreposto ou pelo menos reduzido pelo efeito indireto gerado por ele.

Contudo, o estudo de Cohen e Einav (2003), com dados em painel para os 50 estados americanos entre 1983 e 1997, indica que o uso do cinto de segurança de fato reduz as fatalidades. Os resultados mostram que o “aumento do uso do cinto de segurança em um ponto percentual salva 136 vidas anualmente, e que 1% de aumento no uso do cinto reduz o número de fatalidades anuais em 0,13%” (Cohen e Einav (2003), p.841). De modo similar, o Departamento de Transporte Americano (1984) também encontra que o uso do cinto de segurança previne entre 40% e 50% as fatalidades no trânsito, embora esse estudo não controle para outros fatores que podem afetar as fatalidades no trânsito.

Keeler (1994) sugere que indivíduos que possuem renda maior investem mais em dispositivos de segurança, assim como em carros mais seguros, o que por sua vez estaria causando mais fatalidades em um período (efeito compensatório) e menos em outro. Por outro lado, seus resultados sugerem que o índice de educação, assim como os programas de inspeção de veículos, reduz o número de fatalidades. No entanto, para um período os resultados apontam que os programas de inspeção estariam gerando efeito compensatório. Keeler (1994) também encontra evidências que períodos longos de renovação da carteira de motorista reduzem a segurança no trânsito.

Buckingham (2003) fez uma análise do efeito da implementação de câmeras que autuam os condutores em excesso de velocidade na Inglaterra. O estudo mostra que, entre 1966 e 1996, a taxa de redução do número de fatalidades foi de 3% ao ano. No entanto, entre 1996 e 2001 (período após a introdução das câmeras), a taxa caiu para 2,1%. A tendência entre 1999 e 2001 era de queda em apenas 0,3% ao ano. Portanto, segundo Buckingham, a instalação de câmeras de velocidade na Inglaterra não teve

efeito significativo na redução do número de fatalidades. Contudo, a análise feita considera apenas as estatísticas fornecidas pelo Departamento de Transporte Britânico e, portanto, não apresenta um estudo econométrico mais preciso.

Cropper e Kopits (2003) analisaram 88 países entre 1963 e 1999. De acordo com o estudo, à medida que um país começa a se desenvolver, aumenta o índice de motorização e, com isso, o número de acidentes e fatalidades no trânsito. No entanto, após certo tempo (considerando a tendência de crescimento de cada país), quando o PIB per capita atinge um determinado valor (entre US\$6.100 e US\$ 8.600), o número de fatalidade no trânsito começa a declinar. Os autores atribuem esse fato a diversos fatores como, por exemplo, a desaceleração do crescimento do índice de motorização no país, o uso de veículos mais seguros, e o maior investimento desses países na segurança do trânsito.

Os resultados encontrados em Cropper e Kopits (2003) sugerem uma tendência de queda nos próximos vinte anos de 27% nos índices de fatalidade de trânsito em países ricos. No entanto, o mesmo não é previsto para os países com renda baixa e mediana. A projeção é de que nesses países as fatalidades de trânsito aumentem em 83% nas próximas duas décadas. No caso do Brasil, o estudo aponta que a tendência é que a taxa de fatalidade não decline antes de 2032. Essas estimativas têm como base as políticas adotadas pelos países entre 1963 e 1999, e partem do princípio de que essas tendem a perdurar no futuro. No entanto, os autores deixam claro que esses números podem ser reduzidos para os países em desenvolvimento, através de intervenção governamental. Medidas preventivas como leis que obriguem o uso do capacete para os ocupantes de veículos de duas rodas e a construção de passarelas ou pistas exclusivas para pedestre são exemplos de políticas que podem reduzir os índices de

fatalidade, dado que essas são apontadas pela Organização Mundial da Saúde (2004) como causa freqüentes de acidentes e fatalidades nesses países.

O principal objetivo do relatório da Organização Mundial da Saúde (2004) foi discutir os fatores de risco, as formas de se prevenir acidentes e fatalidades, e a magnitude do problema mundial. Segundo o relatório, 1,2 milhões de pessoas morrem por ano e entre 20 e 50 milhões ficam feridas ou apresentam algum tipo de seqüela permanente decorrente dos acidentes de trânsito em todo o mundo. Mais da metade dessas pessoas está na faixa etária entre 15 e 44 anos e 73% são homens.

Entre outras coisas, o relatório apresenta diversas formas de se prevenir acidentes e fatalidades. Dentre essas medidas pode-se destacar:

1. Planejamento e construção de estradas seguras, bem sinalizadas, iluminadas e com barreiras físicas separando as pistas que vão em direção contrária de forma a minimizar o efeito da colisão frontal. Segundo o relatório, o estudo de Carlsson (2003) aponta que a implementação de barreiras reduz de 45% a 50% o número de fatalidades e ferimentos graves.
2. Controlar excesso de velocidade através da instalação de câmeras. De acordo com o relatório, Elvik (2004) aponta que a implementação de dispositivos eletrônicos que flagram o condutor no ato da infração reduz mais o número de fatalidades (- 14%) que o sistema tradicional de aplicação de multas pelas autoridades competentes (- 6%).
3. Implementar medidas restritivas para os novos motoristas, como dirigir acompanhado de algum condutor experiente até adquirir segurança na direção do automóvel.

4. Punir os motoristas que forem pego dirigindo embriagados. Segundo o relatório, o estudo de Odero e Zwi (1995) aponta que a presença de álcool no sangue foi detectada entre 33% e 69% nos motoristas envolvidos em fatalidades nos países de renda baixa e mediana.
5. Uso do cinto de segurança. De acordo com o relatório, o estudo de Cummings et al. (2002) indica que o uso desse dispositivo de segurança reduz de 40% a 60% o número de fatalidades.

4 BASE DE DADOS

Construí um painel com dados sobre acidentes e fatalidades de trânsito nas rodovias federais dos 27 estados brasileiros entre 1996 e 2005. Os dados foram coletados do banco de dados da ABCR (Associação Brasileira de Concessões Rodoviárias), DENATRAN (Departamento Nacional de Trânsito), IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), IPEA (Instituto de Pesquisa Aplicada), e através dos contatos diretos com os escritórios de Brasília do Departamento de Estatística da PRF (Polícia Rodoviária Federal), do DNIT (Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes), e da CNT (Confederação Nacional dos Transportes). O banco de dados utilizado nesse trabalho é único, e permite que se faça um estudo econométrico sobre o tópico em estudo. Abaixo descrevemos em detalhes as variáveis (todos os dados são por unidade de federação).

Acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras (acid) - número de acidentes registrados nos boletins de ocorrência da PRF entre 1996 e 2005¹⁰. Os dados foram fornecidos pelo Departamento de Estatística da PRF, escritório de Brasília, DF.

¹⁰ Boletim de ocorrência: registro de acidentes de trânsito com ou sem vítima feita por uma autoridade competente.

Código de trânsito brasileiro de 1998 (d_nco_98) - variável dummy para os anos de 1998 a 2005. Utilizo a dummy a partir de 1998 para análise dos efeitos da implementação do novo código de trânsito brasileiro sobre o número de acidentes e fatalidades nas rodovias federais do País.

Educação (educ) - média do número de anos de estudo de pessoas com 25 anos ou mais. Dados referentes ao período entre 1996 e 2005¹¹. Esses dados encontram-se disponíveis no sítio do IBGE.

Estradas privatizadas (est_priv) - calculou-se a proporção da malha rodoviária federal pavimentada que é privatizada¹². Dados referentes aos cinco estados que apresentavam estradas federais privatizadas entre 1996 e 2005. Informações obtidas através de contato direto com o DNIT, escritório de Brasília, DF e através do sítio da ABCR.

Fluxo de veículos nas rodovias federais (fluxo) - número de veículos em trânsito nas rodovias federais do País, entre 1996 e 2005, registrados pelos postos de contagem do DNIT¹³. Dados fornecidos pelo Departamento de Estatística da PRF, escritório de Brasília, DF.

Malha rodoviária federal pavimentada - de acordo com o DNIT, rodovias pavimentadas são aquelas que receberam uma camada de material próprio para rolamento. A mais comum é a rodovia asfaltada (corresponde a 95% dos tipos de pavimento do Brasil). Enquadram-se também nessa categoria as rodovias de concreto,

¹¹ Dado não disponível para 2000.

¹² Para maiores esclarecimentos, ver nessa seção a definição de rodovia pavimentada.

¹³ De acordo com a PRF, há 110 contadores de tráfego instalados nas rodovias federais pelo DNIT.

bloquetes e paralelepípedos. Os dados referem-se ao período entre 1996 e 2005, e foram obtidos através do contato com o DNIT, escritório de Brasília, DF.

PIB – produto interno bruto entre 1996 e 2004- R\$. Fonte: IBGE.

População (pop) – estimativa da população brasileira entre 1996 e 2005. Fonte: IBGE.

Redutor eletrônico de velocidade (REV) - aparelhos instalados pelo DNIT nas rodovias federais do País que captam através de sensores as velocidades dos veículos que por eles transitam. Dados para os 14 estados brasileiros que apresentavam até 2005 REVs instalados nas rodovias federais. Dados disponíveis somente a partir de 2000.

Situação geral das rodovias (d_sgr) - índice de qualidade para a situação das estradas estaduais e federais pesquisadas anualmente (1996 a 2005) pela CNT¹⁴. A pesquisa foi iniciada por este órgão no ano de 1995, e cobria apenas 15.710 km das estradas brasileiras. Com o passar do tempo considerando o fator relevância econômica, foram sendo introduzidas mais ligações rodoviárias e no final do ano de 2005, o volume pesquisado era de 81.944 km¹⁵. As notas vão de zero a cinco e classificadas da seguinte forma: péssima (pontuação menor que 1.46), ruim (maior ou igual a 1.46 e menor que 1.90), deficiente (maior ou igual a 1.90 e menor que 3.87), bom (maior ou igual a 3.87 e menor que 4.5), e ótimo (maior ou igual a 4.5).

¹⁴ A CNT não realizou pesquisa rodoviária para o ano de 1998.

¹⁵ De acordo com o DNIT, o total da malha rodoviária brasileira é de 1.610.075 km distribuídos da seguinte forma: rodovia federal pavimentada e não pavimentada (72.710km); rodovia estadual pavimentada e não pavimentada (232.666 km); e rodovia municipal pavimentada e não pavimentada (1.304.699 km, sendo 1.281.964 km de rodovias rurais não pavimentadas e grande parte sem revestimento).

Até o ano de 2003 a CNT não fornecia o índice da qualidade das rodovias por unidade de federação. Esse dado era fornecido por ligações (trechos rodoviários que ligam na maioria das vezes dois ou mais estados). O objetivo do estudo é trabalhar com esses dados por unidade de federação. Sendo assim, para obter a nota que qualifica o estado de conservação das estradas por estado utilizei os seguintes procedimentos:

-Desagreguei as ligações separando os estados que faziam parte de cada ligação e calculei a quilometragem de cada estado dentro da ligação em análise. Exemplo: a ligação Rio de Janeiro - Bahia é composta de 1.526 km: 190 km são no estado do Rio de Janeiro, 526 km na Bahia e 810 km em Minas Gerais.

-Isso foi feito para todas as ligações analisadas anualmente pela CNT. De posse desses dados, achei a malha rodoviária total pesquisada por estado.

-Para calcular a nota por estado fiz uma média ponderada. Dividi a quilometragem de cada estado dentro da ligação em análise pela malha rodoviária total do estado, e então multipliquei pela nota dada pela CNT para a ligação pesquisada. Exemplo: a nota para a ligação Rio de Janeiro - Bahia em 1999 foi 3.09. A malha rodoviária total pesquisada pela CNT nesse ano para o estado do Rio de Janeiro foi de 856 km. Para calcular parte da nota para o estado do Rio de Janeiro dividi 190 (quilometragem da malha do Rio de Janeiro dentro da ligação Rio de Janeiro - Bahia) por 856 (malha rodoviária total pesquisada do estado do Rio de Janeiro) e multipliquei pela nota dada a ligação que é 3.09. Utilizei esse procedimento para todas as ligações em que o estado do Rio de Janeiro fazia parte, e então somei os valores encontrados. Assim, obtive a nota para a qualidade das estradas para o estado do Rio de Janeiro. Repeti este procedimento para os demais estados.

Obs.: Para os anos de 1996 e 1997, a CNT não forneceu a nota para os trechos pesquisados como foi feito para os demais anos. A pesquisa divulgou somente as proporções dentro de cada trecho que eram classificadas como péssima, ruim, deficiente, boa e ótima. Por exemplo: em 1996, 6,3% da ligação Rio de Janeiro - Bahia foi classificada como ruim e os 93,3% restantes como deficiente. Para obter a nota da qualidade da estrada para esses trechos rodoviários, dividi o valor das proporções por 100 e multipliquei pelas médias das notas atribuídas a aquelas classificações. No caso da ligação Rio de Janeiro-Bahia, utilizei o seguinte procedimento: $(6,3/100)$ multiplicado por 1,68 (média da nota ruim), somado a $(93,3/100)$ multiplicado por 2,89 (média da nota deficiente). Repeti este procedimento para as demais ligações.

A variável situação geral das rodovias que é uma proxy para a qualidade das estradas foi utilizada como uma variável binária na regressão. Assume valor 0 se a nota da qualidade da estrada está entre zero e 3,86, ou seja, entre péssima e deficiente; e assume valor 1 se a nota estiver entre 3,87 e 5, ou seja, entre boa e ótima.

Vítimas fatais nas rodovias federais (vit) - número de fatalidades registradas nos boletins de ocorrência da PRF entre 1996 e 2005¹⁶. Os dados foram fornecidos pelo Departamento de Estatística da PRF, escritório de Brasília, DF.

Apresento nas tabelas 3 e 4 os cinco estados que obtiveram maior número de acidentes e fatalidades de trânsito nas rodovias federais no País entre 1996 e 2005.

¹⁶ De acordo com a PRF, esses números incluem as fatalidades ocorridas no local do acidente e/ou as que ocorrerem antes da entrada nos hospitais.

Tabela 3 – Cinco Estados que Apresentaram Maior Número de Acidentes de Trânsito nas Rodovias Federais, 1996 - 2005

Estados	Acidentes Total (? de 1996 a 2005)
MG	197.432
SP	119.193
RJ	113.724
SC	111.259
RS	105.580

Fonte: Dinop / Núcleo de Estatística / DPRF.

Tabela 4 – Cinco Estados que Apresentaram Maior Número de Fatalidades de Trânsito nas Rodovias Federais, 1996-2005

Estados	Fatalidades Total (? de 1996 a 2005)
MG	11.915
SC	5.674
RJ	5.467
SP	5.167
BA	5.109

Fonte: Dinop / Núcleo de Estatística / DPRF.

Alguns dados que potencialmente enriqueceriam o estudo não foram possíveis de se obter, como por exemplo, a população masculina entre 18 e 24 anos. O IBGE não tem esse dado disponível para os 27 estados brasileiros entre 1996 e 2005, dado que o censo demográfico brasileiro é realizado de 10 em 10 anos. Através desta variável poderíamos avaliar se a população masculina nesta faixa etária está ou não mais envolvida em acidentes e fatalidades no trânsito no Brasil.

Outro dado procurado foi o consumo de bebida alcoólica no País no período entre 1996 e 2005. Através desta variável poderíamos estimar o efeito do consumo de

bebida alcoólica sobre os acidentes e fatalidades de trânsito no Brasil. O consumo nacional de cerveja no período estudado encontra-se disponível, portanto o consumo de cerveja desagregado por unidade de federação somente está disponível para o ano de 2004¹⁷. Não há uma série, para o período em análise, sobre o consumo de cachaça ou vinho nos 27 estados brasileiros.

¹⁷ Para mais detalhes, ver o sítio da Sindcerv (Sindicato das Cervejas): www.sincerv.com.br.

5 METODOLOGIA

Para fazer a investigação empírica, onde busco evidências dos efeitos das políticas públicas na redução de fatalidades e acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras entre 1996 e 2005, estimei os modelos descritos abaixo controlando por efeito fixo por estado. Utilizando essa técnica, é possível isolar todas as características que são específicas de um estado e que não variam ao longo do tempo, mas que poderiam afetar o número de acidentes e fatalidades em uma determinada região, como por exemplo o clima e relevo.

Para cada variável dependente (número de acidentes e número de vítimas fatais, ambos normalizados pelo fluxo de veículos nas rodovias federais), eu utilizo quatro modelos distintos. Uma primeira distinção refere-se às variáveis independentes incluídas, especificamente aquelas utilizadas como proxy para a qualidade das estradas brasileiras: Est_Priv e a dummy d_sgr. As demais variáveis de controle permanecem as mesmas nos dois modelos. A decisão em utilizar essas variáveis separadamente, em regressões distintas, decorre da existência de colinearidade entre elas (correlação de 0,23), uma vez que ambas refletem a qualidade das estradas brasileiras. Além disso, quando a variável d_sgr não é incluída há um ganho em graus

de liberdade, uma vez que este dado não está disponível para 1998. Seguindo Cohen e Einav (2003), eu utilizo especificações com a variável dependente em nível e em log.

Os quatro modelos são, portanto:

Modelo 1:

$$\log (y_{it}) = \beta_0 + d_nco_98_t + \beta_1 \log (Educ_{it}) + \beta_2 \log (PIB_{it}) + \beta_3 (Est_Priv_{it}) + \beta_4 (REV_{it}) + a_i + u_{it}$$

Modelo 2:

$$\log (y_{it}) = \beta_0 + d_nco_98_t + d_sgr_t + \beta_1 \log (Educ_{it}) + \beta_2 \log (PIB_{it}) + \beta_3 (REV_{it}) + a_i + u_{it}$$

Modelo 3:

$$y_{it} = \beta_0 + d_nco_98_t + \beta_1 \log (Educ_{it}) + \beta_2 \log (PIB_{it}) + \beta_3 (Est_Priv_{it}) + \beta_4 (REV_{it}) + a_i + u_{it}$$

Modelo 4:

$$y_{it} = \beta_0 + d_nco_98_t + d_sgr_t + \beta_1 \log (Educ_{it}) + \beta_2 \log (PIB_{it}) + \beta_3 (REV_{it}) + a_i + u_{it}$$

A variável dependente y_{it} corresponde ao número de acidentes por fluxo ou ao número de vítimas fatais por fluxo. Nos dois modelos, $i = 1, \dots, 24$ indexa os estados e $t =$

1996,...,2005 indexa o período de tempo¹⁸. O termo α_i representa o efeito fixo dos estados e u_{it} corresponde ao erro. As variáveis de interesse são a dummy d_{nco_98} , que vigora a partir de 1998, a variável proxy para qualidade das estradas (Est_Priv ou d_sgr), e os redutores eletrônicos de velocidade (REV). As variáveis de controle são o índice de educação ($Educ$) e o PIB, além dos efeitos fixos para os estados.

5.1 ENDOGENEIDADE

De acordo com o DNIT, o principal objetivo da implementação dos REV's é reduzir o índice de acidentes nas rodovias federais brasileiras. Portanto, os REV's seriam instalados em locais onde se verifica maior número de acidentes, gerando uma correlação positiva entre os totais de vítimas fatais e de acidentes de trânsito e a variável REV. Se esse realmente é o caso, a variável REV seria endógena, o que resultaria em estimativas inconsistentes. Esse viés de endogeneidade tenderia a subestimar um possível efeito negativo dos REV's sobre a redução de acidentes e vítimas, e talvez até mesmo torná-lo positivo.

Por outro lado, a despeito das declarações oficiais, é possível que a motivação principal para a instalação dos REV's não seja a redução de acidentes. De fato, há indícios de que a implementação dos REV's nas rodovias federais brasileiras tenha importante caráter arrecadatório. Segundo essa interpretação, os REV's seriam implementados não em locais com alto índice de acidentes, mas em trechos rodoviários que apresentem grande fluxo de automóveis, o que tenderia a gerar maior receita. Para verificar essa hipótese, calculei a correlação entre as variáveis REV e

¹⁸ A PRF agrega os números de acidentes e fatalidades de alguns estados como AC/RO, AM/RR e AP/PA. Portanto, $i = 24$ e não 27.

fluxo. Os dados apontam correlação positiva (0,24) e estatisticamente significativa ao nível de 1% entre essas duas variáveis.

Essa hipótese sugere um potencial candidato para instrumento para a variável REV: o valor que o DNIT arrecada com multas nos pontos onde se tem REVs instalados. No entanto, a área de operações do DNIT infelizmente não disponibiliza esse dado. Como alternativa, utilizei como instrumento para REVs, a própria variável defasada, REV(-1).

6 RESULTADOS

Apresento abaixo os resultados das regressões onde estimo o impacto de políticas públicas sobre acidentes rodoviários e vítimas fatais decorrentes desses acidentes.

6.1 ACIDENTES

Primeiramente, analiso os efeitos das políticas públicas sobre os acidentes de trânsito, normalizados pelo fluxo de veículos nas rodovias federais. Apresento na tabela 5, colunas 1 a 4, os resultados das regressões em Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), Efeito Fixo (EF), Efeito Aleatório (EA) e Variável Instrumental (IV), com a variável dependente em log. Nas colunas 5 a 8 apresento os resultados das regressões (MQO, EF, EA e IV) com a variável dependente em nível¹⁹. Na tabela 5, eu utilizo a variável Est_Priv, e não a dummy para a qualidade das estradas.

¹⁹ Utilizo essas especificações (log e linear) seguindo Cohen e Einav (2003) ; Bover e Watson (2005).

Tabela 5 – Regressões de Acidentes como Variável Dependente (proxy estradas privatizadas)

Variável Dependente:	log (acid/fluxo)				acid/fluxo			
	MQO	EF	EA	IV	MQO	EF	EA	IV
	Col. (1)	Col. (2)	Col. (3)	Col. (4)	Col. (5)	Col. (6)	Col. (7)	Col. (8)
d_nco_98	-0,108*** (0,044)	-0,052 (0,048)	-0,068 (0,045)	-0,089*** (0,030)	-0,279*** (0,086)	-0,184** (0,083)	-0,210*** (0,078)	-0,261*** (0,041)
log (Educ)	-1,892*** (0,050)	-0,678*** (0,249)	-1,125*** (0,202)	-0,644*** (0,263)	-1,431*** (0,108)	-0,718** (0,346)	-1,120*** (0,328)	-0,698** (0,326)
log (PIB)	0,142*** (0,025)	-0,122* (0,075)	0,006 (0,055)	-0,150** (0,072)	0,145*** (0,039)	-0,118 (0,098)	0,024 (0,078)	-0,186* (0,104)
Est_Priv	0,002** (0,001)	-0,001* (0,0006)	0,000 (0,001)	-0,003** (0,001)	-0,003 (0,002)	0,0001 (0,001)	0,0005 (0,002)	0,001 (0,001)
REV	0,003* (0,001)	-0,004*** (0,0005)	-0,004*** (0,001)	-0,004*** (0,0005)	0,0000949 (0,002)	-0,009*** (0,001)	-0,009*** (0,002)	-0,007*** (0,0008)
EF Estado	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim
R2 ajustado	0,2941	0,8809	0,2712	0,8926	0,1597	0,7966	0,2793	0,7932
n	192	192	192	168	192	192	192	168

Nota: * significativo ao nível de 10%, ** ao nível de 5% e *** ao nível de 1%. Os valores entre parênteses referem-se ao desvio padrão. Acidentes/fluxo foi multiplicado por 10. Desta forma, os resultados devem ser divididos por 10.

Nas colunas 1 e 5 apresento os resultados da regressão em MQO agrupado. Nesse caso, o coeficiente da variável REV, assim como o coeficiente da variável estradas privatizadas, apresenta sinais contrários ao esperado e/ou não estatisticamente significativos. Entretanto, na estimação por EF os resultados mudam. Isso reforça a idéia de que quando controlamos por EF conseguimos mitigar parte do viés de endogeneidade. Contudo, como há um potencial problema de endogeneidade dos REV's, a estimação utilizando o método de IV tende a ser mais apropriado, assumindo a adequação do instrumento utilizado (REV(-1)). Portanto, para a análise dos resultados abaixo, concentrarei a discussão para os resultados das regressões em IV. Farei essa análise tanto para a especificação com a variável dependente em log como para a especificação linear.

O coeficiente da dummy d_{nco_98} apresenta sinal negativo e é estatisticamente significativo, sugerindo que as medidas do novo código de trânsito brasileiro tiveram o impacto esperado, reduzindo o número de acidentes de trânsito nas rodovias do País. Os dados sugerem, na especificação em log, que o código de trânsito de 1998, em média, reduziu em 8,9% o índice de acidentes nas rodovias federais brasileiras. Na especificação em nível, o efeito seria uma redução de 0,026 acidentes por fluxo. Considerando como exemplo o estado do Rio de Janeiro, isso seria equivalente a uma redução de 4.288 acidentes de trânsito em 2004. Uma possível explicação para esse resultado é que os condutores tenham se tornado mais prudentes devido às novas leis e ao sistema de pontuação na carteira de habilitação, com isso reduzindo o número de acidentes nas rodovias federais. É possível também que a maior periodicidade na inspeção de veículos (quesito que garante a qualidade do automóvel) pode ter inibido a utilização de veículos em mau estado de conservação.

Os dados na especificação em log apontam que o coeficiente da variável estradas privatizadas, que é uma proxy para a qualidade das estradas brasileiras, é negativo e estatisticamente significativo, sugerindo que o aumento de 1% no total de estradas federais privatizadas em um estado, em média, reduziria 0,3% o número de acidentes no estado. Isso se deve possivelmente ao fato de que a privatização frequentemente implica melhores condições de uso e segurança das estradas (melhor asfalto, número maior de faixas de trânsito e melhor sinalização). No entanto, na especificação em nível essa variável não é estatisticamente significativa.

A variável redutor eletrônico de velocidade, REV, também apresenta coeficiente negativo e estatisticamente significativo. Isso indica que a instalação de REVs nas estradas tende a reduzir os acidentes de trânsito, possivelmente ao induzir os

condutores a dirigir a velocidades menores. Esse comportamento é induzido provavelmente pela possibilidade de punição aplicada pelo excesso de velocidade (sistema de pontuação na carteira de habilitação). Os resultados na especificação em log sugerem que, em média, 10 unidades a mais de REV reduzem em 4% o número de acidentes. Na especificação em nível, o efeito de 10 unidades adicionais seria uma redução de 0,007 acidentes por fluxo. Considerando como exemplo o estado do Rio de Janeiro, isso seria equivalente a uma redução de 1.150 acidentes de trânsito em 2004.

A variável educação tem coeficiente negativo e estatisticamente significativo. Isso sugere que indivíduos com mais escolaridade, e portanto maior custo de oportunidade, estariam menos envolvidos em acidentes de trânsito. Os números apontam, na especificação em log, que 1% a mais de educação reduz em 0,64% o número de acidentes de trânsito. Na especificação linear, o efeito é uma redução de 0,00069 acidentes por fluxo. O efeito de educação sobre acidentes é consistente com Keeler (1994).

O indicador do nível de atividade econômica do país, o PIB, apresenta coeficiente negativo e significativo. Isso indica que estados mais ricos estão menos envolvidos em acidentes de trânsito. Um aumento de 1% no PIB do estado reduz de acordo com os resultados na especificação em log, 0,15% o número de acidentes de trânsito nas rodovias federais. Na especificação em nível, o efeito seria uma redução de 0,00018 acidentes por fluxo. Keeler (1994) sugere que indivíduos que possuem renda maior investem mais em dispositivos de segurança, assim como em carros mais seguros, o que por sua vez estaria causando mais fatalidades em um período (efeito compensatório) e menos em outro.

Na tabela 6, apresento os resultados das regressões quando a variável Est_Priv é substituída pela dummy d_sgr, a proxy para a qualidade das estradas. Como pode ser notado, os coeficientes estimados para as variáveis de maior interesse, a dummy d_nco_98 e o número de REVs, modificam-se muito pouco em relação aos resultados obtidos com a especificação com Est_Priv (tabela 5). Por outro lado, os coeficientes da dummy d_sgr não são estatisticamente significativos em nenhuma especificação, possivelmente refletindo imprecisões na sua construção. Os coeficientes estimados para educação e PIB também apresentam algumas diferenças em relação à tabela 5, embora os sinais não se alterem.

Tabela 6 - Regressões de Acidentes como Variável Dependente (proxy situação geral das rodovias)

Variável Dependente:	log (acidentes/fluxo)				acidentes/fluxo			
	MQO	EF	EA	IV	MQO	EF	EA	IV
	Col. (1)	Col. (2)	Col. (3)	Col. (4)	Col. (5)	Col. (6)	Col. (7)	Col. (8)
d_nco_98	-0,187*** (0,042)	-0,109 (0,070)	-0,129** (0,063)	-0,112* (0,064)	-0,355*** (0,075)	-0,239*** (0,100)	-0,270*** (0,085)	-0,284*** (0,076)
d_sgr	0,226*** (0,090)	-0,075 (0,061)	-0,054 (0,058)	-0,056 (0,070)	0,115 (0,120)	-0,146 (0,092)	-0,120 (0,083)	-0,111 (0,106)
log (Educ)	-1,805*** (0,048)	-0,508 (0,357)	-0,999*** (0,281)	-0,628 (0,402)	-1,336*** (0,117)	-0,507 (0,404)	-0,975*** (0,368)	-0,588 (0,446)
log (PIB)	0,137*** (0,018)	-0,127** (0,065)	0,011 (0,040)	-0,121 (0,083)	0,104*** (0,031)	-0,103 (0,115)	0,046 (0,064)	-0,163 (0,132)
REV	0,004*** (0,001)	-0,004*** (0,0009)	-0,003* (0,002)	-0,004*** (0,0006)	0,002 (0,002)	-0,008*** (0,001)	-0,008*** (0,002)	-0,007*** (0,001)
EF Estado	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim
R2 ajustado	0,3119	0,8962	0,3685	0,8925	0,1645	0,7877	0,2982	0,7841
n	167	167	167	144	167	167	167	144

Nota: * significativo ao nível de 10%, ** ao nível de 5% e *** ao nível de 1%. Os valores entre parênteses referem-se ao desvio padrão. Acidentes/fluxo foi multiplicado por 10. Dessa forma, os resultados devem ser divididos por 10.

6.1.1 Impacto sobre o número de acidentes

Nesta seção quantifico os efeitos da implementação dos redutores eletrônicos de velocidade, da privatização das estradas federais, e do novo código de trânsito

brasileiro sobre o número de acidentes nas rodovias federais brasileiras. Como exemplo, utilizo os dados referentes aos anos de 1999 (o primeiro ano após a mudança do código) e 2004 (o último ano para o qual possuo dados para o fluxo de veículos nas rodovias federais). Para análise do impacto da implementação dos REV's, utilizei o ano de 2001 (primeiro ano após a implementação do REV) ao invés de 1999.

Para o cálculo do efeito absoluto do impacto agregado para o Brasil, utilizo o coeficiente estimado na regressão em IV tanto para a especificação com a variável dependente em log como para a especificação linear. No entanto, por economia de espaço, apresentarei o impacto desagregado por estado somente para a especificação com a variável dependente em log. Os cálculos matemáticos, assim como os valores desagregados para o caso com a variável dependente em nível, encontram-se disponíveis no apêndice.

Na tabela 7 apresento o impacto da implementação do novo código de trânsito brasileiro sobre o número de acidentes nas rodovias federais brasileiras em 1999 e 2004. Os dados sugerem que, em função da implementação do novo código, esses anos ocorreram respectivamente, 10.969 e 10.460 acidentes a menos nas estradas federais do País. Na especificação em nível, o efeito seria uma redução de 21.724 e 29.640 acidentes. Como pode ser notado na tabela 7, os impactos em 1999 foram maiores nos estados de MG, SP e RJ.

Tabela 7 – Impacto do Código de Trânsito de 1998 sobre o Número de Acidentes nas Estradas Federais em 1999 e 2004

Estado	Ano	Acidentes	Acidentes- valor estimado caso não existisse o novo código de trânsito	Valor estimado da redução no número de acidentes (Col. (3) - Col. (2))
	Col.(1)	Col. (2)	Col. (3)	Col. (4)
AC/RO	1999	1.289	1.409	120
	2004	1.427	1.560	133
AL	1999	1.629	1.781	152
	2004	1.336	1.460	124
AM/RR	1999	176	192	16
	2004	516	564	48
AP/PA	1999	2.267	2.478	211
	2004	2.112	2.309	197
BA	1999	6.285	6.870	585
	2004	6.115	6.684	569
CE	1999	2.440	2.667	227
	2004	1.543	1.687	144
DF	1999	1.652	1.806	154
	2004	2.263	2.474	211
ES	1999	5.060	5.531	471
	2004	4.823	5.272	449
GO	1999	3.994	4.366	372
	2004	3.338	3.649	311
MA	1999	1.378	1.506	128
	2004	1.480	1.618	138
MG	1999	22.643	24.751	2.108
	2004	17.975	19.648	1.673
MS	1999	2.331	2.548	217
	2004	2.241	2.450	209
MT	1999	2.471	2.701	230
	2004	3.113	3.403	290

Tabela 7, continuação – Impacto do Código de Trânsito de 1998 sobre o Número de Acidentes nas Estradas Federais em 1999 e 2004

PB	1999	2.128	2.326	198
	2004	2.223	2.430	207
PE	1999	4.472	4.888	416
	2004	4.043	4.419	376
PI	1999	1.026	1.122	96
	2004	1.199	1.311	112
PR	1999	6.214	6.792	578
	2004	7.872	8.605	733
RJ	1999	11.464	12.531	1.067
	2004	11.273	12.322	1.049
RN	1999	2.045	2.235	190
	2004	2.327	2.544	217
RS	1999	11.142	12.179	1.037
	2004	10.882	11.895	1.013
SC	1999	11.437	12.502	1.065
	2004	12.114	13.242	1.128
SE	1999	1.172	1.281	109
	2004	1.112	1.216	104
SP	1999	12.525	13.691	1.166
	2004	10.413	11.382	969
TO	1999	599	655	56
	2004	632	691	59
Brasil	1999	117.839	128.808	10.969
	2004	112.372	122.832	10.460

Nota: Os dados da coluna 2 foram fornecidos pelo Dinop / Núcleo de Estatística / DPRF.

Na tabela 8 apresento o impacto da privatização das rodovias federais dos estados de MG, RJ, SP, PR e RS sobre o número de acidentes nas rodovias federais brasileiras em 1999 e 2004. Os dados sugerem que, em função da privatização das rodovias federais nesses estados, ocorreram 4.530 e 4.594 acidentes a menos no País nos anos

de 1999 e 2004, respectivamente. Na especificação em nível, a variável não é estatisticamente significativa.

Tabela 8 - Impacto da Privatização sobre o Número de Acidentes nas Estradas Federais em 1999 e 2004

Estado	Ano	Acidentes	Acidentes – valor estimado caso não houvesse a privatização	Valor estimado da redução no número de acidentes (Col. (3) - Col. (2))
	Col.(1)	Col. (2)	Col. (3)	Col. (4)
MG	1999	22.643	22.680	37
	2004	17.975	18.005	30
PR	1999	6.214	7.404	1.190
	2004	7.872	9.432	1.560
RJ	1999	11.464	12.514	1.050
	2004	11.273	12.306	1.033
RS	1999	11.142	12.249	1.107
	2004	10.882	11.901	1.019
SP	1999	12.525	13.671	1.146
	2004	10.413	11.366	953
Brasil	1999	117.839	122.369	4.530
	2004	112.372	116.966	4.594

Nota: Os dados da coluna 2 foram fornecidos pelo Dinop / Núcleo de Estatística / DPRF.

Finalmente, apresento na tabela 9 o impacto da implementação dos REV's sobre o índice de acidentes nas rodovias federais dos estados que possuíam REV's instalados em 2001 e 2004²⁰. De acordo com a tabela 9, a instalação dos REV's foi responsável em reduzir o número de acidentes nas rodovias federais nesses anos em 6.838 e 9.706, respectivamente. Na especificação em nível, o efeito seria uma redução de 5.946 e 12.370 acidentes.

²⁰ São Paulo e o Distrito Federal não possuíam REV's instalados nas rodovias federais até o ano de 2004, e portanto não aparecem nessa tabela.

Tabela 9 - Impacto da Implementação dos REV's sobre o Número de Acidentes nas Estradas Federais em 2001 e 2004

Estado	Ano	Acidentes	Acidentes – valor estimado caso não houvesse Revs	Valor estimado da redução no número de acidentes (Col. (3) - Col. (2))	Acidentes que cada REV reduziu
	Col.(1)	Col. (2)	Col. (3)	Col. (4)	Col.(5)
CE	2001	1.847	1.938	91	7,57
	2004	1.543	1.619	76	6,32
ES	2004	4.823	4.901	78	19,45
GO	2001	3.056	3.673	617	13,42
	2004	3.338	4.143	805	14,90
MG	2001	18.709	21.349	2.640	80
	2004	17.975	23.500	5.525	82,46
MS	2001	2.398	2.466	68	9,73
	2004	2.241	2.399	158	9,28
MT	2001	2.482	2.573	91	10,11
	2004	3.113	3.345	232	12,91
PB	2001	2.194	2.229	35	8,85
	2004	2.223	2.277	54	9,00
PE	2001	4.007	4.255	248	16,52
	2004	4.043	4.345	302	16,77
PR	2001	5.243	5.657	414	21,79
	2004	7.872	8.562	690	32,85
RJ	2001	10.646	11.036	390	43,36
	2004	11.273	11.922	649	46,38
RS	2001	9.865	9.905	40	39,54
	2004	10.882	11.146	264	44,05
SC	2001	8.533	8.671	138	34,41
	2004	12.114	13.281	1.167	50,75
Brasil	2001	102.576	109.414	6.838	-
	2004	112.372	122.078	9.706	-

Nota: Os dados da coluna 2 foram fornecidos pelo Dinop / Núcleo de Estatística / DPRF.

6.2 VÍTIMAS FATAIS

Analiso os efeitos das políticas públicas sobre o número de vítimas fatais de trânsito, normalizados pelo fluxo de veículos nas rodovias federais. Apresento na tabela 10, colunas 1 a 4, os resultados das regressões (MQO, EF, EA e IV) com a variável dependente em log. Nas colunas 5 a 8, apresento os resultados das regressões (MQO, EF, EA e IV) com a variável dependente em nível. Na tabela 10, utilizo a variável Est_Priv, e não a dummy para a qualidade das estradas.

Tabela 10 – Regressões de Vítimas Fatais como Variável Dependente (proxy estradas privatizadas)

Variável Dependente:	log (vit/fluxo)				vit/fluxo			
	MQO	EF	EA	IV	MQO	EF	EA	IV
	Col. (1)	Col. (2)	Col. (3)	Col. (4)	Col. (5)	Col. (6)	Col. (7)	Col. (8)
d_nco_98	-0,111*** (0,035)	-0,120*** (0,034)	-0,110*** (0,037)	-0,093*** (0,027)	-0,012*** (0,003)	-0,014*** (0,003)	-0,013*** (0,004)	-0,013*** (0,003)
log (Educ)	-2,486*** (0,092)	-1,240*** (0,250)	-1,707*** (0,298)	-1,3617*** (0,2557)	-0,208*** (0,014)	-0,171*** (0,024)	-0,179*** (0,035)	-0,163*** (0,027)
log (PIB)	0,0409 (0,028)	-0,052 (0,065)	0,016 (0,067)	-0,023 (0,062)	0,005** (0,002)	0,009 (0,008)	0,007 (0,006)	0,006 (0,009)
Est_Priv	-0,002*** (0,0009)	-0,008*** (0,0005)	-0,007*** (0,0009)	-0,008*** (0,002)	-0,0004 (0,00009)	-0,0005*** (0,0001)	-0,0005*** (0,0001)	-0,0001* (0,0001)
REV	0,003** (0,001)	-0,007*** (0,001)	-0,006*** (0,002)	-0,007*** (0,001)	-0,0001 (0,0001)	-0,0008*** (0,0001)	-0,0007*** (0,0001)	-0,0006*** (0,0002)
EF Estado	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim
R2 ajustado	0,5623	0,9050	0,4845	0,9021	0,4912	0,9089	0,5313	0,9046
n	192	192	192	168	192	192	192	168

Nota: * significativo ao nível de 10%, ** ao nível de 5% e *** ao nível de 1%. Os valores entre parênteses referem-se ao desvio padrão. Vítimas/fluxo foi multiplicado por 10. Desta forma, os resultados devem ser divididos por 10.

Na tabela 10, colunas 1 e 5, apresento os resultados da regressão em MQO agrupado.

O coeficiente da variável REV ao contrário do esperado é positivo ou não significativo. Porém, quando controlamos para efeito fixo, os resultados mudam e essa variável passa a apresentar sinal negativo e significância estatística. Isso reforça a idéia de que quando controlamos por EF conseguimos mitigar parte do viés de

endogeneidade. Contudo, como há potencial problema da endogeneidade dos REVs, a estimação utilizando o método de IV tende a ser mais apropriado, assumindo a adequação do instrumento utilizado (REV(-1)). Portanto, para a análise dos resultados, concentrarei a discussão para os resultados das regressões em IV. Farei essa análise tanto para a especificação com a variável dependente em log como para a especificação linear.

Os resultados da regressão indicam que o coeficiente da variável `d_nco_98` é negativo e estatisticamente significativo, sugerindo que as medidas adotadas pelo governo com o novo código de trânsito brasileiro tiveram o impacto esperado e reduziram o número de vítimas fatais nas estradas federais do País. Os dados sugerem, na especificação em log, que o novo código de trânsito reduziu, em média, 9,3% o número de fatalidades nas rodovias federais brasileiras. Na especificação em nível, o efeito seria uma redução de 0,0013 vítimas por fluxo. Considerando como exemplo o estado do Rio de Janeiro, isso seria equivalente a uma redução de 214 fatalidades de trânsito em 2004. Uma possível explicação para esse resultado é que, com as novas leis e conseqüentes punições às infrações cometidas, os condutores tornaram-se mais prudentes e cautelosos, e isso teve impacto no número de fatalidades. É possível também que a introdução do sistema de pontuação na carteira nacional de habilitação possa ter induzido os condutores e demais passageiros a utilizar o cinto de segurança com mais freqüência, reduzindo assim o número de fatalidades

A variável `estradas privatizadas` apresenta coeficiente negativo e estatisticamente significativo, sugerindo que há um número menor de vítimas fatais em estados que apresentam malha rodoviária federal privatizada. Os dados sugerem, na especificação em log, que o aumento de 1% no total de estradas federais privatizadas em um estado,

em média, reduz em 0,8% o número de fatalidades nas rodovias federais brasileiras. Na especificação em nível, o efeito seria uma redução de 0,00001 vítimas por fluxo. Considerando como exemplo o estado do Rio de Janeiro, isso seria equivalente a uma redução de 48 fatalidades de trânsito em 2004. Isso se deve provavelmente ao fato de que as estradas privatizadas normalmente apresentam melhores condições de uso e segurança (melhor asfalto; número maior de barreiras físicas separando pistas, reduzindo a probabilidade de colisão frontal; maior número de faixas; e melhor sinalização).

O coeficiente da variável REV apresenta sinal negativo e é estatisticamente significativo, o que sugere que os REV's induzem os condutores a dirigir a velocidades menores, reduzindo assim a chance de acidentes com fatalidades nas rodovias do País. Os resultados na especificação em log sugerem que, em média, 10 unidades a mais de REV reduzem em 7% o número de vítimas. Na especificação em nível, o efeito de 10 unidades adicionais seria uma redução de 0,0006 vítimas por fluxo. Considerando como exemplo o estado do Rio de Janeiro, isso seria equivalente a uma redução de 99 fatalidades de trânsito em 2004.

O coeficiente da variável educação é negativo e significativo. Isso sugere que indivíduos com mais escolaridade, e portanto maior custo de oportunidade, tendem a conduzir seus veículos com mais cuidado e a usar o cinto de segurança com mais frequência, tendo portanto uma probabilidade inferior de se tornarem vítimas fatais em acidentes de trânsito. Os dados indicam que 1% a mais de educação reduz em 1,36% o número de vítimas fatais. Na especificação em nível, o efeito seria uma redução de 0,0001 acidentes por fluxo. O efeito de educação sobre fatalidade é

consistente com Keeler (1994). A variável PIB não apresenta coeficiente significativo e, portanto, não estaria explicando vítimas fatais nesse modelo.

Na tabela 11, apresento os resultados das regressões quando a variável Est_Priv é substituída pela dummy d_sgr, a proxy para a qualidade das estradas. Como pode ser notado, os coeficientes estimados para as variáveis de maior interesse, a dummy d_nco_98 e o número de REVs, modificam-se muito pouco em relação aos resultados obtidos com a especificação com Est_Priv (tabela 10). O mesmo acontece para a variável de controle, educação. Por outro lado, os coeficientes da dummy d_sgr não são estatisticamente significativos em nenhuma especificação, possivelmente refletindo imprecisões na sua construção. O coeficiente estimado para o PIB continua não significativo como na tabela 10.

Tabela 11 – Regressões de Vítimas Fatais como Variável Dependente (proxy situação geral das rodovias)

Variável Dependente:	log (vit/fluxo)				vit/fluxo			
	MQO	EF	EA	IV	MQO	EF	EA	IV
	Col. (1)	Col. (2)	Col. (3)	Col. (4)	Col. (5)	Col. (6)	Col. (7)	Col. (8)
d_nco_98	-0,140*** (0,054)	-0,167*** (0,067)	-0,135* (0,071)	-0,125** (0,054)	-0,014*** (0,005)	-0,018*** (0,007)	-0,015** (0,007)	-0,016*** (0,007)
d_sgr	0,081 (0,106)	-0,091 (0,069)	-0,087** (0,043)	-0,054 (0,069)	-0,005 (0,010)	-0,006 (0,006)	-0,007* (0,004)	-0,004 (0,005)
log (Educ)	-2,449*** (0,121)	-1,197*** (0,396)	-1,717*** (0,410)	-1,393*** (0,316)	-0,2014*** (0,0163)	-0,168*** (0,026)	0,175*** (0,042)	-0,162*** (0,036)
log (PIB)	0,011 (0,029)	-0,042 (0,077)	-0,007 (0,082)	0,005 (0,068)	0,001 (0,002)	0,0101 (0,013)	0,005 (0,008)	0,007 (0,015)
REV	0,004*** (0,001)	-0,006*** (0,001)	-1,630** (1,134)	-0,006*** (0,001)	-0,0001 (0,0001)	-0,0006*** (0,0001)	-0,0006*** (0,0001)	-0,0005*** (0,0001)
EF Estado	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim
R2 ajustado	0,5585	0,8975	0,4890	0,8968	0,4788	0,9059	0,5425	0,9025
n	167	167	167	144	167	167	167	144

Nota: * significativo ao nível de 10%, ** ao nível de 5% e *** ao nível de 1%. Os valores entre parênteses referem-se ao desvio padrão. Vítimas/fluxo foi multiplicado por 10. Desta forma, os resultados devem ser divididos por 10.

6.2.1 Impacto sobre o número de vítimas fatais

De forma análoga à subseção 6.1.1, nesta seção quantifico os efeitos da implementação dos redutores eletrônicos de velocidade, da privatização das estradas federais, e do novo código de trânsito brasileiro sobre número de fatalidades de trânsito nas rodovias federais do Brasil. Como exemplo, utilizo os dados referentes aos anos de 1999 (o primeiro ano após a mudança do código) e 2004 (o último ano para o qual possuo dados para o fluxo de veículos nas rodovias federais). Para análise do impacto da implementação dos REV's, utilizei o ano de 2001 (primeiro ano após a implementação do REV) ao invés de 1999.

Para o cálculo do efeito absoluto do impacto agregado para o Brasil, utilizo o coeficiente estimado na regressão em IV tanto para a especificação com a variável dependente em log como para a especificação linear. No entanto, por economia de espaço, apresentarei o impacto desagregado por estado somente para a especificação com a variável dependente em log. Os cálculos matemáticos, assim como os valores desagregados para o caso com a variável dependente em nível, encontram-se disponíveis no apêndice.

Na tabela 12 apresento o impacto da implementação do novo código de trânsito brasileiro sobre o número vítimas fatais nas rodovias federais do País em 1999 e 2004. Os dados sugerem que, em função da implementação do novo código, nesses anos ocorreram respectivamente, 653 e 596 fatalidades de trânsito a menos nas estradas federais do Brasil. Na especificação em nível, o efeito seria uma redução de 1.082 e 1.476 fatalidades.

Tabela 12 – Impacto do Código de Trânsito de 1998 sobre o Número de Fatalidades nas Estradas Federais em 1999 e 2004

Estado	Ano	Fatalidades	Fatalidades – valor estimado caso não existisse o novo código de trânsito	Valor estimado da redução no número de fatalidades (Col. (3) - Col. (2))
	Col.(1)	Col. (2)	Col. (3)	Col. (4)
AC/RO	1999	100	110	10
	2004	102	112	10
AL	1999	128	140	12
	2004	103	113	10
AM/RR	1999	10	11	1
	2004	41	45	4
AP/PA	1999	146	160	14
	2004	150	165	15
BA	1999	553	607	54
	2004	496	544	48
CE	1999	196	215	19
	2004	171	188	17
DF	1999	89	98	9
	2004	125	137	12
ES	1999	181	199	18
	2004	184	202	18
GO	1999	299	328	29
	2004	237	260	23
MA	1999	212	233	21
	2004	195	214	19
MG	1999	1.167	1281	114
	2004	980	1076	96
MS	1999	152	167	15
	2004	181	199	18
MT	1999	206	226	20
	2004	217	238	21

Tabela 12, continuação – Impacto do Código de Trânsito de 1998 sobre o Número de Fatalidades nas Estradas Federais em 1999 e 2004

PB	1999	168	184	16
	2004	158	173	15
PE	1999	312	342	30
	2004	290	318	28
PI	1999	115	126	11
	2004	126	138	12
PR	1999	325	357	32
	2004	290	318	28
RJ	1999	518	568	50
	2004	497	545	48
RN	1999	189	207	18
	2004	180	198	18
RS	1999	381	418	37
	2004	329	361	32
SC	1999	566	621	55
	2004	498	547	49
SE	1999	91	100	9
	2004	70	77	7
SP	1999	525	576	51
	2004	416	457	41
TO	1999	68	75	7
	2004	80	88	8
Brasil	1999	6.697	7.350	653
	2004	6.116	6.712	596

Nota: Os dados da coluna 2 foram fornecidos pelo Dinop / Núcleo de Estatística / DPRF.

Na tabela 13 apresento o impacto da privatização das rodovias federais dos estados de MG, RJ, SP, PR e RS sobre o número de vítimas fatais nas rodovias federais brasileiras em 1999 e 2004. Os dados sugerem que, em função da privatização das rodovias federais nesses estados, ocorreram 537 e 476 vítimas fatais a menos no País

nos anos de 1999 e 2004, respectivamente. Na especificação em nível, o efeito seria uma redução de 114 e 139 fatalidades.

Tabela 13 - Impacto da Privatização sobre o Número de Fatalidades nas Estradas Federais em 1999 e 2004

Estado	Ano	Fatalidades	Fatalidades- valor estimado caso não houvesse a privatização	Valor estimado da redução no número de fatalidades (Col. (3) - Col. (2))
	Col.(1)	Col. (2)	Col. (3)	Col. (4)
MG	1999	1.167	1.172	5
	2004	980	984	4
PR	1999	325	519	194
	2004	290	470	180
RJ	1999	518	654	136
	2004	497	628	131
RS	1999	381	490	109
	2004	329	418	89
SP	1999	525	617	92
	2004	416	489	73
Brasil	1999	6.697	7.234	537
	2004	6.116	6.592	476

Nota: Os dados da coluna 2 foram fornecidos pelo Dinop / Núcleo de Estatística / DPRF.

Na tabela 14 apresento o impacto da implementação dos REV's sobre o número de vítimas fatais nas estradas federais dos estados que possuíam REV's instalados em 2001 e 2004²¹. De acordo com a tabela 14, a instalação dos REV's reduziu em 2001 e 2004, respectivamente, 497 e 1.011 o número de fatalidades nas rodovias federais do País. Na especificação em nível, o efeito seria uma redução de 509 e 1.061 fatalidades.

²¹ Os estados de São Paulo e o Distrito Federal não possuíam REV's instalados nas rodovias federais até o ano de 2004 e, portanto, não aparecem nessa tabela.

Tabela 14 - Impacto da Implementação dos REV's sobre o Número de Fatalidades nas Estradas Federais em 2001 e 2004

Estado	Ano	Fatalidades	Fatalidades-valor estimado caso não houvesse Revs	Valor estimado da redução no número de fatalidades (Col. (3) - Col. (2))	Nº de fatalidades que cada REV reduziu
	Col.(1)	Col. (2)	Col. (3)	Col. (4)	Col. (5)
CE	2001	156	170	14	1,14
	2004	171	186	15	1,25
ES	2004	184	189	5	1,31
GO	2001	237	327	90	1,96
	2004	237	346	109	2,02
MG	2001	977	1.231	254	7,69
	2004	980	1.566	586	8,75
MS	2001	147	154	7	1,05
	2004	181	204	23	1,35
MT	2001	188	200	12	1,36
	2004	217	246	29	1,62
PB	2001	146	150	4	1,04
	2004	158	165	7	1,13
PE	2001	267	297	30	1,97
	2004	290	329	39	2,16
PR	2001	281	321	40	2,10
	2004	290	336	46	2,19
RJ	2001	485	517	32	3,50
	2004	497	548	51	3,66
RS	2001	318	320	2	2,23
	2004	329	343	14	2,35
SC	2001	451	464	13	3,20
	2004	498	585	87	3,78
Brasil	2001	5.718	6.215	497	-
	2004	6.116	7.127	1.011	-

Nota: Os dados da coluna 2 foram fornecidos pelo Dinop / Núcleo de Estatística / DPRF.

6.3 ANÁLISE DE ROBUSTEZ

Nessa seção analiso a robustez dos resultados encontrados nas regressões de acidentes de trânsito e vítimas fatais descritos nas seções 6.1 e 6.2. Anteriormente, as variáveis dependentes foram normalizadas pelo fluxo de veículos nas rodovias federais brasileiras. Para averiguar se os resultados dependem do tipo de normalização, utilizei a variável população para normalizar as variáveis dependentes. Escolhi essa variável pelo fato de ser provável que estados que apresentam população maior tendam a ter um número superior de acidentes de trânsito e vítimas fatais decorrentes desses acidentes. Analiso abaixo os efeitos das políticas públicas sobre os acidentes de trânsito e vítimas fatais normalizados pela população.

6.3.1 ACIDENTES

Na tabela 15, apresento os resultados das regressões quando a variável Est_Priv é a proxy para a qualidade das estradas. Como pode ser notado, os resultados para as variáveis de maior interesse, a dummy d_nco_98, a variável Est_Priv e os REVs, são semelhantes, na especificação em log, aos resultados obtidos quando normalizo acidentes de trânsito pelo fluxo de veículos nas rodovias federais.

Com relação as variáveis de controle, a variável educação permanece negativa e estatisticamente significativa. No entanto, o coeficiente da variável PIB perde sua significância estatística. Desta forma, os resultados sugerem como no modelo normalizado pelo fluxo de veículos, que o novo código brasileiro, o índice de educação, a privatização das estradas federais e a implementação dos REVs, explicam a redução no índice de acidentes de trânsito nas rodovias federais do País.

Na especificação em nível, algumas variáveis se alteram. A variável Est_Priv passa a ser significativa quando utilizo IV; a dummy d_nco_98 continua significativa ao nível de 1% em IV, mas em EF passa a ter um t-estatístico mais baixo (p-value 0,17). No entanto, a variável REV não se altera.

As variáveis de controle PIB e educação perdem sua significância estatística e, portanto, não estariam explicando acidentes de trânsito nesse modelo. Desta forma, os resultados sugerem, como no modelo normalizado pelo fluxo de veículos, que as variáveis de interesse, a dummy nco_98 e os REVS, explicam a redução no número de acidentes nas estradas federais brasileiras.

Tabela 15 - Regressões de Acidentes como Variável Dependente Normalizada pela População (proxy estradas privatizadas)

Variável Dependente:	log (acid/pop)				acid/pop			
	MQO	EF	EA	IV	MQO	EF	EA	IV
d_nco_98	-0,193*** (0,067)	-0,037 (0,059)	-0,043 (0,056)	-0,085*** (0,035)	-0,189*** (0,058)	-0,067 (0,048)	-21,05*** (7,868)	-0,110*** (0,024)
log (Educ)	0,776*** (0,177)	-0,630*** (0,244)	-0,485*** (0,173)	-0,622*** (0,242)	0,742*** (0,088)	-0,054 (0,116)	-112*** (32,86)	-0,089 (0,107)
log (PIB)	-0,057 (0,039)	0,118 (0,088)	0,097* (0,053)	0,091 (0,086)	-0,009 (0,021)	-0,017 (0,050)	2,467 (7,824)	-0,046 (0,055)
Est_Priv	0,002*** (0,001)	-0,0008** (0,0004)	-0,0007 (0,0006)	-0,003*** (0,001)	-0,003*** (0,0009)	-0,0003 (0,0003)	0,051 (0,203)	-0,003*** (0,001)
REV	0,008*** (0,001)	-0,005*** (0,0004)	-0,005*** (0,001)	-0,004*** (0,0003)	0,002* (0,001)	-0,003*** (0,0005)	-0,911*** (0,264)	-0,003*** (0,0003)
EF Estado	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim
R2 ajustado	0,040	0,9440	0,088	0,9520	0,087	0,9199	0,2792	0,9209
n	192	192	192	168	192	192	192	168

Nota: * significativo ao nível de 10%, ** ao nível de 5% e *** ao nível de 1%. Os valores entre parênteses referem-se ao desvio padrão. Acidentes/fluxo foi multiplicado por 1000. Desta forma, os resultados apresentados nas colunas 5 a 8 devem ser divididos por 1000.

Na tabela 16, apresento os resultados das regressões quando a variável Est_Priv é substituída pela dummy d_sgr, a proxy para a qualidade das estradas. Como pode ser notado, na especificação em log os resultados das variáveis de interesse a dummy

d_nco_98, a variável d_sgr, e REVs, são semelhantes aos encontrados quando normalizo pelo fluxo de veículos nas rodovias federais.

No entanto, os coeficientes estimados das variáveis de controle, PIB e educação, apresentam algumas diferenças em relação à normalização pelo fluxo. Esses passam a ter sinal positivo e significância estatística, respectivamente. Os resultados na especificação em nível não se alteram. Desta forma, conclui-se que em ambas as especificações, os resultados sugerem como no modelo normalizado pelo fluxo de veículos, que o código de trânsito de 1998 e os REVs, reduziram o número de acidentes nas estradas federais brasileiras.

Tabela 16 – Regressões de Acidentes como Variável Dependente Normalizada pela População (proxy situação geral das rodovias)

Variável Dependente:	log (acid/pop)				acid/pop			
	MQO	EF	EA	IV	MQO	EF	EA	IV
d_nco_98	-0,322*** (0,063)	-0,107 (0,074)	-0,117* (0,063)	-0,124** (0,064)	-0,248*** (0,048)	-0,102** (0,053)	-0,118*** (0,047)	-0,134*** (0,036)
d_sgr	0,066 (0,211)	-0,022 (0,051)	-0,023 (0,077)	-0,033 (0,059)	0,004 (0,160)	-0,067 (0,053)	-0,064 (0,055)	-0,073 (0,063)
log (Educ)	1,006*** (0,207)	-0,474 (0,297)	-0,201 (0,311)	-0,574* (0,331)	0,832*** (0,099)	0,051 (0,133)	0,180 (0,139)	-0,019 (0,128)
log (PIB)	-0,067* (0,037)	0,147* (0,084)	0,099*** (0,036)	0,142 (0,094)	-0,038* (0,021)	0,007 (0,062)	0,007 (0,023)	-0,022 (0,067)
REV	0,010*** (0,001)	-0,004*** (0,0008)	-0,004*** (0,001)	-0,004*** (0,0003)	0,004*** (0,001)	-0,003*** (0,0007)	-0,003*** (0,001)	-0,003*** (0,0004)
EF Estado	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim
R2 ajustado	0,083	0,9474	0,1530	0,9502	0,1111	0,9124	0,1569	0,9141
n	167	167	167	144	167	167	167	144

Nota: * significativo ao nível de 10%, ** ao nível de 5% e *** ao nível de 1%. Os valores entre parênteses referem-se ao desvio padrão. Acidentes/fluxo foi multiplicado por 1000. Desta forma, os resultados apresentados nas colunas 5 a 8 devem ser divididos por 1000.

6.3.2 VÍTIMAS

Na tabela 17, apresento os resultados das regressões quando a variável proxy para a qualidade das estradas é a variável Est_Priv. Como pode ser notado, os resultados

para as variáveis de maior interesse, a dummy *d_nco_98*, a variável *Est_Priv* e os REVs, são semelhantes na especificação em log, aos resultados obtidos quando normalizo vítimas fatais pelo fluxo de veículos nas rodovias federais.

Com relação as variáveis de controle, a variável educação permanece negativa e estatisticamente significativa. No entanto, a variável PIB passa a ter sinal positivo e significância estatística. Na especificação em nível, os resultados não se alteram. Desta forma, conclui-se que em ambas as especificações, os resultados sugerem como no modelo normalizado pelo fluxo de veículos, que o novo código brasileiro, o índice de educação, a privatização das estradas federais e a implementação dos REVs, explicam a redução no número de fatalidades de trânsito nas estradas federais do Brasil.

Tabela 17 – Regressões de Vítimas Fatais como Variável Dependente Normalizada pela População (proxy estradas privatizadas)

Variável Dependente:	log (vit/pop)				vit/pop			
	MQO	EF	EA	IV	MQO	EF	EA	IV
<i>d_nco_98</i>	-0,196*** (0,046)	-0,104*** (0,036)	-0,099*** (0,034)	-0,090*** (0,033)	-0,011*** (0,002)	-0,006*** (0,001)	-0,066*** (0,175)	-0,005*** (0,001)
log (Educ)	0,182 (0,225)	-1,192*** (0,246)	-0,878*** (0,372)	-1,339*** (0,233)	0,025*** (0,007)	-0,026*** (0,010)	-0,099 (0,133)	-0,029*** (0,011)
log (PIB)	-0,158*** (0,041)	0,188*** (0,075)	0,101 (0,064)	0,217*** (0,073)	-0,005*** (0,001)	0,002 (0,003)	-0,002 (0,021)	0,002 (0,003)
<i>Est_Priv</i>	-0,002*** (0,0009)	-0,007*** (0,001)	-0,007*** (0,0009)	-0,008*** (0,002)	-0,003*** (0,00004)	-0,0003*** (0,000)	-0,003*** (0,0004)	-0,0002*** (0,000)
REV	0,008*** (0,001)	-0,007*** (0,001)	-0,007*** (0,001)	-0,007*** (0,001)	0,0001** (0,00008)	-0,0004*** (0,000)	-0,004*** (0,001)	-0,0004*** (0,0001)
EF Estado	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim
R2 ajustado	0,094	0,9108	0,3145	0,9023	0,1154	0,8465	0,3099	0,8340
n	192	192	192	168	192	192	192	168

Nota: * significativo ao nível de 10%, ** ao nível de 5% e *** ao nível de 1%. Os valores entre parênteses referem-se ao desvio padrão. Acidentes/fluxo foi multiplicado por 1000. Desta forma, os resultados apresentados nas colunas 5 a 8 devem ser divididos por 1000.

Na tabela 18, apresento os resultados das regressões quando a variável Est_Priv é substituída pela dummy d_sgr, a proxy para a qualidade das estradas. Como pode ser notado, na especificação em log, os resultados das variáveis de interesse, a dummy d_nco_98, a dummy d_sgr e REVs, são semelhantes aos encontrados quando normalizo pelo fluxo de veículos nas rodovias federais.

Com relação as variáveis de controle, a variável educação permanece negativa e estatisticamente significativa. No entanto, a variável PIB passa a ter coeficiente positivo e estatisticamente significativo. Desta forma, os resultados sugerem como no modelo normalizado pelo fluxo de veículos, que o novo código de trânsito brasileiro, o índice de educação e a implementação dos REVs, explicam a redução no número de fatalidades de trânsito nas rodovias federais do País.

Na especificação em nível, apenas a variável educação se altera. Essa passa a ter coeficiente não significativo. Portanto, os resultados sugerem como no modelo normalizado pelo fluxo de veículos, que o código de trânsito de 1998 e os REVs, reduziram o número de fatalidades nas estradas federais brasileiras.

Tabela 18 – Regressões de Vítimas Fatais como Variável Dependente Normalizada pela População (proxy situação geral das rodovias)

Variável Dependente:	log (vit/pop)				vit/pop			
	MQO	EF	EA	IV	MQO	EF	EA	IV
d_nco_98	-0,275*** (0,074)	-0,166*** (0,062)	-0,137** (0,065)	-0,137*** (0,055)	-0,014*** (0,003)	-0,008*** (0,002)	-0,008*** (0,002)	-0,007*** (0,002)
d_sgr	-0,078 (0,142)	-0,038 (0,053)	-0,061 (0,077)	-0,031 (0,062)	-0,001 (0,005)	-0,002 (0,003)	-0,002 (0,002)	-0,001 (0,003)
log (Educ)	0,362 (0,278)	-1,163*** (0,321)	-0,500 (0,568)	-1,340*** (0,274)	0,032*** (0,008)	-0,019 (0,013)	0,0005 (0,015)	-0,023 (0,015)
log (PIB)	-0,194*** (0,047)	0,232*** (0,079)	0,009 (0,087)	0,268*** (0,081)	-0,008*** (0,001)	0,002 (0,004)	-0,002 (0,002)	0,002 (0,005)
REV	0,009*** (0,001)	-0,007*** (0,0009)	-0,005** (0,002)	-0,006*** (0,001)	0,0002*** (0,0003)	-0,0004*** (0,000)	-0,0003*** (0,0001)	-0,0003*** (0,000)
EF Estado	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim
R2 ajustado	0,1340	0,8944	0,2898	0,8925	0,1391	0,8397	0,2847	0,8311
n	167	167	167	144	167	167	167	144

Nota: * significativo ao nível de 10%, ** ao nível de 5% e *** ao nível de 1%. Os valores entre parênteses referem-se ao desvio padrão. Vítimas/fluxo foi multiplicado por 1000. Desta forma, os resultados apresentados nas colunas 5 a 8 devem ser divididos por 1000.

6.3.3 TESTES ADICIONAIS

Foi testada a hipótese de comportamento inercial das variáveis dependentes. No entanto, as estimativas econométricas mudam muito pouco quando a variável dependente defasada é incluída na equação (GMM-painel dinâmico). Logo, não temos motivo para um comportamento inercial. Em geral, séries de tempo são temporalmente correlacionadas e variável dependente defasada capta alguma correlação. Entretanto, o meu banco de dados tem uma dimensão temporal muito reduzida (apenas 10 anos). Testou-se também a forma quadrática das variáveis educação e REV. No entanto, essas especificações não são significativas.

Desta forma, conclui-se que os testes realizados nessa seção sugerem que os resultados das regressões, onde estimo o impacto das políticas públicas sobre o

número de acidentes de trânsito e vítimas fatais nas rodovias federais brasileiras, são robustos.

7 CONCLUSÃO

O presidente Lula afirmou recentemente que a introdução do código de trânsito em 1998 gerou uma redução de 5.000 fatalidades anuais no Brasil (Organização Mundial de Saúde, 2004)²². Contudo, não conseguimos encontrar nenhum estudo formal, disponível ao público, sobre os efeitos do novo código ou de outras políticas públicas sobre acidentes ou fatalidades de trânsito no País.

Nessa dissertação, nos propomos a analisar a eficácia das políticas públicas na redução dos acidentes e fatalidades de trânsito nas rodovias federais do Brasil. Dentre essas políticas analisamos, além do efeito do código de trânsito brasileiro de 1998, os efeitos da privatização das estradas federais e da implementação dos redutores eletrônicos de velocidade sobre acidentes e fatalidades de trânsito.

Os resultados encontrados sugerem que o novo código de trânsito brasileiro teve o impacto esperado, reduzindo o número de acidentes e fatalidades de trânsito nas rodovias federais do País. Os resultados indicam que, apenas em 2004, o código contribuiu para a redução de 600 a 1500 fatalidades de trânsito no Brasil, dependendo da especificação utilizada. Como cerca de 24% das fatalidades do País ocorrem nas rodovias federais brasileiras, esses valores sugerem que o impacto total do novo

²² http://www.who.int/world-health-day/2004/infomaterials/world_report/en/summary_en_rev.pdf

código de trânsito sobre o número de fatalidades de trânsito no Brasil seja entre 2.500 e 6.250, assumindo que o efeito em rodovias federais seja proporcional ao efeito total. Isso sugere que o efeito sugerido pelo presidente Lula é de fato próximo ao verificado. Além disso, os resultados sugerem que o novo código de trânsito seja responsável por uma redução entre 10.460 e 29.640 acidentes nas rodovias federais em 2004, dependendo da especificação utilizada²³.

Hoje há rodovias federais privatizadas nos estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná e Rio Grande do Sul. Ao melhorar as condições de uso e segurança das estradas (melhor asfalto; número maior de barreiras físicas separando pistas, reduzindo a probabilidade de colisão frontal; maior número de faixas; melhor sinalização), a privatização também contribuiu para uma redução no índice de acidentes e fatalidades de trânsito no País. Os resultados indicam que, apenas em 2004, a privatização reduziu de 139 a 476 as fatalidades de trânsito no Brasil, enquanto o efeito sobre acidentes seria de uma redução de 4.594 acidentes.

Finalmente, a instalação dos redutores eletrônicos de velocidade também foi responsável em reduzir o número de acidentes e fatalidades de trânsito nas rodovias federais do País. Os resultados indicam que, apenas em 2004, a instalação de REVs reduziu de 1.011 a 1.061 o número de fatalidades de trânsito no Brasil. O efeito sobre acidentes seria de uma redução de 9.706 a 12.370 acidentes.

²³ Testes adicionais devem ser feitos para se confirmar que a dummy `d_nco_98` está realmente capturando apenas o efeito das medidas introduzidas pelo novo código de trânsito brasileiro, e não uma tendência de redução de acidentes e fatalidades independente do código.

Dessa forma, conclui-se que as três políticas públicas em análise foram eficazes reduzindo significativamente o índice de acidentes e fatalidade de trânsito nas rodovias federais do Brasil entre 1998 e 2005.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCR. Banco de Dados. Disponível em: <http://www.abcr.org.br/conc/index.php>.

Data de acesso: outubro 2006.

BARBOSA, Adauri. Acidentes em rodovias custam R\$ 22 bi ao ano, *Jornal O Globo*, p.13, 15 de dezembro de 2006.

BOVER, Olympia e WATSON, Nadine. Are there economies of scale in the demand for money by firms? Some panel date estimates. *Journal of Monetary Economics*, v.52, p.1568- 1589, 2005.

BUCKINGHAM, Alan. Speed Traps: Saving Lives or Raising Revenue? *Policy*, v.19, n.3, 2003.

CARLSSON, A. e BRUDE, U. Evaluation of roads designed to prevent head-on crashes. *Linköping, Swedish National Road and Transport Research Institute*, 2003.

COHEN, Alma e LIRAM, Einav. The Effects of Mandatory Seat Belt Laws. *Review of Economics and Statistics*, v.85, n.4, p. 828-843, 2003.

CNT. Anuário Estatístico da Confederação Nacional dos Transportes. Brasília: CNT, 1996 a 2005.

Departamento de Transporte Americano. Regulatory Impact Analysis of FMVSS 208: Occupant Crash Protection. Washington, DC, 1984.

DNIT. Banco de dados. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/menu/rodovias/radar>.
Data de acesso: outubro 2006.

ELVIK, R. e VAA, T. *Handbook of road safety measures*. Amsterdam: Elsevier, 2004.

IBGE. Banco de dados. Disponível em: www.ibge.gov.br. Data de acesso: outubro 2006.

IPEA, ANTP. Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas brasileiras: relatório executivo, 2003.

KEELER, Theodore E. Highway Safety, Economic Behavior, and Driving Environment. *American Economic Review*, v.84, n.34, p.684-693, 1994.

KOPITZ, E. e CROPPER, M. Traffic fatalities and economic growth. The World Bank (Policy Research Working Paper No.3035), 2003.

LYALL, Sarah. Cameras Catch Speeding Britons and Lots of Grief, *The New York Times*, p.1, 27 de outubro de 2006.

NASCIMENTO, Francisco. *Direito de Trânsito*. São Paulo: Editora Juarez de Oliveira, 1999.

ODERO WO, ZWI AB. Alcohol-related traffic injuries and fatalities in LMICs: a critical review of literature. In: Kloeden CN, McLean AJ, eds. *Proceedings of the 13th International Conference on Alcohol, Drugs and Traffic Safety, Adelaide, 13–18 August 1995*. Adelaide, Road Accident Research Unit, 1995:713–720.

PELTZMAN, Sam. The effects of automobile safety regulation. *Journal of Political Economy* v. 83, p.667-725,1975.

PEDEN, Margie et al, eds. *The World report on road traffic injury prevention*. Geneva: *World Health Organization*, 2004.

http://www.who.int/world-health-day/2004/infomaterials/world_report/en/summary_en_rev.pdf

PRF. Banco de dados do Departamento de Estatística da Polícia Rodoviária Federal. Brasília. Não disponível no sítio.

QUIXADÁ, Luiz Gonzaga e Valquíria. *Aplicação do Código de Trânsito Brasileiro*. Brasília: Editora Jurídica, 2000.

WATSON, Stock. *Introduction to Econometrics*. Addison Wesley, 2003.

VERBEEK, Marno. *A guide to modern econometrics*. 2. ed. Southern Gate: John Wiley & Sons, 2004.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. *Introductory econometrics a modern approach*. 2. ed. Mason: Thomson/South-Western, 2003.

APÊNDICE A

1 IMPACTO SOBRE O NÚMERO DE ACIDENTES E FATALIDADES DE TRÂNSITO

Quantifico nas tabelas os efeitos da implementação dos redutores eletrônicos de velocidade, da privatização das estradas federais e do novo código de trânsito brasileiro, sobre número de acidentes e fatalidades de trânsito nas rodovias federais do Brasil para o caso com a variável dependente em nível.

1.1 ACIDENTES

Tabela 19 – Impacto do Código de Trânsito Brasileiro de 1998 sobre o Número de Acidentes nas Estradas Federais Brasileiras em 1999 e 2004 (modelo Y em nível)

Estado	Ano	Acidentes	Acidentes- valor estimado caso não existisse o novo código de trânsito	Valor estimado da redução no número de acidentes (Col. (3) - Col. (2))
	Col.(1)	Col.(2)	Col.(3)	Col.(4)
AC/RO	1999	1.289	1.498	209
	2004	1.427	1.636	209
AL	1999	1.629	1.924	295
	2004	1.336	1.661	325
AM/RR	1999	176	333	157
	2004	516	673	157

Tabela 19, continuação – Impacto do Código de Trânsito Brasileiro de 1998 sobre o Número de Acidentes nas Estradas Federais Brasileiras em 1999 e 2004 (modelo Y em nível)

AP/PA	1999	2.267	2.944	677
	2004	2.112	3.351	1.239
BA	1999	6.285	7.074	789
	2004	6.115	7.141	1.026
CE	1999	2.440	2.768	328
	2004	1.543	2.014	471
DF	1999	1.652	3.093	1.441
	2004	2.263	6.013	3.750
ES	1999	5.060	5.617	557
	2004	4.823	5.573	750
GO	1999	3.994	4.768	774
	2004	3.338	4.354	1.016
MA	1999	1.378	1.562	184
	2004	1.480	1.672	192
MG	1999	22.643	25.301	2.658
	2004	17.975	21.346	3.371
MS	1999	2.331	2.729	398
	2004	2.241	2.653	412
MT	1999	2.471	2.757	286
	2004	3.113	3.437	324
PB	1999	2.128	2.676	548
	2004	2.223	2.971	748
PE	1999	4.472	5.397	925
	2004	4.043	5.119	1.076
PI	1999	1.026	1.183	157
	2004	1.199	1.366	167
PR	1999	6.214	7.459	1.245
	2004	7.872	9.129	1.257
RJ	1999	11.464	14.481	3.017
	2004	11.273	15.561	4.288
RN	1999	2.045	2.438	393
	2004	2.327	2.886	559

Tabela 19, continuação – Impacto do Código de Trânsito Brasileiro de 1998 sobre o Número de Acidentes nas Estradas Federais Brasileiras em 1999 e 2004 (modelo Y em nível)

RS	1999	11.142	13.620	2.478
	2004	10.882	14.047	3.165
SC	1999	11.437	12.483	1.046
	2004	12.114	13.425	1.311
SE	1999	1.172	1.417	245
	2004	1.112	1.505	393
SP	1999	12.525	15.282	2.757
	2004	10.413	13.649	3.236
TO	1999	599	759	160
	2004	632	833	201
Brasil	1999	117.839	139.563	21.724
	2004	112.372	142.012	29.640

Nota: Os dados da coluna 2 foram fornecidos pelo Dinop / Núcleo de Estatística / DPRF.

Tabela 20 - Impacto da Implementação dos REV's sobre o Número de Acidentes nas Estradas Federais Brasileiras em 2001 e 2004 (modelo Y em nível)

Estado	Ano	Acidentes	Acidentes- valor estimado caso não houvesse Revs	Valor estimado da redução no número de acidentes (Col. (3) - Col. (2))	Acidentes que cada REV reduziu
	Col.(1)	Col.(2)	Col. (3)	Col.(4)	Col.(5)
CE	2001	1.847	1.967	120	10
	2004	1.543	1.699	156	13
ES	2004	4.823	4.903	80	20
GO	2001	3.056	4.114	1.058	23
	2004	3.338	4.796	1.458	27
MG	2001	18.709	21.257	2.548	77
	2004	17.975	24.032	6.057	90
MS	2001	2.398	2.473	75	11
	2004	2.241	2.429	188	11
MT	2001	2.482	2.552	70	8
	2004	3.113	3.269	156	9

Tabela 20 - Impacto da Implementação dos REV's sobre o Número de Acidentes nas Estradas Federais Brasileiras em 2001 e 2004 (modelo Y em nível)

PB	2001	2.194	2.256	62	16
	2004	2.223	2.343	120	20
PE	2001	4.007	4.386	379	25
	2004	4.043	4.562	519	29
PR	2001	5.243	5.848	605	32
	2004	7.872	8.580	708	34
RJ	2001	10.646	11.481	835	93
	2004	11.273	12.883	1.610	115
RS	2001	9.865	9.937	72	72
	2004	10.882	11.391	509	85
SC	2001	8.533	8.654	121	30
	2004	12.114	12.923	809	35
Brasil	2001	102.576	108.522	5.946	-
	2004	112.372	124.742	12.370	-

Nota: Os dados da coluna 2 foram fornecidos pelo Dinop / Núcleo de Estatística / DPRF.

1.2 VÍTIMAS FATAIS

Tabela 21 – Impacto do Código de Trânsito Brasileiro de 1998 sobre o Número de Fatalidades de Trânsito nas Estradas Federais Brasileiras em 1999 e 2004 (modelo Y em nível)

Estado	Ano	Fatalidades	Fatalidades – valor estimado caso não existisse o novo código de trânsito	Valor estimado da redução no número de fatalidades (Col. (3) - Col. (2))
	Col. (1)	Col. (2)	Col. (3)	Col. (4)
AC/RO	1999	100	110	10
	2004	102	112	10
AL	1999	128	143	15
	2004	103	119	16
AM/RR	1999	10	18	8
	2004	41	49	8
AP/PA	1999	146	180	34
	2004	150	212	62
BA	1999	553	592	39
	2004	496	547	51

Tabela 21, continuação – Impacto do Código de Trânsito Brasileiro de 1998 sobre o Número de Fatalidades de Trânsito nas Estradas Federais Brasileiras em 1999 e 2004 (modelo Y em nível)

CE	1999	196	212	16
	2004	171	194	23
ES	1999	181	209	28
	2004	184	221	37
GO	1999	299	338	39
	2004	237	288	51
MA	1999	212	221	9
	2004	195	205	10
MG	1999	1.167	1.299	132
	2004	980	1.148	168
MS	1999	152	172	20
	2004	181	202	21
MT	1999	206	220	14
	2004	217	233	16
PB	1999	168	195	27
	2004	158	195	37
PE	1999	312	358	46
	2004	290	344	54
PI	1999	115	123	8
	2004	126	134	8
PR	1999	325	387	62
	2004	290	353	63
RJ	1999	518	668	150
	2004	497	711	214
RN	1999	189	209	20
	2004	180	208	28
RS	1999	381	504	123
	2004	329	487	158
SC	1999	566	618	52
	2004	498	563	65
SE	1999	91	103	12
	2004	70	90	20

Tabela 21, continuação – Impacto do Código de Trânsito Brasileiro de 1998 sobre o Número de Fatalidades de Trânsito nas Estradas Federais Brasileiras em 1999 e 2004 (modelo Y em nível)

SP	1999	525	662	137
	2004	416	577	161
TO	1999	68	76	8
	2004	80	90	10
Brasil	1999	6.697	7.779	1.082
	2004	6.116	7.592	1.476

Nota: Os dados da coluna 2 foram fornecidos pelo Dinop / Núcleo de Estatística / DPRF.

Tabela 22 - Impacto da Privatização das Estradas Federais sobre o Número de Fatalidades de Trânsito nas Rodovias Federais Brasileiras em 1999 e 2004 (modelo Y e nível)

Estado	Ano	Fatalidades	Fatalidades – valor estimado caso não houvesse a privatização	Valor estimado da redução no número de fatalidades (Col. (3) - Col. (2))
	Col.(1)	Col.(2)	Col.(3)	Col.(4)
MG	1999	1.167	1.168	1
	2004	980	981	1
PR	1999	325	353	28
	2004	290	319	29
RJ	1999	518	552	34
	2004	497	545	48
RS	1999	381	411	30
	2004	329	365	36
SP	1999	525	546	21
	2004	416	441	25
Brasil	1999	6.697	6.811	114
	2004	6.116	6.255	139

Nota: Os dados da coluna 2 foram fornecidos pelo Dinop / Núcleo de Estatística / DPRF.

Tabela 23 - Impacto da Implementação dos REV's sobre o Número de Fatalidades de Trânsito nas Estradas Federais Brasileiras Em 2001 e 2004 (modelo Y em nível)

Estado	Ano	Fatalidades	Fatalidades-valor estimado caso não houvesse Revs	Valor estimado da redução no número de fatalidades (Col. (3) - Col. (2))	Fatalidades que cada REV reduziu
	Col.(1)	Col.(2)	Col.(3)	Col.(4)	Col.(5)
CE	2001	156	166	10	1
CE	2004	171	184	13	1
ES	2004	184	191	7	2
GO	2001	237	327	90	2
GO	2004	237	363	126	2
MG	2001	977	1.195	218	7
MG	2004	980	1.499	519	8
MS	2001	147	153	6	1
MS	2004	181	197	16	1
MT	2001	188	194	6	1
MT	2004	217	230	13	1
PB	2001	146	151	5	1
PB	2004	158	168	10	2
PE	2001	267	300	33	2
PE	2004	290	335	45	2
PR	2001	281	333	52	3
PR	2004	290	351	61	3
RJ	2001	485	557	72	8
RJ	2004	497	635	138	10
RS	2001	318	324	6	6
RS	2004	329	373	44	7
SC	2001	451	461	10	3
SC	2004	498	567	69	3
Brasil	2001	5.718	6.227	509	-
	2004	6.116	7.117	1.061	-

Nota: Os dados da coluna 2 foram fornecidos pelo Dinop / Núcleo de Estatística / DPRF.

APÊNDICE B

Apresento abaixo os cálculos matemáticos utilizados para o cálculo do efeito absoluto com a variável dependente em log.

Para obter o impacto do código de trânsito de 1998, calculei a mudança percentual da variável dependente em log. Especificamente, uma vez que tenho o y (isto é, o valor da variável dependente y_t correspondente ao número de acidentes por fluxo ou ao número de vítimas fatais por fluxo, fornecido pela Polícia Rodoviária Federal), posso calcular qual seria o valor de y caso o código não estivesse em vigor a partir dos coeficientes estimados. Definindo $y(d=1)$ como o valor de y efetivamente observado, com o código de trânsito de 1998 em vigor, e $y(d=0)$ como o valor de y que seria observado caso o código não estivesse em vigor, temos que:

$$\log y(d=1) = \beta_0 + d_nco_98_t + \beta_1 \log(\text{Educ}_{it}) + \beta_2 \log(\text{PIB}_{it}) + \beta_3(\text{Est_Priv}_{it}) + \beta_4(\text{REV}_{it}) + ? + a_i + u_{it},$$

enquanto

$$\log y(d=0) = \beta_0 + d_nco_98_t + \beta_1 \log(\text{Educ}_{it}) + \beta_2 \log(\text{PIB}_{it}) + \beta_3(\text{Est_Priv}_{it}) + \beta_4(\text{REV}_{it}) + a_i + u_{it}.$$

Subtraindo a segunda equação da primeira, obtemos então

$$\log y(d=1) - \log y(d=0) = ?.$$

Portanto,

$$\exp(\log y(d=1) - \log y(d=0)) = \exp(?)$$

$$\Leftrightarrow \exp\left(\log \frac{y(d=1)}{y(d=0)}\right) = \exp(?)$$

$$\Leftrightarrow y(d=1) = \exp(?) * y(d=0)$$

$$\Leftrightarrow y(d=0) = y(d=1)/\exp(?).$$

Não sabemos o valor do contrafactual $y(d=0)$ e o valor de $?$, mas sabemos o valor de $y(d=1)$ e podemos utilizar o valor estimado de $?$ para estimar $y(d=0)$:

$$\hat{y}(d=0) = \frac{y(d=1)}{\exp(\hat{g})}.$$

Procedimento análogo se aplica aos cálculos dos impactos da privatização das rodovias federais e da implementação dos REV's. Por exemplo, MG é um estado que tem 0,55 da malha rodoviária federal privatizada. O valor estimado de y caso MG não tivesse nenhuma rodovia federal privatizada seria:

$$\hat{y}(\text{Est_Priv} = 0) = \frac{y(\text{Est_Priv} = 0,55)}{\exp(0,55 \hat{b}_3)}$$

Considere o ES que é um estado que tinha 4 REV's instalados em 2004. O valor estimado de y caso ES não tivesse REV's instalado nas rodovias federais seria:

$$\hat{y}(\text{REV} = 0) = \frac{y(\text{REV} = 4)}{\exp(4 \hat{b}_4)}$$