

TEXTO PARA DISCUSSÃO

3081

**MORTALIDADE NO TRÂNSITO,
DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E
DESIGUALDADES REGIONAIS NO BRASIL**

CARLOS HENRIQUE RIBEIRO DE CARVALHO



**MORTALIDADE NO TRÂNSITO,
DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E
DESIGUALDADES REGIONAIS NO BRASIL**

CARLOS HENRIQUE RIBEIRO DE CARVALHO¹

1. Técnico de planejamento e pesquisa na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Dirur/Ipea).
E-mail: carlos.carvalho@ipea.gov.br.

Governo Federal

Ministério do Planejamento e Orçamento

Ministra Simone Nassar Tebet

ipea Instituto de Pesquisa
Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério do Planejamento e Orçamento, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiros – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidenta

LUCIANA MENDES SANTOS SERVO

Diretor de Desenvolvimento Institucional

FERNANDO GAIGER SILVEIRA

**Diretora de Estudos e Políticas do Estado,
das Instituições e da Democracia**

LUSENI MARIA CORDEIRO DE AQUINO

Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas

CLÁUDIO ROBERTO AMITRANO

**Diretor de Estudos e Políticas Regionais,
Urbanas e Ambientais**

ARISTIDES MONTEIRO NETO

**Diretora de Estudos e Políticas Setoriais,
de Inovação, Regulação e Infraestrutura**

FERNANDA DE NEGRI

Diretor de Estudos e Políticas Sociais

RAFAEL GUERREIRO OSÓRIO

Diretora de Estudos Internacionais

KEITI DA ROCHA GOMES

Chefe de Gabinete

ALEXANDRE DOS SANTOS CUNHA

**Coordenadora-Geral de Imprensa e
Comunicação Social**

GISELE AMARAL DE SOUZA

Ouvidoria: <https://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

URL: <https://www.ipea.gov.br>

Texto para Discussão

Publicação seriada que divulga resultados de estudos e pesquisas em desenvolvimento pelo Ipea com o objetivo de fomentar o debate e oferecer subsídios à formulação e avaliação de políticas públicas.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Ipea 2025

Carvalho, Carlos Henrique Ribeiro de

Mortalidade no trânsito, desenvolvimento econômico e desigualdades regionais no Brasil / Carlos Henrique Ribeiro de Carvalho. – Brasília, DF: Ipea, 2025.

32 p. : il., gráfs., mapas. – (Texto para Discussão ; n. 3081).

Inclui Bibliografia.

ISSN 1415-4765

1. Mortalidade no Trânsito. 2. Acidentes de Trânsito. 3. Segurança Rodoviária. I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. II. Título.

CDD 363.125

Ficha catalográfica elaborada por Elizabeth Ferreira da Silva CRB-7/6844.

Como citar:

CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro de. **Mortalidade no trânsito, desenvolvimento econômico e desigualdades regionais no Brasil**. Brasília, DF: Ipea, fev. 2025. 32 p. : il. (Texto para Discussão, n. 3081). DOI: <https://dx.doi.org/10.38116/td3081-port>

JEL: R41.

DOI: <https://dx.doi.org/10.38116/td3081-port>

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e ePUB (livros e periódicos).

Acesse: <https://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério do Planejamento e Orçamento.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 6 |
| 2 METODOLOGIA | 7 |
| 3 CRISE ECONÔMICA E MORTALIDADE NO TRÂNSITO: CAUSALIDADE TEMPORAL..... | 13 |
| 4 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS DOS ESTADOS E VARIAÇÕES REGIONAIS DA MORTALIDADE NO TRÂNSITO | 16 |
| 4.1 Regressões por modo de transporte..... | 25 |
| 5 CONCLUSÕES..... | 29 |
| REFERÊNCIAS | 30 |
| BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR | 32 |

SINOPSE

Este trabalho tem como objetivo estudar variáveis socioeconômicas relacionadas às taxas de mortalidade por acidentes de trânsito no Brasil, investigando o efeito do desenvolvimento econômico e os fatores importantes que explicam a diferenciação das mortes no trânsito entre os estados brasileiros. Observou-se que um maior percentual de motocicletas aumenta muito a mortalidade nos estados. Na direção oposta, o aumento do efetivo policial e da população reduz essa taxa nos estados brasileiros. O aumento do rendimento também tem um efeito no crescimento das mortes, embora, nos estados mais ricos, esse efeito seja o oposto. Nos estados mais pobres, as melhorias nas estradas têm um impacto ascendente na taxa de mortalidade, devido ao atual mau estado de conservação das vias, o que reduz a energia dos acidentes e, conseqüentemente, das mortes no trânsito.

Palavras-chave: mortalidade no trânsito; acidentes de trânsito; segurança rodoviária.

ABSTRACT

This work aims to study socioeconomic variables related to mortality rates from traffic accidents in Brazil, investigating the effect of economic development and important factors that explain the differentiation of traffic deaths between Brazilian states. It was observed that a higher percentage of motorcycles greatly increases mortality in the states. In the opposite direction, an increase in police force and a larger population reduces this rate in Brazilian states. Increasing income also has an effect on increasing deaths, although in richer states this effect is opposite. In the poorest states, road improvements have an upward impact on the mortality rate, due to the current poor state of road conservation, which reduces the energy of accidents and consequently traffic deaths.

Keywords: traffic mortality; transit accidents; road safety.

1 INTRODUÇÃO

Conforme dados do Ministério da Saúde, morreram por ano no Brasil uma média de 40 mil pessoas vítimas de sinistros por transporte terrestre (STT) na última década (2010 a 2019), e mais de 300 mil pessoas sofreram lesões graves anualmente (Carvalho e Guedes, 2023). Além do forte impacto emocional e financeiro para as famílias das vítimas, os sinistros de trânsito geram custos enormes para a sociedade em termos de perda de produção, danos materiais e altas despesas com hospital, previdência e pré-atendimento. Esses números mostram a necessidade de implementação de políticas públicas consistentes e permanentes voltadas para a redução e a mitigação da mortalidade nos segmentos de transportes terrestres, o que demanda melhor entendimento sobre esse fenômeno (Ipea, 2006; 2015).¹

No Brasil, houve queda da taxa de mortalidade por STT, desde o ano de 2014, em cerca de 30% (aproximadamente 21 mortes/100 mil habitantes anualmente para cerca de 15 mortes/100 mil habitantes em 2020). Esse período de queda da taxa de mortalidade coincidiu com o período de intensa crise que atingiu a economia brasileira até o final da década, quando se iniciou também a crise sanitária da covid-19 (Carvalho e Guedes, 2023; Bastos *et al.*, 2020). Por mais que tenha ocorrido a implementação de políticas mitigatórias da mortalidade no trânsito na década passada, a questão colocada é se a redução da taxa de mortalidade verificada esteve associada à crise econômica estabelecida desde 2014. Se assim for, caberá aos governos a intensificação dos investimentos em políticas de redução da mortalidade no trânsito quando se observar o início da recuperação econômica do país a fim de evitar a elevação rápida da taxa de mortalidade no trânsito.

Em vários países desenvolvidos, observou-se esse efeito de redução do volume de tráfego e, de modo proporcional, das mortes, em especial durante o período de combate à covid-19. A Organização Mundial da Saúde (OMS), por exemplo, verificou queda de 13% no volume de tráfego no ano de 2020 em dezessete países com base em dados consistentes com correspondente queda das mortes no trânsito de 16% em relação à *baseline* do período 2017-2019 (WHO, 2023). As evidências mostram que esse efeito também ocorreu no Brasil nos períodos de crise econômica (2014-2020) e sanitária (2020-2022).

Outro ponto importante para investigação da mortalidade no trânsito do país são as variações de mortalidade observadas entre os estados brasileiros. Há uma vasta bibliografia destacando as principais medidas que contribuem para a redução dos

1. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sim/cnv/ext10uf.def>. Acesso em: mar. 2024.

sinistros de trânsito, bem como os fatores que podem facilitar a ocorrência desses eventos trágicos. Assim, pode-se afirmar que políticas públicas voltadas para educação, fiscalização e legislação são importantes para redução dos acidentes. Há também fatores ligados às condições das vias e dos veículos, à estrutura socioeconômica da população e ao comportamento dos motoristas e dos pedestres que podem impactar os números de mortes (WHO, 2023; Lima *et al.*, 2008; Chagas, 2011).

Esses fatores e os resultados das políticas públicas podem variar bastante de estado para estado, o que se reflete nas diferentes taxas de mortalidade observadas entre as unidades federativas (UF). A investigação sobre as diferenças regionais e suas correlações com a mortalidade no trânsito pode ajudar no desenho de políticas específicas para redução da mortalidade nos estados.

Assim, este trabalho tem por objetivo estudar variáveis socioeconômicas relacionadas com as taxas de mortalidades por STT no Brasil, investigando a causalidade temporal dos indicadores de desenvolvimento econômico e aprofundando o conhecimento sobre fatores importantes que explicam a diferenciação das mortes no trânsito entre os estados.

O trabalho está dividido em cinco partes, incluindo esta introdução. A seção 2 destina-se à descrição da metodologia, e as seções 3 e 4 apresentam os principais resultados das modelagens utilizadas para evidenciar a causalidade temporal entre os indicadores de desenvolvimento econômico e a mortalidade no trânsito, além de identificarem correlações existentes dessa variável de interesse com alguns indicadores regionais no nível estadual. Ao final, na seção 5, são apresentadas resumidamente as principais conclusões do trabalho.

2 METODOLOGIA

A partir da construção de uma base de dados de âmbito estadual, com informações referentes a mortes por STT e características socioeconômicas e demográficas, foi possível realizar análises sobre a causalidade temporal dos indicadores da economia sobre a mortalidade no trânsito e aprofundar o entendimento sobre as variações das taxas de mortalidades nas UFs. Com a base montada, foram calculados os índices específicos de mortes por STT e outros índices explicativos utilizados posteriormente na modelagem econométrica desenvolvida. O quadro 1 apresenta as variáveis primárias selecionadas com suas respectivas fontes de dados.

QUADRO 1**Composição da base de dados do estudo**

| Variável | Período | Fonte |
|--|-----------|-----------------------------|
| Mortes por STT | 1997-2022 | Datasus/Ministério da Saúde |
| Frota de veículos automotores | 2016 | Denatran |
| Venda anual de gasolina | 2016 | ANP |
| Venda anual de diesel | 2016 | ANP |
| PIB estadual | 2016 | IBGE |
| População por estado | 2016 | IBGE |
| Índice das condições das rodovias | 2016 | CNT |
| Proporção da população com ensino fundamental e médio completo | 2016 | PNAD/IBGE |
| Renda média das famílias | 2016 | PNAD/IBGE |
| Proporção de residências com posse de carro e motocicleta | 2016 | PNAD/IBGE |
| Extensão da malha rodoviária | 2014 | DNIT |
| Proporção da população jovem (18 a 29) e idosa (> 65) | 2016 | PNAD/IBGE |
| Efetivo policial | 2016 | IBGE |

Elaboração do autor.

Obs.: PIB – Produto Interno Bruto; Datasus; Denatran – Departamento Nacional de Trânsito; ANP – Agência Nacional de Petróleo; IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; CNT – Confederação Nacional do Transporte; PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios; e DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

A variável de interesse do estudo é o indicador que mede o volume de mortes por STT ocorridos na década de 2010 a 2019 no Brasil por cada 100 mil habitantes. Para isso, utilizaram-se os dados do Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM/Datasus)² referentes às mortes associadas aos sinistros envolvendo pedestres; usuários de automóveis, caminhonetes, motocicletas e triciclos; ocupantes de veículos pesados (ônibus e caminhões); e outros STT não qualificados na base. O cálculo da taxa de mortalidade por 100 mil habitantes utilizou como base a população estimada do país em 2016.

2. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sim/cnv/ext10uf.def>. Acesso em: mar. 2024.

TEXTO para DISCUSSÃO

Para a caracterização da causalidade temporal entre o desenvolvimento econômico e a mortalidade no trânsito, foram utilizadas como referência as séries temporais do PIB dolarizado do Brasil e a taxa de mortalidade por STT por 100 mil habitantes anualmente no período 1996-2022 no Brasil. Utilizou-se o teste de causalidade temporal de Granger (1969), considerando-se na modelagem as taxas de crescimento anuais derivadas das séries primárias referenciadas para atender a premissa de estacionariedade da metodologia de Granger.

A caracterização dos impactos de variáveis regionais foi realizada por meio de modelagem de regressão linear com correção da dependência espacial quando fosse o caso. A variável dependente nessa modelagem foi a taxa de mortalidade total e dos modos de transporte terrestre nos sinistros de trânsito ocorridos na década de 2010 a 2019 nos estados brasileiros. Como variáveis independentes, utilizou-se uma seleção de variáveis socioeconômicas, demográficas e de transportes no nível estadual (quadro 2).

O espectro de variáveis explicativas testadas nos modelos se baseou no objetivo de caracterizar os grupos de variáveis socioeconômicas, demográficas e de transporte mais impactantes na variação da taxa de mortalidade por STT nos estados brasileiros, conforme apresentado no quadro 2, que detalha os grupos, as variáveis e os impactos esperados sobre a variável de interesse.

QUADRO 2

Grupos de variáveis explicativas dos modelos de regressão utilizados

| Grupos de variáveis | Variáveis consideradas | Impactos esperados |
|---------------------------|--|---|
| Variáveis socioeconômicas | PIB (US\$); PIB <i>per capita</i> ; renda média na UF; percentual de população com ensino fundamental e médio. | Efeito dual: aumento da renda provoca aumento de demanda e, consequentemente, de mortes; por outro lado, aumento da renda causa aumento de investimentos em segurança, o que reduz mortes; aumento de educação reduz mortes, mas, por outro lado, uma maior proporção de pessoas com ensino médio implica mais pessoas circulando e mais acidentes. |

(Continua)

(Continuação)

| Grupos de variáveis | Variáveis consideradas | Impactos esperados |
|--------------------------------------|---|---|
| Variáveis demográficas | População; percentual de jovens (15 a 29 anos); percentual de pessoas na plenitude ativa (15 a 49 anos); percentual de idosos (> 65 anos); percentual de população nas RMs. | Efeitos diversos e duais: maior população aumenta os sinistros e as mortes, porém maior população aumenta recursos nos estados, além de reduzir energia dos acidentes; quanto mais jovens, mais sinistros; quanto mais idosos, mais atropelamentos etc. |
| Variáveis de mobilidade e transporte | Posse de automóveis e motocicletas; consumo de gasolina; efetivo policial; extensão de rodovias; qualidade das rodovias e percentual de pedágios. | Efeitos diversos e duais: aumento de frota aumenta sinistros, mas pode reduzir mortes pela redução de energia envolvida; aumento do efetivo e da qualidade das rodovias reduz sinistros e mortes, mas melhor qualidade da via aumenta a velocidade. |

Elaboração do autor.

Obs.: RMs – regiões metropolitanas.

As variáveis explicativas utilizadas foram obtidas considerando o ano-base de 2016. Mesmo que a variável dependente de mortalidade seja resultado do somatório das mortes na década, optou-se por utilizar os dados das variáveis explicativas em 2016 por ser um ano mediano do período considerado e por se assumir a hipótese de que as características socioeconômicas não apresentam variações relativas bruscas ao longo de uma década. Uma modelagem em painel considerando variações anuais talvez seria mais adequada, principalmente para captar as pequenas variações que ocorressem ano a ano nas variáveis explicativas, porém muitos dos parâmetros não apresentam disponibilidade de dados com periodicidade anual. Assim, utilizou-se uma modelagem *cross section* levando em consideração a premissa colocada de baixa variabilidade relativa entre os estados das variáveis estruturantes utilizadas.

A figura 1 apresenta o modelo teórico que embasou o processo de modelagem, em que os grupos de variáveis explicativas (demográficas, socioeconômicas e de transporte) interagem entre si, influenciam os principais fatores³ ligados à ocorrência de sinistros de trânsito e impactam a taxa de mortalidade nos estados (Lima *et al.*, 2008; Ipea e ANTP, 2003; Chagas, 2011). Vale ressaltar que muitas das variáveis podem apresentar efeitos duais sobre a mortalidade. Por exemplo, o aumento da renda pode elevar a demanda por transporte e, conseqüentemente, a quantidade de sinistros e mortes, mas, por outro lado, pode aumentar os recursos

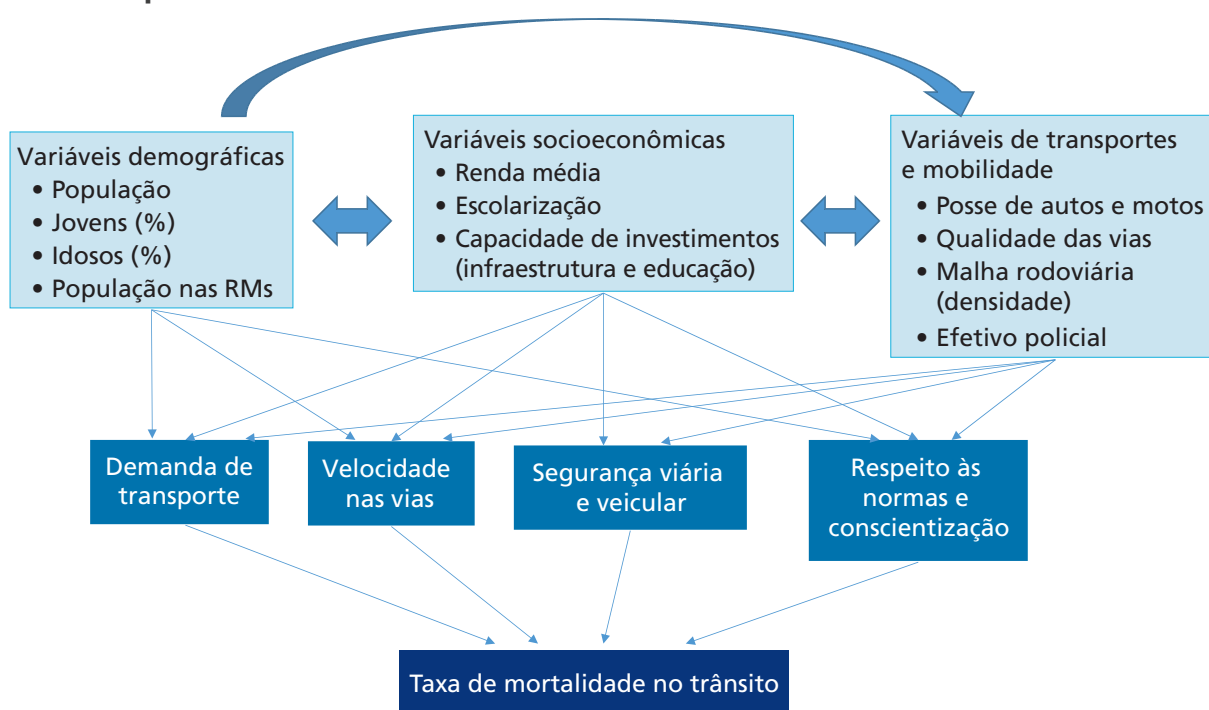
3. Fatores ligados à via, aos veículos e às pessoas.

TEXTO para DISCUSSÃO

disponíveis para campanhas educativas, as quais estariam associados à redução da mortalidade. O efeito líquido final pode tender para um ou para outro lado dependendo da situação local.

FIGURA 1

Modelo teórico de influência das variáveis demográficas, socioeconômicas e de transporte na ocorrência de STT



Elaboração do autor.

O processo de escolha das variáveis se baseou na técnica *backward*, que consiste no uso de modelos mais amplos e na eliminação das variáveis menos significativas. Além disso, procurou-se evitar o uso de variáveis explicativas do mesmo grupo que apresentassem alta colinearidade, de acordo com a tabela de correlação linear (tabela 1). Ao final desse processo, foram escolhidos para referenciar as análises os modelos robustos que apresentassem a melhor combinação de variáveis significativas, aprovadas no teste conjunto de Wald e com maior coeficiente de determinação (R²) possível.

TABELA 1
Coefficiente de correlação linear entre as variáveis básicas consideradas nos modelos de regressão linear cross section desenvolvidos – Brasil (2010-2019)

| | Taxa de mortalidade/100 mil hab. | | | | | Variáveis socioeconômicas e demográficas | | | | | Variáveis mobilidade e transportes | | | | | | |
|---------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|--|-----------|-----------|-----------|-------|------------------------------------|-------|-------|-----------|---------|-------|---------|
| | Total | A pé | Moto | Carro | Idoso | Jovem | PIB perc. | Ren. Méd. | Ens. Med. | Pop. | Pop_RM | Moto | Carro | Rod./hab. | Ef.pol. | CNT | Pedágio |
| Total | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| A pé | 0,11 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Moto | 0,84 | 0,07 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Carro | 0,66 | 0,25 | 0,36 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Idoso (%) | 0,05 | -0,3 | 0,14 | -0,13 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Jovem (%) | 0,36 | -0,33 | 0,37 | 0,13 | 0,86 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| PIB perc. | -0,17 | 0,56 | -0,35 | 0,31 | -0,1 | -0,13 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Renda méd. | -0,15 | 0,5 | -0,32 | 0,35 | -0,11 | -0,12 | 0,97 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ensino méd. | -0,26 | 0,45 | -0,42 | 0,24 | 0,18 | 0,04 | 0,86 | 0,85 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| População | -0,39 | 0,18 | -0,4 | -0,07 | -0,47 | -0,54 | 0,3 | 0,38 | 0,26 | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| Perpop_rm | -0,22 | 0,23 | -0,28 | -0,12 | 0,03 | -0,1 | 0,38 | 0,4 | 0,45 | 0,13 | 1 | - | - | - | - | - | - |
| Tem moto (%) | 0,71 | -0,33 | 0,77 | 0,18 | 0,19 | 0,45 | -0,58 | -0,57 | -0,58 | -0,41 | -0,45 | 1 | - | - | - | - | - |
| Tem carro (%) | 0,13 | 0,37 | -0,17 | 0,65 | -0,19 | -0,08 | 0,78 | 0,86 | 0,71 | 0,31 | 0,31 | -0,34 | 1 | - | - | - | - |
| Rod./hab. | 0,66 | -0,07 | 0,46 | 0,66 | -0,04 | 0,24 | -0,11 | -0,08 | -0,16 | -0,15 | -0,43 | 0,43 | 0,19 | 1 | - | - | - |
| Ef.pol. | -0,31 | -0,13 | -0,31 | -0,24 | 0,75 | 0,58 | 0,34 | 0,3 | 0,51 | -0,28 | 0,29 | -0,25 | 0,03 | -0,35 | 1 | - | - |
| Índice CNT | -0,13 | -0,16 | 0,11 | -0,23 | -0,05 | -0,04 | -0,5 | -0,55 | -0,41 | -0,31 | -0,31 | 0,22 | -0,52 | 0,02 | -0,2 | 1 | - |
| Pedágio (%) | 0,09 | 0,26 | -0,15 | 0,43 | -0,37 | -0,32 | 0,47 | 0,46 | 0,39 | 0,54 | -0,08 | -0,24 | 0,55 | 0,2 | -0,26 | -0,46 | 1 |

Elaboração do autor.

Obs.: Taxa de mortalidade/100 mil hab. = moto, carro, a pé e total; tem moto = percentual de domicílios da UF com motocicleta; tem carro = percentual de domicílios da UF com carro; renda méd. = renda média das famílias da UF; Ef.pol. = efetivo policial da UF dividido por 1 mil habitantes; população = percentual da população da UF; Índice CNT = índice de qualidade das rodovias da CNT (percentual de rodovias ruins e péssimas nas UFs); Perpop_rm = percentual da população da UF que mora em região metropolitana; ensino méd. = percentual da população com ensino médio; pedágio = percentual das rodovias com pedágio.

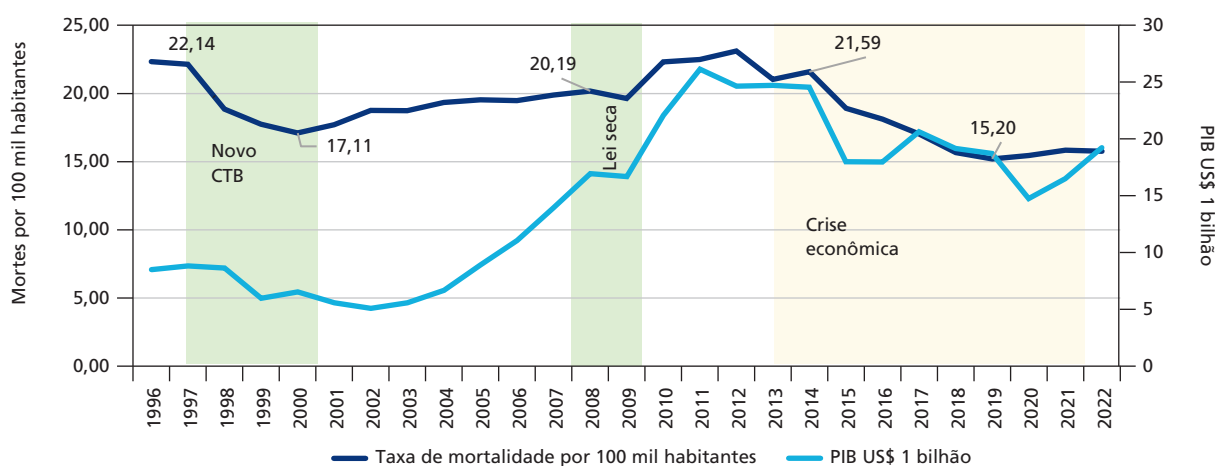
3 CRISE ECONÔMICA E MORTALIDADE NO TRÂNSITO: CAUSALIDADE TEMPORAL

O gráfico 1 apresenta a evolução da taxa de mortalidade por 100 mil habitantes desde 1996. Observam-se períodos variados de queda e aumento da taxa de mortalidade no país nos últimos 25 anos, mas se observou uma tendência de forte queda da mortalidade a partir de 2014, época que coincide com a intensificação da crise econômica estabelecida no país. Assim, fica latente a pergunta se a queda da mortalidade no trânsito tem alguma correlação com a crise econômica que se estabeleceu no país desde 2014 ou se seria fruto exclusivo de avanços institucionais e adoção de políticas públicas.

É particularmente importante saber se a crise econômica foi um fator efetivo para o resultado da queda da mortalidade no trânsito,⁴ pois, se assim for, quando a crise econômica acabar ou se arrefecer, a expectativa é que as taxas voltem a subir fortemente, o que demandaria políticas mais efetivas do governo em termos de mitigação da mortalidade no trânsito.

GRÁFICO 1

Mortes no trânsito e variação do PIB em dólares – Brasil (1996-2022)



Fontes: Datasus (disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?sim/cnv/ext10uf.def>; acesso em: mar. 2024) e Ipeadata (disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>; acesso em: mar. 2024).

Elaboração do autor.

Para investigar a causalidade temporal entre as condições da economia, representada pela evolução do PIB real, e a mortalidade por sinistros de trânsito, utilizou-se o teste de

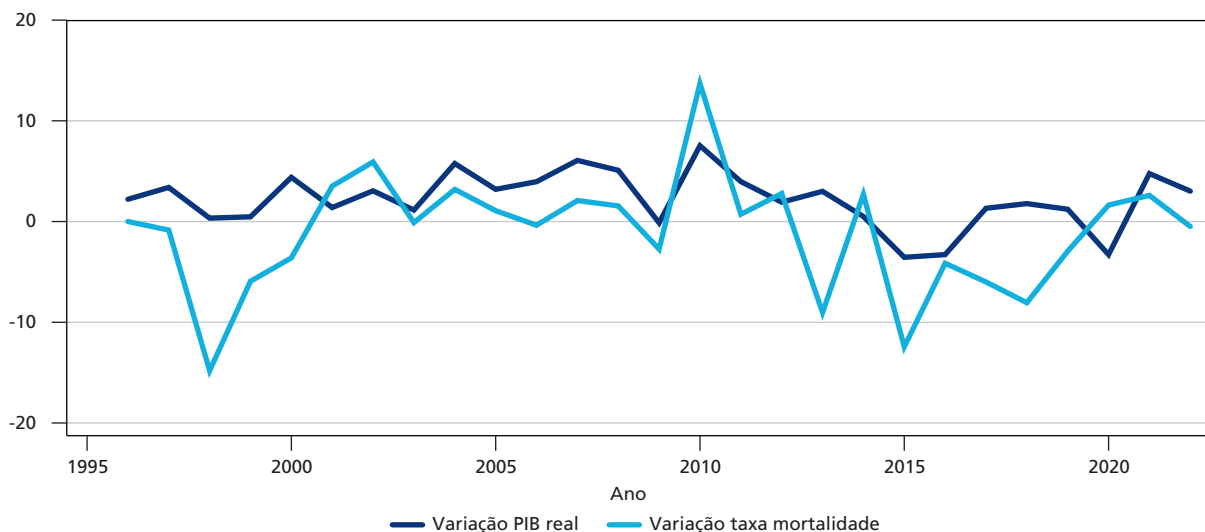
4. Menor atividade econômica implica em menor circulação de bens e pessoas e conseqüentemente em menor ocorrência de sinistros de trânsito.

causalidade temporal de Granger (1969). Nesse teste considera-se que eventos futuros podem ser afetados por eventos passados, mas a recíproca não é verdadeira. Dessa forma, Granger propôs um modelo que averigua a correlação entre as variáveis investigadas considerando determinadas defasagens de tempo entre elas. Se os coeficientes das variáveis defasadas temporalmente forem significativos no teste conjunto de Wald, pode-se dizer que há causalidade temporal entre as variáveis no sentido considerado: x causa-Granger y ou y causa-Granger x . Uma condição para aplicar o teste de Granger é que as séries temporais apresentem estacionariedade, e visualmente se pode perceber pelo gráfico 1 que as séries do PIB e da mortalidade não atendem esse preceito.⁵ Dessa forma, para fugir das tendências temporais observadas que comprometem as condições de estacionariedade exigidas, buscou-se trabalhar com as taxas de crescimento anuais das variáveis consideradas (gráfico 2). Pelo teste Dickey-Fuller aplicado, observou-se que ambas as séries, quando trabalhadas com as taxas de variação anual, apresentaram estacionariedade, sendo aptas para aplicação do teste de Granger.

GRÁFICO 2

Varição anual da taxa mortalidade por transporte terrestre e do PIB real – Brasil (1996-2022)

(Em %)



Fontes: Datasus (disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sim/cnv/ext10uf.def>; acesso em: mar. 2024) e Ipeadata (disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>; acesso em: mar. 2024).

Elaboração do autor.

Obs.: Variação do PIB real dolarizado e variação da taxa de mortalidade no trânsito (mortes/100 mil habitantes).

5. As séries apresentam tendências de longo prazo. O teste Dickey-Fuller mostrou esse resultado.

TEXTO para DISCUSSÃO

A partir do gráfico 2, pode-se observar, com a variação anual do PIB real e da taxa de mortalidade, uma certa sobreposição entre as duas séries consideradas. Como esperado, o teste de Granger se mostrou significativo a 95% de confiança apenas no sentido PIB real causa-Granger a taxa de mortalidade, considerando defasagens temporais de até 4 períodos (anos). No sentido inverso, não se observou relação de causalidade (tabela 2).

TABELA 2

Teste de causalidade de Granger (lag=4): teste conjunto *Wald* para coeficientes de causalidade

| Sentido-Granger | Estatística chi ² | Defasagem temporal | p-valor |
|--------------------------|------------------------------|--------------------|---------|
| PIB dólar -> Mortalidade | 9,6162 | 4 | 0,047 |
| Mortalidade -> PIB dólar | 3,6687 | 4 | 0,453 |

Elaboração do autor.

Obs.: Cálculos realizados no *software* Stata.

Esses resultados sugerem que as condições econômicas realmente afetam os índices de mortalidade, sendo que a alteração do PIB real apresenta impactos sobre a mortalidade no trânsito por até quatro anos após as mudanças no ambiente econômico. Pode-se inferir que um dos motivos para esse impacto de longo prazo é o aumento ou a diminuição da frota de veículos privados, principalmente motocicletas e automóveis. Um aumento momentâneo na frota em um período específico de desenvolvimento econômico continua influenciando os sinistros de trânsito mesmo em períodos posteriores em que haja retração da economia. No caso de motocicletas, o aumento da frota é decisivo também na intensidade de uso, pois, com custos de deslocamentos mais baixos e próximos aos do transporte público (Carvalho e Lucas, 2022), a pessoa que compra uma moto utiliza-a prioritariamente nos seus deslocamentos cotidianos, mesmo em momentos de crise econômica, o que eleva a participação relativa desse modo de transporte nas mortes por STT nos períodos posteriores ao aumento relativo da frota. Não por acaso, essa foi a modalidade que mais apresentou aumento das taxas de mortalidade nas duas últimas décadas (Carvalho e Guedes, 2023; Bastos *et al.*, 2020; Brasil, 2023).

Isso é um indicativo de que, em momentos de aquecimento econômico, tem de haver atenção redobrada por parte das autoridades competentes e intensificação das políticas de redução de mortalidade no trânsito, inclusive nos períodos posteriores ao *boom* econômico observado. Políticas de educação, controle e fiscalização de trânsito, bem como avanços regulatórios e normativos têm de estar sempre em pauta e

com recursos orçamentários viabilizados, principalmente em períodos que sucedem momentos de grande evolução econômica e social.

Na seção 4, também há uma abordagem sobre efeitos do desenvolvimento econômico sobre a mortalidade do trânsito com foco na variação da renda média das famílias entre as UFs e seus efeitos sobre a taxa de mortalidade regional.

4 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÔMICAS DOS ESTADOS E VARIAÇÕES REGIONAIS DA MORTALIDADE NO TRÂNSITO

O Brasil se destaca pela grande desigualdade socioeconômica e de estruturação institucional entre os estados, o que pode explicar parte das diferenças significativas nas taxas de mortalidade por STT ao longo do seu território. A figura 2 mostra o padrão espacial da taxa de mortalidade anualizada e acumulada na década de 2010 a 2019, em que se observam níveis diferenciados de ocorrência.

Em relação à taxa de mortalidade total, considerando todas as modalidades de transporte terrestre, inclusive as modalidades ativas, observa-se que, em todo o território, há ocorrências significativas, com poucos estados apresentando menores mortalidades (mortalidade inferior a 16 mortes anuais médias por 100 mil habitantes).⁶ As maiores taxas de mortalidade por sinistros de trânsito no Brasil se concentram em um cinturão que abrange estados do Centro-Oeste e do Nordeste (figura 2).

Quanto aos atropelamentos e às mortes por motocicletas, também se observam altas ocorrências em todo o território nacional, sendo que as taxas de mortalidade de motocicletas apresentam certa concentração no Norte e no Nordeste. No caso de automóveis, o padrão é que as maiores taxas se concentrem no Sudeste e Centro-Oeste para baixo (figura 2).

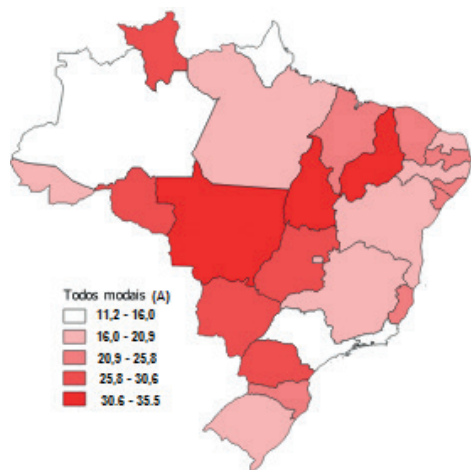
6. Considerou-se menor ocorrência esse patamar inferior a 16 mortes/100 mil habitantes em comparação com outros estados brasileiros. Porém, vale mencionar que, em vários países desenvolvidos, as taxas de mortalidade são muito menores que esse patamar, chegando a taxas inferiores a 5 mortes/100 mil habitantes por ano.

TEXTO para DISCUSSÃO

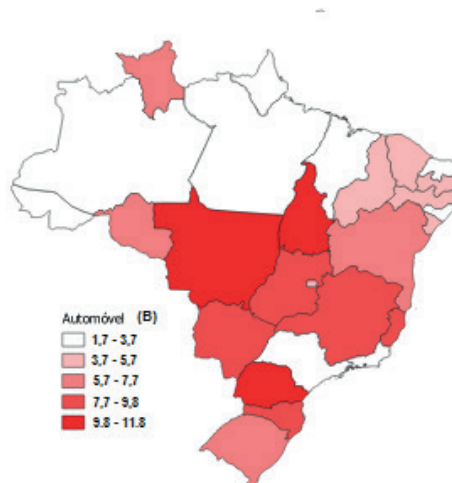
FIGURA 2

Taxa anualizada de mortalidade por 100 mil habitantes, por UF e modal de transporte rodoviário – Brasil (2010-2019)

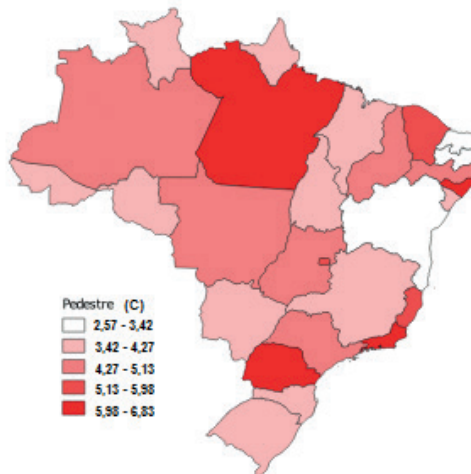
2A – Todos os modais



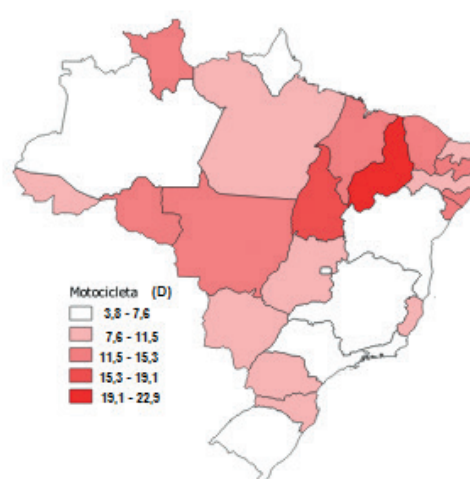
2B – Automóveis



2C – Pedestres



2D – Motocicletas



Fonte: Datasus (disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sim/cnv/ext10uf.def>; acesso em: mar. 2024).

Elaboração do autor.

Obs.: A figura não pôde ser padronizada e revisada em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

A fim de investigar as principais variáveis socioeconômicas e de transporte associadas à mortalidade por sinistros de trânsito nos estados brasileiros, foi realizada uma regressão linear considerando como variável dependente a taxa de mortalidade por 100 mil habitantes acumulada na década de 2010 a 2019, além de modelagem complementar considerando as taxas de mortalidades dos principais modais de transporte separadamente.

Como variáveis explicativas, seguindo as discussões apresentadas sobre o modelo teórico, utilizaram-se os seguintes indicadores: renda média das famílias (renda); PIB *per capita* (PIBper); proporção da população de 18 a 29 anos (jovem); extensão da malha rodoviária por 10 mil habitantes (ext_rod10K); percentual da população estadual em relação ao país (perpop); percentual de população nas RMs; taxa de efetivo policial por 1 mil habitantes (txefepol); proporção da população com ensino médio completo (ensinomedio); percentual de famílias com posse de motocicleta, carro e ambos (permoto, percarro, percarrot); índice proporção de bom e ótimo das condições das rodovias brasileiras (CNT).

O primeiro ponto considerado antes de rodar as regressões foi a dependência espacial das variáveis dependentes (Carvalho e Albuquerque, 2010). Utilizando uma matriz de distâncias padronizada, foi calculado o índice de Moran para cada indicador de mortalidade por modal, observando-se ausência de dependência espacial para as variáveis de mortalidade considerando todos os modais, a de pedestres e a de motocicletas, mas observou-se dependência espacial nas variáveis de mortalidade de automóveis, ônibus e caminhões (tabela 3). A explicação para isso pode ser visualizada na figura 2, em que se observam altas ocorrências de mortalidade por STT espalhadas por todo o território nacional. No caso da mortalidade por automóveis, observa-se certa concentração das mortes nos eixos Sul e Sudeste, o que é determinante para a configuração da dependência espacial detectada pelo índice de Moran.

TABELA 3

Índice de Moran para análise da dependência espacial das variáveis¹ – Brasil (2010-2019)

| Variáveis | I | E(I) | sd(I) | z | p-valor |
|-----------------|--------|--------|-------|--------|---------|
| Pedestre | -0,003 | -0,038 | 0,041 | 0,873 | 0,191 |
| Bicicleta | 0,007 | -0,038 | 0,039 | 1,154 | 0,124 |
| Motocicleta | -0,016 | -0,038 | 0,039 | 0,574 | 0,283 |
| Carro | 0,072 | -0,038 | 0,041 | 2,696 | 0,004 |
| Caminhão | 0,057 | -0,038 | 0,04 | 2,419 | 0,008 |
| Ônibus | 0,084 | -0,038 | 0,039 | 3,136 | 0,001 |
| Todos os modais | -0,044 | -0,038 | 0,041 | -0,149 | 0,441 |

Fonte: Datasus (disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defptohtm.exe?sim/cnv/ext10uf.def>; acesso em: mar. 2024).

Elaboração do autor.

Nota: ¹ Mortalidade total, mortalidade por atropelamentos, mortalidade por motocicleta e mortalidade por carro.

Obs.: Foi utilizada a matriz de distância dos estados padronizada (cálculos realizados no *software* Stata).

TEXTO para DISCUSSÃO

Nos modelos em que não foi configurada a dependência espacial nas variáveis dependentes, foi utilizada uma regressão linear convencional, tendo como referência os dados socioeconômicos dos estados brasileiros no ano de 2016.⁷ A tabela 4 mostra os resultados das regressões utilizadas para a variável dependente taxa de mortalidade total (todos os modais), considerando os grupos de variáveis socioeconômicas, demográficas e de transporte. A composição dos modelos foi baseada na técnica *backward* de escolha de variáveis. Mostrou-se mais eficiente o modelo (6) considerando a significância das variáveis explicativas e R2 mais alto em relação aos demais modelos.

TABELA 4

Resultado das regressões *cross section* da variável dependente taxa de mortalidade por STT por todos modais nos estados – Brasil (2010-2019)

| Variáveis explicativas | Modelos de regressão <i>cross section</i> | | | | | |
|------------------------|---|-----------|-----------|----------|-----------|---------------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) analisado |
| Posse moto (%) | 3,309*** | 3,382*** | 3,382*** | 2,694*** | 4,074*** | 3,983*** |
| (p-valor) | (0,000) | (0,000) | (0,000) | (0,000) | (0,000) | (0,000) |
| Posse carro (%) | 0,123 | -0,0236 | - | - | - | - |
| (p-valor) | (0,869) | (0,978) | - | - | - | - |
| Renda/100 | 3,87 | 2,992 | 3,093 | - | 6,305*** | 6,374*** |
| (p-valor) | (0,164) | (0,363) | (0,266) | - | (0,001) | (0,000) |
| Polícia/1000hab. | -22,98* | -29,70* | -27,19* | -15,5 | -34,68*** | -34,25*** |
| (p-valor) | (0,039) | (0,032) | (0,022) | (0,143) | (0,000) | (0,000) |
| Ext.rod./10khab. | 2,49 | 2,612 | 2,5 | 3,401** | - | - |
| (p-valor) | (0,129) | (0,058) | (0,082) | (0,007) | - | - |
| População (%) | -6,302*** | -6,168*** | -6,384*** | -4,295** | -6,826*** | -6,872*** |
| (p-valor) | (0,000) | (0,000) | (0,000) | (0,002) | (0,000) | (0,000) |
| Ind.est.cnt | -1,259** | -1,458** | -1,358** | -1,473** | -1,379** | -1,418** |
| (p-valor) | (0,006) | (0,004) | (0,006) | (0,006) | (0,002) | (0,001) |
| Ensino médio (%) | - | 1,444 | 1,074 | - | - | - |
| (p-valor) | - | (0,459) | (0,577) | - | - | - |

(Continua)

7. Optou-se por utilizar os dados desse ano por se tratar de ponto mediano da década de 2010 a 2019, partindo da hipótese de que os indicadores socioeconômicos dos estados (variáveis independentes) pouco mudam em termos relativos no período de dez anos.

(Continuação)

| Variáveis explicativas | Modelos de regressão <i>cross section</i> | | | | | |
|------------------------|---|---------|---------|----------|---------|---------------|
| | (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) analisado |
| Pedágio (%) | 0,689 | - | 0,496 | - | - | - |
| (p-valor) | (0,342) | - | (0,524) | - | - | - |
| Cnt_baixo x cnt | - | - | - | 0,882 | - | - |
| (p-valor) | - | - | - | (0,289) | - | - |
| Pop.rm (%) | - | - | - | - | 0,109 | - |
| (p-valor) | - | - | - | - | (0,361) | - |
| Constante | 162,4** | 124,7 | 132,3 | 194,7*** | 176,7** | 184,5*** |
| (p-valor) | (0,003) | (0,096) | (0,101) | (0,000) | (0,003) | (0,001) |
| N | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 |
| R2 | 0,846 | 0,847 | 0,848 | 0,816 | 0,794 | 0,792 |

Elaboração do autor.

Obs.: 1. Cálculos realizados no *software* Stata.

2. * p-valor < 0,05; ** p-valor < 0,01; e *** p-valor < 0,001.

3. Variáveis: posse moto = percentual de domicílios da UF com motocicleta; posse carro = percentual de domicílios da UF com carro; renda/100 = renda média das famílias da UF dividida por 100; polícia/1000hab. = efetivo policial da UF dividido por 1 mil habitantes; ext. rod./10khab. = extensão das rodovias da UF por 10 mil habitantes; população = percentual da população da UF; índ.est.cnt = índice de qualidade das rodovias da CNT (percentual de rodovias ruins e péssimas nas UFs); cnt_baixo x cnt: indicador de interação do índice da CNT com as UFs que apresentam baixo índice da CNT; pop.rm = percentual da população da UF que mora em região metropolitana, Ride ou aglomerado urbano; ensino médio = percentual da população com ensino médio; pedágio = percentual das rodovias com pedágio; constante = constante do modelo de regressão.

Analisando o modelo (6), observa-se efeito crescente do aumento da renda média da população sobre a mortalidade por STT (sinal positivo do coeficiente de regressão). Um aumento de R\$ 100,00 na renda média dos estados está associado ao aumento em cerca de 6,3 mortes por 100 mil habitantes na década (cerca de 0,6 mortes por 100 mil habitantes por ano, considerando a taxa anualizada). Conforme já discutido, aumento de renda da população dos estados significa maior demanda por transporte e conseqüentemente maior ocorrência de sinistros, sobrepondo os efeitos favoráveis

dessa variável sobre a redução da mortalidade, como a melhora das condições de investimentos em campanhas educativas e infraestrutura de segurança.

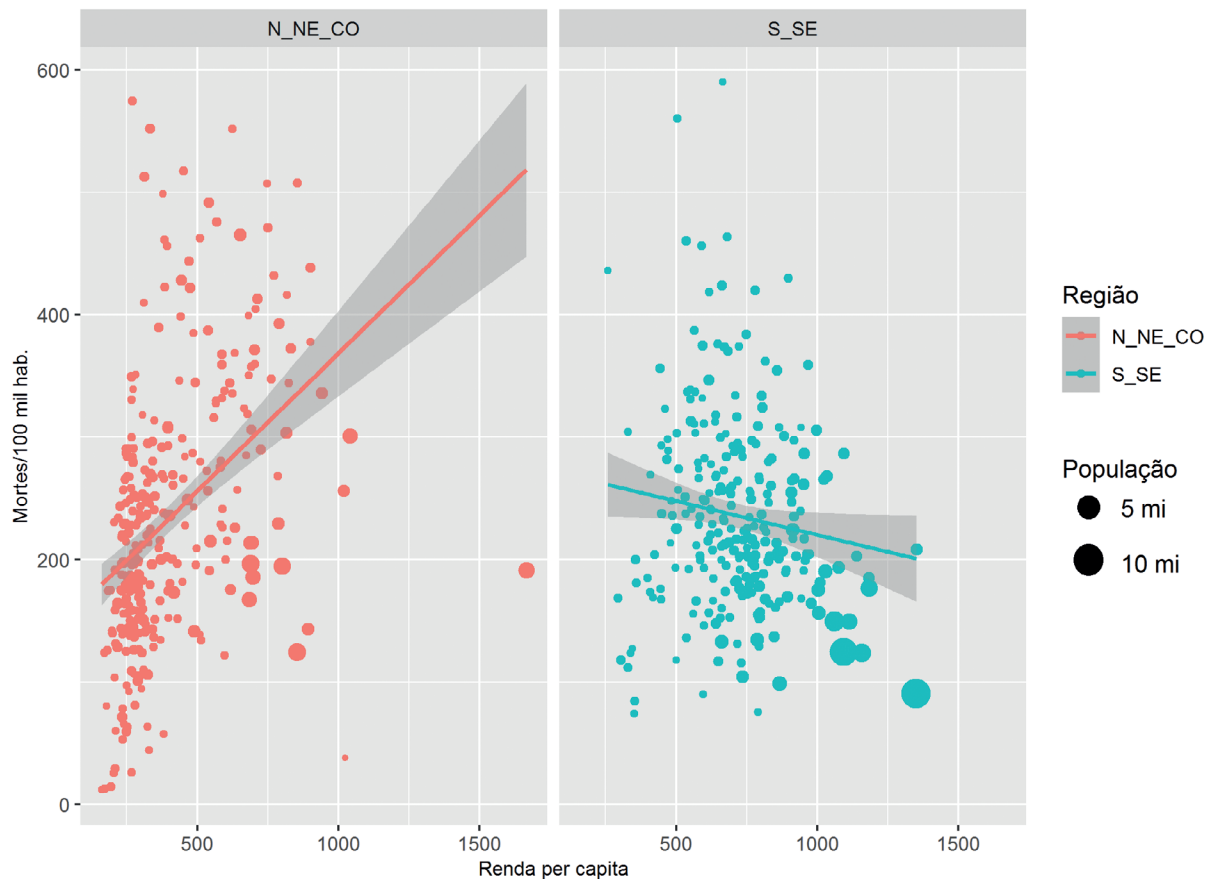
Em função desses efeitos duais, a discussão do impacto da renda média dos estados sobre a taxa de mortalidade merece melhor aprofundamento. Para isso, utilizaram-se os dados de mortalidade e renda das microrregiões brasileiras.⁸ Pode-se observar, a partir do gráfico de dispersão Renda *per capita* versus Taxa de mortalidade STT por 100 mil habitantes nas microrregiões brasileiras (gráfico 3), dois agrupamentos (*cluster*) de regiões com comportamento diferentes – inclinações da reta de ajuste com sinais contrários. Nas microrregiões com menor renda (principalmente Norte e Nordeste), observa-se uma reta de ajuste com coeficiente angular positivo, ou seja, entre esses estados, o aumento da renda média da população está associado a um aumento dos STT. A hipótese levantada é de que nessas regiões a infraestrutura de transporte e segurança é mais precária e, com o aumento da demanda provocada pela elevação de renda, sem que haja melhora correspondente nessa infraestrutura, a tendência é que a mortalidade cresça. Há também o efeito de aumento rápido do uso de motocicletas com a renda em expansão nos estados mais pobres, o que contribui bastante para a ampliação da mortalidade. Nos estados mais ricos, o ajuste da reta ocorre com coeficiente angular negativo, ou seja, aumentos de renda implicam em redução da mortalidade, pois a infraestrutura voltada para segurança seria mais adequada para a situação de aumento de demanda e, com o aumento da renda média, haveria mais recursos para investimento em campanhas e medidas de redução da mortalidade. Os crescimentos relativos da frota e do uso de motocicleta também seriam menores do que os que ocorrem nas regiões Norte e Nordeste (Carvalho e Guedes, 2023).

Conforme já descrito, o efeito líquido da renda teria inclinação positiva em todos os modelos de regressão testados neste trabalho, mostrando que no Brasil os efeitos de crescimento da mortalidade (pelo aumento de demanda) superariam os efeitos de redução da mortalidade (pelo aumento dos investimentos) quando há variação positiva da renda. De qualquer forma, recomendam-se estratégias de atuação diferentes entre esses dois grupos de estados em momentos de expansão da renda.

8. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sim/cnv/ext10uf.def>. Acesso em: mar. 2024.

GRÁFICO 3

Renda per capita em 2010 versus taxa de mortalidade no trânsito por 100 mil habitantes na década de 2010-2019 – microrregiões brasileiras



Fontes: Ipeadata (disponível em: <http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>; acesso em: mar. 2024) e Datasus (disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defptohtm.exe?sim/cnv/ext10uf.def>; acesso em: mar. 2024).

Elaboração do autor.

Obs.: 1. Pontos em vermelho são microrregiões do Norte (N), do Nordeste (NE) e do Centro-Oeste (CO); pontos em azul são microrregiões do Sul (S) e do Sudeste (SE).

2. A figura não pôde ser padronizada e revisada em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

Assim, observa-se a necessidade de intensificação dos investimentos em segurança viária e campanhas educativas nas regiões de renda baixa ou média que experimentam forte desenvolvimento econômico em curtos espaços de tempo. Isso explica, em parte, as maiores taxas de crescimento da mortalidade ocorridas nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste verificadas na última década no Brasil (Carvalho e Guedes, 2023; Brasil, 2023).

TEXTO para DISCUSSÃO

O percentual de domicílios com motocicletas também se constituiu uma variável importante associada à mortalidade total no país. Pelo modelo (6) da tabela 3, cada ponto percentual de aumento nesse critério aumenta em 0,4 mortes por 100 mil habitantes por ano (taxa anualizada). Hoje, sinistros de motocicleta são responsáveis pelo maior volume de mortes nos STT, representando cerca de 1/3 das mortes totais (Carvalho e Guedes, 2023; Brasil, 2023). Nas regiões Norte e Nordeste, observam-se os maiores crescimentos das frotas de motocicletas, o que torna imperativa a adoção de medidas de segurança voltadas para esse público.

Mostrou-se também que o aumento do efetivo policial é importante para a redução da mortalidade geral no trânsito. Cada aumento unitário da taxa de efetivo policial – aumento de 1 policial por 1 mil habitantes – reduz em média 3,4 mortes por ano por cada 100 mil habitantes. Isso ocorre porque maior efetivo policial inibe as transgressões de trânsito e conseqüentemente reduz a mortalidade. Os trabalhos de inteligência realizados pelos órgãos de trânsito também se mostram eficazes na redução da mortalidade, a exemplo dos resultados alcançados pela PRF ao longo da década passada (Ipea, 2015).

O tamanho da população dos estados também pode ser associado à variação da taxa de mortalidade por STT. Estados com maior população apresentam menores taxas de mortes anualizadas de acordo com o modelo analisado (cada ponto percentual reduz em 0,7 mortes por 100 mil habitantes/ano). Pode-se inferir que, em estados com maior população, ou maior quantidade de cidades populosas, há mais ocorrência de congestionamentos ou trânsito mais lento nas vias, o que reduz a energia envolvida nos acidentes e, por consequência, a quantidade de vítimas fatais. Além disso, uma maior população pode significar maior quantidade de recursos para investimentos em políticas públicas em função da economia de aglomeração urbana,⁹ em especial políticas voltadas para a segurança de trânsito.

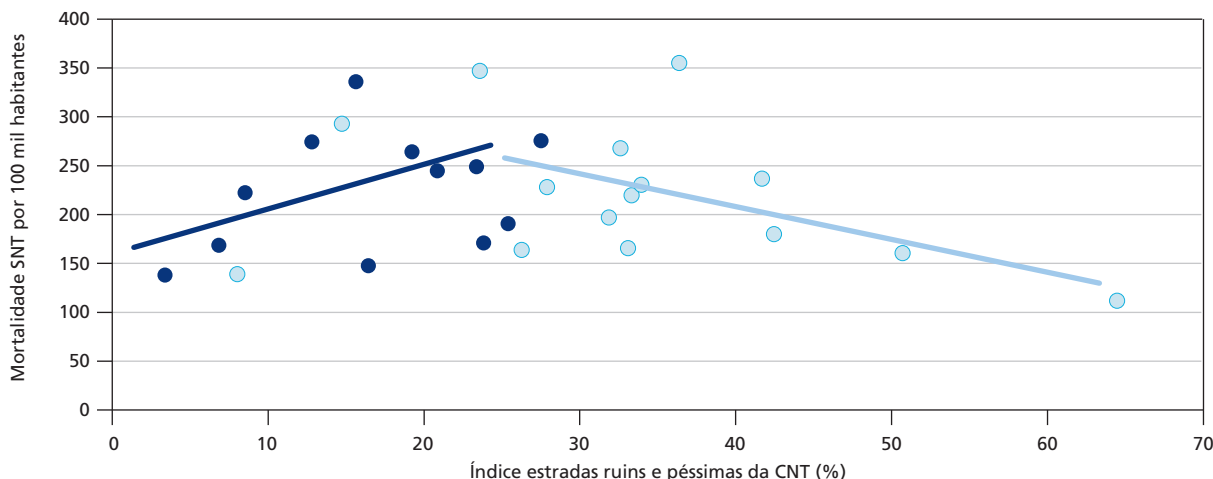
O gráfico 3 evidencia um pouco esse fenômeno, uma vez que as microrregiões mais populosas (pontos mais espessos) estão nos quadrantes gráficos de maior renda *per capita* e menores taxas de mortalidade. Observou-se também no grupo de variáveis demográficas que o percentual de população residindo em regiões metropolitanas e aglomerados urbanos pouco influencia na taxa de mortalidade dos estados. O tamanho da população é a variável demográfica mais significativa pelos modelos rodados.

9. Efeitos econômicos positivos da aglomeração urbana são abordados em estudos ligados à economia da aglomeração urbana, por exemplo Jacobs (1970) e Glaeser (2012). Por outro lado, há também as deseconomias urbanas, que, no caso da mobilidade, estão associadas aos congestionamentos urbanos (Ipea e ANTP, 1998) e acabam reduzindo a mortalidade no trânsito em função da baixa velocidade nas vias e da menor energia nos acidentes.

Fato intrigante é o sinal negativo no coeficiente de regressão do indicador de estradas ruins e péssimas da CNT observado nos modelos de regressão. O sinal negativo indicaria que a degradação das estradas (aumento do percentual de estradas ruins) reduziria a taxa de mortalidade nos estados, o que a princípio seria um contrassenso. O gráfico 4 de dispersão, considerando o índice da CNT *versus* mortalidade/100 mil habitantes, traz algumas evidências para explicar esse resultado, observando as linhas de tendências traçadas em função dos agrupamentos (*clusters*) formados.

GRÁFICO 4

Mortalidade STT por 100 mil habitantes *versus* percentual de estradas ruins e péssimas dos estados – Brasil (2016)



Fontes: Datasus (disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?sim/cnv/ext10uf.def>; acesso em: mar. 2024); e CNT (disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/>).

Elaboração do autor.

Obs.: Pontos em azul claro são de estados do Norte e do Nordeste; pontos em azul escuro são de estados do Sul, do Sudeste e do Centro-Oeste.

Analisando o gráfico 4, observa-se que, nos estados mais ricos (Sul e Sudeste) e com mais baixo percentual de estradas ruins do indicador da CNT, a inclinação da linha de tendência da taxa de mortalidade é positiva, ou seja, qualquer melhoria nas estradas (ou redução do índice de estradas ruins) reduz a taxa de mortalidade, o que seria razoável do ponto de vista teórico – entendendo que as melhorias estariam associadas também ao aumento das medidas de segurança viária (Lima *et al.*, 2008). Por sua vez, com relação ao grupo de estados com alto percentual de estradas ruins (concentrado no Norte e no Nordeste principalmente), observa-se a tendência contrária (inclinação negativa da reta), o que evidencia que melhorias das estradas aumentariam a taxa de mortalidade nesse grupo. A região Centro-Oeste apresenta ocorrências nas duas áreas de análise, indicando um processo de transição da região.

Uma explicação plausível é que, como as estradas estão muito ruins nesses estados mais pobres, a velocidade é menor e a energia envolvida nos acidentes é pequena, o que geraria menos vítimas fatais. Com a melhoria dessas estradas deterioradas, principalmente quando as melhorias se restringissem ao recapeamento das vias, a velocidade média dos veículos aumentaria muito e conseqüentemente haveria mais sinistros de trânsito com vítimas fatais. Há uma faixa de transição desses efeitos nos estados com percentuais entre 25% e 35% de estradas ruins, onde se observam taxas de mortalidade tanto altas quanto baixas.

O efeito líquido desses grupos na regressão 6 (tabela 4) implicaria em coeficiente de regressão negativo para essa variável (índice CNT de estradas ruins e péssimas). O modelo 4 (tabela 4) captou o efeito dual descrito anteriormente, resultando no coeficiente positivo da interação de variável *dummy* indicativa de estados com baixo índice CNT com o próprio índice CNT, enquanto o coeficiente da variável CNT seria negativo. Com essa metodologia, foi possível isolar os efeitos duais descritos, apesar de não ter sido o modelo de melhor ajuste.

Essas constatações mostram que, junto das medidas de melhorias das estradas degradadas, que são uma política importante para melhorar o desempenho das economias regionais, há necessidade de se implementar iniciativas de aumento da segurança de trânsito motorizado e da mobilidade ativa, englobando controle de velocidade, sinalização de segurança adequada e moderação de tráfego nos trechos críticos identificados, entre outras. Não basta apenas investir em recapeamento das vias, as soluções de infraestrutura têm de ser completas com foco especial nas intervenções ligadas à segurança viária (sinalização, infraestrutura e traçados viários adequados).

4.1 Regressões por modo de transporte

Além das regressões apresentadas considerando como variável dependente a taxa total de mortalidade por 100 mil habitantes, foram analisados modelos considerando como variável dependente as taxas de mortalidade por STT dos principais modais de transporte: pedestre (atropelamentos), motocicletas, carros e veículos pesados (ônibus e caminhões).

As regressões utilizando dados de mortalidade dos pedestres e dos usuários de motocicleta não apresentaram dependência espacial (tabela 3), o que permitiu utilizar modelagem de regressão simples. Por outro lado, as variáveis de mortalidade por 100 mil habitantes dos usuários de carros e veículos pesados apresentaram dependência espacial, de forma que o modelo utilizado foi de regressão linear com ajuste espacial. A tabela 5 apresenta os resultados dos modelos estudados que tiveram melhor desempenho de ajuste (R^2 e significância das variáveis explicativas) para cada variável dependente associada aos modais de transporte considerados.

TABELA 5

Resultado das regressões *cross section* para mortalidade STT por 100 mil habitantes por modal de transporte¹ – Brasil (2010-2019)

| Variáveis explicativas | Regressões MQO | | Regressões ajuste espacial | |
|------------------------|----------------|-------------|----------------------------|-----------|
| | Pedestre | Motocicleta | Carro | Pesados |
| PIB <i>per capita</i> | 0,642*** | - | - | 0,0947** |
| (<i>p</i> -valor) | (0,000) | - | - | (0,008) |
| Polícia/1000hab. | -9,354** | -38,61** | -11,97** | -1,533** |
| (<i>p</i> -valor) | (0,001) | (0,002) | (0,002) | (0,004) |
| Posse carro (%) | -0,392* | - | 1,292*** | - |
| (<i>p</i> -valor) | (0,033) | - | (0,000) | - |
| Ensino médio (%) | 0,892* | - | - | - |
| (<i>p</i> -valor) | (0,014) | - | - | - |
| População (%) | -0,599* | -2,278* | -2,578*** | -0,397*** |
| (<i>p</i> -valor) | (0,011) | (0,024) | (0,001) | (0,000) |
| Jovem (%) | - | 9,039** | - | - |
| (<i>p</i> -valor) | - | (0,002) | - | - |
| Pedágio (%) | - | - | - | 0,194*** |
| (<i>p</i> -valor) | - | - | - | (0,001) |
| Ext_rod/10khab. | - | - | - | 0,299*** |
| (<i>p</i> -valor) | - | - | - | (0,000) |
| Constante | 13,43 | 62,01** | 31,81** | 3,750* |
| (<i>p</i> -valor) | (0,206) | (0,009) | (0,009) | (0,017) |
| N | 27 | 27 | 27 | 27 |
| R2 | 0,493 | 0,543 | - | - |
| Pseudo R2 | - | - | 0,631 | 0,808 |

Elaboração do autor.

Nota: ¹ Pedestre, motocicleta, carro e veículos pesados.

Obs.: 1. Cálculos realizados no *software* Stata.

2. * *p*-valor < 0,05; ** *p*-valor < 0,01; e *** *p*-valor < 0,001.

3. Posse carro = percentual de domicílios da UF com carro; *pib per capita* = PIB *per capita* dos estados em 2015; jovem = percentual de população jovem (15 a 29 anos); polícia/1000hab. = efetivo policial da UF dividido por 1 mil habitantes; Ext_Rod/10khab. = extensão das rodovias da UF por 10 mil habitantes; população = percentual da população da UF; pedágio = percentual de rodovias pedagiadas na UF; ensino médio = percentual da população com ensino médio; constante = constante do modelo de regressão.

TEXTO para **DISCUSSÃO**

Conforme os dados da tabela 5, a taxa de efetivo policial por habitantes se mostrou importante em todos os modais, sendo que para motocicletas essa variável apresentou maior magnitude – cada aumento de um policial por 1 mil habitantes reduz em torno de quatro mortes por 100 mil habitantes por ano –, enquanto nos demais modais a redução gira em torno de uma morte para cada 100 mil habitantes. Pode-se inferir que usuários de motocicletas estão mais propensos a desrespeitar normas de segurança de trânsito do que os demais, com destaque para usuários de aplicativos de entrega que precisam ganhar tempo no trânsito para maximizar seu rendimento.¹⁰ Com maior efetivo policial nas ruas, há menor ocorrência das transgressões de trânsito associadas aos sinistros com vítimas fatais – excesso de velocidade, uso de faixa intermediária entre os carros (chamado corredor), falta de habilitação e equipamentos de segurança, direção agressiva etc.

O tamanho da população dos estados também constitui variável explicativa importante em todos os modelos estudados. Em geral, estados com maior população apresentam menor taxa de mortalidade considerando todos os modais. As maiores magnitudes dessa variável foram observadas nas mortes de usuários de motocicleta e carro. Para cada ponto percentual a mais na população relativa do estado, há uma redução de cerca de 0,2 mortes/100 mil habitantes por ano entre usuários de moto e carro.

Dentro do grupo de variáveis demográficas, observou-se também que estados com maior proporção de população jovem (15 a 29 anos) apresentam maior taxa de mortalidade por motocicleta. A cada ponto percentual de aumento na partição de jovens na população, aumenta-se em torno de uma morte/100 mil habitantes por ano entre os usuários desse modal. A motocicleta tem grande atratividade entre os jovens e é um veículo mais acessível para essa parcela da população em começo de vida econômica. Por sua vez, esse grupo é mais afeto às transgressões de trânsito, principalmente em relação à falta de habilitação e de uso de equipamentos de segurança, ao excesso de velocidade, à maior ocorrência de uso de álcool e ao desrespeito às normas gerais de trânsito. Isso indica a maior necessidade de investimentos permanentes em campanhas educativas e fiscalizatórias de trânsito nesses estados com maior proporção de população jovem, sem desconsiderar a intensificação de outras políticas de trânsito.

Outra variável importante associada ao número de mortes por STT é o PIB *per capita*, principalmente nos atropelamentos e sinistros com veículos pesados. Conforme visto, o desenvolvimento econômico influencia a demanda por transporte e consequentemente o volume de mortes. *Ceteris Paribus*, um aumento de R\$ 100,00 no PIB *per capita* de um estado está associado a um acréscimo em média de seis mortes por

10. Sugerem-se estudos mais aprofundados acerca dos sinistros de motocicleta e do impacto dos serviços por aplicativos na mortalidade por esse modal.

atropelamento e nove por trabalhadores de veículos pesados por 100 mil habitantes por ano. Nesses dois casos, as condições da infraestrutura viária são um fator importante, principalmente nos estados mais pobres que experimentam forte crescimento de demanda sem correspondente melhoria na infraestrutura, conforme já comentado no item anterior.

Como era esperado, o aumento da frota de carro dos estados está associado ao aumento dos sinistros fatais envolvendo os próprios automóveis. A cada ponto percentual a mais de domicílios com posse de automóvel nos estados, há um aumento na taxa de mortalidade de usuários de automóveis de 0,1 mortes/100 mil habitantes por ano. Por outro lado, estados com maior percentual de posse de automóveis têm as taxas de mortes por atropelamento reduzidas – a cada ponto percentual a mais, a taxa anual de mortes por atropelamento reduz em 0,03 mortes/100 mil habitantes. Mais uma vez, a explicação pode estar associada à redução da velocidade de tráfego em estados com maior frota de veículos circulantes, além de melhor infraestrutura de transporte ativo¹¹ nos estados com maior percentual de posse de automóveis.

Identificou-se, no modelo de regressão da taxa de mortalidade por atropelamento, que estados com maior proporção de população com ensino médio apresentam maior mortalidade nesse modo. Pode-se inferir que essa parcela de trabalhadores circula mais pela cidade a pé, pois há menos posse de automóveis nesse grupo que no grupo de pessoas com curso superior, por exemplo. Por outro lado, há uma maior circulação pelas cidades desse grupo que em relação às pessoas com ensino básico ou menos, que geralmente têm índices de mobilidade reduzidos e ficam restritas a subempregos em locais próximos a sua moradia (Pereira e Schwanen, 2013; Vasconcellos, Carvalho e Pereira, 2011), reduzindo a exposição ao perigo.

Por fim, as variáveis ligadas às estruturas rodoviárias são muito importantes para a configuração dos sinistros dos veículos pesados, como se podia esperar. Quanto maior a extensão das rodovias por habitantes, maior a quantidade de sinistros de trânsito desse modal – aumento de 100 km/10 mil habitantes eleva em três mortes por 100 mil habitantes anualmente. Fato instigante é o sinal positivo para a proporção de vias com pedágios no estado. Alves, Emanuel e Pereira (2021) concluíram que, em rodovias pedagiadas, há menos mortes em geral, mas, no modelo considerando mortes por veículos pesados, a conclusão foi contrária – um aumento de um ponto percentual na participação de rodovias pedagiadas eleva a taxa em 0,01 mortes por 100 mil habitantes anualmente. Pode-se inferir que as rodovias pedagiadas são as mais importantes regionalmente e, portanto, concentram mais volume de caminhões e ônibus, além de atraírem

11. Infraestrutura voltada para pedestres e usuários de bicicleta principalmente.

maior volume desses veículos por oferecerem melhores condições de circulação, o que pode também estimular maiores velocidades. Maior volume de tráfego pesado e maior velocidade impactariam a mortalidade nessas vias, o que demanda ações específicas de mitigação desses eventos por parte das concessionárias e do poder público.

5 CONCLUSÕES

Foi demonstrado neste trabalho o efeito causal positivo entre desenvolvimento econômico e mortalidade no Brasil com período de influência estimado em quatro anos. Essa constatação é importante para chamar atenção dos dirigentes públicos de que a forte queda na taxa de mortalidade ocorrida desde 2015 está muito associada à queda da atividade econômica no país e que, portanto, não são exclusivamente resultados de políticas públicas mitigatórias adotadas no período. Quando a economia voltar a crescer mais forte, a perspectiva é que as taxas de mortalidades cresçam rapidamente, podendo voltar aos níveis do início da década passada, o que demandaria ações e investimentos mais contundentes para mitigação das mortes. Há indícios em vários estados de que em 2024 já há maiores ocorrências de mortes no trânsito.

Essa correlação com a economia também pode ser vista quando se analisam as diferentes taxas de mortalidade entre os estados brasileiros. Em geral, aumento de renda *per capita* está associado com maiores taxas de mortalidade nos estados, principalmente devido ao efeito de aumento da demanda por transporte e conseqüentemente dos sinistros. Vale a ressalva de que, nos estados mais ricos (maior renda *per capita*), esse efeito é contrário: o aumento de renda reduz a taxa de mortalidade. Pode-se inferir que as melhores condições de infraestrutura e gestão de trânsito permitem absorver melhor o aumento de demanda e, com a possibilidade de maiores investimentos em segurança viária e veicular, há maior efetividade das políticas públicas nesses estados específicos. Isso indica a necessidade de um foco especial em termos de políticas públicas para mitigação da mortalidade no trânsito nas cidades com renda baixa e média que estão passando por fortes aumentos de renda nos últimos quinze anos.

Observou-se também que o aumento do efetivo policial é muito relevante quanto às mortes no trânsito, com redução de 3,4 mortes/100 mil habitantes por ano, em média, para cada aumento de um policial por 1 mil habitantes. A qualidade das estradas, por outro lado, apresentou resultados opostos quando comparados em grupos de estados com renda diferenciada. Nos estados mais pobres, as melhorias das estradas estão associadas ao aumento da mortalidade, o que pode ser explicado pela condição ruim atual da malha viária, que reduz as velocidades e energia envolvidas nos acidentes, conseqüentemente reduzindo a mortalidade. Assim, as melhorias mais simples realizadas nesses estados, procedimentos geralmente concentrados no recapeamento das vias,

não são efetivos para redução da mortalidade, pois aumentam a velocidade, a energia das colisões e a quantidade de sinistros/mortes. Soluções de melhorias viárias mais completas são fundamentais nesses casos – recapeamento, sinalizações de segurança, intervenções adequadas para o transporte ativo e moderação de tráfego nos pontos críticos. Nos estados mais ricos, pode-se inferir que as melhorias viárias estão mais ligadas ao aumento da segurança de trânsito, o que torna esses investimentos mais eficazes em termos de redução da mortalidade.

Outro fator impactante na mortalidade é a frota de motocicletas. Quanto maior a frota e o uso desse veículo pela população dos estados, maiores são as taxas de mortalidade. Isso é um problema crônico no Brasil, principalmente nos estados mais pobres cuja frota cresce vertiginosamente. Ainda, chama a atenção a mortalidade de usuários desse modal nos estados com maior percentual de jovens, pois é atrativo e acessível para quem está iniciando a vida econômica. Investimentos massivos em educação de trânsito podem amenizar o problema da mortalidade nesses estados.

Sinistros com veículos pesados estão muito relacionados a estados com malha rodoviária mais densa e maior renda *per capita*, em função da maior demanda de transporte observada. Esses sinistros são preocupantes, porque geram muitas mortes em função da alta energia envolvida nos acidentes. Assim, há necessidade de intensificação das políticas de mitigação das mortes em estados com grande malha rodoviária, por meio de investimentos perenes na melhoria de infraestrutura de segurança viária e políticas de repasse de recursos da União considerando essa variável como um dos critérios básicos do processo.

Por fim, pode-se afirmar que o Brasil é um país com altas taxas de mortalidade no trânsito em comparação a outros países em desenvolvimento (WHO, 2023), mesmo após a queda nesse índice observada na última década. Muito se deve ainda investir e desenvolver para que os índices de mortalidade dos estados caiam a patamares menos trágicos, principalmente nos estados mais pobres e muito suscetíveis a aumentos de demandas de transporte sem correspondente melhoria da infraestrutura e da gestão de trânsito. O avanço das políticas mitigatórias da mortalidade se torna fundamental nesse contexto, em que o melhor entendimento do problema e a maior conscientização da população são passos importantes para mudanças mais efetivas no país.

REFERÊNCIAS

ALVES, P. J.; EMANUEL, L.; PEREIRA, R. H. M. Highway concessions and road safety: evidence from Brazil. **Research in Transportation Economics**, v. 90, p. 1-13, ago. 2021. Disponível em: https://www.urbandemographics.org/publication/2021_road_safety_concessions/.

BASTOS, J. T. *et al.* **Desempenho brasileiro da década de ação pela segurança no trânsito: análise, perspectivas e indicadores – 2011-2020.** Brasília: Viva, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/350689632_Desempenho_brasileiro_na_Decada_de_Acao_pela_Seguranca_no_Transito_2011_-_2020_analise_perspectivas_e_indicadores.

BRASIL. Ministério da Saúde. Cenário brasileiro das lesões de motociclistas no trânsito de 2011 a 2021. **Boletim Epidemiológico**, v. 54, n. 6, p. 1-11, 27 abr. 2023. Disponível em: [https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/epidemiologicos/edicoes/2023/boletim-epidemiologico-volume-54-no-06#:~:text=Em%202011%2C%20os%20%C3%B3bitos%20de,em%202021%20\(Tabela%201](https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/boletins/epidemiologicos/edicoes/2023/boletim-epidemiologico-volume-54-no-06#:~:text=Em%202011%2C%20os%20%C3%B3bitos%20de,em%202021%20(Tabela%201).

CARVALHO, A. X. Y.; ALBUQUERQUE P. H. M. **Tópicos em econometria espacial para dados cross-section.** Brasília: Ipea, ago. 2010. (Texto para Discussão, n. 1508). Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1394/1/TD_1508.pdf.

CARVALHO, C. H. R. de; GUEDES, E. P. **Balanço da primeira década de ação pela segurança no trânsito no Brasil e perspectivas para a segunda década.** Brasília: Ipea, nov. 2023. (Nota Técnica Dirur, n. 42).

CARVALHO, C. H. R. de; LUCAS, V. M. **Novas fontes de custeio do transporte público urbano: princípios e potencialidades.** Brasília: Ipea, dez. 2022. (Texto para Discussão, n. 2824). Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11625/1/TD_2824_Web.pdf.

CHAGAS, D. M. **Estudo sobre fatores contribuintes de acidentes de trânsito urbano.** 2011. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2011. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/32553>.

GRANGER, C. W. J. Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. **Econometrica**, v. 37, n. 3, p. 424-438, jul. 1969.

GLAESER, E. **Triumph of the city: how urban spaces make us human.** Londres: Pan Macmillan, 2012.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Custos dos acidentes de trânsito no Brasil.** Brasília: Ipea, 2006.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Estimativas dos custos dos acidentes de trânsito no Brasil com base na atualização simplificada das pesquisas anteriores do Ipea.** Brasília: Ipea, 2015.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA; ANTP – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Redução das deseconomias urbanas com a melhoria do transporte público**. Brasília: Ipea; ANTP, 1998. (Relatório final).

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA; ANTP – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas brasileiras**. Brasília: Ipea; ANTP, 2003. (Relatório executivo).

JACOBS, J. Appendix. In: JACOBS, J. **The economy of cities**. Nova York: Random House, 1970. p. 252-262.

LIMA, I. M. de O. *et al.* **Fatores condicionantes da gravidade dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras**. Brasília: Ipea, jul. 2008. (Texto para Discussão, n. 1344). Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/1597>.

PEREIRA, R. H. M.; SCHWANEN, T. **Tempo de deslocamento casa-trabalho no Brasil (1992-2009)**: diferenças entre regiões metropolitanas, níveis de renda e sexo. Brasília: Ipea, fev. 2013. (Texto para Discussão, n. 1813).

VASCONCELLOS, E. A. de; CARVALHO, C. H. R. de; PEREIRA, R. H. M. **Transporte e mobilidade urbana**. Brasília: CEPAL; Ipea, 2011. (Texto para Discussão, n. 1552). Disponível em: <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/91298/1/661582272.pdf>.

WHO – WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global status report on road safety 2023**. Geneva: WHO, 2023. Disponível em: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/375016/9789240086517-eng.pdf?sequence=1>.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

CARVALHO, C. H. R. de. **Mobilidade urbana sustentável**: conceitos, tendências e reflexões. Brasília: Ipea, maio 2016. (Texto para Discussão, n. 2194). Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/6637/1/td_2194.pdf.

SARAIVA, J. P. M.; SANTOS P. A. B. dos. Modelo preditivo de óbitos no trânsito brasileiro: modelo de aprendizado de máquina orientado a dados relacionados à segurança viária para o reconhecimento de padrões e previsão de óbitos no trânsito. **ONSV**, 22 abr. 2024. Disponível em: <https://www.onsv.org.br/pdi/dados/modelo-preditivo-de-obitos-no-transito-brasileiro>.

Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

EDITORIAL

Coordenação

Aeromilson Trajano de Mesquita

Assistentes da Coordenação

Rafael Augusto Ferreira Cardoso

Samuel Elias de Souza

Supervisão

Ana Clara Escórcio Xavier

Everson da Silva Moura

Revisão

Alice Souza Lopes

Amanda Ramos Marques Honorio

Barbara de Castro

Cláudio Passos de Oliveira

Clícia Silveira Rodrigues

Denise Pimenta de Oliveira

Fernanda Gomes Teixeira de Souza

Nayane Santos Rodrigues

Olavo Mesquita de Carvalho

Reginaldo da Silva Domingos

Susana Sousa Brito

Yally Schayany Tavares Teixeira

Jennyfer Alves de Carvalho (estagiária)

Katarinne Fabrizzi Maciel do Couto (estagiária)

Editoração

Anderson Silva Reis

Augusto Lopes dos Santos Borges

Cristiano Ferreira de Araújo

Daniel Alves Tavares

Danielle de Oliveira Ayres

Leonardo Hideki Higa

Capa

Aline Cristine Torres da Silva Martins

Projeto Gráfico

Aline Cristine Torres da Silva Martins

The manuscripts in languages other than Portuguese published herein have not been proofread.

Ipea – Brasília

Setor de Edifícios Públicos Sul 702/902, Bloco C

Centro Empresarial Brasília 50, Torre B

CEP: 70390-025, Asa Sul, Brasília-DF

Missão do Ipea
Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.