

Insper Instituto de Ensino e Pesquisa

Faculdade de Economia e Administração

Thomas Ponsano Crellis

**Análise do impacto de políticas de limites de velocidade no número
de acidentes trânsito na União Europeia.**

São Paulo

11/11/2018

Thomas Ponsano Crellis

Análise do impacto de políticas de limites de velocidade no número de acidentes trânsito na União Europeia.

Monografia apresentada ao curso de Ciências Econômicas, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel do Insper Instituto de Ensino e Pesquisa.

Orientadora: Prof. Dra. Luciana Yeung – Insper

São Paulo

2018

Crellis, Thomas Ponsano

Análise do impacto de políticas de limites de velocidade no número de acidentes trânsito na União Europeia.

37p

Monografia: Faculdade de Economia e Administração. Insper Instituto de Ensino e Pesquisa.

Orientadora: Prof. Dra. Luciana Yeung

1.Limites de Velocidade 2. *Enforcement* 3. Acidentes

Thomas Ponsano Crellis

Análise do impacto de políticas de limites de velocidade no número de acidentes trânsito na União Europeia.

Monografia apresentada à Faculdade de Economia do Insper, como parte dos requisitos para conclusão do curso de graduação em Economia.

Examinadores

Prof. Dra. Luciana Yeung - Insper
Orientadora

Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de agradecer a Deus por sempre me acompanhar e tornar esta jornada possível. Agradeço à minha orientadora, Luciana, por toda a atenção, paciência e dedicação em lecionar e ajudar não somente a mim, mas a todos os seus alunos. Reitero aqui, minha profunda admiração. Também gostaria de agradecer ao professor Sérgio Martins por toda a ajuda, tornando possível a conclusão deste trabalho. Assim como ao Insper, por fornecer toda a infraestrutura e conhecimento necessário para formar ótimas pessoas e excelentes profissionais.

Aos meus pais e avós agradeço por tornarem possível a aventura de estudar em uma renomada instituição de ensino, e além disso, me ensinarem sobre a vida e moldarem o meu caráter. À minha irmã por estar presente. À minha namorada por toda a paciência e tolerância. Por fim, agradeço a todos os familiares e amigos por todo apoio e incentivos.

Resumo

Crellis, Thomas Ponsano. Análise do impacto de políticas de limites de velocidade no número de acidentes trânsito na União Europeia. São Paulo, 2018. 37p Monografia – Faculdade de Economia e Administração. Insper Instituto de Ensino e Pesquisa.

Existe uma grande preocupação atual dos governos com o número de acidentes e de fatalidades no trânsito. Uma alternativa para reduzir a quantidade de acidentes é a implementação de limites de velocidade nas vias. Entretanto, a literatura apresenta um desacordo a respeito de qual é o verdadeiro efeito da implementação dos limites de velocidade. Dessa forma, este estudo tem como objetivo avaliar os impactos de mudanças nos limites de velocidade por meio da metodologia de painéis, utilizando dados de trânsito, economia e *enforcement* da União Europeia entre o período de 2007 e 2016.

Palavras-chave: limites de velocidade, *enforcement*, acidentes.

Abstract

Crellis, Thomas Ponsano. Analysis of the impact of speed limit policies on the number of traffic accidents in the European Union. São Paulo, 2018. 37p. Monograph – Faculdade de Economia e Administração. Insper Instituto de Ensino e Pesquisa.

There is a great current concern of governments with the number of accidents and fatalities in traffic. An alternative to reduce the number of accidents is the implementation of speed limits. However, the literature presents a disagreement on what is the true effect of implementing speed limits. Thus, this study aims to evaluate the impacts of changes in speed limits through the panel methodology, using transit, economy and enforcement data of the European Union between 2007 and 2016.

Key Words: Speed limits, *enforcement*, *accidents*

Lista de ilustrações

Figura 1 – Número de Acidentes de trânsito na União Europeia entre os anos de 2007 e 2016.....	18
Figura 2 – Evolução ao longo do tempo da taxa de crescimento da taxa de acidentes para os países da União Européia.....	22
Figura 3 – Evolução ao longo do tempo dos limites de velocidade para os países da União Européia.....	22

Lista de tabelas

Tabela 1 – Especificações de variáveis independentes e dependentes.....	20
Tabela 2 – Sinais esperados de cada variável.....	20
Tabela 3 – Análise descritiva das variáveis.....	21
Tabela 4 – Resumo do resultado das estimações por Efeitos Fixos e Efeitos Aleatórios.....	27
Tabela 5 – Resumo do resultado da estimação do modelo final.....	28

Sumário

1. Introdução	10
2. Revisão de literatura.....	11
3. Metodologia.....	15
3.1. Modelo teórico.....	15
3.2. Variáveis	18
3.2.1 Variável resposta.....	18
3.2.2 Variáveis explicativas.....	18
3.2.3 Variáveis controle.....	20
3.4. Análise descritiva.....	21
4. Modelo econométrico.....	23
4.1. Método de painéis.....	23
4.2. Passeio aleatório.....	23
4.3. Modelos tradicionais.....	24
4.4. Endogeneidade.....	25
4.5. Equação econométrica.....	26
5. Resultados.....	26
5.1. Resultados.....	26
5.2. Limitações do modelo.....	29
6. Conclusão.....	30
Referências.....	32
Anexos.....	34

1. INTRODUÇÃO

Estima-se que em 2015 1,09 milhões de acidentes envolvendo danos pessoais ocorreram dentro da União Europeia, culminando em aproximadamente 1,44 milhões de feridos e mais de 26 mil fatalidades¹. A Organização Mundial da Saúde (OMS) aponta que em 2012 a principal causa de morte para jovens entre 15 e 29 anos foi lesão por acidentes de trânsito, representando um empecilho para as economias nacionais².

A redução de cinquenta por cento no número de mortes e feridos globais causados por acidentes em estradas é tido como um objetivo de desenvolvimento sustentável (ODS) até o ano de 2020, visando promover o bem-estar para a população mundial³. Dessa forma, muitos países têm adotado metas para a diminuição no número de incidentes. Entretanto, ainda é obscura a maneira mais eficiente de alcançar este intuito.

Certos países, como a Espanha em 2011, promoveram mudanças nos limites máximos de velocidade em suas autoestradas. Os limites têm como propósito informar os motoristas a velocidade máxima na qual é seguro e apropriado transitar sobre condições ideais de pista, clima e tráfego (SAYED e SACCHI, 2016). Assim, a velocidade é interpretada como um dos principais fatores que influenciam o risco de acidentes. Aproximadamente 30% das fatalidades de trânsito estão relacionadas com a velocidade de uma das partes envolvidas, gerando um custo econômico para a sociedade estimado em 40 bilhões de dólares (FITZPATRICK et. Al., 2015). Alguns autores afirmam que o aumento no limite máximo de velocidade das autoestradas pode de fato moderar a quantidade de acidentes (LAVE e ELIAS, 1997), uma vez que a mudança pode atrair motoristas que dirigiam em estradas menos seguras. Por exemplo, em 1995 os Estados Unidos aprovaram uma lei que aumentou o limite de velocidade nas interestaduais; os

¹ Disponível em:

<https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/observatory/historical_evol.pdf> Acesso em: 24 mar 2018

² Disponível em: <http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_traffic/en/> Acesso em: 24 mar 2018

³ Disponível em: <<http://www.agenda2030.com.br/ods/3/>> Acesso em: 24 mar 2018

opositores à alteração previam um aumento no número de acidentes na faixa de 10% a 14%, entretanto, o observado foi uma queda de 0,7% em 1996 (LAVE e ELIAS, 1997).

Outro fator com grande potencial para restringir a quantidade de acidentes automobilísticos é o *enforcement* aplicado às existentes e novas leis, como a proibição de conduzir um veículo contendo uma certa quantidade de álcool no sangue. Levitt e Porter (2001), mostram que um motorista com álcool no sangue aumenta em 7 vezes a probabilidade de ocorrer um acidente. Multas que devem ser pagas independentemente da ocorrência, também podem gerar impacto na quantidade de acidentes, uma vez que impõe ao condutor a total expectativa de arcar com os custos do incidente caso o mesmo não siga um padrão de precaução (GOERKE, 2003). Assim, a combinação da multa e de um *enforcement* consistente podem culminar com a contração desejada.

Visto que existam altos custos ligados as externalidades geradas por acidentes de trânsito, é de comum interesse encontrar a melhor maneira de mitigar a quantidade de incidentes existentes. Logo, dentro dos diferentes debates e contribuições dos autores citados acima, este estudo tem como objetivo avaliar, por meio de uma análise econométrica de painel, o impacto e a eficiência das diferentes políticas adotadas para diminuir o número de acidentes nas nações pertencentes à União Europeia. O trabalho continuará com uma revisão de literatura na seguinte seção, seguido de uma apresentação da metodologia, dos dados e da análise quantitativa e, por fim, apresentação dos resultados e conclusões.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Existe uma vasta literatura a respeito do impacto de medidas de segurança. Estudos a respeito de leis que obrigam o uso do cinto de segurança apontam que a medida pode salvar vida no trânsito (Veja: EVANS & GRAHAM, 1991; LEVITT & PORTER, 1999). Além disso, comprovam que as leis que restringem a quantidade de álcool no sangue do motorista levam a um menor número de fatalidades no trânsito (Veja mais em: Tavares, Mendes e Costa, 2008).

Entretanto, desde que os Estados Unidos impuseram limites de velocidade em suas interestaduais em 1974, visando reduzir o gasto energético de forma a diminuir os impactos dos choques do petróleo, uma série de estudos foram realizados com o objetivo de avaliar as consequências da imposição ou alteração nos limites. Todavia, os resultados encontrados não atingem um consenso. Portanto, nesta seção, este estudo visa elucidar os principais pontos dos estudos prévios em ordem cronológica, de forma a contribuir para o esclarecimento de variáveis e pontos importantes para o prosseguimento do trabalho.

Lave (1985), aponta em seu estudo que a existência de variância entre as velocidades dos motoristas, isto é, motoristas que dirigem em altas velocidades convivendo com motoristas que dirigem em baixas velocidades em uma mesma via, são os responsáveis por um número alto de acidentes. O autor encontra evidências, por meio de dados estaduais americanos de 1981 e 1982, de que tanto os motoristas que dirigem em altas velocidades quanto os que dirigem em baixas velocidades impõe externalidades negativas para a sociedade. Além disso, afirma que para reduzir o número de fatalidades é importante que todos os indivíduos dirijam sob a mesma velocidade, não importando qual seja ela. Sendo assim, o grande desafio para as autoridades é reduzir a variância entre as velocidades praticadas, uma vez que motoristas “lentos” são tão danosos quanto motoristas “rápidos”. Já Richard Fowles e Peter Loeb (1989) encontraram que tanto a variância na velocidade quanto a velocidade média são positivas e significantes, porém, Lave impõe uma série de críticas ao modelo de Fowles e Loeb, questionando quanto as variáveis dependentes escolhidas.

Um estudo feito por Forester, Mgnown e Singel (1900), desejam estimar o efeito da redução dos limites no número de fatalidades. Para isso, desenvolvem um modelo econômico para as fatalidades de trânsito. Segundo os autores, a probabilidade de um motorista sofrer uma fatalidade no trânsito depende do grau de segurança praticado pelo motorista, do trânsito e as condições da via. Além disso, praticar uma direção segura é vista como uma atividade de consumo, sendo demandada pelos indivíduos de acordo com suas preferências, renda e preços relativos. Logo, o custo de oportunidade de praticar hábitos de direção segura, ou seja, o valor do tempo gasto dirigindo

vagarosamente, evitando riscos e praticando direção defensiva, é expresso pela renda (ou salário) real. Portanto, por meio do efeito substituição, um aumento na renda levaria a uma redução no tempo dirigindo de maneira segura e, à vista disso, um aumento no número de acidentes. A segurança é um bem comum, assim, uma elevação na renda culminaria em uma maior adesão de segurança, reduzindo o número de acidentes. Então, o impacto da renda real no número de acidentes é ambíguo. Os autores também consideram a quantidade de jovens dirigindo como um possível fator determinante para o número de fatalidades, uma vez que motoristas mais jovens tendem a tomar mais riscos e serem mais resilientes quando machucados. Mais uma vez o efeito é ambíguo.

Dessa forma, os autores elaboram um modelo de três equações recursivas. A primeira equação tem como objetivo determinar a velocidade média dos motoristas, levando em conta fatores como renda real, número de milhas viajadas, idade dos condutores, número de motocicletas em relação ao número de carros, preço da gasolina e uma variável *dummy* representando a imposição do limite de velocidade. Após encontrar a velocidade média, utiliza-se essa variável para atinar a concentração de motoristas que dirigem entre 45 e 60 milhas por hora (C_t). Por fim, a última equação tem como objetivo encontrar o número de fatalidades de trânsito, considerando a renda real, o número de milhas viajadas, idade, velocidade média, concentração de motoristas (C_t), e mais uma vez a variável que representa a alteração nos limites de velocidade.

Assim, utilizando dados temporais americanos do intervalo entre os anos de 1952 a 1979, os autores encontram indícios de que o valor do tempo domina o efeito renda e leva a uma redução nos hábitos de segurança quando existe um aumento da renda real. Além disso, controlando todos os outros fatores, a imposição de um limite de velocidade aumenta o número de acidentes. Porém, a imposição do limite leva a uma queda na velocidade média, que por sua vez reduz o número de acidentes. Avaliando o efeito líquido da imposição do limite, os autores concluem que o limite de velocidade reduz o número de acidentes, visto que a diminuição na velocidade média compensa o aumento no número de acidentes. Por fim, concluem que a imposição do limite de velocidade de 55 milhas por hora em 1974 levou a uma redução de 7,466 vidas por ano.

Em 1987, os Estados Unidos permitiram que os estados elevassem os limites de velocidade para 65 milhas por hora nas interestaduais. Assim, LAVE & ELIAS (1997) avaliam a alteração sobre uma perspectiva de alocação de recursos: a possibilidade de dirigir de forma mais rápida realoca o tráfego de vias suplementares para as interestaduais mais seguras, assim como leva a realocação da patrulha rodoviária do controle de velocidade para outras atividades ligadas à segurança. Dessa forma, a alteração nos limites de velocidade deve considerar não somente as modificações nos números de acidentes da via, mas sim de forma mais ampla, como por exemplo por estados. Primeiramente, os autores testaram se de forma geral, nos Estados Unidos, estava acontecendo uma tendência de redução nos números de acidentes, fato que não foi observado. Assim, usando dados de séries temporais mensais para os estados americanos, modelaram a taxa de fatalidade como função de uma tendência de longo prazo, exposição do motorista, leis de cinto de segurança e fatores econômicos. Obtendo resultados nos quais a taxa de fatalidade nos estados caía na faixa de 3,4% até 5,2% para os estados que adotaram o limite de velocidade de 65 milhas por hora. Logo, os autores concluem que o efeito positivo da alocação de recursos foi mais do que suficiente para contrabalancear os efeitos negativos do aumento de velocidade nas interestaduais americanas.

Por fim, o estudo mais recente, elaborado por Ritchey & Nicholson-Crotty (2011), avalia que os resultados apresentados até então a respeito da imposição nos limites de velocidade são ambíguos pois não consideraram um importante componente da implementação das leis a respeito do limite de velocidade. Mais especificamente, eles não controlaram adequadamente a dissuasão do efeito do *enforcement* e sanções. Logo, por meio de uma análise em painel no nível estadual americano entre o período de 1990 e 2006 encontraram que limites de velocidade mais baixos podem salvar um número significantes de vidas. Além disso, encontraram que o impacto é significativamente superestimado para limites de 65 milhas por hora e significativamente subestimado para limites de 75 milhas por hora, quando o *enforcement*, penalidades e a interação entre os dois são excluídos. Também encontraram que multas tem um impacto modesto no número de fatalidades, a menos que exista um número significativo de policiais empenhados no *enforcement* do limite de velocidade. Assim, finalizam concluindo por

meio da teoria da dissuasão imposta por eles que a importância da severidade da sanção depende da percepção da certeza de punição.

Tendo em vista as limitações dos estudos passados, assim como a maior disponibilidade de informações atuais, o estudo tem como objetivo avaliar o impacto de alterações nos limites de velocidades, tal como das medidas de enforcement aplicadas de forma a encontrar um consenso com relação a estas políticas de trânsito.

3. METODOLOGIA

3.1 Modelo teórico

O modelo teórico por trás da dinâmica de alterações dos limites de velocidade pode ser explicado pela Teoria econômica do Crime, Becker (1968). Segundo o autor, as leis funcionam como uma sinalização para os agentes racionais que são incentivados por elas a terem determinado comportamento. Entretanto, a obediência às leis não é nenhuma garantia, fazendo com que os agentes públicos e privados gastem recursos tentando prevenir as ofensas e apreender os ofensores. Dessa forma, ele estabelece um modelo para realizar previsões do comportamento criminal e, assim, realizar melhores inferências nas políticas públicas.

A principal ideia que fundamenta o modelo econômico do crime é a de que indivíduos racionais somente irão cometer crimes após uma ponderação entre os benefícios do ato ilícito e os benefícios fornecidos pelo mesmo. Logo, o indivíduo enfrenta uma decisão, optando pelo crime quando sua função de utilidade é maximizada, levando em conta os potenciais ganhos do crime, o custo da punição, a probabilidade de ser punido, assim como o custo de oportunidade da atividade criminosa.

A equação matemática que melhor descreve o modelo de Becker⁴ é dada por:

$$\pi = y(x) - f(x) * p(x)$$

no qual:

⁴ Modelo de teoria econômica do Crime simplificado por Cooter e Ulen (2005)

π : é o payoff líquido do crime

x : é o tamanho (gravidade) ou a quantidade de crimes

y : é o ganho gerado em função do tamanho ou quantidade de crime

f : é o custo da punição em termos monetários

p : é a probabilidade de cometer um crime e ser punido

$f(x) * p(x)$: é o valor esperado da punição e as derivadas indicam aumento dos valores para mudanças marginais em x .

A relação entre as alterações dos limites de velocidade e a teoria do crime é explicada pelo fato de que o indivíduo transitará em uma velocidade maior do que prevista em lei se os benefícios gerados por meio da infração forem maiores do que o valor esperado da punição. Como benefícios gerados por uma velocidade maior destacam-se: o tempo de deslocamento reduzido, assim como a sensação de adrenalina e velocidade. As multas de excesso de velocidade, o custo de oportunidade de se envolver em um acidente, o custo atrelado a incapacidades provenientes de acidentes, assim como os custos de danos no carro correspondem ao custo da punição por exceder o limite de velocidade. Estes custos devem ser multiplicados pela probabilidade de ser pego infringindo as leis, assim como a probabilidade de se envolver em um acidente (incluindo possibilidade de lesões), resultando no custo esperado de punição. A partir dessas ponderações, o condutor toma a sua decisão de transitar acima ou não da velocidade permitida, tendo como base em uma análise econômica e racional de custo benefício.

Portanto, o limite previsto em lei, assim como as punições e a probabilidade de ser pego cometendo a atividade criminosa interferem na velocidade escolhida pelos condutores. Dessa forma, este estudo visa averiguar o impacto dos limites de velocidade na quantidade de acidentes, para assim avaliar a melhor opção para reduzir os mesmos.

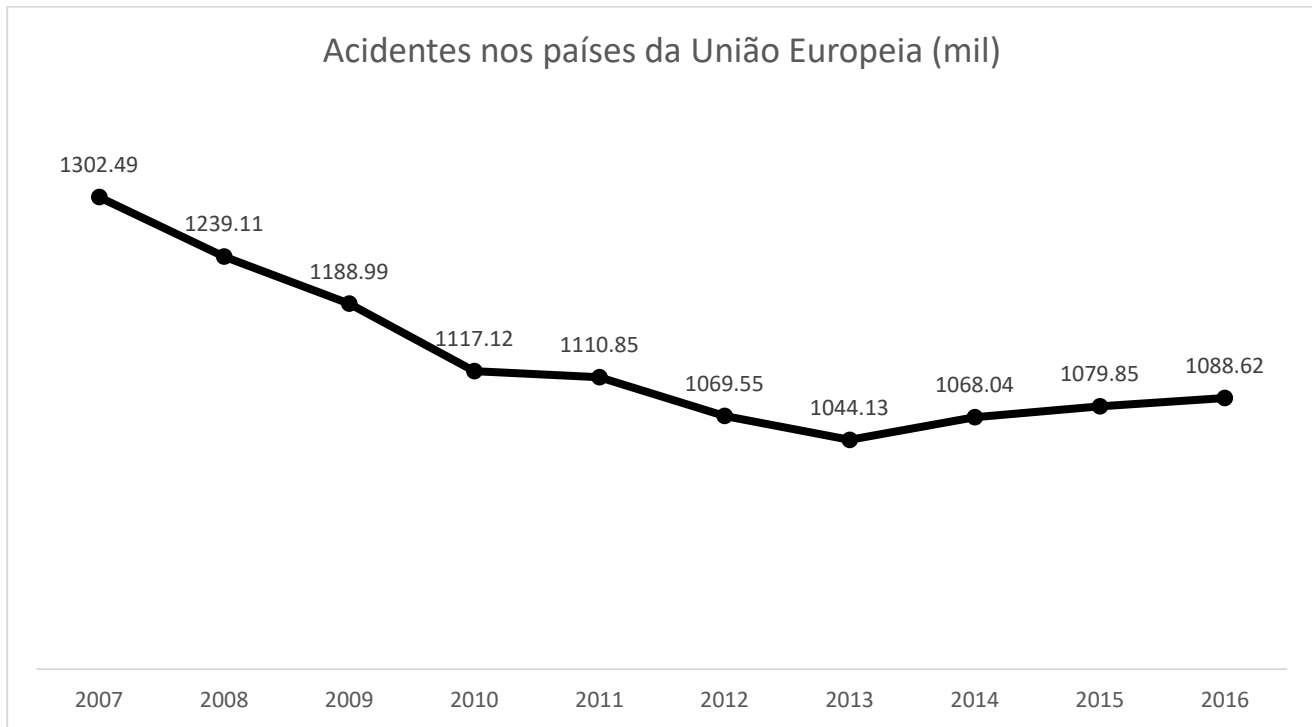
3.2 Amostra e dados

Com o objetivo de responder as indagações propostas pelo estudo, foram agrupados dados de trânsito da União Europeia durante o período de 2007 até 2016. A amostra contém dados de todos os países pertencentes a união europeia no ano de 2016, exceto para a Croácia que somente possui dados a partir do ano de 2011, sendo assim, o país foi excluído da amostra. Além disso, o Reino Unido fará parte da análise, uma vez que esse se encontra em processo de saída do bloco.

A amostra tem como fonte o CARE (*EU Road accidents database*) e publicações nacionais pelos respectivos departamentos de trânsito, sendo agrupados e publicados pela Comissão Europeia no Diretório Geral para Mobilidade e Transporte. Além disso, variáveis econômicas que serão utilizadas como controle para o modelo econométrico serão fornecidas pela base de dados da Eurostat e dos respectivos *websites* dos bancos centrais.

Portanto, com base nas informações acima, a amostra final de dados contará com estatísticas de trânsito, econômicas e de *enforcement* das leis de cada nação. Sendo assim, a base de dados irá dispor de observações de 27 países ao longo de 10 anos (período entre 2007 e 2016). Logo, será utilizada a metodologia de painéis para estimar as regressões.

Conforme exibido na figura 1, houve uma média de 1130,85 mil acidentes de trânsito por ano nas nações da União Europeia entre 2007 e 2016. Saliendo que o número de acidentes por ano na União Europeia vêm contraindo ao longo dos anos desde 2007, sendo que nos últimos três anos o processo de queda se estagnou, não ocorrendo redução do índice.



Fonte: CARE

Figura 1 – Número de acidentes de trânsito na União Europeia entre os anos de 2007 e 2016.

3.3 Variáveis

3.3.1 Variável resposta?

O número de acidentes nos países da União Europeia decaiu substancialmente ao longo dos últimos 10 anos, ficando atrás de países como Estados Unidos e Rússia⁵. Dessa forma, este número será utilizado como variável resposta para estimar os efeitos dos limites de velocidade e *enforcement*. O valor será ponderado pelo número de habitantes (em milhares), compondo dessa forma a taxa de acidentes a cada mil habitantes. Faz-se importante esta modificação para que exista um controle do efeito de crescimento ou decréscimo populacional.

3.3.2 Variável explicativa

⁵ Disponível em: <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/pocketbook2017.pdf>

Tendo em vista que o objetivo principal do estudo é medir o impacto causado na taxa de acidentes pela alteração dos limites de velocidade juntamente com o *enforcement* empregado, será utilizado as seguintes variáveis explicativas principais.

Primeiramente, os limites máximos de velocidade para as rodovias dos países europeus (pertencentes à União Europeia) durante os anos de 2007 e 2016. A Suécia, por exemplo, reduziu o limite de velocidade nas rodovias visando reduzir o consumo de combustíveis. É através dessas mudanças que o estudo visa enxergar o impacto na taxa de acidentes.

O efeito de alterações nos limites de velocidade é considerado ambíguo. Como abordado previamente, um maior limite de velocidade pode proporcionar maior risco de acidentes aos condutores, uma vez que pelas leis da física, uma velocidade maior gera maiores riscos ao se conduzir um veículo. Por outro lado, os autores Charles Lave e Patrick Elias (1994), observaram que o aumento dos limites de velocidade levava a uma redução do número de fatalidades, uma vez que existiria um movimento migratório de vias menos seguras para as vias que tiveram a alteração. A alteração dos limites gera atratividade para via pois permite que a viagem seja realizada de forma mais rápida, além de sinalizar que é uma via mais segura.

Tendo em vista medir o *enforcement* aplicado nestes países, será utilizado uma um índice denominado *reliability on police services* (confiabilidade nos serviços policiais) calculado pelo fórum econômico mundial e publicado no *The Global Competitiveness Report*. O índice varia de zero a sete, sendo que quanto maior a nota, mais confiáveis são os serviços de polícia. Existe uma grande dificuldade para encontrar dados de *enforcement* confiáveis e uniformes para todos os países da amostra, logo a utilização de uma *proxy*, mesmo que imperfeita, faz-se necessária.

É esperado que um aumento do *enforcement* diminua o número de acidentes, devido ao fato de que uma diminuição na quantidade de infratores mitiga a probabilidade de acidentes. A razão para que exista uma diminuição no número de infratores é o aumento do custo de cometer a infração.

3.3.3 Variáveis de controle

A utilização de variáveis de controle para o modelo o torna mais confiável e mais preciso. O estoque de veículos registrados, incluindo veículos de passageiros, ônibus, veículos para transporte de bens e veículos de duas rodas, também será utilizado. Mais uma vez, o valor será ponderado pelo número de habitantes, gerando a variável estoque de carros a cada mil habitantes. Uma vez que um número maior de veículos, aumenta a probabilidade de ocorrer um acidente, é esperado que esta variável afete de forma positiva a taxa de acidentes.

O *Road Quality Score* é um índice estabelecido pelo *World Economic Forum Global Competitiveness Report* que medirá a qualidade das estradas europeias em um índice que vai de 0 (extremamente subdesenvolvido) a 7 (extensivo e eficiente). A qualidade da via está relacionada com a taxa de acidentes, uma vez que, com condições melhores, os riscos de acidentes gerados por falhas de estruturas decrescem. Sendo assim, espera-se um sinal negativo para a qualidade das estradas.

Além disso, o PIB per capita dos países europeus será utilizado. Esta variável terá como objetivo medir se o fato de os indivíduos terem renda elevada faz com que tomem menos riscos no trânsito, dirigindo de maneira mais segura, uma vez que o custo de oportunidade se torna maior. Logo, o sinal esperado para essa variável é negativo.

Variável	Abreviatura	Fonte	Unidade
Taxa de acidentes	tx_acd	CARE	número de pessoas / habitantes (mil)
Limite de Velocidade	spd	CARE	km/hora
Qualidade das Rodovias	road	World Economic Forum	Índice variante entre 0 e 7
Conf. dos Serviços Policiais	pol	World Economic Forum	Índice variante entre 0 e 7
Estoque de Veículos	txstock	CARE	veiculos / habitantes (mil)
PIB per Capita	gdpc	Eurostat	em euros

Tabela 1 – Fonte: autor

Variável	Sinal Esperado
Limite de Velocidade	+/-
Qualidade das Rodovias	-
Conf. dos Serviços Policiais	-
Estoque de Veículos	+
PIB per Capita	-

Tabela 2 – Fonte: autor

3.4 Análise descritiva

A tabela a seguir contém o número de observações, média, desvio padrão, mínimo e máximo para cada variável que será utilizada no modelo final. Cabe ressaltar que a variável resposta foi transformada em logaritmo natural e teve tomada a primeira diferença. A taxa de estoque, assim como o PIB per capita, foram transformadas em logaritmo natural.

Variável	Observações	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
1° Diferença Ln Taxa de acidentes	243.00	0.52	1.52	-3.00	4.15
Limite de Velocidade	270.00	122.37	12.95	80.00	150.00
Qualidade das Rodovias	270.00	4.76	1.26	1.90	6.70
Conf. dos Serviços Policiais	270.00	5.12	0.93	2.95	9.78
Ln Estoque de Veículos	270.00	-0.78	0.24	-1.79	-0.39
Ln PIB per Capita	270.00	9.94	0.65	8.25	11.43

Tabela 3 – Fonte: autor

O primeiro gráfico mostra a evolução do crescimento da taxa de acidentes para os países europeus. O segundo, mostra a evolução dos limites de velocidade para os mesmos países.

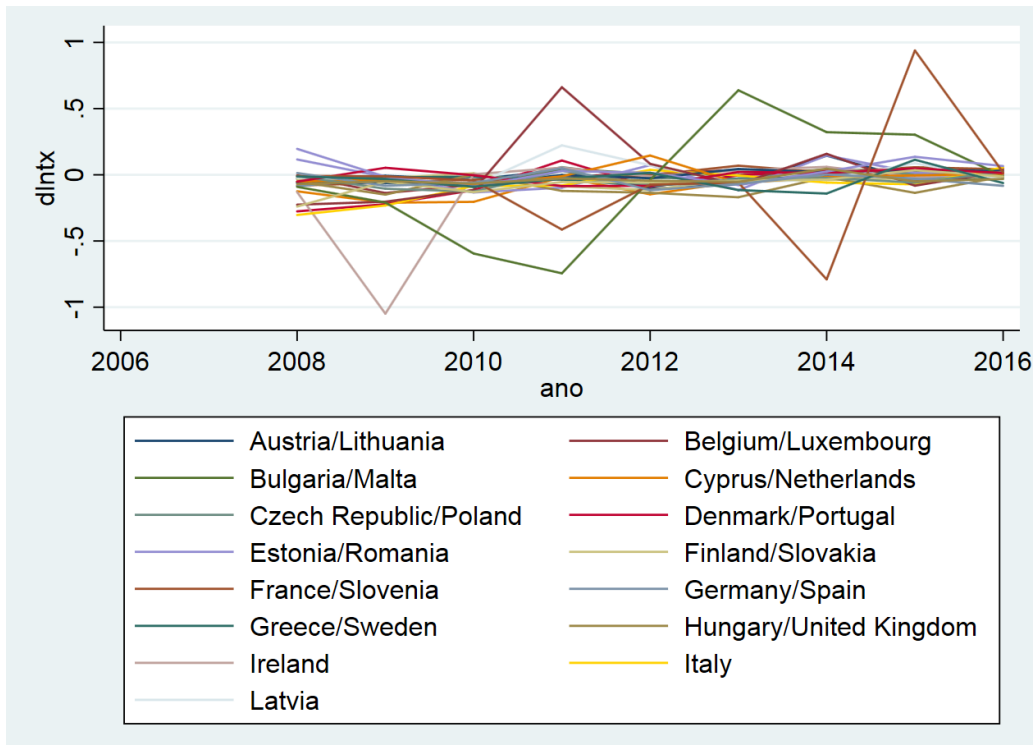


Figura 2 – Fonte: CARE

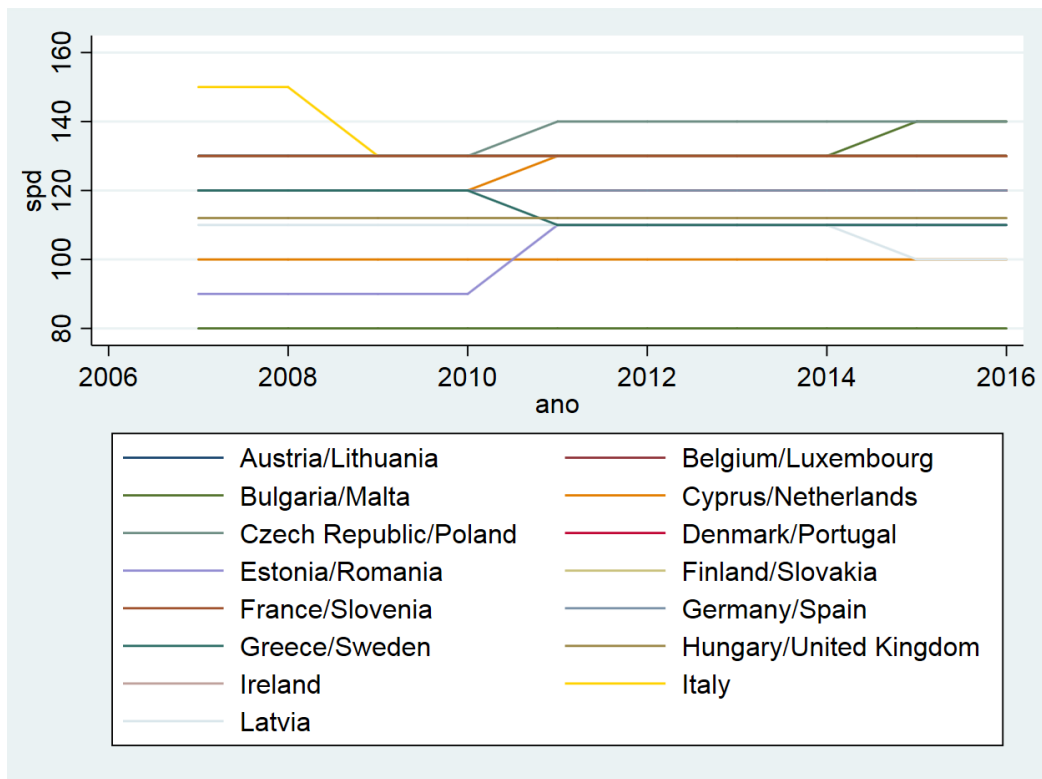


Figura 3 – Fonte: CARE

4. MODELO ECONOMÉTRICO

4.1 Método de painéis

A disposição dos dados contendo dados de *cross-section* para vários países ao longo do tempo, favorece a análise de dados em painel. Segundo Wooldridge, um conjunto de dados em painel consiste em uma série temporal para cada registro do corte transversal do conjunto de dados (WOOLDRIDGE, 2002). A análise possui uma série de vantagens, como por exemplo: por meio de múltiplas observações amostrais, pode-se controlar certas características não observáveis de cada um dos países causadas por uma heterogeneidade entre os mesmos, dessa forma, a análise permite variáveis específicas para cada país. Além disso, muitas políticas não tem impacto no mesmo instante de tempo em que essas ocorrem, muitas vezes o efeito é observado com alguma defasagem, dessa forma, o painel faz-se um instrumento muito útil, permitindo dados mais informativos, uma maior variabilidade e uma possibilidade menor colinearidade.

4.2 Passeio aleatório

Para iniciar a análise, outra variável que foi cogitada para integrar o modelo como variável explicativa foi a taxa de acidentes defasada em um instante de tempo. A taxa de acidentes no período anterior pode afetar a taxa de acidentes no período atual, uma vez que influência diretamente o comportamento e a conduta dos motoristas e das políticas públicas. Um condutor pode ter um grau menor de atenção e segurança ao dirigir quando não existem muitos acidentes pertinentes em sua memória, assim como um número alto de acidentes pode fazer com que condutor esteja mais atento e dirija com mais segurança e atenção. Esta variável também afeta a maneira que as políticas públicas são conduzidas, afetando diretamente o número de acidentes atualmente. Logo, é esperado que uma alta taxa de acidentes no instante prévio, tenha impacto negativo no instante atual.

Para uma abordagem na qual a variável resposta é afetada por ela mesma defasada, os painéis dinâmicos tornam-se estimadores melhores. O trabalho de Arellano e Bond (1991), inspirado em Anderson e Hsiao (1981), propõe um método de estimação no contexto de método generalizado de momentos, visando gerar estimativas mais

eficientes. A utilização do estimador proposto pelos autores ocorre em situações em que existe um número elevado de indivíduos (N) e poucos instantes de tempo (T), uma variável dinâmica dependendo das suas realizações do passado e variáveis não estritamente exógenas, assim como efeitos individuais fixos, que implicam em uma heterogeneidade não observada. Logo, a abordagem de Arellano e Bond é alinhada com o estudo dos limites de velocidade, uma vez que a taxa de acidentes é dinâmica; existem variáveis endógenas no modelo e uma heterogeneidade não observada, dado que os indivíduos da amostra não foram escolhidos aleatoriamente; e acima de tudo o cenário é de um número relativamente elevado de indivíduos em relação aos instantes de tempo.

Entretanto, o modelo supracitado apresentou resultados que indicavam uma forte possibilidade da taxa de acidentes se tratar de um passeio aleatório. O coeficiente da variável defasada apresentou valor muito próximo a 1 (anexo 8.4). Além disso, quando observamos o gráfico de dispersão (anexo 8.5) relaciona a taxa de acidentes com a taxa de acidentes defasada em um período, o comportamento de passeio aleatório se confirma.

Para lidar com este problema foi tomada a primeira diferença, o que possibilitará a estimação da série com o custo de perda de uma observação temporal. Além disso, por não mais ser utilizada a taxa de acidentes por si só, mas sim o crescimento da taxa de acidentes, o modelo de Arellano e Bond passa a não ser mais adequado, devendo-se retomar a abordagem mais tradicional para modelagem de painéis.

4.3 Modelos tradicionais

Um problema corriqueiro em regressões por método de painéis é a endogeneidade (DIAZ, 2012), que ocorre quando existe correlação entre alguma variável independente com o termo de erro, ou seja, *Covariância* (x_t, ϵ) $\neq 0$. A utilização de um modelo de efeitos fixo (EF) lida com esse problema, uma vez que elimina os efeitos não observados para o *i*-ésimo país, e para o *i*-ésimo ano, utilizando a suposição: $E(\epsilon_{it} | x_{it}, \alpha_i, c_t) = 0$.

A existência de correlação entre os efeitos individuais não observados com as variáveis independentes é permitida no modelo de Efeitos Fixos, porém se os efeitos forem puramente não correlacionados com as variáveis independentes, é aconselhável

a utilização do modelo de Efeitos Aleatórios, uma vez que a modelagem será feita com estes efeitos aleatoriamente distribuídos entre as observações.

O teste de Hausman é utilizado para a verificação de qual modelo é mais adequado. A hipótese nula do modelo é de que não existe correlação entre α_i e X_1, \dots, X_k , sendo mais apropriado a utilização do modelo de efeitos aleatórios. Já a hipótese alternativa diz que existe a presença de correlação entre α_i e X_1, \dots, X_k , neste caso, o modelo de efeitos aleatórios são mais apropriados.

Apesar de ser o método mais adequado, deve-se atentar a algumas possíveis falhas no modelo de painéis, sendo alguns deles: uma margem para viés de seleção, ou seja, um erro com a escolha dos dados; pode existir uma correlação entre as variáveis únicas do indivíduo e as variáveis independentes; e uma má especificação das variáveis pode levar à um viés de heterogeneidade.

4.4 Endogeneidade

A endogeneidade é um problema muito comum em análises econométricas, e o conjunto de dados deste estudo não foge deste problema. Quando uma variável explicativa é correlacionada com o termo de erro estocástico, esta variável é dita como endógena. A utilização da dessas variáveis no modelo o torna enviesado e inconsistente, assim, é necessário instrumentar estas variáveis, de forma que a variável instrumental seja relacionada com a variável endógena, mas não relacionada com o termo de erro.

Primeiramente podemos destacar a endogeneidade da variável *enforcement*, uma vez que existe uma simultaneidade entre a taxa de acidentes e o grau de confiabilidade dos serviços policiais. Isto ocorre porque uma taxa de acidentes elevada reduz confiança da população nas autoridades, uma vez que estas permitem um número de acidentes elevados. Por outro lado, um baixo grau de confiabilidade faz com que os indivíduos estejam mais propícios a infringir a lei, dado que a possibilidade de punição é menor.

Além disso, podemos notar outra simultaneidade que ocorre entre a taxa de acidentes e a qualidade das estradas. Um maior número de acidentes pode fazer com que o governo foque investimentos em infraestrutura para melhorar a qualidade das vias, assim como um baixo índice de qualidade pode levar a um número maior de acidentes.

O mesmo raciocínio aplica-se a variável limite de velocidade. Um número menor de acidentes pode levar a uma frouxidão das leis, permitindo maiores velocidades, assim podendo estar relacionadas ao maior número de acidentes.

Para lidar com a endogeneidade o estudo fará uso das mesmas variáveis defasadas em um período de tempo como instrumentos, uma vez que se espera que a variável defasada seja correlacionada com a variável no instante de tempo atual, porém não relacionada com o termo de erro idiossincrático para o instante de tempo atual.

Quando as variáveis explicativas não são estritamente exógenas no método de painéis, as variáveis continuam podendo ser estimadas tanto por Efeitos Fixos ou por Efeitos Aleatórios. Porém, ambos os métodos assumem que os instrumentos para as variáveis explicativas devem ser estritamente exógenos quanto o efeito não observado. Para o modelo de Efeitos Aleatórios ainda é assumido que as variáveis instrumentais são não correlacionadas com o efeito não observado.

4.5 Equação econométrica

Com base nas variáveis disponíveis e nos principais pontos da metodologia de painéis, o modelo utilizado para o estudo e para a realização do teste de Hausman é apresentado pela seguinte equação:

$$dln\text{tx_acd}_{i,t} = \beta_1 * \text{spd}_{i,t-1} + \beta_2 * \text{road}_{i,t-1} + \beta_3 * \text{pol}_{i,t-1} + \beta_4 * \text{ln\text{txstock}}_{i,t} + \beta_1 * \text{lngdpc}_{i,t} + \varepsilon_i$$

onde ε_i é o termo de erro aleatório.

5. RESULTADOS

5.1 Resultados

Para realizar a estimação dos efeitos de uma alteração nos limites de velocidade na fatalidade de um país, será utilizado o software econométrico Stata. De forma a produzir estimações mais eficientes e visando reduzir a variabilidade da série, foi utilizada

a escala logarítmica nas seguintes variáveis: taxa de acidentes, taxa de estoque de veículos registrados e PIB per capita.

Como citado previamente, a definição do melhor método de estimação, seja por Efeitos Fixos ou por Efeitos Aleatórios, se dá pelo teste Hausman. Para que este teste seja realizado, estima-se o modelo por ambos os métodos e compara-se o resultado. Dessa forma, ambos os modelos foram estimados e o resultado é apresentado a seguir.

Variável	Efeito Fixo	Efeito Alatório
Limite de Velocidade	-0.00558	-0.00082
Qualidade das Rodovias	0.13000	0.02045
Conf. dos Serviços Policiais	-0.20721	-0.05068
Estoque de Veículos	-0.16470	-0.03312
PIB per Capita	0.38750	0.03804
R ²	0.04450	0.00540
Prob > F	0.00150	0.60780

Tabela 4 – Fonte: autor

Tomando como base os resultados encontrados acima, foi realizado o teste para definir qual seria o melhor método de estimação. O teste mostrou uma grande diferença no valor dos estimadores de efeito fixo e efeito aleatório, e de que a diferença nos coeficientes é não sistemática. Por meio de um p-valor igual a 0,0029 considerando 4 casas decimais, foi rejeitada a hipótese nula para o nível de 5% de significância, assim, para esse nível, a utilização do método de Efeitos Fixos será mais adequada. O resultado apresentado pelo teste é coerente, uma vez que se trata de um painel curto onde o número de indivíduos é grande e o número de observações temporais é pequeno (ainda mais considerando a perda de dois anos de observação devido a primeira diferença e a endogeneidade) e as extrações de corte transversal da amostra não foram escolhidas aleatoriamente de uma amostra maior, isto é, os indivíduos (países) contidos na amostra não foram aleatoriamente selecionados, mas sim os países integrantes da União Europeia (excluindo a Croácia). Como apontado pelo teste, o modelo escolhido para a estimação dos efeitos da alteração nos limites de velocidade foi o modelo de painéis de efeito fixo em dois estágios.

Os resultados finais do modelo são apresentados na tabela abaixo. As variáveis qualidade das vias, *enforcement* e PIB per capita foram relevantes para o modelo. Já as variáveis limite de velocidade e estoque de veículos registrados se mostraram irrelevantes.

Variável	Coefficiente	Erro Padrão	P-valor
Limite de Velocidade	-0.00558	0.00097	0.28500
Qualidade das Rodovias	0.13000	0.01541	0.02700
Conf. dos Serviços Policiais	-0.20721	0.02759	0.03800
Estoque de Veículos	-0.16470	0.05721	0.42200
PIB per Capita	0.38750	0.03595	0.00100

Tabela 5 – Fonte: autor

Para limites de velocidade, a não relevância do parâmetro pode ser atribuída à pequena quantidade de observações tanto antes quanto depois da mudança, o que faz com que o modelo não consiga captar o efeito com tanta eficiência. Entretanto o sinal apresentado é negativo, o que vai de acordo com a perspectiva de alocação de recursos: um aumento nos limites de velocidade gera um atrativo (seja por maior velocidade ou pela sinalização de mais segurança) para migração de vias mais inseguras para as rodovias que permitem maior velocidade e, por conseguinte, reduzem o número de acidentes nessas vias.

A variável *enforcement*, representada pela confiabilidade dos serviços policiais, apesar de ser uma *proxy* imperfeita apresentou-se relevante e indicando que um aumento marginal na confiabilidade reduz o a variação na taxa de acidentes. O resultado está em linha com o esperado, dado que uma maior credibilidade faz com que os cidadãos respeitem as leis de trânsito, evitando condutas não defensivas como: não obediência das sinalizações, tráfego em velocidades maiores que as permitidas e ultrapassagens em locais impróprios. A efetividade do *enforcement* reduz este tipo de conduta uma vez que atua diretamente na probabilidade de ser pego cometendo um ato ilícito, aumentando assim o custo de infringir as leis.

Outra variável que se mostrou relevante foi a qualidade das rodovias, entretanto o sinal apresentado pela variável foi diferente do esperado. O modelo estimou que um

aumento marginal na nota de qualidade das vias pode aumentar a taxa de crescimento de acidentes. Este resultado pode parecer contra intuitivo, porém pode ser explicado. Por se tratar de países europeus, no qual a qualidade das vias é relativamente elevada quando comparada a outros países emergentes como o Brasil ou África do Sul, as piores rodovias geram um grau de atenção maior ao condutor, que por sua vez dirige de forma mais segura, enquanto nas rodovias com maior qualidade o condutor pode tomar condutas agressivas no volante, culminando em um número maior de acidentes. Dessa forma, o modelo pode estar captando mais a conduta do motorista ao se deparar com certa qualidade de rodovia do que o efeito que a falta de investimento em infraestrutura gera na taxa de crescimento de acidentes.

Por fim, o PIB per capita apresentou-se como uma variável relevante, porém com sinal diferente do esperado. O modelo estimou que um aumento marginal no PIB per capita levaria à um aumento na taxa de crescimento do número de acidentes. Este resultado é explicado devido ao fato do efeito substituição ultrapassar o efeito renda. Isto é, um aumento da renda faz com que o custo de oportunidade de dirigir de maneira segura aumente o que leva a uma elevação no número de acidentes. O efeito de dirigir de forma menos segura (efeito substituição) supera o efeito de maior adesão a segurança (efeito renda), explicando o sinal positivo para esta variável.

5.2 Limitações do modelo

Apesar dos resultados encontrados, o modelo apresenta uma série de limitações. Primeiramente, a amostra de dados é muito pequena. Existem poucos dados disponíveis para uma grande quantidade de tempo, o que inviabiliza a observação dos efeitos no longo prazo, podendo ser esse, um dos motivos para a irrelevância de determinadas variáveis. Somado a isso, a limitação do *proxys* pode gerar resultados diferentes. Ao invés de utilizar o índice de confiança dos serviços policiais, o ideal seria utilizar a quantidade de multas por excesso de velocidade em cada um dos países, porém estes números não estavam disponíveis.

Outro fator que interfere no modelo são as variáveis endógenas. A falta de mais instrumentos para tratar da endogeneidade faz com que percamos observações e graus

de liberdade no modelo, este fato seria amenizado caso o número de observações temporais fosse maior. Dessa forma, é recomendável replicar o estudo quando existirem mais dados disponíveis.

6. CONCLUSÃO

Ao longo dos últimos anos, a preocupação com o número de acidentes de trânsito, assim como o número de fatalidades no trânsito vem crescendo, chegando a tornar-se uma das metas do milênio da ONU. Isto fez com que o debate a respeito de políticas públicas que contribuíssem para a redução dos acidentes ganhasse notoriedade. Alguns países como a Suécia, Bulgária Brasil e Estados Unidos passaram por discussões a respeito dos limites de velocidade. Em alguns desses países os limites foram elevados em outros reduzidos.

Apesar de existirem artigos e estudos a respeito do assunto, a literatura não é relativamente vasta, assim como não é tão atual e também apresentam resultados distintos, chegando a conclusões diferentes em cada estudo. Dessa forma, o presente estudo buscou contribuir para a literatura a respeito dos limites de velocidade, por meio de aplicação de métodos estatísticos mais atuais, assim como uma amostra de dados mais recente.

O trabalho propôs uma metodologia de estimação por meio do modelo de painéis em dois estágios com efeito fixo. Utilizando dados para 27 países da união europeia (excluindo Croácia) ao longo dos anos de 2007 até 2016, buscou-se determinar de que forma alterações nos limites de velocidade e no *enforcement* das leis de trânsito afetavam o número de acidentes.

Conforme demonstrado nos resultados, a variável limite de velocidade mostrou-se insignificante ao nível de 5% de confiança. Todavia, o seu sinal foi negativo, indicando que limites maiores atraem motoristas de estradas menos seguras para as rodovias com mais condições, reduzindo assim o número de acidentes. Com relação a significância, o resultado pode ser explicado pelo fato de que existem poucas observações após a mudança, desfavorecendo a análise do seu impacto.

Já a variável *enforcement*, apesar de ser uma *proxy*, foi significativa e apresentou sinal negativo, ou seja, uma maior confiança nos serviços policiais faz com que a taxa de crescimento de acidentes diminua. Sendo essa uma maneira efetiva de reduzir o número de acidentes nas rodovias. Além disso, os resultados apontaram para uma relação positiva entre os acidentes e as condições da via para os países da união europeia. Assim como uma sobreposição do efeito substituição em relação ao efeito renda, quando observamos o PIB per capita, sendo que uma elevação desta variável, leva a um aumento na taxa de crescimento do número de acidentes.

Por fim, as principais recomendações e conclusões do estudo baseadas nos resultados apresentados, são de preterir o investimento no *enforcement* das leis de trânsito, ou seja, uma fiscalização eficaz, assim como a garantia da punição para aqueles que infringirem as leis, mantendo o resultado alinhado com a Teoria Econômica do crime de Becker.

Também se sugere que para estudos futuros utilize-se um número maior de observações temporais, assim como mais variáveis explicativas atreladas ao número de acidentes, como por exemplo: número de multas de trânsito, valor das multas, volume de tráfego nas rodovias e até mesmo a velocidade média.

7. REFERÊNCIAS

ARELLANO, Manuel. **Panel data econometrics**. New York: Oxford University Press, 2003. 231 p. ISBN 0199245282

BALTAGI, Badi H. **Econometric analysis of panel data**. 4th ed. England: John Wiley & Sons, 2008. 351 p.

BALTAGI, Badi H. **Panel data: theory and applications**. New York: Physica-Verlag, c2004. 380 p. ISBN 379080142

BECKER, Gary S. "Crime and Punishment: An Economic Approach," **Journal of Political Economy** **76**, no. 2, 1968

BEL, G; et al. The environmental effects of changing speed limits: A quantile regression approach. **Transportation Research Part D**. 36, 76-85, May 1, 2015. ISSN: 1361-9209.

CAMERON, Adrian Colin; TRIVEDI, Pravin K. **Microeconometrics using stata**. revised edition. Texas: Stata Press Publication, 2010. 706 p. ISBN 978159718073

COOTER, Robert e ULEN, Thomas. **Direito e Economia**. 5ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

DIAZ, Maria D. M. **Microeconometria Aplicada a Desenvolvimento Econômico**. FEA/USP – **Departamento de Economia**, 2012.

FITZPATRICK, CD; et al. The application of continuous speed data for setting rational speed limits and improving roadway safety. **Safety Science**. 85, 171-178, June 1, 2016. ISSN: 0925-7535.

FORESTER, TH; MCNOWN, RF; SINGELL, LD. A Cost-Benefit Analysis of the 55 MPH Speed Limit. **Southern Economic Journal**. 50, 3, 631, Jan. 1984. ISSN: 00384038.

GOERKE, L. Road Traffic and Efficient Fines. **European Journal of Law and Economics**. 1, 2003. ISSN: 0929-1261.

GUJARATI, Damodar N.; DURANTE, Denise; SHIKIDA, Claudio D. **Econometria básica**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011. 924 p. ISBN 9788563308320

HSIAO, Cheng. **Analysis of panel data**. 2nd ed. New York: Cambridge University Press, 2003. 366 p. ISBN 9780521522717

LAVE, C; ELIAS, P. Resource allocation in public policy: the effects of the 65-mph speed limit. **Economic Inquiry**. 3, 614, 1997. ISSN: 0095-2583.

LAVE, CA. Speeding, Coordination, and the 55 MPH Limit. **American Economic Review**. 75, 5, 1159, Dec. 1985. ISSN: 00028282.

LEVITT, SD; PORTER, J. How Dangerous Are Drinking Drivers?. **Journal of Political Economy**. 109, 6, 1198-1237, Dec. 2001. ISSN: 00223808.

RITCHEY, M; NICHOLSON-CROTTY, S. Deterrence theory and the implementation of speed limits in the American states. **Policy Studies Journal**. 2, 329, 2011. ISSN: 0190-292X.

SAYED, T; SACCHI, E. Evaluating the safety impact of increased speed limits on rural highways in British Columbia. **Accident Analysis and Prevention**. 95, Part A, 172-177, Oct. 1, 2016. ISSN: 0001-4575.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. **Introdução à Econometria: Uma Abordagem Moderna**. São Paulo: Cengage. Learning, 2002, 694p.

8. ANEXOS

8.1 Modelo de painel em dois estágios com efeito fixo

```
. xtivreg2 dlntx lntxstock lngdpc (spd road pol = l.spd l.road l.pol), fe
```

FIXED EFFECTS ESTIMATION

```
Number of groups =      27                Obs per group: min =      9
                                           avg =      9.0
                                           max =      9
```

IV (2SLS) estimation

Estimates efficient for homoskedasticity only
 Statistics consistent for homoskedasticity only

```

                                           Number of obs =      243
                                           F( 5, 211) =      4.07
                                           Prob > F      =      0.0015
Total (centered) SS      =  5.736043656      Centered R2      =  0.0445
Total (uncentered) SS   =  5.736043656      Uncentered R2   =  0.0445
Residual SS              =  5.480926022      Root MSE       =  .1593
```

dlntx	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
spd	-.0055791	.0052212	-1.07	0.285	-.0158125	.0046542
road	.1300031	.0588337	2.21	0.027	.0146911	.245315
pol	-.2072068	.0999368	-2.07	0.038	-.4030793	-.0113344
lntxstock	-.1647033	.2049842	-0.80	0.422	-.5664649	.2370582
lngdpc	.3874997	.1140914	3.40	0.001	.1638846	.6111148

```
Underidentification test (Anderson canon. corr. LM statistic):      56.214
Chi-sq(1) P-val =      0.0000
```

```
Weak identification test (Cragg-Donald Wald F statistic):          24.744
Stock-Yogo weak ID test critical values:      <not available>
```

```
Sargan statistic (overidentification test of all instruments):      0.000
(equation exactly identified)
```

```
Instrumented:      spd road pol
Included instruments: lntxstock lngdpc
Excluded instruments: L.spd L.road L.pol
```

8.2 Modelo de painel em dois estágios com efeito aleatório

```
. xtivreg dlntx lntxstock lngdpc (spd road pol = l.spd l.road l.pol), re

G2SLS random-effects IV regression      Number of obs   =       243
Group variable: id                       Number of groups =        27

R-sq:                                     Obs per group:
    within = 0.0274                       min =           9
    between = 0.0020                      avg =          9.0
    overall = 0.0054                      max =           9

corr(u_i, X)      = 0 (assumed)           Wald chi2(5)     =         3.60
                                                         Prob > chi2      =         0.6078
```

dlntx	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
spd	-.0008227	.0009694	-0.85	0.396	-.0027227	.0010772
road	.0204539	.0154148	1.33	0.185	-.0097586	.0506663
pol	-.0506841	.0275874	-1.84	0.066	-.1047544	.0033862
lntxstock	-.0331215	.0572066	-0.58	0.563	-.1452443	.0790014
lngdpc	.038041	.0359523	1.06	0.290	-.0324243	.1085062
_cons	-.1737487	.2781208	-0.62	0.532	-.7188554	.3713581
sigma_u	0					
sigma_e	.16117057					
rho	0	(fraction of variance due to u_i)				

```
Instrumented:  spd road pol
Instruments:  lntxstock lngdpc L.spd L.road L.pol
```

8.3 Teste de Hausman

```
. hausman fixed random
```

	Coefficients		(b-B) Difference	sqrt(diag(V_b-V_B)) S.E.
	(b) fixed	(B) random		
spd	-.0055791	-.0008227	-.0047564	.0051304
road	.1300031	.0204539	.1095492	.0567784
pol	-.2072068	-.0506841	-.1565228	.0960536
lntxstock	-.1647033	-.0331215	-.1315819	.1968398
lngdpc	.3874997	.038041	.3494587	.1082787

b = consistent under H₀ and H_a; obtained from xtivreg2
 B = inconsistent under H_a, efficient under H₀; obtained from xtivreg

Test: H₀: difference in coefficients not systematic

```
chi2(5) = (b-B)'[(V_b-V_B)^(-1)](b-B)
        =      18.05
Prob>chi2 =      0.0029
```

8.4 Modelo de Arellano Bond

```
. xtabond2 lntx_acd lntx_acd road pol lntxstock lngdpc spd , gmm( lntx_acd spd bloo
> robust arttest(2)
```

Favoring space over speed. To switch, type or click on [mata: mata set matafavor spe](#)

Warning: Two-step estimated covariance matrix of moments is singular.

Using a generalized inverse to calculate optimal weighting matrix for two-step es
Difference-in-Sargan/Hansen statistics may be negative.

Dynamic panel-data estimation, two-step system GMM

Group variable: id	Number of obs	=	270
Time variable : ano	Number of groups	=	27
Number of instruments = 12	Obs per group: min	=	10
Wald chi2(6) = 0.00	avg	=	10.00
Prob > chi2 = 1.000	max	=	10

lntx_acd	Corrected					
	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
lntx_acd	1	9.78e-12	1.0e+11	0.000	1	1
road	0	(omitted)				
pol	0	(omitted)				
lntxstock	3.03e-13	7.39e-11	0.00	0.997	-1.45e-10	1.45e-10
lngdpc	1.31e-13	1.52e-11	0.01	0.993	-2.96e-11	2.98e-11
spd	-5.74e-15	1.60e-12	-0.00	0.997	-3.14e-12	3.13e-12

Instruments for first differences equation

GMM-type (missing=0, separate instruments for each period unless collapsed)

L.(lntx_acd spd blood road pol) collapsed

Instruments for levels equation

Standard

lngdpc lnspdpol

GMM-type (missing=0, separate instruments for each period unless collapsed)

D.(lntx_acd spd blood road pol) collapsed

Arellano-Bond test for AR(1) in first differences: z = 0.00 Pr > z = 0.998

Arellano-Bond test for AR(2) in first differences: z = 0.00 Pr > z = 0.999

Sargan test of overid. restrictions: chi2(6) = 69.01 Prob > chi2 = 0.000

(Not robust, but not weakened by many instruments.)

Hansen test of overid. restrictions: chi2(6) = 0.00 Prob > chi2 = 1.000

(Robust, but weakened by many instruments.)

Difference-in-Hansen tests of exogeneity of instrument subsets:

GMM instruments for levels

Hansen test excluding group: chi2(1) = 0.00 Prob > chi2 = 0.992

Difference (null H = exogenous): chi2(5) = 0.00 Prob > chi2 = 1.000

iv(lngdpc lnspdpol, eq(level))

Hansen test excluding group: chi2(4) = 0.00 Prob > chi2 = 1.000

Difference (null H = exogenous): chi2(2) = 0.00 Prob > chi2 = 0.999

8.5 Gráfico de dispersão logaritmo natural da taxa de acidentes em t e t-1

