

Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Ciências Sociais Aplicadas
Departamento de Economia
Programa de Pós-Graduação em Economia

Leonardo de Andrade Melo

**Let There Be More Light: Obrigatoriedade da
Iluminação Diurna dos Veículos e Acidentes**

Recife
2018

Leonardo de Andrade Melo

**Let There Be More Light: Obrigatoriedade da
Iluminação Diurna dos Veículos e Acidentes**

Dissertação submetida ao programa de Pós-graduação em Economia da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Gustavo Ramos Sampaio, PhD

Recife
2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PIMES/PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO
MESTRADO EM ECONOMIA DE:

LEONARDO DE ANDRADE MELO

A Comissão Examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera o Candidato Leonardo de Andrade Melo **APROVADO**.

Recife, 21 de fevereiro de 2019.

Prof. Dr. Gustavo Ramos Sampaio
Orientador

Prof. Dr. Antônio Vinícius Barros Barbosa
Examinador Externo/UFPB

Prof. Dr. Paulo Henrique Pereira de Meneses Vaz
Examinador Interno

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação de mestrado contou com o auxílio de múltiplas pessoas e instituições para ser concebida. Inicialmente, agradeço ao meu orientador, Professor Gustavo, pelos conselhos e incentivos fornecidos. Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por ser a agência de fomento responsável pelo fornecimento da bolsa de estudos ao longo dos dois anos do curso. Meus agradecimentos também ao programa da pós-graduação de Economia (PIMES) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e seus professores associados pelo suporte em termos de infra-estrutura e conhecimento transmitido.

Desejo igualmente agradecer aos amigos, colegas e familiares que estiveram sempre presentes e dispostos a ajudar. Cito, em especial e em ordem alfabética, Cleyton, Dieison, Giuseppe, Lorena, Vinícius e Yuri. Seja pelo conhecimento compartilhado, pelas dicas concedidas, pela amizade ou simplesmente por tornar mais leve o ambiente da pós-graduação, meus sinceros agradecimentos. Finalmente, mas não menos importante, agradeço ao Professor Breno e ao Professor Paulo pelas orientações proporcionadas em diversas situações.

RESUMO

Esse trabalho busca analisar como a lei que estabelece a obrigatoriedade da iluminação diurna dos veículos influencia no número de acidentes em rodovias federais brasileiras. A identificação causal se aproveita do fato de que os municípios são afetados pela lei durante o dia, mas não durante a noite. Isso permite utilizar os municípios no período noturno como contrafactual dos mesmos municípios no período diurno, quando a lei tem aplicabilidade. O método de diferenças-em-diferenças é aplicado utilizando dados de acidentes em rodovias federais rurais de mão-dupla antes e após a implementação da política. Verificou-se que o número de acidentes e o número de pessoas feridas em acidentes nessas rodovias teve diminuição e que esse resultado é direcionado principalmente pelas regiões Nordeste e Sul do país. As regiões Centro-Oeste e Sul são responsáveis por uma redução do número de mortes nessas mesmas estradas. Observou-se ainda que o resultado não surge imediatamente após a lei entrar em vigor, pois a mesma requer um período de aprendizado e criação de hábito, com seu cumprimento sendo incentivado pela imposição do mecanismo de infrações de trânsito. Finalmente, após o período de redução, constata-se um retorno ao patamar habitual de acidentes, caracterizando um efeito de médio prazo temporário.

Palavras-chave: Iluminação diurna. Veículos. Acidentes.

ABSTRACT

This work aims to analyze how the law that establishes the mandatory use of daytime lighting from vehicles disturbs the number of accidents on Brazilian federal highways. Causal identification takes advantage from the fact that the law affects counties during daytime but not overnight. This makes it possible to use the counties in the nocturnal period as contrafactual of the same counties in the daytime period when the law is applicable. The differences-in-differences approach is applied using accident data on undivided federal rural highways before and after the policy implementation. The research points out that both the number of accidents and the number of injured people face a decrease and these results are driven by the Northeast and South regions. The Midwest and South regions are responsible for a reduction in the number of deaths on these roads. All these changes do not come immediately after the law takes place, since it requires a learning period and change of habits, with its compliance being encouraged by the imposition of traffic penalties. Lastly, after the period where a reduction can be seen, results indicate that there is a shift back to the usual level of accidents, characterizing a temporary medium-term effect from this regulation.

Keywords: Daytime lighting. Vehicles. Accidents.

Sumário

1	INTRODUÇÃO	6
2	CONTEXTUALIZAÇÃO INSTITUCIONAL	8
3	DADOS	9
3.1	BASE PRINCIPAL	9
3.2	DEFINIÇÃO DE DIA E NOITE	14
3.3	BASES COMPLEMENTARES	15
4	ESTRATÉGIA EMPÍRICA	17
5	RESULTADOS	20
5.1	EFEITO MÉDIO DA POLÍTICA	20
5.2	ROBUSTEZ	24
6	CONCLUSÃO	37
	REFERÊNCIAS	38
	APÊNDICE A – ANÁLISES ADICIONAIS	39

1 INTRODUÇÃO

É inegável a importância de se analisar políticas públicas que dizem respeito a acidentes com veículos de uma forma geral, em especial aqueles que resultam em um maior risco aos envolvidos. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), por volta de 1,35 milhão de pessoas morrem nas estradas em função de acidentes de trânsito, sendo esta, inclusive, a maior causa de morte entre pessoas de 15 a 29 anos, e entre 5 e 14 anos, além de ser a terceira entre 30 e 49 anos. Além da potencial perda humana, o custo financeiro anual desse tipo de acidente supera os U\$ 500 bilhões por ano.

Observando os dados para o Brasil, além do custo financeiro elevado (custo anual médio de R\$ 36 bilhões de 1998 a 2017), considerando os acidentes de trânsito no geral, o país apresenta significativa taxa de mortalidade, com 22,7 mortes a cada 100.000 habitantes. Preocupados com esses números, muitos governos ao redor do mundo já utilizaram políticas de iluminação diurna nas estradas nas últimas décadas, com grande maioria deles fazendo uso da Luz de Rodagem Diurna (*Daylight Running Lights*, ou DRL) como forma de iluminação. Diversos estudos tentaram avaliar o efeito desse tipo de política, no entanto, além dos resultados conflitantes, eles carecem de um tipo de estratégia de identificação, lacuna esta que o presente trabalho anseia preencher.

Dessa forma, através de uma estratégia de identificação que tenta eliminar fatores não-observáveis invariantes no tempo dada a implementação da política, esse estudo busca analisar o efeito da implantação da lei de número 13.290, doravante Lei do Farol, que estabelece a obrigatoriedade do uso de iluminação diurna em estradas brasileiras. Essa regulamentação tem como objetivo reduzir o número de acidentes por meio da possibilidade de detecção antecipada de veículos.

A motivação do uso do método de diferenças-em-diferenças reside na possibilidade de capturar um efeito de médio-longo prazo da lei ao permitir calcular o impacto médio da política ao longo do tempo. Além disso, se aproveitando do fato de que a lei só tem aplicabilidade durante o período diurno, é possível utilizar os municípios no ciclo noturno como contrafactual daqueles do período diurno e afetados pela regulamentação, podendo então balancear as características observáveis entre grupos de controle e de tratamento, pois controla pelas características dos municípios invariantes no tempo que não são observáveis pelo avaliador.

O impacto da utilização de iluminação diurna por parte dos veículos motorizados tem sido estudada extensivamente ao redor do mundo nas últimas décadas com as primeiras tentativas de avaliar o impacto de políticas de iluminação diurna

nos acidentes sendo da década de 1960 com Cantilli (1965), incluindo também outros trabalhos importantes como os de Cantilli (1970), Andersson, Nilsson e Salusjarvi (1976), Elvik (1993), Sparks et al. (1993) e Krajicek e Schears (2010). Como característica em comum, em sua maioria, eles tratam de países com semelhante posição geográfica no que diz respeito à latitude, sempre com uma maior distância relativa à Linha do Equador do que o Brasil, o que poderia apontar uma maior necessidade de iluminação adicional mesmo durante o dia. Outro aspecto importante é que a iluminação de uso diurno dos países dos principais estudos são as chamadas *Daylight Running Lights* (DRL), que difere do farol tradicional brasileiro. No que diz respeito aos resultados obtidos na literatura, embora a maioria dos resultados de fato mostre uma redução do número de acidentes¹, há um considerável número de estudos que apontam inexistência de efeito, ou presença em apenas condições bem específicas, tais como Elvik (1993), no entanto, como já mencionado, não há uma estratégia de identificação que avalie a causalidade das políticas com o efeito retratado.

Através da estratégia de identificação mencionada anteriormente, foi possível avaliar a existência de uma redução de médio prazo do número de acidentes para rodovias federais de perímetro rural e do tipo “simples” após implantação da Lei do Farol. Esse tipo de pista consiste em vias nas quais os veículos em ambos sentidos de circulação compartilham o mesmo pavimento asfáltico, devendo-se manter sempre em um único lado da pista (para a maioria dos países, no lado direito), podendo em certas condições utilizar o outro lado para efetuar ultrapassagens (mão-dupla). O efeito principal encontrado tem sua validade em municípios com população maior do que 20.000 habitantes, uma vez que pequenos municípios apresentam poucos acidentes de forma geral e conseqüentemente qualquer acidente registrado distorce bastante a variabilidade da amostra, embora aqui também estejam apresentados os resultados para todos os municípios.

Observa-se, no entanto, que a redução de acidentes relatada ocorre em um período específico, com o nível de acidentes retornando ao patamar normal no longo prazo. Este trabalho também pretende investigar algum mecanismo que possa estar conduzindo o efeito da política na diminuição dos acidentes durante o período mencionado. Uma vez que a obrigatoriedade da regulamentação impõe uma penalização do não cumprimento como caráter legislativo, existe um custo de oportunidade para o condutor que não atende à regulamentação, de modo a mudar seu comportamento. Desse modo, utiliza-se as infrações de trânsito registradas (multas) do período como mecanismo de avaliação do efeito encontrado. Além de

¹ Ver, por exemplo, Cantilli (1970), Andersson, Nilsson e Salusjarvi (1976), Sparks et al. (1993), Farmer e Williams (2002), Elvik, Christensen e Olsen (2003), Krajicek e Schears (2010)

analisar a evolução das multas decorrentes de infringir a Lei do Farol após sua implantação, avalia-se também o comportamento das demais multas antes e após a data validação da política.

O restante desse trabalho está organizado da seguinte forma. A Seção 2 apresenta uma contextualização institucional do histórico da Lei do Farol e de aspectos específicos do caso brasileiro. A Seção 3 aborda as bases de dados empregadas para o atual estudo, em conjunto com uma breve análise descritiva desses dados. Na Seção 4 é detalhada a estratégia empírica utilizada. A Seção 5 exhibe os resultados encontrados e efetua uma série de testes de robustez. Por fim, a Seção 6 conclui o trabalho.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO INSTITUCIONAL

A Lei do Farol aqui retratada tem origem a partir de uma recomendação de 1996 do Conselho Nacional de Trânsito (Contran) de manter aceso o farol baixo nas rodovias durante o dia. Essa resolução foi revogada e a recomendação mantida em uma norma de 1998, posteriormente complementada por uma resolução de 2007 que tratava de itens de segurança e iluminação de veículos, composta por 14 anexos incluindo, entre outros, iluminação diurna. O uso obrigatório da iluminação diurna, no entanto, iniciou-se com a Lei de número 13.290 em 23 de maio de 2016, mas em razão da exigência de vacância da lei (*vacatio legis*), ou seja do período necessário para assimilação da mudança na legislação, a vigência da mesma ocorreu apenas em 8 de julho de 2016.

Os principais aspectos da Lei do Farol podem ser descritos pelos artigos 40 e 250 dessa regulamentação, os quais constam a seguir:

Art. 40. O uso de luzes em veículo obedecerá às seguintes determinações:

- I. o condutor manterá acesos os faróis do veículo, utilizando luz baixa, durante a noite e durante o dia nos túneis providos de iluminação pública e nas rodovias;*

Art. 250. Quando o veículo estiver em movimento:

- I. deixar de manter acesa a luz baixa:
 - a) durante a noite;*
 - b) de dia, nos túneis providos de iluminação pública e nas rodovias.**

Infrações de trânsito no Código de Trânsito Brasileiro (CTB) têm a seguinte classificação com respeito à severidade: baixa, média, grave e gravíssima, e aquele que descumprir a regulamentação da Lei do Farol comete infração do tipo médio, cuja

punição consiste em aplicação de multa e anotação de quatro pontos no prontuário do infrator. O CTB regulamenta ainda que ao se acumular um total de 20 pontos nos últimos 12 meses ocorre a suspensão temporária do direito de dirigir do motorista². O valor da multa aplicada iniciou-se em R\$ 85,13 a partir da efetivação da lei até o dia 31 de outubro de 2016, a partir do dia seguinte, em função do art. 258 da Lei 12.281/2016, o valor das infrações de qualquer natureza foram alterados, com as infrações médias passando a penalizar com multa de R\$ 130,16.

O regimento que define a obrigatoriedade da iluminação diurna no Brasil causou confusão em sua validação, em especial com a definição do que seria considerado como rodovia. De acordo com o CTB, rodovias são vias rurais pavimentadas, mas como muitas estradas, mesmo rurais, passam por perímetros urbanos, a dúvida sobre os limites de uma rodovia permaneceram. Embora não seja possível que o condutor que infringiu a regulamentação solicite recurso alegando desconhecimento da mesma, o argumento de que não cabe ao condutor saber exatamente os limites de cada rodovia foi usado em recursos para invalidar a aplicação da lei nas interfaces urbanas das rodovias. Diante dessa imprecisão, em 2 de setembro de 2016, a lei foi suspensa por completo (perímetros urbano e rural) em todo território nacional até que as rodovias fossem propriamente sinalizadas. A suspensão da Lei do Farol exigiu esforço dos órgãos competentes para instalação de placas de sinalização nas estradas, de modo que em 20 de outubro de 2016 a lei passa a valer novamente com a modificação em seu regimento do termo “rodovias” para o termo “rodovias propriamente sinalizadas”.

3 DADOS

3.1 BASE PRINCIPAL

Com o intuito de se estimar o efeito da Lei do Farol sobre o número de acidentes utilizou-se principalmente a base de dados da Polícia Rodoviária Federal (PRF) referente às ocorrências de acidentes em rodovias federais registradas no ano de 2016. O ano de 2017 também foi usado, mas com o intuito exclusivo de mostrar o impacto da política em um mais longo prazo, mas os resultados principais dizem respeito ao período até 2016.

As rodovias federais representam cerca de 5% da malha rodoviária brasileira em termos de quilômetros de estrada, totalizando uma extensão de mais de 75.000

² Ver artigos 259 e 261 da Lei no 9.503/1997 do CTB.

quilômetros³. Os dados originais encontram-se a nível de ocorrência e incluem informações a respeito do horário do acidente, do município, rodovia e quilômetro da ocorrência, a causa, o tipo e a classificação do acidente, o sentido, o traçado (cruzamento, curva ou reta) e o tipo da pista (Simples, Dupla ou Múltipla), o tipo da estrada (Urbana ou Rural), bem como o número de pessoas, de feridos, de mortes e de veículos envolvidos no acidente.

A base de dados do ano de 2016 contempla 96.363 acidentes ocorridos neste ano nas rodovias federais, ocasionados principalmente nas regiões Sudeste e Sul, responsáveis por 31% e 30%, respectivamente. Essas regiões também lideram as estatísticas com relação às proporções de pessoas feridas nos acidentes, assim como a de pessoas levemente feridas e de veículos envolvidos, em proporções equivalentes ao total de acidentes. No entanto, quando são levados em consideração os números de pessoas gravemente feridas, a região Nordeste ocupa proporção similar (26%) às regiões Sul e Sudeste (26% e 29%, respectivamente). A gravidade dos acidentes nessa região se destaca ainda mais quando se leva em consideração a proporção de mortes nesses acidentes, uma vez que o Nordeste lidera as estatísticas nesse quesito com 32% frente a 25% do Sudeste. A região Norte, por sua vez, é aquela com menor proporção em todos os critérios (número de acidentes, de pessoas feridas leve e gravemente, de mortes e de veículos envolvidos). Todos esses dados estão detalhados na Tabela 1.

Tabela 1 – Estatísticas Descritivas de Acidentes em Rodovias Federais em 2016

Região	Número de Acidentes	Número de Mortes	Pessoas Feridas	Pessoas Feridas Gravemente	Pessoas Feridas Levemente	Número de Veículos
Centro-Oeste	12,21%	12,11%	11,73%	11,96%	11,65%	11,61%
Nordeste	20,57%	32,06%	21,22%	26,44%	19,50%	21,20%
Norte	5,47%	7,50%	5,73%	5,76%	5,71%	5,73%
Sudeste	31,50%	25,66%	32,55%	29,28%	33,63%	30,37%
Sul	30,25%	22,66%	28,78%	26,56%	29,51%	31,10%

Número de acidentes registrados: 96.363

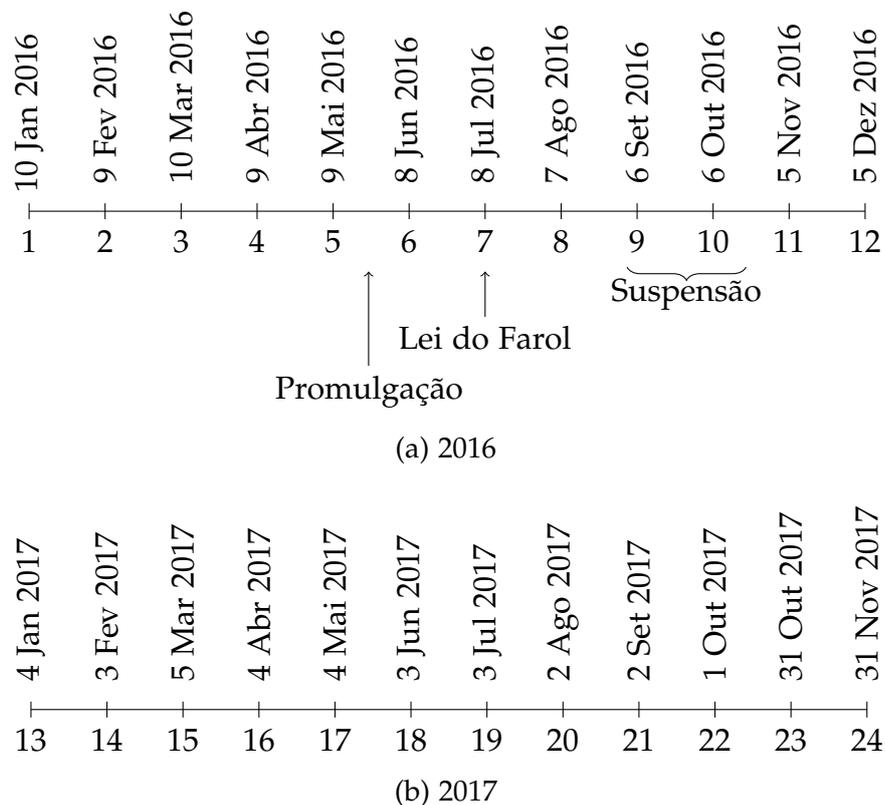
Embora os dados estejam disponíveis a nível de ocorrência, os principais resultados do presente trabalho são originados de forma agregada em janelas de 30 dias⁴ a contar da data de validade da lei (8 de julho de 2016), tanto para janelas posteriores como janelas anteriores a essa data. A razão principal de tal feito é

³ Ver Boletim Estatístico 2018.1 referente a Dezembro de 2017. Disponível em <http://bit.ly/2vkJ9Tk>. Último acesso em 23 de abril de 2019.

⁴ Ao longo do texto e principalmente das tabelas de resultados, o termo “mensal” (entre aspas) é empregado para se referir a esta periodicidade em janelas de 30 dias, e o termo “mês” (também entre aspas) é usado para designar essas janelas.

proporcionar maior legibilidade aos resultados encontrados no sentido de escala. Ao nível de ocorrências diárias, por exemplo, a redução percentual de acidente por dia, embora estatisticamente significativa, é de pequena magnitude. No momento em que as ocorrências são agregadas em janelas de 30 dias, tem-se uma maior legibilidade e uma mais imediata interpretabilidade do impacto. A Seção 5.2 também ilustra a principal estimação a nível diário como caráter de robustez e, além de ser possível notar o que aqui foi retratado, o resultado fundamental prevalece. A Figura 1 apresenta as datas de início e fim de cada uma das 12 janelas, com a Figura 1a ilustrando as janelas dos resultados principais do estudo (referentes ao ano de 2016) e destacando os eventos ocorridos no período e a Figura 1b retratando as janelas auxiliares do ano de 2017.

Figura 1 – Datas de Início e Fim das Janelas de 30 Dias



Em decorrência da ausência de clareza retratada na Seção 2 a respeito da concepção da lei e que ocasionou na suspensão da mesma, a análise presente se restringiu às rodovias de perímetro rural, uma vez que nelas, a Lei do Farol tinha validade certa e conhecida tanto antes como após a reestruturação dessa regulamentação, o que não necessariamente ocorre em vias urbanas não sinalizadas. Como também não é possível diferenciar efetivamente as estradas em que constam sinalização daquelas em que não constam, as rodovias urbanas foram retiradas da

avaliação. Dos acidentes ocorridos em 2016, cerca de 53% dos acidentes ocorreram em estradas rurais. Restringindo a análise descritiva para esse tipo de rodovia, as proporções se mantêm bastante próximas daquelas mencionadas anteriormente e seus detalhes encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Estatísticas Descritivas de Acidentes em Rodovias Federais Rurais em 2016

Região	Número de Acidentes	Número de Mortes	Pessoas Feridas	Pessoas Feridas Gravemente	Pessoas Feridas Levemente	Número de Veículos
Centro-Oeste	14, 19%	12, 95%	13, 33%	12, 72%	13, 53%	13, 66%
Nordeste	20, 73%	32, 74%	21, 91%	26, 86%	20, 24%	21, 30%
Norte	4, 78%	8, 15%	4, 94%	5, 60%	4, 72%	4, 89%
Sudeste	33, 18%	25, 00%	34, 23%	31, 15%	35, 27%	32, 26%
Sul	27, 13%	21, 16%	25, 59%	23, 67%	26, 24%	27, 88%

Número de acidentes registrados: 51.276

A hipótese central de que a iluminação do veículos durante o dia contribui com a redução de acidentes tem maior fundamentação quando essa incidência de luz serve como um alerta para outro(s) veículo(s) que a observa. Nesse contexto, se a lei tem, de fato, impacto na diminuição de acidentes, espera-se que essa contribuição esteja presente em vias compartilhadas por veículos que circulam em sentidos opostos⁵. Esse tipo de sentido de via, denominado de “mão-dupla”, é representado na base de dados da PRF por “pistas simples”. Com essa nova restrição, a região Nordeste ganha representatividade principalmente no número de acidentes registrados, no número de pessoas feridas de modo geral (igualando-se à região Sul nesse quesito), e no número de pessoas gravemente feridas, superando a região Sudeste como maior representatividade nesse quesito. Os detalhes descritivos da base de dados após ambas restrições (tipo da estrada e tipo de pista, respectivamente) encontram-se na Tabela 3.

Em municípios pequenos existe uma menor frota de veículos e, conseqüentemente, um menor tráfego nas rodovias que por eles passam. Neles, é comum haver vários períodos sem que qualquer acidente seja registrado, assim, quando um acidente ocorre, ele afeta consideravelmente a variância de ocorrências na amostra. A pequena variabilidade inerente a esses municípios, aliada à pequena contribuição dos mesmos no total de acidentes de modo geral, acaba contaminando o efeito explicativo da estimação mais do que contribuindo com o agregado de acidentes. Diante disso, utiliza-se aqui a população do município como uma *proxy* do tráfego

⁵ A avaliação do impacto da Lei do Farol em rodovias federais rurais compartilhadas por veículos que circulam no mesmo sentido (mão-única) encontra-se no Apêndice deste trabalho.

Tabela 3 – Estatísticas Descritivas de Acidentes em Rodovias Federais Rurais de Pistas Simples em 2016

Região	Número de Acidentes	Número de Mortes	Pessoas Feridas	Pessoas Feridas Gravemente	Pessoas Feridas Levemente	Número de Veículos
Centro-Oeste	15,12%	13,64%	13,27%	11,86%	13,80%	14,58%
Nordeste	24,32%	35,54%	24,87%	29,43%	23,18%	24,62%
Norte	6,46%	9,33%	6,24%	6,69%	6,07%	6,40%
Sudeste	27,09%	21,88%	30,80%	29,08%	31,43%	26,79%
Sul	27,01%	19,63%	24,83%	22,95%	25,52%	27,61%

Número de acidentes registrados: 33.609

nas rodovias, e com isso, limitamos a análise desse estudo aos municípios com mais de 20.000 habitantes.

Como caráter de robustez, a Seção 5.2 aborda esse aspecto e ressalta a manutenção do principal resultado tanto pela limitação propriamente dita, como para diferentes valores mínimos de população, a fim de mostrar a pouca interferência desses aspectos no efeito da lei. Ao restringir a análise descritiva para esse municípios cuja população excede 20.000 habitantes, as proporções prevalecem próximas das anteriores, com destaque ao novo ganho de representatividade da região Nordeste frente à região Sul em todos os aspectos. A Tabela 4 ilustra essa e outras particularidades dessa restrição. Diante do exposto, a análise principal feita no presente estudo e suas conclusões dizem respeito à avaliação de efeito da Lei do Farol sobre a redução de acidentes em rodovias federais de perímetro rural e de sentido de tráfego simples para municípios cuja população é maior do que 20.000 habitantes.

Tabela 4 – Estatísticas Descritivas de Acidentes em Rodovias Federais Rurais de Pistas Simples em 2016 - Municípios com mais de 20.000 habitantes

Região	Número de Acidentes	Número de Mortes	Pessoas Feridas	Pessoas Feridas Gravemente	Pessoas Feridas Levemente	Número de Veículos
Centro-Oeste	15,06%	12,80%	13,77%	12,18%	14,35%	14,50%
Nordeste	26,99%	38,79%	27,69%	33,04%	25,70%	27,22%
Norte	7,31%	9,71%	6,87%	6,56%	6,99%	7,19%
Sudeste	28,02%	22,16%	31,28%	29,79%	31,84%	27,88%
Sul	22,62%	16,54%	20,39%	18,42%	21,12%	23,20%

Número de acidentes registrados: 21.128

3.2 DEFINIÇÃO DE DIA E NOITE

Sabendo que a Lei do Farol tem aplicabilidade apenas durante o dia, faz-se necessário definir apropriadamente em que consiste o ciclo diurno e, equivalentemente, o ciclo noturno. Em função da extensão territorial do Brasil tanto em termos de latitude como de longitude, municípios distantes entre si podem apresentar significativa diferença entre horários de nascer e por do sol. Como exemplo, às seis horas e trinta minutos (6:30 am, horário local) de um dia de verão, é possível que a cidade de Nova Candelária no Rio Grande do Sul, extremo sul do país, ainda não tenha sido exposta aos raios solares, ao passo que nesse mesmo dia e horário (local) já pode ser manhã na cidade do Recife, região do Nordeste brasileiro. Diante dessas diferenças de exposição à luz solar e sabendo-se que as ocorrências de acidentes são registradas em horário local na base de dados da PRF, é necessário definir o dia e a noite de modo que assim seja em todo o país.

O conflito na escolha dessa definição surge uma vez que janelas de dia/noite muito extensas podem incluir ciclos distintos em diferentes regiões do país (noite em um município e dia em outro), e janelas curtas acarretam em maiores perdas de informações. A definição formal de dia (6:00 am às 6:00 pm) e noite (6:00 pm às 6:00 am) certamente faz parte do primeiro desses grupos e poderia contaminar o resultado caso fosse utilizada. Entre o universo de janelas possíveis, o presente trabalho destaca 3 delas (embora outras também tenham sido testadas): uma mais próxima do grupo com possível contaminação de ciclos, uma mais próxima do grupo “cauteloso” com maiores perdas de informações, e uma possivelmente sem contaminação mas com menores perdas do que a anterior. Os resultados são todos robustos a essas definições e são destacados na Seção 5.2 para esses três tipos. Ao longo desta avaliação, no entanto, se utilizará o tipo intermediário citado. Os detalhes referente ao início e ao fim dos ciclos diurno e noturno dos tipos mencionados encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 – Definições dos Ciclos Diurnos e Noturnos

Definição	Início do Dia	Fim do Dia	Início da Noite	Fim da Noite
Arriscada	6:30 am	5:30 pm	8:00 pm	5:00 am
Intermediária	7:00 am	5:15 pm	8:15 pm	4:30 am
Cautelosa	7:30 am	5:00 pm	8:30 pm	4:00 am

3.3 BASES COMPLEMENTARES

De modo a ser possível restringir a base de acidentes aos municípios com mais de 20.000 habitantes, utilizou-se a estimativa de população por município do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) enviada ao Tribunal de Contas da União (TCU) para os anos de 2016 e 2017. Além da utilidade já mencionada, essa base de dados serviu também para criar uma variável dependente alternativa, ponderada pela população de cada município. A análise do resultado considerando essa variável encontra-se na Seção 5.2. Em procedimento similar, utilizou-se dados mensais de frotas de veículos por municípios para construção de uma variável dependente ponderada por esse número de veículos. Os dados são provenientes do Departamento Nacional de Trânsito (Denatran) e têm a vantagem de estarem disponíveis em frequência mensal. Nos casos em que a variável dependente não leva em consideração a frota de veículos do município, essa mesma é adicionada à estimação como controle da regressão, o que será mais detalhado na Seção 4.

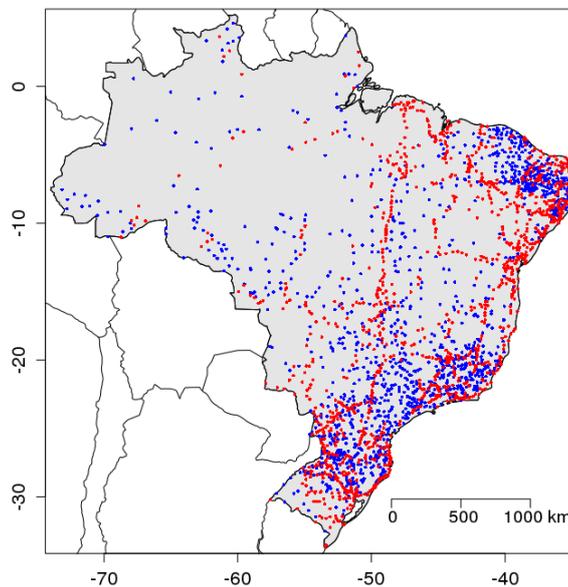
Adicionalmente, dados de precipitação foram também utilizados como controle para as estimações. A base utilizada é da Agência Nacional de Águas (ANA) e consiste em dados georreferenciados (coordenadas geográficas - latitude e longitude) de 3.144 estações telemétricas do Brasil situadas em 1.190 municípios e distribuídos principalmente na região Sudeste (31,4%) e de forma relativamente equivalente ao longo das demais regiões. O destaque desses dados é o fato das ocorrências serem registradas em intervalos de 15 minutos, o que permite diferenciar a precipitação de cada município ao longo do dia e da noite, com base na definição desses ciclos vista na Seção 3.2. Uma vez que as estações não se estendem a todos os municípios em que ocorreram acidentes em rodovias federais, foi preciso interpolar os dados de precipitação para aqueles em que este dado estava ausente.

A interpolação empregada se baseia no método do Inverso da Potência das Distâncias (ou *Inverse Distance Weighting* - IDW, em inglês) cuja premissa para esse caso consiste em estabelecer que a proximidade de municípios tem impacto na ocorrência e quantidade de precipitação. O método utiliza dados de latitude e longitude para calcular a distância entre os municípios, e o peso de cada uma das cidades com dados de chuva, na predição da precipitação de um município sem esses dados, diminui com o aumento da distância entre os primeiros municípios e este último. O parâmetro do método é o expoente que controla esse decaimento do peso estabelecido: quanto maior o expoente, mais rápido o peso se aproxima da nulidade.

No presente trabalho, realizou-se uma validação cruzada (*cross-validation*)

para determinar o expoente que minimiza o erro da predição com base em testes nos municípios com dados disponíveis, visto que apenas neles é possível verificar o erro. O resultado dessa validação apontou que o melhor valor para o parâmetro do expoente de decaimento foi de 1,5, embora os resultados também sejam robustos a outros expoentes, que pouco afetam os coeficientes das estimações desta análise. A Seção 5.2 inclui uma estimação adicional com outro valor para este parâmetro, em que o resultado se mantém novamente pouco afetado. O mapa da Figura 2 a seguir expõe geograficamente e destaca em azul os municípios brasileiros em que constam dados de precipitação da ANA, e em vermelho os municípios em que foi necessário realizar uma interpolação desses dados.

Figura 2 – Dados de Precipitação dos Municípios Brasileiros

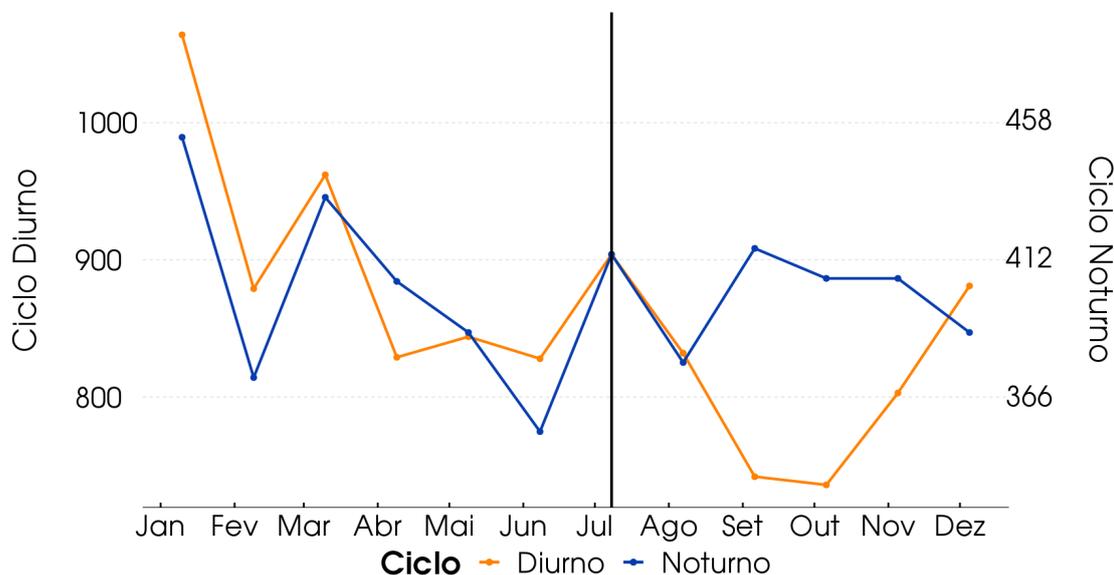


Em azul, municípios com dados de precipitação extraídos da Agência Nacional de Águas (ANA). Em vermelho, municípios com ocorrências de acidentes em rodovias federais e sem dados de precipitação da ANA.

Após todas as definições e imposições aqui estabelecidas, faz-se necessário observar se há indícios de que a Lei do Farol causou algum impacto sobre o número de acidentes durante o dia. A Figura 3 fornece uma visualização da possível existência do efeito citado. Uma vez que os acidentes durante o dia são mais frequentes do que durante a noite, adicionou-se um eixo secundário com escala ajustada a fim de facilitar o reconhecimento de tendências paralelas antes da lei. O eixo vertical do lado esquerdo diz respeito à escala dos acidentes durante o dia, ao passo que o do lado direito concerne aqueles ocorridos durante a noite no ano de 2016. A linha

vertical corresponde a um indicativo da data que a lei passa a ter efeito.

Figura 3 – Acidentes Registrados Durante o Dia e a Noite em 2016



A Figura 3 mostra que antes da implementação da Lei do Farol há uma trajetória similar de acidentes registrados durante os ciclos noturnos e diurnos. Após a regulamentação passar a ter validade, observa-se ainda um período de paridade entre os acidentes dos diferentes ciclos, o que imediatamente desaparece em seguida, com os acidentes durante o dia apresentando acentuada redução relativa aos acidentes durante a noite, retornando a níveis similares no último período. Essa condição de tendências paralelas antes da política é importante para a estratégia empírica de diferenças-em-diferenças utilizada para mensurar o efeito sobre os indicadores de acidentes e que será detalhada a seguir. O Apêndice deste trabalho contempla indicativo gráfico similar ampliando o horizonte de tempo até o fim do ano de 2017.

4 ESTRATÉGIA EMPÍRICA

A estratégia para se derivar o impacto da Lei do Farol aproveita-se do fato de que esta regulamentação afeta apenas os municípios durante o período diurno, de modo que um município m é observado antes e depois da implantação da referida lei. Os mesmos municípios durante o ciclo noturno não são afetados pela política, podendo ser utilizados como um grupo de controle perfeitamente comparável com o grupo de tratamento. Dessa forma, é assumido que as características dos municípios são exógenas ao fato de estarem no grupo de tratamento ou no grupo de

controle. Em outras palavras, é assumida a hipótese de que os municípios durante o ciclo diurno (tratamento) e noturno (controle) são semelhantes em suas características. A análise sobre os indicadores de acidentes utiliza dados em periodicidade “mensal”⁶ dos acidentes em rodovias federais rurais simples nos municípios com mais de 20.000 habitantes.

Para a estimação do efeito, considere Y_{mct} a variável referente ao indicador de acidentes para o município m , observado no ciclo do dia (diurno ou noturno) c em um período de 30 dias (ou “mês”) t . Seja T a variável que indica o tratamento, assim, o modelo econométrico de diferenças-em-diferenças usado para estimar o efeito causal dessa lei assume a seguinte especificação:

$$Y_{mct} = \beta_0 + \beta_1 T_{mct} + \gamma_m + \gamma_c + \gamma_t + X'_{mct} \delta + u_{mct}, \quad (1)$$

onde T_{mct} assume valor 1 se o ciclo c em questão é o diurno e o período de 30 dias (“mês”) t é posterior à data da regulamentação, e 0 caso contrário. Os parâmetros γ_m , γ_c e γ_t são importantes para eliminar a influência não-observável de traços peculiares ao município e ao ciclo do dia que são invariantes no tempo e a fatores temporais que são distribuídos homogeneamente entre os municípios, respectivamente. O termo X representa um vetor de variáveis observáveis como frota de veículos e precipitação, que são necessárias para controlar por características variantes no tempo inerentes aos municípios. Por sua vez, u_{mct} é o termo de erro robusto. O termo de interesse é denotado pelo parâmetro β_1 , representando o efeito da obrigatoriedade do uso de faróis durante o dia nos indicadores de acidentes em rodovias federais rurais simples nos municípios analisados. Explora-se ainda a substituição os efeitos fixos de ciclo (γ_c) e município (γ_m) da Equação (1) acima pela interação município-ciclo diurno (γ_{m-c}). Essa segunda especificação será utilizada como principal e servirá de comparação para os resultados de testes de robustez e é formalmente definida por:

$$Y_{mct} = \beta_0 + \beta_1 T_{mct} + \gamma_{m-c} + \gamma_t + X'_{mct} \delta + u_{mct} \quad (2)$$

No tocante às características variantes no tempo inerentes aos municípios, como visto na Seção 3.3, os dados de precipitação apresentam de fato o aspecto clássico de uma variável de controle, uma vez que não apenas variam ao longo do tempo, mas também entre controle e tratamento. A importância de utilizar essa variável ocorre no sentido de que durante momentos de chuva, as rodovias podem tornar-se mais escorregadias, reduzindo a aderência dos veículos com o solo e, portanto, possibilitando maior ocorrência de acidentes. Por outro lado,

⁶ Lembrando que esse termo em aspas se refere às janelas de 30 dias antes e após a data da lei.

cientes dessa condição adversa, motoristas podem ter maior cautela em períodos de chuva e conseguir evitar possíveis acidentes. O número de frotas de veículos, por sua vez, tem sua relevância apenas no aspecto temporal, pois fixado o período, dado um município do tratamento (ciclo diurno) existe sempre um município do controle (ou seja, o mesmo município no período noturno) com mesmo número de veículos. Ainda assim, uma maior frota de veículos é um indicativo de fluxo em rodovias e, portanto, utilizar esse dado como controle contribui na estimação.

O principal indicador de acidentes utilizado é o logaritmo natural da soma entre a unidade (ou seja, 1) e o número de acidentes registrados em um dado município m , no ciclo c , na janela de 30 dias t . Dito de outro modo, nos principais resultados Y_{mct} é simplesmente $\ln(1 + a_{mct})$, onde \ln é o logaritmo natural e a_{mct} é o referido número de acidentes nas condições apresentadas. A especificação da Equação (2) foi também estimada com esse indicador principal para as diferentes regiões do país a fim de testar a hipótese de homogeneidade do efeito da Lei do Farol no território brasileiro.

Outros indicadores de acidentes empregados foram o total de acidentes em m , c e t , ou seja, a_{mct} ; o logaritmo natural da soma entre 1 e uma taxa de acidentes em m , c e t , ponderada pela população de cada município no ano de 2016 – denotada por t_{mct} ; e o logaritmo natural da soma entre 1 e uma taxa de acidentes em m , c e t , ponderada pela frota mensal de veículos de cada município – denotada por τ_{mct} . Adicionalmente, avalia-se também o impacto da Lei do Farol no número de feridos e no número de mortes nos acidentes. Denota-se o número de feridos e o número de mortes registrados em um dado município m , no ciclo c e na janela de 30 dias t , respectivamente por f_{mct} e m_{mct} , e o indicador utilizado também efetua a transformação monotônica crescente do logaritmo, ou seja, $\ln(1 + f_{mct})$ e $\ln(1 + m_{mct})$, nessa ordem.

A rigor, ambas as taxas apresentadas são multiplicadas por constantes a fim de trazer maior legibilidade ao resultado. A taxa de acidentes ponderada pela população e a taxa ponderada pela frota são assim especificadas, respectivamente:

$$t_{mct} = \frac{a_{mct} \times 100.000}{\text{população}_m} \quad (3a)$$

$$\tau_{mct} = \frac{a_{mct} \times 10.000}{\text{frota}_{mt}} \quad (3b)$$

A interpretação dessas taxas é de que t_{mct} registra o número de acidentes registrados em um dado município m , no ciclo c , na janela de 30 dias t a cada 100.000 habitantes, e τ_{mct} registra o número de acidentes registrados em um dado muni-

cípio m , no ciclo c , na janela de 30 dias t a cada 10.000 veículos existentes nesse município.

Com o intuito de testar se as trajetórias dos acidentes diferem substancialmente no período anterior ao tratamento, analisa-se a dinâmica dos coeficientes de variáveis *dummy* que indicam os períodos anteriores e posteriores ao tratamento. Para tanto, utilizamos uma forma análoga à especificação anterior com o período de tempo agrupado ainda em janelas de 30 dias, em que cada variável *dummy* corresponde a uma janela. Assim, o seguinte modelo é estimado:

$$Y_{mct} = \sum_{t < 7} \omega_t T_{mct} + \sum_{t \geq 7} \eta_t T_{mct} + \gamma_{m-c} + \gamma_t + X'_{mct} \delta + \varepsilon_{mct}, \quad (4)$$

onde as definições de T_{mct} , γ_{m-c} , γ_t e X são as mesmas da Equação (2), com ε_{mct} sendo o novo termo de erro robusto. A estimação do modelo na Equação (4) testa a presença de efeitos antecipatórios do tratamento (*leads*) e efeitos pós-tratamento (*lags*). Os termos ω_t e η_t capturam, respectivamente, os efeitos sobre a variável de interesse nas janelas anteriores ($t < 7$) e nas janelas posteriores ao tratamento ($t \geq 7$). Como visto na Figura 1, a Janela 7 é justamente aquela a partir da qual a Lei do Farol passa a ter validade. Espera-se que efeitos provenientes de determinada política surjam após a implementação da mesma e, para isso, os termos ω_t seriam estatisticamente iguais a zero e os termos η_t seguiriam na direção do efeito, sendo significativamente diferentes de zero do ponto de vista estatístico. Os resultados do modelo mais básico, do modelos com *leads* e *lags* e todos aqueles referentes à robustez estão apresentados a seguir.

5 RESULTADOS

5.1 EFEITO MÉDIO DA POLÍTICA

Esta seção apresenta os resultados obtidos a partir da estimação dos parâmetros envolvendo a modelagem econométrica apresentada. Para se calcular o efeito da implantação da Lei do Farol sobre o número de acidentes e outros indicadores relacionados, se utilizará, como anteriormente exposto, a hipótese de que a iluminação proveniente dos faróis acesos dos veículos durante o dia serve de alerta para outros veículos que vêm em sentido oposto, contribuindo, assim, para uma possível redução de acidentes nas rodovias simples.

A Tabela 6 expõe os resultados dos efeitos médios da Lei do Farol em 2016 no Brasil e também ilustra a heterogeneidade desse efeito no território brasileiro ao apresentar o impacto nas diferentes regiões. As colunas (1) a (7) referem-se à

inclusão de efeitos fixos e controles na estimação e a primeira coluna da tabela atesta a importância de se controlar por características não-observáveis invariantes no tempo, uma vez que a não inclusão dos efeitos fixos produz uma estimativa (viesada) com direção totalmente contrária ao de qualquer outra análise. A última coluna da tabela é o resultado da estimação da Equação (2) e nela explora-se a interação dos efeitos fixos do ciclo diurno e dos municípios, discutida na Seção 4, e será utilizada doravante como resultado principal e também para comparação com demais resultados de interesse. A definição dos ciclos diurno e noturno segue aquela intermediária apresentada na Tabela 5, com o dia se iniciando às 7:00 am e com término às 5:15 pm, e com a noite se estendendo das 8:15 pm às 4:30 am.

Tabela 6 – Impacto da Lei do Farol no Número de Acidentes

	Variável dependente = $\ln(1 + a_{mct})$						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Brasil	0,1184*** (0,0085)	-0,0371*** (0,0102)	-0,0371*** (0,0081)	-0,0417*** (0,0106)	-0,0417*** (0,0106)	-0,0422*** (0,0106)	-0,0421*** (0,0109)
Centro-Oeste	0,1754*** (0,0315)	-0,0622* (0,0374)	-0,0622** (0,0243)	-0,0600* (0,0363)	-0,0600* (0,0363)	-0,0622* (0,0366)	-0,0613 (0,0373)
Nordeste	0,0798*** (0,0118)	-0,0438*** (0,0143)	-0,0438*** (0,0132)	-0,0487*** (0,0174)	-0,0487*** (0,0174)	-0,0486*** (0,0174)	-0,0487*** (0,0178)
Norte	0,1011*** (0,0268)	-0,0295 (0,0324)	-0,0295 (0,0292)	-0,0371 (0,0332)	-0,0371 (0,0332)	-0,0370 (0,0332)	-0,0371 (0,0341)
Sudeste	0,1698*** (0,0201)	0,0199 (0,0243)	0,0199 (0,0144)	-0,0041 (0,0213)	-0,0041 (0,0213)	-0,0040 (0,0213)	-0,0040 (0,0218)
Sul	0,1159*** (0,0184)	-0,0746*** (0,0220)	-0,0746*** (0,0189)	-0,0612** (0,0241)	-0,0612** (0,0241)	-0,0637*** (0,0242)	-0,0625** (0,0248)
EF ^a de Ciclo Diurno		✓	✓	✓	✓	✓	
EF de Municípios			✓	✓	✓	✓	
EF de "Mês" ^b				✓	✓	✓	✓
EF de Munic-Ciclo Diurno							✓
Controle de Frota					✓	✓	✓
Controle de Precipitação						✓	✓
Observações ^c	20.856	20.856	20.856	20.856	20.856	20.856	20.856
R ² ^c	0,0092	0,0410	0,4825	0,4837	0,4838	0,4840	0,5421
R ² Ajustado ^c	0,0092	0,0409	0,4599	0,4610	0,4610	0,4612	0,5002

Notas: Erros padrões robustos em parênteses e com cluster de municípios. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

^a Abreviação para Efeito Fixo.

^b Janelas de 30 dias a partir da data da Lei do Farol.

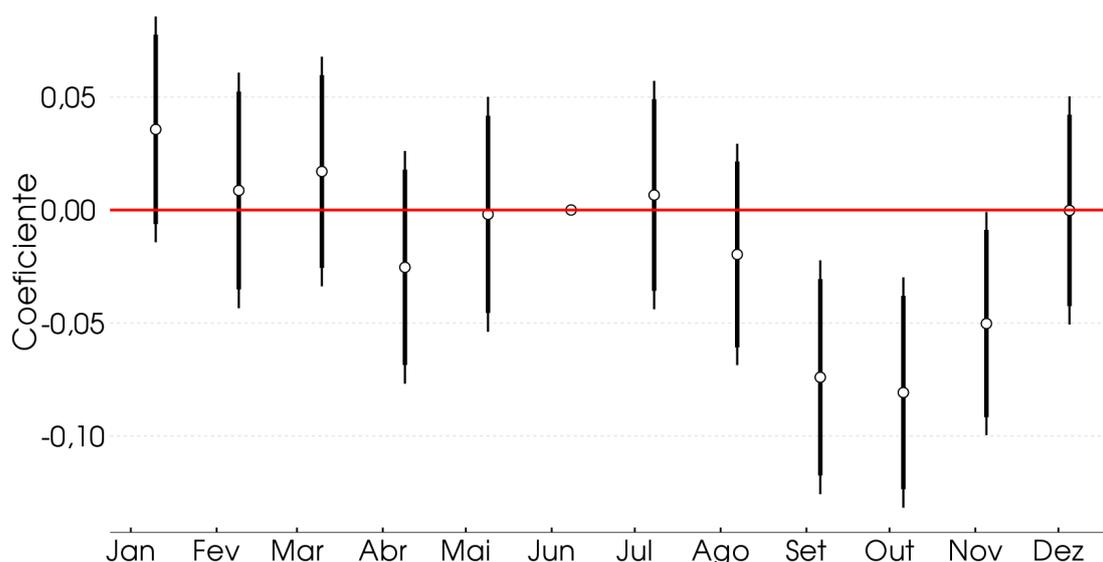
^c Dados para a estimação do Brasil.

De modo geral, os resultados da Tabela 6 apontam para uma diminuição do número de acidentes no Brasil após a implementação da Lei do Farol. A análise aponta também uma heterogeneidade do efeito, uma vez que o resultado é prove-niente especialmente das regiões Nordeste e Sul. Como a variável dependente em todas as colunas da tabela é o logaritmo natural da soma entre 1 e o número de

acidentes em um dado município m , no ciclo c , na janela de 30 dias t , infere-se, em termos práticos, que a Lei do Farol foi capaz de reduzir em média em 4,21% por mês⁷ o número de acidentes no Brasil. Nas regiões Nordeste e Sul, essa diminuição atinge respectivamente as marcas de 4,87% e 6,25%. Nas demais regiões do país, não é possível afirmar que a política teve efeito, seja positivo ou negativo, uma vez que os coeficientes não são estatisticamente diferentes da nulidade. Na região Centro-Oeste, rejeitava-se a hipótese nula de ausência de efeito ao nível de 10% de significância até ser inserida a interação de efeitos fixos de ciclo diurno e município. Ainda sobre a Tabela 6, a análise do coeficiente nas colunas (2) a (7) aponta expressiva estabilidade mediante adição de diferentes efeitos fixos e inclusão de variáveis de controle. Esse favorável resultado é evidenciado não somente na estimação do Brasil, como também nas estimações das cinco regiões.

A Figura 4 a seguir mostra a dinâmica dos coeficientes de impacto da Lei do Farol sobre o número de acidentes em cada uma das diferentes janelas de 30 dias ao longo do ano de 2016. A estimação é a encontrada na Equação (4) e utiliza, uma vez mais, os municípios em determinado ciclo do dia como unidades de observação, além da definição intermediária de ciclos diurno e noturno. Como fica claro na figura, o período de referência adotado é a janela de 30 dias imediatamente anterior à implementação da política, correspondente à Janela 6 da Figura 1. Adicionalmente, estão ilustrados os intervalos de confiança de 10% e 5%.

Figura 4 – Dinâmica do Coeficiente (*Leads and Lags*)

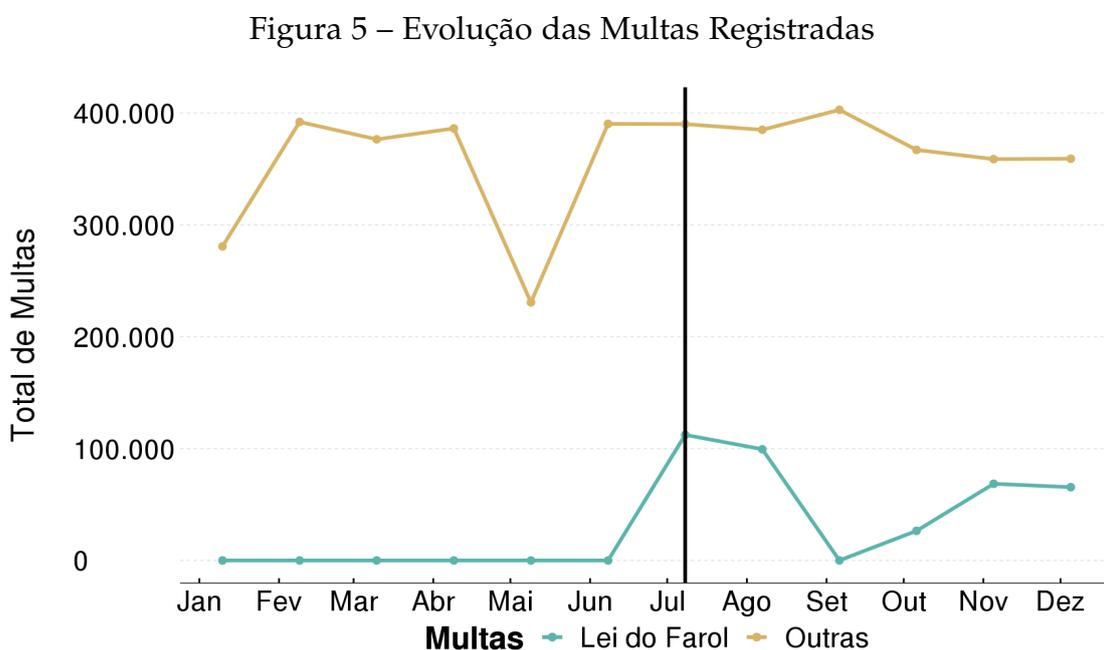


A análise da Figura 4 indica que a trajetória de acidentes após a implementação da lei se diferencia do período anterior a ela. Observa-se que os efeitos

⁷ Considerando o intervalo de 30 dias das janelas.

antecipatórios do tratamento (*leads*), denotados por ω_t na Equação (4), são todos estatisticamente iguais a zero aos níveis de significância de 10% e 5% (e a 1%), destacando que não há contribuição para redução do número de acidentes decorrente de algum evento anterior à implementação da política. Após o tratamento, os primeiros coeficientes ainda são iguais a zero do ponto de vista estatístico, no entanto, observa-se que três dos quatro coeficientes seguintes são estatisticamente menores do que zero aos níveis de significância mencionados, chegando a atingir redução de 8,15% no período de maior intensidade.

É possível atribuir a nulidade dos dois primeiros coeficientes após a implementação da regulamentação ao tempo necessário para completa assimilação e formação do hábito até então inexistente. Isso pode ser reforçado por meio da observação da evolução das infrações de trânsito expostas na Figura 5. O gráfico de linhas inferior diz respeito às multas registradas em decorrência do não cumprimento da lei aqui estudada. Evidentemente que antes da data da lei – indicada pela linha vertical – o número de infrações registradas é zero pela inexistência da mesma. O gráfico em tom marrom claro expõe todas as demais multas registradas excluindo aquelas referentes à Lei do Farol.



Destaca-se na Figura 5 o fato de que, nos dois primeiros períodos de validade da política, há uma elevada incidência de multas por não cumprimento da mesma, o que reforça a ausência de efeito pós-lei nos dois primeiros coeficientes apresentados na Figura 4. Após esse período, há um intervalo de tempo em que a lei fica suspensa para reformulação, mas dado que o custo marginal de se cumprir a regulamentação é irrisório, e uma vez transpassado o período de assimilação

e criação de hábito, é possível que os indivíduos aderissem ao cumprimento da mesma, até pela falta de clareza inicial da validade da lei destacada na Seção 2. Um forte indicativo desse aprendizado é que após o retorno da validade da Lei do Farol, os índices de infrações por não obedecê-la são ao menos 30% menores do que nos dois primeiros períodos, ao passo que em todo o período posterior à data de 8 de Julho, as demais infrações permanecem quase no mesmo patamar.

Finalmente, os últimos dois coeficientes (o último, em especial) da dinâmica da Figura 4 ilustram uma tendência de retorno ao efeito nulo. O que se pode concluir dessa evolução dos coeficientes é que a Lei do Farol teve um claro impacto na redução de acidentes após um período de assimilação e que durou cerca de 2 meses, aproximadamente, mas que esse efeito não persistiu com o tempo e é possível que o aspecto psicológico da lei estar em destaque no cotidiano nos motoristas tenha mais influência do que a incidência luminosa propriamente dita. O fato de que, mesmo reduzindo o infrações nos meses de Novembro e Dezembro — o que enaltece o aprendizado da lei —, o coeficiente segue essa tendência para nulidade, mostra que o impacto que a luminosidade proveniente dos faróis acessos durante o dia nas rodovias desse estudo tem sobre o número de acidentes é restrito ao período em que a política está assimilada e ainda em constante destaque.

As Figuras 6 e 7 reforçam essa conclusão ao mostrar a dinâmica dos coeficientes nas duas regiões cujo efeito de redução de acidentes é estatisticamente significativo, a região Nordeste e a região Sul, respectivamente. Os dois gráficos ilustram bem essa diminuição do nível de acidentes após um período de aprendizado e o retorno deste nível ao patamar de efeito nulo. Destaca-se também a ausência de efeitos antecipatórios em datas anteriores à data da Lei do Farol também nessas duas regiões.

Com o intuito de ratificar o retorno à nulidade do efeito da lei, incluiu-se o ano de 2017 na estimação da Equação (4) com as janelas vistas na Figura 1b, e utilizando as definições principais de dia e noite, efeito fixo, variáveis de controle. A Figura 8 mostra que após os 3 períodos de diminuição no nível de acidentes, todos os demais períodos apresentam efeito nulo com seus respectivos coeficientes estatisticamente não diferentes de zero.

5.2 ROBUSTEZ

Esta seção tem o objetivo de notificar os principais testes realizados para destacar a robustez dos resultados da Seção 5.1, bem como para realçar que as suposições ou restrições realizadas na Seção 3 têm mínimo impacto nos efeitos encontrados. Salvo indicação explícita em contrário, todas as especificações a se-

Figura 6 – Dinâmica do Coeficiente (*Leads and Lags*) - Região Nordeste

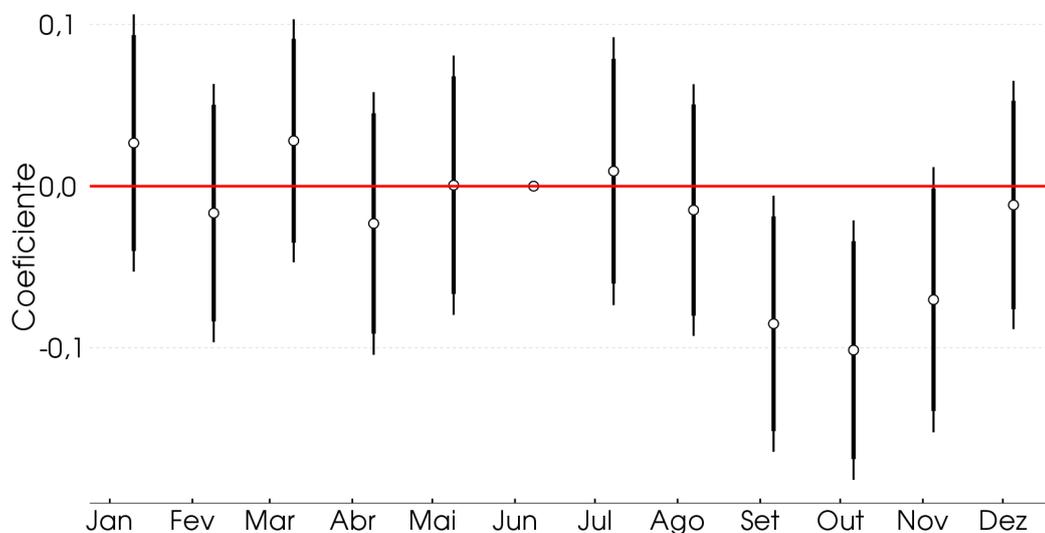
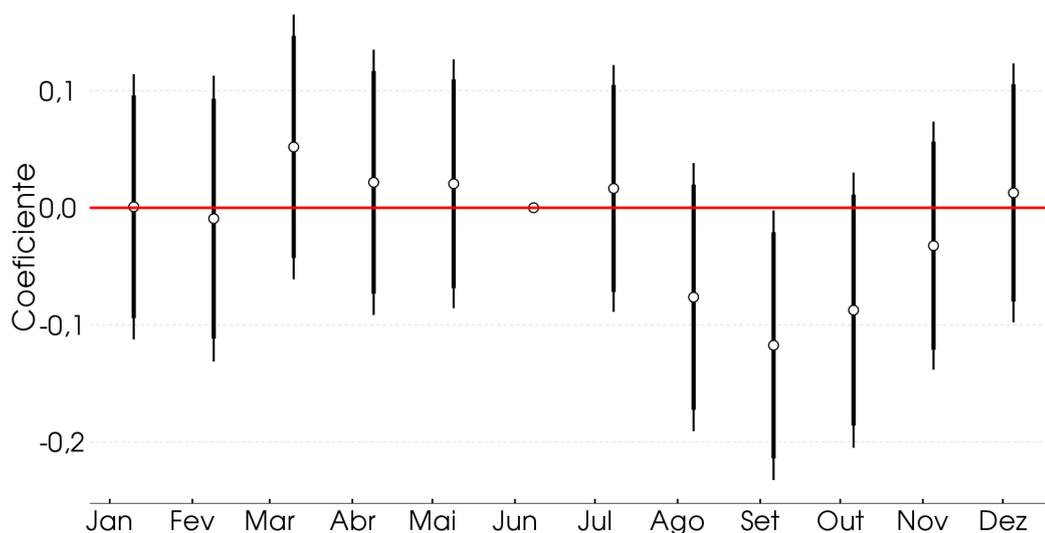


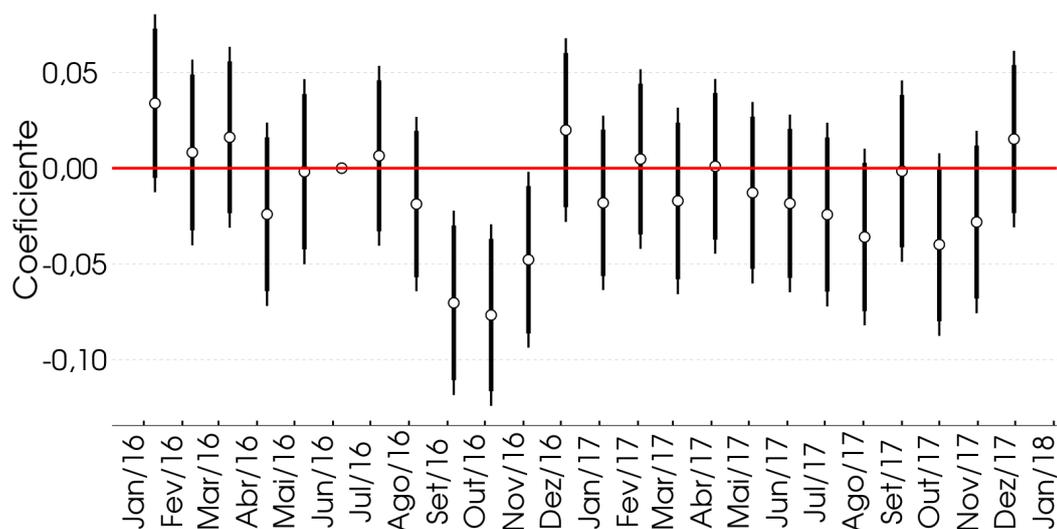
Figura 7 – Dinâmica do Coeficiente (*Leads and Lags*) - Região Sul



guir seguem aquela da Equação (2) e portanto incluem os mesmo efeitos fixos e variáveis de controles presentes na última coluna da Tabela 6, ou seja, efeito fixo de “mês” (janela de 30 dias), a interação dos efeitos fixos de ciclo diurno e de municípios, controle de frota de veículos e controle de precipitação. Além disso, a menos que mencionado, as definições de dia e noite permanecem sendo a definição intermediária da Tabela 5.

A Tabela 7 a seguir realiza comparações com diferentes possibilidades alternativas de uso dos dados. Enquanto a coluna (1) repete o resultado da última coluna da Tabela 6 para fins práticos de comparação, a coluna (2) efetua a mesma análise porém utilizando os dados a nível da interação entre rodovia e mu-

Figura 8 – Dinâmica do Coeficiente (*Leads and Lags*) - 2016 e 2017



nício (doravante rodovia-município), e não mais apenas municípios. Dito, de outra forma, esse teste faz uma comparação do resultado ao se utilizar rodovias-municípios em determinado ciclo do dia como unidades de observação. Como não há disponibilidade dos dados de controle de frota de veículos e de precipitação nesta nova unidade de observação, esses controles se referem aos municípios da ocorrência do acidente.

As duas últimas colunas da Tabela 7 se referem a aspectos abordados na Seção 3. A coluna (3) retrata o resultado do efeito da Lei do Farol ao utilizar os dados em periodicidade diária, ao invés de agregá-los em janelas de 30 dias. Aqui e como nas demais análises mostradas em diante, a unidade de observação retorna àquela dos resultados principais, ou seja, municípios em determinado ciclo do dia. Nessa estimação a nível diário, foram retirados os primeiros nove dias do ano para que o período observado fosse o mesmo em todas as análises, indo do dia 10 de Janeiro até o dia 31 de Dezembro, consoante ao exposto na Figura 1. Por fim, na coluna (4), o resultado disposto é o obtido ao se utilizar um diferente parâmetro de decaimento do peso da distância na interpolação dos dados de precipitação. Uma vez que o expoente usado nos resultados principais é relativamente baixo (1,5), testou-se aqui o expoente 5,0, pois apresenta decaimento mais elevado, mas não tanto que diminua drasticamente o peso de distâncias que ainda são próximas e relevantes para a interpolação.

De um modo geral, observa-se para o Brasil e para as demais regiões que os coeficientes se mantêm relativamente próximos aos encontrados nos resultados principais, com exceção da estimação com periodicidade diária, uma vez que esse

Tabela 7 – Impacto da Lei do Farol no Número de Acidentes: Diferentes Estimações

	Variável dependente = $\ln(1 + a_{mct})$			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Brasil	-0,0421*** (0,0109)	-0,0325*** (0,0085)	-0,0021*** (0,0005)	-0,0417*** (0,0109)
Centro-Oeste	-0,0613 (0,0373)	-0,0356 (0,0268)	-0,0039** (0,0019)	-0,0631* (0,0376)
Nordeste	-0,0487*** (0,0178)	-0,0408*** (0,0136)	-0,0022*** (0,0008)	-0,0483*** (0,0178)
Norte	-0,0371 (0,0341)	-0,0247 (0,0277)	-0,0022 (0,0019)	-0,0368 (0,0338)
Sudeste	-0,0040 (0,0218)	-0,0005 (0,0179)	0,0009 (0,0011)	-0,0028 (0,0218)
Sul	-0,0625** (0,0248)	-0,0488*** (0,0189)	-0,0040*** (0,0012)	-0,0617** (0,0248)
EF ^a de Município-Ciclo Diurno	✓		✓	✓
EF de “Mês” ^b	✓	✓	✓	✓
EF de Rodovia-Município-Ciclo Diurno		✓		
Controle de Frota	✓	✓	✓	✓
Controle de Precipitação	✓	✓	✓	✓
Observações ^c	20.856	28.560	620.466	20.856
R ² ^c	0,5421	0,5034	0,0412	0,5422
R ² Ajustado ^c	0,5002	0,4580	0,0385	0,5003

Notas: Erros padrões robustos em parênteses e com cluster de municípios, exceto na coluna (2), em que o cluster é de rodovias-municípios. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

^a Abreviação para Efeito Fixo.

^b Janelas de 30 dias a partir da data da Lei do Farol.

^c Dados para a estimação do Brasil.

efeito encontrado diz respeito à redução média do número de acidentes por dia por consequência da Lei do Farol, e não mais por mês. Observa-se, então, a motivação de agregar os dados em janelas de 30 dias, uma vez o efeito obtido prevalece e sua magnitude proporciona maior legibilidade e interpretabilidade aos resultados. Conforme mencionado na Seção 3.3, os coeficientes encontrados utilizando um decaimento do peso na interpolação com expoente mais elevado tem magnitude bastante similar aos do resultado principal, como pode ser visto na última coluna. Destaca-se, no entanto, que para a região Centro-Oeste, tanto na análise com maior velocidade de decaimento do peso, quanto naquela que usa a periodicidade diária, o efeito encontrado é de redução do número de acidentes aos níveis de significância de 10% e 5%, respectivamente. Como o resultado não chega a ser robusto para outras estimações, será adotada cautela para inferir que houve de fato uma redução nessa região.

A Tabela 8 a seguir mostra que essas diferentes estimações empregadas também não causam grande impacto na dinâmica dos coeficientes do efeito da Lei do

Farol sobre os acidentes no Brasil. Equivalentemente à avaliação principal dessa dinâmica na Figura 4, o período de referência adotado é a janela de 30 dias imediatamente anterior ao início da validade da lei. Além disso, as colunas seguem a mesma sequência relativa à Tabela 7. A se destacar, observa-se que a análise com rodovias incluídas na unidade de observação e naquela cuja periodicidade é diária, o coeficiente referente ao período seis meses antes da data da lei é positivo e significativo (a 10% e 1%, respectivamente). Isso comprometeria o resultado se a direção encontrada fosse no sentido de redução do número de acidentes, o que indicaria a presença de efeitos antecipatórios à implementação da política. Adicionalmente, também na estimação a nível diário, o coeficiente relativo a quatro meses após o tratamento deixa de ser estatisticamente significativo, o que também não prejudica a análise visto que os demais permanecem inalterados.

A fim de demonstrar que o resultado obtido não é decorrente apenas da utilização da transformação monotônica empregada, a Tabela 9 efetua a mesma análise para diferentes variáveis dependentes, conforme descritas na Seção 4. Novamente, a primeira coluna repete os resultados principais obtidos para fins de comparação. As demais colunas são, respectivamente, o número de acidentes registrados em um dado município m , no ciclo c , na janela de 30 dias t e transformações logarítmicas da taxa de acidentes ponderada pela população, da taxa de acidentes ponderada pela frota de veículos, do número de feridos e do número de mortes registrados em um dado município m , no ciclo c e na janela de 30 dias t .

Como esperado, os resultados se mantêm semelhantes aos principais, com destaque para a redução do número de feridos de 3,18% no Brasil, de 4,10% na região Nordeste e de 5,17% na região Sul, e também do número de mortes em 1,37% no Brasil, oriundos das regiões Centro-Oeste e Sul (3,71% e 2,83% respectivamente). As quatro primeiras colunas mostram que as principais conclusões não são exclusivas de uma escolha de variável dependente específica. Com relação a heterogeneidade do efeito da lei, aqui também a região Centro-Oeste apresenta redução estatisticamente significativa para alguns usos de variáveis dependentes, mas como dito anteriormente, o fato dessa diminuição não se mostrar mais constante em algumas estimações reforçam a precaução adotada para qualquer inferência a esse respeito.

Com relação à dinâmica dos coeficientes, as mudanças nas variáveis dependentes também não ocasionam grandes consequências aos resultados, como fica exposto na Tabela 10. Assim como ocorrido e mencionado na análise da Tabela 8, em algumas estimações o período de seis meses antes da Lei do Farol apresenta coeficiente positivo e significativo (nesse caso a 5% ou 10%), além de que o coeficiente

Tabela 8 – Dinâmica do Coeficiente: Diferentes Estimações

	Variável dependente = $\ln(1 + \alpha_{mct})$			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Tratamento _(-6 meses)	0,0357 (0,0255)	0,0337* (0,0199)	0,0035*** (0,0013)	0,0348 (0,0255)
Tratamento _(-5 meses)	0,0087 (0,0266)	0,0017 (0,0209)	0,0009 (0,0014)	0,0072 (0,0266)
Tratamento _(-4 meses)	0,0171 (0,0259)	0,0150 (0,0205)	0,0014 (0,0013)	0,0164 (0,0259)
Tratamento _(-3 meses)	-0,0254 (0,0263)	-0,0224 (0,0208)	-0,0014 (0,0013)	-0,0259 (0,0263)
Tratamento _(-2 meses)	-0,0019 (0,0265)	-0,0068 (0,0210)	-0,0005 (0,0013)	-0,0032 (0,0265)
Tratamento	0,0066 (0,0258)	-0,0004 (0,0207)	0,0003 (0,0013)	0,0070 (0,0258)
Tratamento _(+1 mês)	-0,0197 (0,0250)	-0,0122 (0,0200)	-0,0006 (0,0012)	-0,0200 (0,0250)
Tratamento _(+2 meses)	-0,0741*** (0,0264)	-0,0614*** (0,0209)	-0,0039*** (0,0013)	-0,0736*** (0,0264)
Tratamento _(+3 meses)	-0,0808*** (0,0260)	-0,0622*** (0,0204)	-0,0038*** (0,0012)	-0,0815*** (0,0260)
Tratamento _(+4 meses)	-0,0503** (0,0252)	-0,0398** (0,0198)	-0,0020 (0,0012)	-0,0513** (0,0252)
Tratamento _(+5 meses)	-0,0002 (0,0258)	0,0021 (0,0203)	0,0017 (0,0014)	-0,0014 (0,0258)
EF ^a de Município-Ciclo Diurno	✓		✓	✓
EF de "Mês" ^b	✓	✓	✓	✓
EF de Rodovia-Município-Ciclo Diurno		✓		
Controle de Frota	✓	✓	✓	✓
Controle de Precipitação	✓	✓	✓	✓
Observações	20.856	28.560	620.466	20.856
R ²	0,5428	0,5040	0,0413	0,5429
R ² Ajustado	0,5006	0,4584	0,0386	0,5008

Notas: Erros padrões robustos em parênteses e com cluster de municípios, exceto na coluna (2), em que o cluster é de rodovias-municípios. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

^a Abreviação para Efeito Fixo.

^b Janelas de 30 dias a partir da data da Lei do Farol.

Tabela 9 – Impacto da Lei do Farol: Diferentes Variáveis Dependentes

	Variável dependente					
	$\ln(1 + a_{mct})$	a_{mct}	$\ln(1 + t_{mct})$	$\ln(1 + \tau_{mct})$	$\ln(1 + f_{mct})$	$\ln(1 + m_{mct})$
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Brasil	-0,0421*** (0,0109)	-0,0986*** (0,0246)	-0,0661*** (0,0167)	-0,0423*** (0,0099)	-0,0318** (0,0131)	-0,0137** (0,0058)
Centro-Oeste	-0,0613 (0,0373)	-0,1833** (0,0930)	-0,0918 (0,0582)	-0,0504** (0,0254)	-0,0363 (0,0502)	-0,0371** (0,0176)
Nordeste	-0,0487*** (0,0178)	-0,1041*** (0,0349)	-0,0916*** (0,0284)	-0,0714*** (0,0202)	-0,0410** (0,0199)	-0,0052 (0,0098)
Norte	-0,0371 (0,0341)	-0,1135 (0,0892)	-0,0302 (0,0550)	-0,0254 (0,0432)	-0,0446 (0,0426)	0,0076 (0,0227)
Sudeste	-0,0040 (0,0218)	0,0320 (0,0525)	-0,0047 (0,0297)	-0,0009 (0,0139)	0,0119 (0,0300)	-0,0125 (0,0118)
Sul	-0,0625** (0,0248)	-0,1767*** (0,0576)	-0,0873** (0,0372)	-0,0369*** (0,0136)	-0,0517* (0,0277)	-0,0283** (0,0116)
EF ^a de Munic-Ciclo Diurno	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EF de "Mês" ^b	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Controle de Frota	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Controle de Precipitação	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Observações ^c	20.856	20.856	20.856	20.856	20.856	20.856
R ² ^c	0,5421	0,5673	0,5460	0,4644	0,3959	0,1319
R ² Ajustado ^c	0,5002	0,5276	0,5044	0,4153	0,3406	0,0523

Notas: Erros padrões robustos em parênteses e com cluster de municípios.

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

^a Abreviação para Efeito Fixo.

^b Janelas de 30 dias a partir da data da Lei do Farol.

^c Dados para a estimação do Brasil.

do quarto mês após a implementação deixa de ser estatisticamente significativa em algumas estimações anteriores. Com relação ao número de feridos, o coeficiente que perde significância é aquele de dois meses após o tratamento. Novamente, nenhuma dessas sutis modificações são obstáculos ao que se está sendo concluído. Também como abordado nos resultados principais na Seção 5.1, a inferência de redução do número de feridos e do número de mortes após a implementação da Lei do Farol também tem efeito de caráter temporário, como pode ser observado nas duas últimas colunas da Tabela 8. Os mesmos levantamentos apontados anteriormente são diretamente replicados para este caso.

Um importante aspecto considerado nesse trabalho é a definição dos ciclos diurnos e noturnos para todo o território Brasileiro. Uma vez que toda a estratégia empírica está construída no fato de que a Lei do Farol tem aplicabilidade apenas durante o dia, é fundamental testar os resultados para diferentes delimitações de horários. A Tabela 11 investiga justamente a criticidade do que foi estabelecido como cada ciclo, tanto no Brasil como nas demais regiões, a título de verificação

Tabela 10 – Dinâmica do Coeficiente: Diferentes Variáveis Dependentes

	Variável dependente					
	$\ln(1 + a_{mct})$	a_{mct}	$\ln(1 + t_{mct})$	$\ln(1 + \tau_{mct})$	$\ln(1 + f_{mct})$	$\ln(1 + m_{mct})$
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
Tratamento _(-6 meses)	0,0357 (0,0255)	0,1595** (0,0625)	0,0488 (0,0395)	0,0396* (0,0238)	0,0606* (0,0311)	-0,0018 (0,0131)
Tratamento _(-5 meses)	0,0087 (0,0266)	0,0385 (0,0635)	0,0026 (0,0413)	0,0029 (0,0240)	0,0118 (0,0333)	-0,0092 (0,0133)
Tratamento _(-4 meses)	0,0171 (0,0259)	0,0660 (0,0612)	0,0380 (0,0399)	0,0352 (0,0227)	-0,0168 (0,0311)	0,0201 (0,0133)
Tratamento _(-3 meses)	-0,0254 (0,0263)	-0,0570 (0,0586)	-0,0306 (0,0398)	-0,0081 (0,0216)	-0,0029 (0,0315)	-0,0017 (0,0132)
Tratamento _(-2 meses)	-0,0019 (0,0265)	-0,0191 (0,0626)	-0,0120 (0,0403)	-0,0118 (0,0236)	0,0042 (0,0337)	-0,0074 (0,0132)
Tratamento	0,0066 (0,0258)	0,0161 (0,0590)	-0,0111 (0,0395)	-0,0079 (0,0229)	0,0235 (0,0315)	-0,0178 (0,0129)
Tratamento _(+1 mês)	-0,0197 (0,0250)	-0,0208 (0,0576)	-0,0396 (0,0394)	-0,0184 (0,0238)	-0,0150 (0,0307)	-0,0058 (0,0130)
Tratamento _(+2 meses)	-0,0741*** (0,0264)	-0,1697*** (0,0608)	-0,1188*** (0,0396)	-0,0597*** (0,0218)	-0,0519 (0,0321)	-0,0232* (0,0124)
Tratamento _(+3 meses)	-0,0808*** (0,0260)	-0,1661*** (0,0580)	-0,1198*** (0,0391)	-0,0710*** (0,0224)	-0,0624** (0,0314)	-0,0226* (0,0134)
Tratamento _(+4 meses)	-0,0503** (0,0252)	-0,0864 (0,0574)	-0,0594 (0,0401)	-0,0380* (0,0230)	-0,0630* (0,0324)	-0,0166 (0,0126)
Tratamento _(+5 meses)	-0,0002 (0,0258)	0,0233 (0,0610)	-0,0013 (0,0389)	-0,0010 (0,0217)	0,0349 (0,0334)	0,0040 (0,0135)
EF ^a de Munic-Ciclo Diurno	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EF de "Mês" ^b	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Controle de Frota	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Controle de Precipitação	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Observações	20.856	20.856	20.856	20.856	20.856	20.856
R ²	0,5428	0,5681	0,4930	0,4652	0,3968	0,1325
R ² Ajustado	0,5006	0,5283	0,4463	0,4158	0,3412	0,0525

Notas: Erros padrões robustos em parênteses e com cluster de municípios.

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

^a Abreviação para Efeito Fixo.

^b Janelas de 30 dias a partir da data da Lei do Farol.

da heterogeneidade do efeito. Como em outras tabelas, a primeira coluna serve de comparação e repete o resultado principal, ou seja, utiliza a definição intermediária vista na Seção 3.2 com o ciclo diurno iniciando-se às 7:00 am e findando-se às 5:15 pm e o ciclo noturno contemplando o horário das 8:15 pm até às 4:30 am. A segunda coluna diz respeito à definição “cautelosa”, com janelas de dia/noite mais curtas e possíveis perdas de observações. Lembrando, esse tipo define o início do dia às 7:00 am e seu término às 5:00 pm, e estabelece que a noite é o período entre 8:30 pm e 4:00 am. Por sua vez, a última coluna contempla a definição concebida como “arriscada” e tem janelas mais extensas do que se institui como os ciclos diurnos e noturnos, sendo os primeiros aqueles entre 6:30 am e 5:30 pm e os últimos aqueles começando às 8:30 am e encerrando-se às 5:00 am. Nessa avaliação, a variável dependente retorna a ser aquela que foi predominante nesse estudo, assim como os efeitos fixos e controles permanecem sendo os habituais e citados no início desta seção.

Tabela 11 – Impacto da Lei do Farol no Número de Acidentes: Definições de Dia e Noite

	Variável dependente = $\ln(1 + a_{mct})$		
	(1)	(2)	(3)
Brasil	-0,0421*** (0,0109)	-0,0415*** (0,0107)	-0,0349*** (0,0111)
Centro-Oeste	-0,0613 (0,0373)	-0,0694* (0,0376)	-0,0639 (0,0390)
Nordeste	-0,0487*** (0,0178)	-0,0468*** (0,0175)	-0,0432** (0,0182)
Norte	-0,0371 (0,0341)	-0,0342 (0,0332)	-0,0318 (0,0353)
Sudeste	-0,0040 (0,0218)	-0,0035 (0,0222)	0,0009 (0,0211)
Sul	-0,0625** (0,0248)	-0,0610*** (0,0234)	-0,0450* (0,0257)
EF ^a de Município-Ciclo Diurno	✓	✓	✓
EF de “Mês” ^b	✓	✓	✓
Controle de Frota	✓	✓	✓
Controle de Precipitação	✓	✓	✓
Observações ^c	20.856	20.856	20.856
R ² ^c	0,5421	0,5276	0,5610
R ² Ajustado ^c	0,5002	0,4843	0,5208

Notas: Erros padrões robustos em parênteses e com cluster de municípios. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

^a Abreviação para Efeito Fixo.

^b Janelas de 30 dias a partir da data da Lei do Farol.

^c Dados para a estimação do Brasil.

O roteiro dos resultados encontrados nas diferentes definições dos ciclos é o

mesmo das análises anteriores. No contexto do Brasil como um todo, as alterações causam pouca interferência no efeito encontrado para a Lei do Farol, permanecendo no patamar de 3% e 4%. A heterogeneidade do impacto também se mantém quase inalterada, com as regiões Nordeste e Sul sendo as principais causadoras do resultado e a região Centro-Oeste tendo efeito considerado de redução em eventuais estimações.

É de se destacar ainda que existe uma maior diferença do coeficiente a nível de Brasil na estimação da última coluna e que isso se deve principalmente a uma queda na redução de acidentes da região Sul. Uma explicação plausível é que, principalmente nessa região do país, a definição de dia apresenta janelas mais extensas, o que pode estar incluindo municípios que já estejam com baixa luminosidade e em um momento de transição dos ciclos. Ainda com essa possível contaminação ou com maiores perdas de informações decorrentes do uso da definição de janelas mais curtas, os resultados se mantêm satisfatoriamente próximos. No que diz respeito aos coeficientes ao longo dos meses, a Tabela 12 deixa suficientemente claro que a dinâmica é intimamente afetada por essas definições, o que é um excelente indicativo para uma hipótese tão importante no resultado.

Outro tópico relevante de discussão é a questão da restrição dos municípios utilizados na análise e o uso do limite inferior de 20.000 habitantes. Como foi abordado na Seção 3.3, a justificativa da restrição se deve ao fato de que o menor fluxo de veículos nas rodovias que passam por esses municípios apresentam poucos acidentes de modo geral, e os poucos acidentes que ocorrem, em decorrência da pequena variabilidade existente, contaminam o efeito explicativo da estimação mais do que propriamente contribuem para o total de acidentes. Embora o valor de 20.000 tenha sido utilizado de forma relativamente arbitrária para mitigar o exposto, faz-se necessário investigar a interferência nos resultados de diferentes limites inferiores, bem como da ausência do mesmo. A Tabela 13 tem justamente esse propósito e, diferentemente das outras análises, a coluna que reproduz o resultado principal a título de comparação não é a primeira. Aqui, como pode ser notado pelo indicativo das observações presentes em cada coluna, as colunas seguem uma ordem crescente de restrição populacional, sendo a primeira aquela sem qualquer restrição e as demais com o limite sendo acrescido em 5.000 habitantes. Desse modo, os valores dos limites inferiores para a população do município são respectivamente 0, 5.000, 10.000, 15.000, 20.000, 25.000 e 30.000, e assim, a quarta coluna é aquela que repete os resultados principais.

A Tabela 14, por sua vez, mostra a dinâmica dos coeficientes para os sete tipos de estimações mencionados. De uma forma geral, o resultado principal para

Tabela 12 – Dinâmica do Coeficiente: Definições de Dia e Noite

	Variável dependente = $\ln(1 + a_{mct})$		
	(1)	(2)	(3)
Tratamento _(-6 meses)	0,0357 (0,0255)	0,0319 (0,0252)	0,0344 (0,0260)
Tratamento _(-5 meses)	0,0087 (0,0266)	-0,0063 (0,0263)	0,0025 (0,0269)
Tratamento _(-4 meses)	0,0171 (0,0259)	0,0249 (0,0257)	-0,0002 (0,0266)
Tratamento _(-3 meses)	-0,0254 (0,0263)	-0,0302 (0,0259)	-0,0312 (0,0274)
Tratamento _(-2 meses)	-0,0019 (0,0265)	-0,0025 (0,0259)	0,0083 (0,0265)
Tratamento	0,0066 (0,0258)	0,0065 (0,0256)	0,0073 (0,0257)
Tratamento _(+1 mês)	-0,0197 (0,0250)	-0,0170 (0,0243)	-0,0123 (0,0254)
Tratamento _(+2 meses)	-0,0741*** (0,0264)	-0,0737*** (0,0261)	-0,0694*** (0,0261)
Tratamento _(+3 meses)	-0,0808*** (0,0260)	-0,0812*** (0,0256)	-0,0705*** (0,0264)
Tratamento _(+4 meses)	-0,0503** (0,0252)	-0,0525** (0,0252)	-0,0492* (0,0264)
Tratamento _(+5 meses)	-0,0002 (0,0258)	-0,0134 (0,0255)	-0,0015 (0,0257)
EF ^a de Município-Ciclo Diurno	✓	✓	✓
EF de "Mês" ^b	✓	✓	✓
Controle de Frota	✓	✓	✓
Controle de Precipitação	✓	✓	✓
Observações	20.856	20.856	20.856
R ²	0,5428	0,5283	0,5616
R ² Ajustado	0,5006	0,4848	0,5211

Notas: Erros padrões robustos em parênteses e com cluster de municípios. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

^a Abreviação para Efeito Fixo.

^b Janelas de 30 dias a partir da data da Lei do Farol.

Tabela 13 – Impacto da Lei do Farol no Número de Acidentes: Restrições de Municípios

	Variável dependente = $\ln(1 + a_{mct})$						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Brasil	-0,0281*** (0,0071)	-0,0341*** (0,0077)	-0,0370*** (0,0088)	-0,0381*** (0,0097)	-0,0421*** (0,0109)	-0,0290** (0,0119)	-0,0340*** (0,0132)
Centro-Oeste	-0,0510** (0,0227)	-0,0562** (0,0246)	-0,0694** (0,0294)	-0,0757** (0,0334)	-0,0613 (0,0373)	-0,0679 (0,0442)	-0,0674 (0,0473)
Nordeste	-0,0417*** (0,0115)	-0,0442*** (0,0122)	-0,0442*** (0,0140)	-0,0435*** (0,0153)	-0,0487*** (0,0178)	-0,0302 (0,0191)	-0,0246 (0,0217)
Norte	-0,0254 (0,0233)	-0,0290 (0,0258)	-0,0375 (0,0271)	-0,0275 (0,0302)	-0,0371 (0,0341)	-0,0257 (0,0372)	-0,0402 (0,0412)
Sudeste	-0,0027 (0,0157)	-0,0023 (0,0165)	-0,0071 (0,0186)	-0,0030 (0,0201)	-0,0040 (0,0218)	0,0101 (0,0236)	-0,0033 (0,0260)
Sul	-0,0211 (0,0151)	-0,0386** (0,0171)	-0,0377* (0,0206)	-0,0505** (0,0225)	-0,0625** (0,0248)	-0,0535* (0,0274)	-0,0646** (0,0298)
EF ^a da interação Município-Ciclo Diurno	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EF de "Mês" ^b	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Controle de Frota	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Controle de Precipitação	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Observações ^c	43.344	38.520	31.152	25.272	20.856	17.280	14.736
R ² ^c	0,5089	0,5142	0,5227	0,5376	0,5421	0,5553	0,5563
R ² Ajustado ^c	0,4641	0,4699	0,4791	0,4953	0,5002	0,5145	0,5155

Notas: Erros padrões robustos em parênteses e com cluster de municípios. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1
^a Abreviação para Efeito Fixo.

^b Janelas de 30 dias a partir da data da Lei do Farol.

^c Dados para a estimação do Brasil.

o Brasil se mantém relativamente estável, negativo e estatisticamente significativo em todas análises. Também não se detecta efeitos antecipatórios de redução de acidentes antes da data da regulamentação, bem como a consistência dos efeitos negativos e significantes posteriores à Lei do Farol, em consonância com as demais estimações anteriores. Observa-se, no entanto, que a ausência de restrição populacional na região Sul possivelmente ocasiona a problemática referida anteriormente, reforçando a necessidade de limitação desses municípios com poucos habitantes, uma vez que em todas as demais análises essa região mostrou redução do nível de acidentes. Por outro lado, uma grande restrição dos municípios tem importante impacto no total de observações e, por conseguinte, em estimações usualmente robustas, como a da região Nordeste.

Tabela 14

	Variável dependente = $\ln(1 + \alpha_{mct})$						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Tratamento _(-6 meses)	0,0566*** (0,0168)	0,0566*** (0,0182)	0,0526** (0,0204)	0,0402* (0,0230)	0,0354 (0,0255)	0,0298 (0,0276)	0,0301 (0,0308)
Tratamento _(-5 meses)	0,0125 (0,0171)	0,0085 (0,0184)	0,0138 (0,0210)	0,0035 (0,0237)	0,0085 (0,0266)	0,0101 (0,0289)	0,0003 (0,0318)
Tratamento _(-4 meses)	0,0243 (0,0169)	0,0257 (0,0183)	0,0189 (0,0207)	0,0131 (0,0231)	0,0165 (0,0259)	0,0201 (0,0286)	0,0062 (0,0315)
Tratamento _(-3 meses)	-0,0096 (0,0168)	-0,0137 (0,0182)	-0,0256 (0,0205)	-0,0317 (0,0234)	-0,0251 (0,0263)	-0,0339 (0,0294)	-0,0383 (0,0326)
Tratamento _(-2 meses)	0,0057 (0,0169)	0,0018 (0,0183)	0,0021 (0,0207)	-0,0130 (0,0236)	-0,0021 (0,0266)	0,0058 (0,0294)	0,0031 (0,0320)
Tratamento	0,0084 (0,0169)	0,0035 (0,0182)	0,0007 (0,0206)	0,0038 (0,0232)	0,0079 (0,0258)	0,0205 (0,0281)	0,0132 (0,0315)
Tratamento _(+1 mês)	0,0042 (0,0164)	-0,0010 (0,0177)	-0,0096 (0,0200)	-0,0099 (0,0222)	-0,0201 (0,0250)	-0,0025 (0,0272)	-0,0009 (0,0299)
Tratamento _(+2 meses)	-0,0450*** (0,0168)	-0,0527*** (0,0182)	-0,0622*** (0,0208)	-0,0715*** (0,0235)	-0,0739*** (0,0264)	-0,0602** (0,0292)	-0,0580* (0,0323)
Tratamento _(+3 meses)	-0,0441*** (0,0168)	-0,0541*** (0,0180)	-0,0607*** (0,0204)	-0,0793*** (0,0231)	-0,0802*** (0,0260)	-0,0745** (0,0292)	-0,0886*** (0,0329)
Tratamento _(+4 meses)	-0,0146 (0,0165)	-0,0275 (0,0177)	-0,0361* (0,0201)	-0,0549** (0,0226)	-0,0507** (0,0252)	-0,0316 (0,0274)	-0,0505* (0,0302)
Tratamento _(+5 meses)	0,0133 (0,0166)	0,0078 (0,0180)	0,0097 (0,0204)	-0,0028 (0,0230)	-0,0003 (0,0258)	0,0077 (0,0285)	-0,0157 (0,0313)
EF ^a da interação Município-Ciclo Diurno	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EF de "Mês" ^b	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Controle de Frota	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Controle de Precipitação	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Observações	43.344	38.520	31.152	25.272	20.856	17.280	14.736
R ²	0,5094	0,5147	0,5232	0,5382	0,5426	0,5558	0,5568
R ² Ajustado	0,4646	0,4703	0,4795	0,4958	0,5005	0,5148	0,5157

Notas: Erros padrões robustos em parênteses e com cluster de municípios. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

^a Abreviação para Efeito Fixo.

^b Janelas de 30 dias a partir da data da Lei do Farol.

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho, investigou-se o impacto da lei de número 13.290, conhecida popularmente como Lei do Farol, no número de acidentes em estradas federais. Até onde se tem conhecimento, este é o primeiro estudo que fornece evidência causal da referida política, bem como também o primeiro que analisa de forma causal a literatura de iluminação diurna no país. A Lei do Farol estabelece o uso compulsório dos faróis baixos durante o dia em rodovias. Por critérios impostos seja pela própria política, pelos dados, ou de ordem estatística, algumas restrições são criadas, de modo que este estudo se delimita às rodovias federais, rurais, simples (mão-dupla), e localizadas em municípios com mais de 20.000 habitantes.

Através da construção de um grupo de controle composto por municípios no horário noturno como contrafactual desses mesmos municípios observados durante o dia (período em que a regulamentação tem validade), e utilizando a estratégia de identificação conhecida por diferenças-em-diferenças, foi possível avaliar que existe uma significativa redução de acidentes nas condições apresentadas. A magnitude dessa diminuição, na média, fica em torno de 4,2% no Brasil, de 4,9% na região Nordeste, e de 6,2% na região Sul. Observou-se ainda que o número de indivíduos feridos em acidentes nas mesmas condições foi reduzido em 3,2% no Brasil, 4,1% no Nordeste e 5,2% no Sul do país, ao passo que também houve diminuição do número de mortes neste contexto em 1,4% no Brasil, provenientes das regiões Centro-Oeste (3,71%) e Sul e (2,83%). As demais regiões não apresentaram alteração estatisticamente significativa seja no número de acidentes, de feridos, ou de mortes. Estes resultados são robustos a várias alterações de definições e restrições, bem como a testes para verificação de possíveis efeitos anteriores à lei, a fim de conferir precisão à avaliação.

Embora exista, de fato, uma diminuição do número de acidentes após a política adotada, uma avaliação cuidadosa da dinâmica dos coeficientes dessa redução mostra uma clara tendência de retorno dos mesmos à nulidade. Após um período de assimilação e aprendizado da política, resultante da imposição do mecanismo de infrações de trânsito, o nível de acidentes cai por um período de cerca de dois meses para retornar ao patamar inicial em seguida, tempo suficiente para a lei perder a notoriedade de outrora. Esse resultado é importante no contexto de política pública, pois abre espaço para outras possibilidades com efeito mais duradouro e/ou políticas similares, mas com destaque recorrente, a fim de sustentar o efeito continuamente.

REFERÊNCIAS

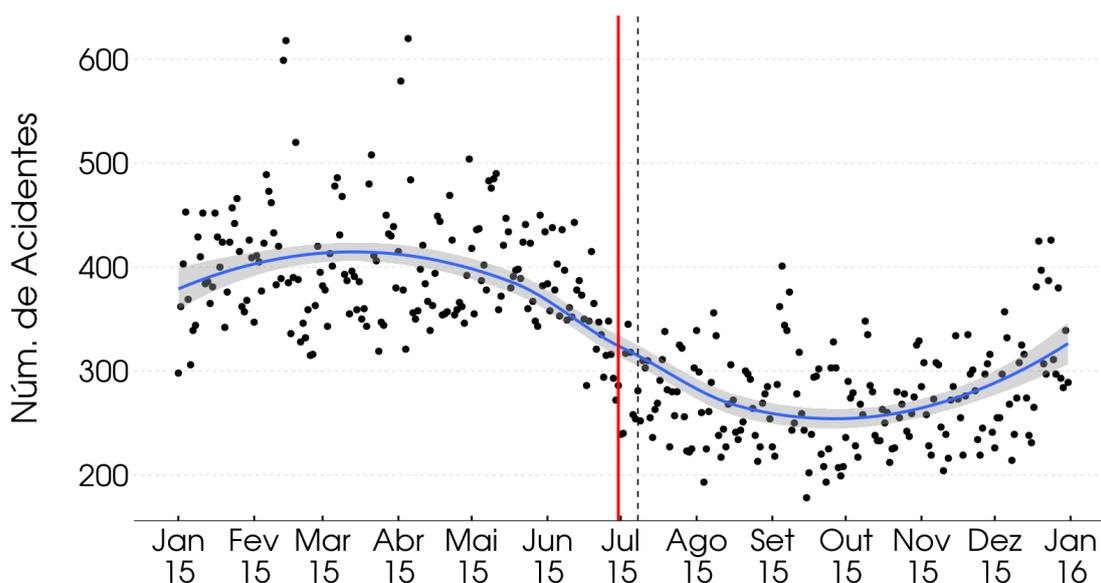
- ANDERSSON, K.; NILSSON, G.; SALUSJARVI, M. The Effect of Recommended and Compulsory Use of Vehicle Lights on Road Accidents in Finland. Linköping, Sweden, 1976. Report 102A.
- CANTILLI, E.J. Accident Experience With Parking Lights as Running Lights. **Highway Research Record**, n. 332, 1970.
- _____. Daylight Lights-on plan. **Traffic Engineering** 39, dez. 1965.
- ELVIK, Rune. The Effects on Accidents of Compulsory Use of Daytime Running Lights for Cars in Norway. **Accident Analysis & Prevention**, v. 25, n. 4, p. 383–398, 1993.
- ELVIK, Rune; CHRISTENSEN, Peter; OLSEN, Sverre Fjeld. **Daytime Running Lights — A Systematic Review of Effects on Road Safety**. [S.l.]: Institute of Transport Economics, 2003. Report nr: 688/2003. ISBN:82-480-0392-2.
- FARMER, C.M.; WILLIAMS, A.F. Effects of Daytime Running Lights on Multiple-Vehicle Daylight Crashes in the United States. **Accident Analysis and Prevention**, v. 34, n. 2, p. 197–203, mar. 2002.
- KRAJICEK, Michele E; SCHEARS, Raquel M. Daytime Running Lights in the USA: What Is the Impact on Vehicle Crashes in Minnesota? **International Journal of Emergency Medicine**, v. 3, n. 1, p. 39–43, 2010.
- SPARKS, Gordon A. et al. The Effect of Daytime Running Lights on Crashes Between Two Vehicles in Saskatchewan: A Study of a Government Fleet. **Accident Analysis & Prevention**, v. 25, n. 5, p. 619–625, 1993.

APÊNDICE A – ANÁLISES ADICIONAIS

Nesta seção, são abordados alguns aspectos complementares que ratificam percepções mencionadas ao longo do trabalho e cuja inserção no texto principal poderia reduzir a fluidez da leitura. Destacam-se aqui explicações sobre a não inclusão do ano de 2015 no texto principal, assim como uma ampliação do horizonte de tempo de determinado gráfico para adicional visualização, e por fim, uma avaliação do impacto da lei em rodovias duplas e múltiplas.

Em diversos momentos do estudo, seria natural comparar estatísticas e/ou realizar estimacões envolvendo o ano anterior à implementacão da política. No entanto, em 30 de junho de 2015, a Polícia Rodoviária Federal alterou a forma usual de registro de acidentes em rodovias federais⁸. No caso de acidentes sem vítimas, sem dano ao meio ambiente ou ao patrimônio público, fica a cargo dos envolvidos registrarem o acidente no sistema da PRF, sob o prazo máximo de 60 dias para realizar este procedimento nos caso de rodovias. Desse modo, ao observarmos o gráfico do número de acidentes ao longo do ano de 2015 na Figura 9, verifica-se uma nítida mudançã de nível dos acidentes no país após a nova forma de registro, destacada pela linha vertical vermelha, data que se aproxima bastante de uma data placebo da Lei do Farol para o ano anterior (8 de Julho de 2015, 8 dias), correspondente à linha vertical tracejada.

Figura 9 – Acidentes Registrados em 2015



⁸ Ver notícias disponíveis em <http://bit.ly/2GBekXm> e <http://bit.ly/2GBbQxc>. Último acesso em 23 de abril de 2019.

Pode-se confirmar a impressão deixada pela visualização do gráfico com algum teste estatístico. Ao realizar um teste unilateral de diferença de médias de Welch, verifica-se que a média dos acidentes após a modificação no registro é significativamente menor que a média anterior à mudança a quaisquer níveis de significância habituais, uma vez que o p -valor do teste é aproximadamente nulo ($1,2 \times 10^{-67}$). Nessas condições, qualquer análise que considere o número de acidentes antes e depois da data placebo, também levará em conta a mudança na forma de registro, razão pela qual o ano de 2015 não foi incluído nas principais análises. Nota-se também que o emprego de anos anteriores a 2015 também não é ideal, uma vez que, sendo precedentes à modificação de registro, eles apresentam estrutura de registro de acidentes diferente daquela dos anos 2016 em diante.

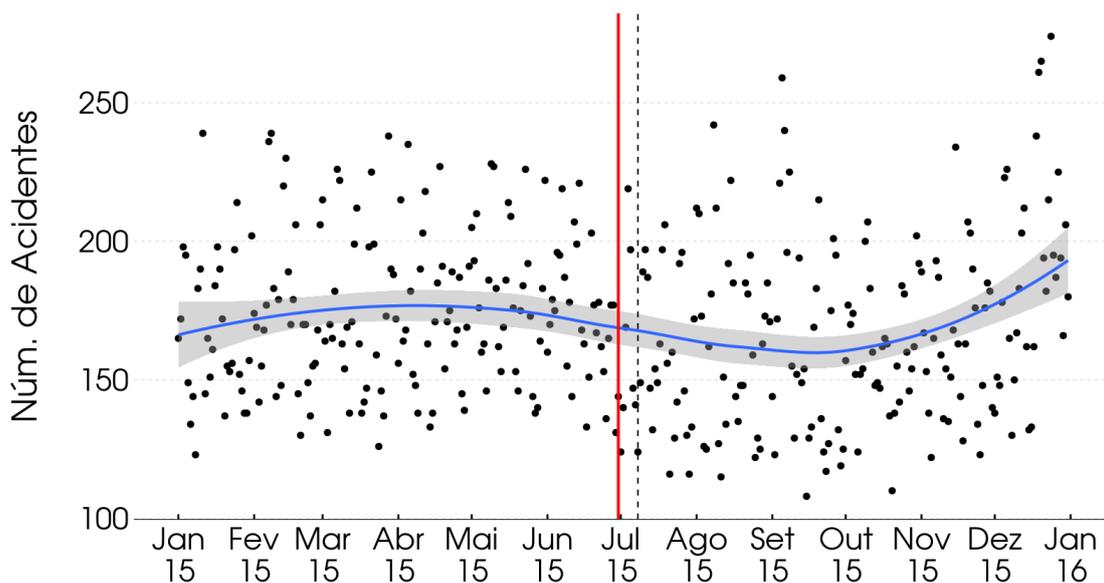
Uma forma de se utilizar este ano como placebo seria retirar da amostra do ano de 2015 os acidentes sem vítimas, pois, em teoria, todos acidentes com vítimas devem ser registrados pela PRF seja antes ou após a implantação do sistema de registro. Ainda assim, o registro de acidentes nos anos de 2015 e 2016 não seria perfeitamente idênticos, uma vez que no segundo existem acidentes sem vítimas reportados pelos envolvidos, ao passo que não é possível fazer essa distinção no primeiro. Uma segunda possibilidade seria restringir também os anos de 2016 e 2017 para essa mesma característica, isto é, acidentes com vítimas, mas isso não foi incluído no corpo principal do trabalho por ser menos abrangente. Nesse apêndice, a primeira possibilidade será utilizada a seguir.

Restringindo o ano de 2015 para acidentes com vítimas, isto é, com feridos ou mortes, constata-se um aparente retorno de similaridade de patamar entre o momento antes da introdução do sistema de registro e o momento posterior, conforme pode ser visto na Figura 10. Esse suposto regresso, no entanto, não se confirma completamente ao realizar o mesmo teste estatístico anterior, pois observa-se ainda uma redução da média de acidentes após a data de 30 de junho de 2015, significativa aos níveis habituais de 10% e 5%, mas não a 1% (p -valor igual a 0,011).

Analisando a Figura 10 cautelosamente, de fato se percebe uma sutil diferença entre ambas partes, o que pode até ser um indicativo de certa sazonalidade no segundo semestre do ano, impulsionando a média de acidentes para patamar inferior. Se isso realmente ocorre, esse evento não seria benéfico para os resultados principais deste estudo, uma vez que a sazonalidade por si só poderia contribuir para a redução apontada pela Lei do Farol. No entanto, já observou-se neste mesmo trabalho que resultados sem adição de efeitos fixos e variáveis de controle podem ser viesados, sendo necessária uma análise mais cuidadosa.

Com esse intuito de entender melhor o aparente resultado de médias, faz-se

Figura 10 – Acidentes com Vítimas Registrados em 2015



necessário realizar estimativas similares àquelas das Equações (2) e (4) exibidas nos resultados principais deste estudo. Utilizando os mesmos componentes da última coluna da Tabela 6, ou seja, interação de efeitos fixos de municípios e ciclo diurno, efeito fixo de “mês”(janela de 30 dias a partir da data *placebo* da Lei do Farol em 2015), controle de frota, de precipitação, definição intermediária de dia e noite e retirando municípios cuja população é inferior a 20.000 habitantes, obtém-se que o efeito para o ano de 2015 não é estatisticamente diferente de zero para o Brasil e para as demais regiões do país, conforme pode ser visto na Tabela 15. Essa conclusão contribui com os resultados principais do estudo ao mostrar que o efeito não é uma característica do período do ano após a implantação da lei.

Uma segunda utilidade desse Apêndice é apresentar uma extensão temporal da trajetória dos acidentes nos ciclos diurno e noturno para o ano de 2016, apresentada na Seção 3, especificamente na Figura 3. Como a conclusão do trabalho destaca um retorno do nível de acidentes ao patamar anterior à lei no longo prazo, seria interessante observar também a existência desse efeito na evolução dos acidentes. A Figura 11 tem esse intuito e ajuda a verificar o retorno das tendências paralelas do número de acidentes durante o dia e durante a noite após o claro deslocamento ocorrido em meados de setembro a novembro de 2016. Esse comportamento auxilia a constatar a existência de um efeito de caráter temporário na lei, assim como visto na dinâmica de coeficientes da Figura 8.

Por fim, o último propósito desta seção é avaliar o impacto da Lei do Farol sobre as rodovias em que os veículos que nela trafegam compartilham o mesmo sentido, permanecendo, no entanto, os demais aspectos no mesmo contexto do

Tabela 15 – Avaliação Placebo do Impacto Utilizando o Ano de 2015

Variável dependente = $\ln(1 + a_{mct})$	
(1)	
Brasil	0,00001 (0,0102)
Centro-Oeste	0,0017 (0,0360)
Nordeste	-0,0222 (0,0160)
Norte	0,0139 (0,0318)
Sudeste	0,0014 (0,0224)
Sul	0,0291 (0,0217)
EF de "Mês" ^b	✓
EF de Munic-Ciclo Diurno	✓
Controle de Frota	✓
Controle de Precipitação	✓
Observações ^c	20.304
R ² ^c	0,4470
R ² Ajustado ^c	0,3963

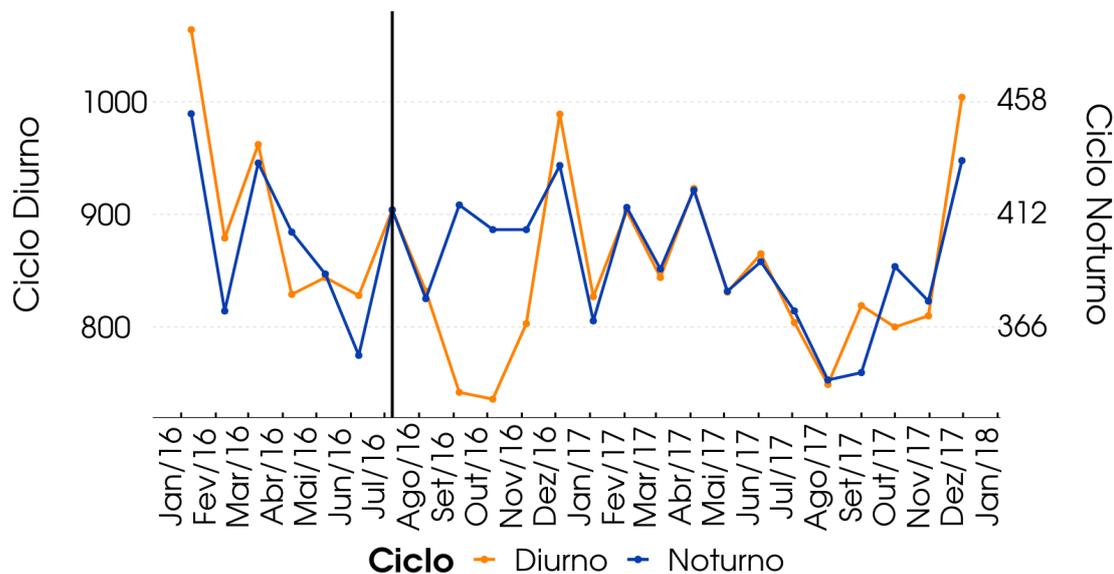
Notas: Erros padrões robustos em parênteses e com cluster de municípios. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

^a Abreviação para Efeito Fixo.

^b Janelas de 30 dias a partir da data placebo da Lei do Farol em 2015.

^c Dados para a estimação do Brasil.

Figura 11 – Acidentes Registrados Durante o Dia e a Noite de 2016 a 2017



trabalho principal (rodovias federais rurais nos municípios com mais de 20.000 habitantes). A hipótese central relatada se baseia no alerta que a incidência da iluminação diurna de um veículo ocasiona para outro(s) que a observa, o que ocorre principalmente quando estes veículos circulam em sentidos opostos. Em pistas nas quais os veículos trafegam no mesmo sentido, existe ainda a possibilidade dessa incidência luminosa servir de alerta para o motorista ao olhar em algum dos espelhos retrovisores do carro, evitando um possível acidente. Esse tipo de pista, conhecido no Brasil como “mão-única”, é subdividido na base de dados da PRF em “pistas duplas” e por “pistas múltiplas” e ambos casos serão tratados.

A Tabela 16 investiga os efeitos médios da Lei do Farol em 2016 para estes tipos de pistas além de ilustrar a heterogeneidade desse efeito nas regiões do país. Apenas a estimação da Equação (2) está sendo exposta, uma vez que nela explora-se também a interação dos efeitos-fixos do ciclo diurno e dos municípios, e como usual ao longo deste trabalho, a definição intermediária dos ciclos diurno e noturno foi utilizada. As colunas (1) a (3) referem-se respectivamente à avaliação do impacto nas rodovias de pista dupla, múltipla e ambas.

Tabela 16 – Impacto da Lei do Farol: Rodovias Duplas e Múltiplas

	Variável dependente = $\ln(1 + \alpha_{mct})$		
	(1)	(2)	(3)
Brasil	-0,0179** (0,0073)	0,0028 (0,0026)	-0,0159** (0,0074)
Centro-Oeste	-0,0079 (0,0300)	0,0011 (0,0051)	-0,0042 (0,0290)
Nordeste	-0,0272*** (0,0105)	-0,0027 (0,0028)	-0,0298*** (0,0105)
Norte	0,0201 (0,0150)	0,0044 (0,0034)	0,0233 (0,0164)
Sudeste	-0,0428** (0,0188)	0,0020 (0,0077)	-0,0403** (0,0191)
Sul	0,0034 (0,0150)	0,0133* (0,0071)	0,0119 (0,0156)
EF ^a de Município-Ciclo Diurno	✓	✓	✓
EF de “Mês” ^b	✓	✓	✓
Controle de Frota	✓	✓	✓
Controle de Precipitação	✓	✓	✓
Observações	20.856	20.856	20.856
R ²	0,7184	0,2453	0,7191
R ² Ajustado	0,6926	0,1761	0,6933

Notas: Erros padrões robustos em parênteses e com cluster de municípios.

*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1

^a Abreviação para Efeito Fixo.

^b Janelas de 30 dias a partir da data da Lei do Farol.

^c Dados para a estimação do Brasil.

Mediante análise dos resultados da Tabela 16, verifica-se um suposto efeito de redução de acidentes ao se incluir as pistas duplas na análise, e que esse efeito é forte o bastante para se sustentar mesmo com a inclusão de pistas múltiplas, em que não há efeito algum de redução. Observa-se também que a suposta redução de acidentes nesse tipo de pista é decorrente especialmente das regiões Nordeste e Sudeste. A razão da não inclusão desse tipo de pista no trabalho principal decorre do que se observa quando a dinâmica desse coeficiente é analisada. A Tabela 17 mostra os coeficientes em cada janela de 30 dias e em nenhum período após a implementação da política se verifica redução de acidentes para quaisquer tipos de pistas. O coeficiente médio negativo é resultado apenas de um aumento estatisticamente significativo de acidentes no ciclo diurno em um período anterior à lei, o que torna a dupla diferença do método menor que zero considerando-se todo o período analisado. Desse modo, não se pode afirmar que há redução do número de acidentes decorrente da Lei do Farol para as rodovias duplas e/ou múltiplas no Brasil.

Tabela 17 – Dinâmica do Coeficiente: Rodovias Duplas e Múltiplas

	Variável dependente = $\ln(1 + \alpha_{mct})$		
	(1)	(2)	(3)
Tratamento _(-6 meses)	0,0171 (0,0190)	0,0185*** (0,0069)	0,0303 (0,0189)
Tratamento _(-5 meses)	0,0359** (0,0174)	-0,0003 (0,0062)	0,0331* (0,0178)
Tratamento _(-4 meses)	0,0142 (0,0180)	0,0039 (0,0062)	0,0180 (0,0179)
Tratamento _(-3 meses)	0,0198 (0,0185)	0,0095 (0,0062)	0,0229 (0,0185)
Tratamento _(-2 meses)	0,0152 (0,0171)	0,0035 (0,0059)	0,0156 (0,0170)
Tratamento	-0,0082 (0,0183)	0,0063 (0,0060)	-0,0045 (0,0188)
Tratamento _(+1 meses)	0,0113 (0,0181)	0,0031 (0,0061)	0,0098 (0,0180)
Tratamento _(+2 meses)	-0,0112 (0,0181)	0,0088 (0,0056)	-0,0071 (0,0184)
Tratamento _(+3 meses)	-0,0020 (0,0178)	0,0141** (0,0064)	0,0072 (0,0179)
Tratamento _(+4 meses)	0,0113 (0,0185)	0,0081 (0,0065)	0,0172 (0,0183)
Tratamento _(+5 meses)	-0,0066 (0,0183)	0,0118* (0,0068)	0,0022 (0,0182)
EF de Munic-Ciclo Diurno	✓	✓	✓
EF de "Mês" ^b	✓	✓	✓
Controle de Frota	✓	✓	✓
Controle de Precipitação	✓	✓	✓
Observações	20.856	20.856	20.856
R ²	0,7186	0,2459	0,7192
R ² Ajustado	0,6926	0,1764	0,6933

Notas: Erros padrões robustos em parênteses e com cluster de municípios. *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$

^a Abreviação para Efeito Fixo.

^b Janelas de 30 dias a partir da data da Lei do Farol.

^c Dados para a estimação do Brasil.