

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES

ENGENHARIA DE TRANSPORTES

Luiz Henrique de Freitas Mendes

**ANÁLISE DOS SINISTROS DE TRÂNSITO OCORRIDOS EM BELO
HORIZONTE/MG A PARTIR DO PERFIL DOS ENVOLVIDOS.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Belo Horizonte – MG

2026

LUIZ HENRIQUE DE FREITAS MENDES

**ANÁLISE DOS SINISTROS DE TRÂNSITO OCORRIDOS EM BELO
HORIZONTE/MG A PARTIR DO PERFIL DOS ENVOLVIDOS.**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Graduação em Engenharia de Transportes do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Agmar Bento Teodoro

Mendes, Luiz Henrique de Freitas.
M538a Análise dos sinistros de trânsito ocorridos em Belo Horizonte/MG a partir do perfil dos envolvidos / Luiz Henrique de Freitas Mendes. – 2026.
80 f. : il.
Orientador: Agmar Bento Teodoro.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Graduação em Engenharia de Transportes, Belo Horizonte, 2026.
Bibliografia.

1. Engenharia de Transportes. 2. Acidentes de trânsito - Mortalidade. 3. Segurança no trânsito. 4. Análise de dados. 5. Desigualdades sociais. I. Teodoro, Agmar Bento. II. Título.
CDD: 363.1251



FOLHA DE APROVAÇÃO DE TCC Nº 17 / 2026 - CETR (11.51.07)

Nº do Protocolo: 23062.036204/2026-05

Belo Horizonte-MG, 13 de julho de 2026.

Luiz Henrique de Freitas Mendes

**ANÁLISE DOS SINISTROS DE TRÂNSITO OCORRIDOS EM BELO HORIZONTE-MG A PARTIR DO
PERFIL DOS ENVOLVIDOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à Atividade de Projeto Final de Curso II, do curso de Graduação em Engenharia de Transportes do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Aprovado em 18 de junho de 2026

Banca examinadora:

Dr. Agmar Bento Teodoro — Orientador

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG

M.^a Bianca Gonçalves Lara

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG

Esp. Danielle Saranh Galdino Duarte Garcia

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG

BELO HORIZONTE
2026

(Assinado digitalmente em 13/07/2026 15:39)
AGMAR BENTO TEODORO
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DET (11.55.11)
Matrícula: 3685785

(Assinado digitalmente em 13/07/2026 15:43)
BIANCA GONCALVES LARA
PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO
DET (11.55.11)
Matrícula: 3522649

(Assinado digitalmente em 13/07/2026 15:43)
DANIELLE SARANH GALDINO DUARTE GARCIA
PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO
DET (11.55.11)
Matrícula: 1099775

Visualize o documento original em <https://sig.cefetmg.br/public/documentos/index.jsp>
informando seu número: **17**, ano: **2026**, tipo: **FOLHA DE APROVAÇÃO DE TCC**, data de emissão:
13/07/2026 e o código de verificação: **9916aa28ff**

Dedico este trabalho às minhas
sobrinhas e ao meu afilhado.
Que essa monografia sirva um
dia de inspiração para que
vocês alcancem lugares ainda
mais altos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me possibilitar viver Suas grandes maravilhas. Por ser minha fonte de inspiração e por me mostrar que Seus planos serão muito maiores do que eu jamais imaginaria. Saber que a Sua bondade me cerca e me provém tudo o que tenho, sou e serei me deixa constrangido.

Agradeço à minha família, à minha namorada e aos meus amigos, que me inspiraram e me acompanharam em toda essa trajetória. Chegar até esse ponto não seria possível sem vocês. Espero que esse trabalho mostre que todo o esforço e sacrifício não foram em vão.

Por fim, agradeço aos professores do Departamento de Engenharia de Transportes - DET, do CEFET-MG, pelo ensino e formação profissional e, em especial ao meu orientador Agmar Bento Teodoro, grandes pessoas que tornaram possível a honra de proporcionar o primeiro integrante da família, enfim, engenheiro.

MENDES, Luiz Henrique de Freitas. **Análise dos sinistros de trânsito ocorridos em Belo Horizonte/MG a partir do perfil dos envolvidos**. 80f. 2026. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia de Transportes. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2026.

RESUMO

Os sinistros de trânsito representam um grave problema de saúde pública e exacerbam as desigualdades sociais. Este trabalho tem como objetivo geral demonstrar a disparidade socioeconômica na ocorrência de óbitos por sinistros de trânsito na cidade de Belo Horizonte (MG). A metodologia adotada constitui-se de uma abordagem mista, integrando revisão bibliográfica e análise quantitativa de dados secundários espaciais e demográficos extraídos dos sistemas da BHTRANS e do DATASUS, compreendendo o período de 2014 a 2024. Os resultados apontam que a mortalidade atinge desproporcionalmente os usuários mais vulneráveis da via, com pedestres e motociclistas somando mais de 60% dos óbitos registrados. Identificou-se uma sobreposição de iniquidades, evidenciando que os óbitos se concentram em homens jovens (25 a 34 anos), de cor preta ou parda (65,5%) e com baixa escolaridade. Além disso, mapeou-se que as regionais periféricas apresentam as maiores taxas de letalidade e estimou-se um impacto financeiro superior a 7,3 bilhões de reais na década impulsionado pela perda de produção de vítimas em idade produtiva. Conclui-se que o risco viário não é distribuído de maneira equitativa, sendo fundamental o direcionamento de políticas públicas de segurança e planejamento urbano com foco nos grupos sociodemográficos mais vulneráveis para a redução efetiva de letalidade.

Palavras-chave: Sinistros; Óbitos no Trânsito; Análise de Dados; Segurança Viária; Desigualdade no Trânsito.

MENDES, Luiz Henrique de Freitas. **Analysis of traffic incidents that occurred in Belo Horizonte/MG based on the profile of those involved.** 80p. 2026. Undergraduate Final Report. Transportation Engineering. Federal Center for Technological Education of Minas Gerais (CEFET-MG), 2026.

ABSTRACT

Traffic incidents represent a serious public health problem and exacerbate social inequalities. This study aims to demonstrate the socioeconomic disparity in the occurrence of traffic accident fatalities in the city of Belo Horizonte (MG). The methodology consists of a mixed approach, integrating a literature review and a quantitative analysis of secondary spatial and demographic data extracted from the BHTRANS and DATASUS systems, covering the period from 2014 to 2024. The results indicate that mortality disproportionately affects the most vulnerable road users, with pedestrians and motorcyclists accounting for more than 60% of registered deaths. An overlapping of inequities was identified, showing that fatalities are concentrated among young men (25 to 34 years old), of black or brown skin color (65.5%), and with low educational levels. Furthermore, it was mapped that peripheral regions have the highest lethality rates, and a financial impact of over 7.3 billion reais was estimated over the decade, driven by the loss of production of victims of working age. It is concluded that road risk is not distributed equitably, making it essential to direct public safety and urban planning policies focused on the most vulnerable sociodemographic groups to effectively reduce lethality.

Keywords: Traffic Incidents; Traffic Fatalities; Data Analysis; Road Safety; Road Traffic Inequality.

LISTA DE SIGLAS

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres

CNT - Confederação Nacional de Transportes.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

DER - Departamento Estadual de Edificações e Estradas.

KM – Quilômetros.

ONU – Organização das Nações Unidas.

OMS – Organização Mundial da Saúde.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Risco de morte em função da velocidade e do tipo de sinistro.	8
Figura 2: Publicações por ano.....	14
Figura 3: Quantidade de publicações por país.	14
Figura 4: Evolução anual de sinistros (2014-2024)	21
Figura 5: Taxa de sinistralidade (sinistros/100k hab.)	22
Figura 6: Evolução dos óbitos e taxa de letalidade	23
Figura 7: Taxas de mortalidade (óbitos/100k hab.)	23
Figura 8: Comparativo de óbitos (BHTRANS x DATASUS)	24
Figura 9: <i>Heatmap</i> de distribuição mensal de sinistros por ano (2014-2024)	25
Figura 10: Sinistros por dia da Semana em Belo Horizonte.....	26
Figura 11: Sinistros por hora e dia da semana em Belo Horizonte.	26
Figura 12: <i>Heatmap</i> de óbitos declarados <i>in loco</i> por dia da semana e hora.....	27
Figura 13: Uso de Cinto de Segurança (incluindo não informados) nas ocorrências.	28
Figura 14: Uso de cinto de segurança (excluindo não informados) nas ocorrências.	29
Figura 15: Indicador de Embriaguez (incluindo não informados)	30
Figura 16: Indicador de Embriaguez (excluindo não informados)	30
Figura 17: Top 10 sinistros em Belo Horizonte.....	31
Figura 18: Top 10 veículos envolvidos em sinistros	32
Figura 19: Total de óbitos por modo de transporte.....	33
Figura 20: Crescimento da frota de motocicletas em Belo Horizonte (2014-2024) ...	34
Figura 21: Participação das motos na frota total em Belo Horizonte	34
Figura 22: Crescimento indexado de veículos na capital mineira: Motocicletas vs Frota Total vs Envolvimentos.	35
Figura 23: Proporção de sinistros que envolveram motocicletas	37

Figura 24: Envelhecimento da idade média da frota veicular	37
Figura 25: <i>Heatmap</i> da participação de cada ano de fabricação	38
Figura 26: Perfil demográfico dos envolvidos em sinistros.....	39
Figura 27: Perfil demográfico dos motociclistas em sinistros	40
Figura 28: Total de óbitos por cor/etnia.....	41
Figura 29: Fatalidade por cor/etnia agregada ao veículo	41
Figura 30: Total histórico de óbitos por escolaridade	42
Figura 31: Proporção de óbitos por escolaridade e veículo	43
Figura 32: <i>Heatmap</i> de óbitos em motociclistas por escolaridade e idade.....	43
Figura 33: <i>Heatmap</i> de óbitos em pedestres por escolaridade e idade	44
Figura 34: Distribuição espacial de sinistros em Belo Horizonte	45
Figura 35: Distribuição espacial de sinistros totais (2014-2024).	46
Figura 36: Distribuição espacial de óbitos <i>in loco</i> (2014-2024).	47
Figura 37: Distribuição espacial de sinistros com pedestres (2014-2024).	48
Figura 38: Distribuição espacial de sinistros envolvendo motocicletas (2014-2024).	49
Figura 39: Impacto financeiro comparado à evolução dos óbitos em Belo Horizonte	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Resumo das publicações sobre desigualdade no trânsito entre 2015 e 2025.

..... 15

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distribuição dos fatores causadores de sinistros.	5
Tabela 2: Efeitos da presença de álcool no sangue.....	6
Tabela 3: Custos médios por tipo de acidente nas aglomerações urbanas brasileiras (R\$ de abril/2003).....	50
Tabela 4: IPCA anual e fator de correção acumulado desde abril/2003	51
Tabela 5: Custo médio por sinistro em Belo Horizonte	52
Tabela 6: Resumo de óbitos e sinistros em Belo Horizonte	52
Tabela 7: Custo estimado de sinistros com mortos e feridos em Belo Horizonte.....	53
Tabela 8: Taxas de mortalidade e fator de sub-registro	56

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1.	PROBLEMA DA PESQUISA	2
1.2.	OBJETIVO	2
1.2.1.	OBJETIVO GERAL	2
1.2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.3.	JUSTIFICATIVA	3
2.	REVISÃO DA LITERATURA	4
2.1.	SINISTROS DE TRÂNSITO	4
2.2.	FATORES DE RISCO ENVOLVIDOS EM SINISTROS	4
2.2.1	FATOR HUMANO	5
2.2.2	FATOR VEICULAR	8
2.2.3	FATOR SOCIOECONÔMICO.....	10
2.2.4	FATOR VIÁRIO.....	12
2.3.	REVISÃO BIBLIOMÉTRICA.....	13
3.	METODOLOGIA	17
3.1.	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	17
3.2.	COLETA DE DADOS	17
3.2.1.	DADOS DE SINISTRALIDADE	17
3.2.2.	DADOS DE MORTALIDADE.....	18
3.3.	TRATAMENTO DE DADOS	19
3.3.1.	DADOS DA BHTRANS	19
3.3.2.	DADOS DO DATASUS	20
4.	RESULTADOS	21
4.1.	EVOLUÇÃO TEMPORAL DOS SINISTROS.....	21
4.1.1.	EVOLUÇÃO ANUAL DOS SINISTROS.....	21
4.1.2.	EVOLUÇÃO MENSAL DOS SINISTROS	24

4.1.3.	PADRÃO DIÁRIO E HORÁRIO DOS SINISTROS.....	25
4.2.	ANÁLISE DOS FATORES DE RISCO DOS SINISTROS	28
4.2.1.	FATOR HUMANO	28
4.2.2.	FATOR VEICULAR.....	31
4.2.3.	FATOR SOCIAL	39
4.2.4.	FATOR VIÁRIO.....	44
4.3.	ESTIMATIVA DE CUSTO DOS SINISTROS	49
4.3.1.	BASE DE CÁLCULO DE CUSTO DOS SINISTROS	49
4.3.2.	ANÁLISE DE CUSTOS DE SINISTROS EM BELO HORIZONTE	52
5.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	56
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
	REFERÊNCIAS.....	60

1. INTRODUÇÃO

Os acidentes de trânsito são apontados como um grave problema de saúde pública global, responsável atualmente pela perda de aproximadamente 1,3 milhão de vidas e por até 50 milhões de lesões que alteram permanentemente a vida dos indivíduos em todo o mundo (WHO, 2004). Diante desse cenário, a OMS e especialistas da área de segurança viária passaram a defender a tese de que eventos de trânsito são em grande parte previsíveis e evitáveis, justificando a substituição do termo “acidente” por “sinistro de trânsito”.

Os sinistros acarretam custos econômicos, ambientais e sociais expressivos. Em pesquisa coordenada pelo IPEA juntamente com a ANTP, estimou-se que os custos anuais dos sinistros em aglomerações urbanas brasileiras totalizavam R\$ 5,3 bilhões na área urbana total, em 2003. Já em pesquisa realizada pela CNT, os custos totais de sinistros em rodovias brasileiras chegaram a aproximadamente R\$ 16,2 bilhões em 2024. A maior parte desses custos deve-se à perda de produção associada à morte ou ao afastamento do trabalho de pessoas em idade produtiva (IPEA/ANTP, 2003).

A gravidade do problema é agravada pelo fato de seus impactos não serem distribuídos de forma equitativa. Os sinistros de trânsito exacerbam as desigualdades, visto que os usuários de maior vulnerabilidade, tais como os pedestres, motociclistas e ciclistas são os mais afetados por estradas inseguras (WHO, 2023). Além disso, pessoas de baixa renda são mais propensas a se envolverem em sinistros devido a diversos fatores, tais como a utilização de veículos com manutenção deficiente, circulação em áreas sem infraestrutura viária adequada, falta de habilitação e uso de motocicletas de baixa cilindrada (IPEA, 2023). A exclusão social também é marcada pela cor da pele, visto que a maior proporção de sinistros ocorre em pessoas pretas ou pardas, refletindo o padrão sociodemográfico da mortalidade por sinistros no país e no mundo (Ramalho *et al.*, 2018).

Em panorama divulgado pela CNT, em 2024, o estado de Minas Gerais figurou como o principal no Brasil em relação ao total de ocorrências e de mortalidade por sinistros de trânsito, com um custo total estimado em aproximadamente R\$ 2,1 bilhões. Além disso, o perfil das vítimas fatais no estado se concentra em homens, entre 18 e 59 anos, o que configura como idade produtiva, maximizando o impacto

social e econômico. A prevalência da iniquidade e do risco associado à baixa renda demonstram a necessidade de estudos desagregados geograficamente para identificar carências específicas e prioridades.

1.1. PROBLEMA DA PESQUISA

A inequidade viária demonstra que o risco de lesões e morte no trânsito é inversamente proporcional ao nível socioeconômico do indivíduo, com o ônus recaindo sobre as comunidades mais pobres (WHO, 2023). Considerando a relevância do Fator Humano (comportamentos de risco, como inexperiência ou falta de habilitação, comuns em classes baixas) e a alta vulnerabilidade dos pedestres em ambientes urbanos, o problema de pesquisa central desse estudo é:

Qual é a correlação entre a classe socioeconômica e a distribuição espacial e demográfica dos sinistros de trânsito na cidade de Belo Horizonte, e como essa correlação se manifesta no perfil das vítimas mais vulneráveis?

1.2. OBJETIVO

1.2.1. OBJETIVO GERAL

Demonstrar a disparidade socioeconômica na ocorrência de sinistros de trânsito em Belo Horizonte (MG).

1.2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Revisar a literatura acerca dos custos sociais e econômicos da acidentalidade e dos fatores de risco associados à baixa renda e vulnerabilidade viária, como modo de transporte e o perfil demográfico das vítimas;
- Identificar e analisar o perfil demográfico (faixa etária, sexo e cor da pele) das vítimas fatais por sinistros de trânsito em Belo Horizonte, utilizando a cor da pele preta ou parda como um indicador de vulnerabilidade social;
- Mapear espacialmente a distribuição dos óbitos de pedestres e motociclistas na cidade, correlacionando a concentração de fatalidades com indicadores de privação ou renda;

- Quantificar o impacto desses óbitos na população de Belo Horizonte, utilizando a concentração de vítimas em idade produtiva como um marcador do alto custo social e da perda de produção.

1.3. JUSTIFICATIVA

Essa pesquisa é socialmente relevante por focar em um problema que afeta desproporcionalmente as camadas mais vulneráveis da sociedade e demonstrar que os indivíduos de menor nível socioeconômico são mais propensos a se envolver em sinistros fatais, evidenciando uma falha sistêmica que precisa ser corrigida por políticas de equidade. Além disso, a análise da cor da pele e dos grupos sociais vulneráveis como fator de exposição ao risco de sinistros no contexto de Belo Horizonte reforça a tese de que os eventos de trânsito são expressões de inequidades sociais. Ao fazer essa identificação, esse estudo irá fornecer subsídios para a alocação de recursos públicos de forma mais eficiente e justa, maximizando o retorno sobre o investimento em termos de redução de mortes.

Por fim, a proposta desse estudo contribui para superar a limitação de sub-registros de sinistros ao buscar dados desagregados e correlacionar a acidentalidade com variáveis contextuais, tais como renda e privação, fornecendo informação localizada para um dos principais centros urbanos do país.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. SINISTROS DE TRÂNSITO

De acordo com o Código Nacional de Trânsito (CTB), por meio da Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, sinistro de trânsito é definido como:

Evento que resulta em dano ao veículo ou à sua carga e/ou em lesões a pessoas ou animais e que pode trazer dano material ou prejuízo ao trânsito, à via ou ao meio ambiente, em que pelo menos uma das partes está em movimento nas vias terrestres ou em áreas abertas ao público.

O município de Belo Horizonte também adota a mesma definição, utilizada no Relatório de Sinistros de Trânsito com Vítimas em Belo Horizonte de 2024.

A violência no trânsito é reconhecida internacionalmente como um grave problema de saúde pública, afetando tanto socialmente quanto a economia mundial. No Brasil, em 2024, ocorreram 158.250 óbitos por causas externas. Os sinistros de trânsito foram atribuídos como a causa de óbito de 37.567 pessoas, representando aproximadamente 24% do total de óbitos por causas externas no país, de acordo com dados disponibilizados pelo DATASUS.

Segundo registros do IPEA, em 2014, os sinistros com óbitos foram responsáveis por um prejuízo de aproximadamente R\$4,5 bilhões à sociedade brasileira. Esta estimativa foi além dos custos diretos, como os custos hospitalares, estimando também os custos indiretos, como o quanto de renda uma vítima de trânsito deixa de auferir em relação à sua expectativa de vida e o impacto sobre o empobrecimento da família da vítima.

2.2. FATORES DE RISCO ENVOLVIDOS EM SINISTROS

Como os sinistros de trânsito não são eventos aleatórios, sendo citado por diversos autores como 100% preveníveis, faz-se necessário investigar os fatores que resultam em sua ocorrência. Historicamente, abordagens tradicionais apontavam a falha humana como o fator preponderante dos sinistros (Ferraz *et al.*, 2003). Contudo, considerando o Sistema Seguro, sendo o erro humano inevitável, a infraestrutura rodoviária e urbana deve ser projetada de maneira resiliente, a fim de mitigar a gravidade das colisões e proteger os usuários (WHO, 2023). Demais estudos da área

de segurança viária identificaram outros fatores envolvidos em sinistros de trânsito, tais como o fator viário e veicular, conforme apontado na Tabela 1.

Tabela 1: Distribuição dos fatores causadores de sinistros.

Fator	Valores baseados nos trabalhos de Sabey & Staughton e Treat et al.	Valores citados por Wienwille	Valores obtidos no Brasil por Scaringella
Humano (H)	67	65	44
Via / Meio Ambiente (A)	3	2	0
Veículo (V)	3	2	0
H + A	23	25	29
H + V	4	5	19
A + V	0	0	0
H + A + V	1	1	8
Total	100	100	100
Presença de H	95	96	100
Presença de A	27	26	37
Presença de V	8	6	27

Fonte: (Ferraz *et al.*, 2012).

Mesmo que não comumente abordado na literatura, um fator igualmente impactante é o fator socioeconômico, objeto desse estudo.

2.2.1 FATOR HUMANO

O fator humano é reconhecido como o principal agente causal dos acidentes de trânsito. Estimativas da OMS apontam que nos Estados Unidos, 90% dos sinistros são causados por influências diretas do comportamento humano. Dessa forma, a análise desses riscos é fundamental para o desenvolvimento de políticas de prevenção eficazes.

2.2.1.1. IMPACTO DE SUBSTÂNCIAS PSICOATIVAS

Um dos principais fatores que provocam os acidentes é o álcool. Ele atua como um depressor do sistema nervoso central, prejudicando o raciocínio, tomada de decisões, capacidade visual e a concentração. Rios, *et al.* (2020) identificaram que condutores que referiram beber e dirigir apresentaram uma chance de envolvimento em sinistros 68% maior. O álcool prejudica as funções mentais e aumenta a sensação de calma e satisfação, intensificando o risco do condutor se envolver em um sinistro, e conforme observado na Tabela 2, mesmo em concentrações da substância muito

baixas. A concentração de Álcool no Sangue (CAS) de 0,01% já foi associada a um risco significativamente maior do que CAS de 0% (Phillips; Brewer, 2011).

Tabela 2: Efeitos da presença de álcool no sangue.

Quantidade (decigramas por litro de sangue)	Efeito
2–3 (cerca de um copo de cerveja, um cálice pequeno de vinho ou uma dose de bebida destilada).	As funções mentais começam a ficar comprometidas e a percepção da distância e da velocidade é prejudicada.
3–5 (cerca de dois copos de cerveja, um cálice grande de vinho ou duas doses de bebidas destiladas)	O grau de vigilância e o campo visual diminuem e o controle cerebral relaxa, dando sensação de calma e satisfação.
5–8 (cerca de três ou quatro copos de cerveja, três copos de vinho ou três doses de uísque)	Os reflexos ficam retardados, há dificuldade de adaptação da visão à diferença de luminosidade, a capacidade pessoal é superestimada, os riscos são subestimados e há tendência à agressividade.
8–15 (a partir dessa taxa, as quantidades são muito grandes e variam de acordo com o metabolismo da pessoa)	Há dificuldade em controlar o veículo, incapacidade de coordenação e falhas na coordenação neuromuscular.
15–20	Ocorre dupla visão e desconexão com a realidade.
20–50	A embriaguez é total e a pessoa, em geral, não consegue sequer ficar em pé.
Maior que 50	A pessoa entra em coma alcoólico, havendo risco de morte.

Fonte: (Ferraz *et al.*, 2012).

Além disso, o uso de outras substâncias psicoativas, como a maconha, estimulantes e medicamentos afetam as habilidades psicomotoras, percepção de tempo e distância, coordenação, equilíbrio, geram comportamentos imprudentes e podem causar exaustão extrema.

A legislação brasileira, por meio da Lei nº 11.705, de 19 de junho de 2008, popularmente conhecida como “Lei Seca”, alterou o Código de Trânsito Brasileiro, modificando o tratamento jurídico da direção sob o efeito de álcool, sendo instituída diante dos altos índices de sinistros de trânsito envolvendo condutores alcoolizados, flexibilizando os meios probatórios e aumentando o rigor da fiscalização (Lobo, 2025).

2.2.1.2. SONOLÊNCIA E FADIGA

Outro fator que impacta diretamente a capacidade de reação dos condutores é a sonolência e o cansaço extremo. De acordo com a Associação Brasileira de Medicina de Tráfego – ABRAMET, cerca de 42% dos acidentes de trânsito estão relacionados

à sonolência. Ferraz *et al.* (2012) descreve que o motorista cansado demora muito mais a identificar uma situação de risco e reagir, isso quando sequer reage.

É crucial que o condutor consiga identificar os sinais de cansaço. Os sintomas de que o cansaço está presente incluem a “dificuldade em manter os olhos abertos e focados”, o ato de “bocejar ou esfregar os olhos repetidamente”, e a ocorrência de “cochilos ou dificuldade para manter a cabeça erguida” (CFM, 2023).

As principais causas identificadas que levam ao estado de sonolência e fadiga são: excesso de horas diárias dirigindo, dirigir em horas em que se costuma dormir, dirigir após ter dormido mal no dia anterior, entre outros (Ferraz *et al.*, 2012).

Ademais, problemas como salário baixo e falta de dinheiro, problemas de saúde na família, problemas conjugais e conflitos familiares foram referidos como motivos de estresse por ocasião do sinistro por vítimas entrevistadas (Queiroz; Oliveira, 2003).

2.2.1.3. CONDOTA PERIGOSA E IMPUNIDADE

A conduta perigosa abrange diversos comportamentos de risco que desrespeitam as normas e segurança, podendo ser classificados em violações, erros e lapsos (Macedo *et al.*, 2005). As violações, atos intencionais de infringir regras, representam as atitudes mais evidentes de conduta perigosa, como o desrespeito à sinalização e a condução em alta velocidade (Waiselfisz, 2012).

O excesso de velocidade é o fator de risco comportamental que mais impacta a segurança viária (Global Road Safety Partnership, 2020). O termo “velocidade inadequada” abrange tanto a velocidade acima dos limites, quanto a velocidade inadequada, ou seja, dirigir rápido demais para as condições específicas, mesmo dentro dos limites (Ferraz *et al.*, 2012).

Os dados são alarmantes. O excesso de velocidade contribui para cerca de 50% dos sinistros em países em desenvolvimento, aumentando o risco da causalidade e a probabilidade de lesões graves (Ferraz *et al.*, 2012). Além disso, a probabilidade de óbito resultante de atropelamento ultrapassa os 80% quando o pedestre é atingido por um veículo a 50 km/h, limite amplamente utilizado em vias urbanas, conforme apresentado na Figura 1.

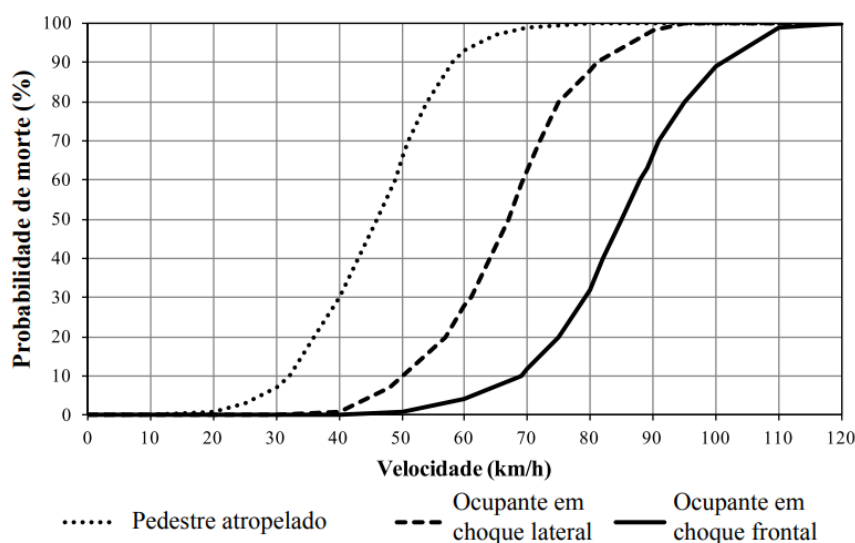


Figura 1: Risco de morte em função da velocidade e do tipo de sinistro.

Fonte: (Ferraz *et al.*, 2012).

Entretanto, a legislação brasileira que trata da velocidade pode apresentar inconsistências. Classificando o excesso de velocidade em infração média, grave ou gravíssima, a lei pode reforçar a percepção inadequada de que “correr moderadamente” não oferece risco. Também, ao admitir gradações de excesso de velocidade além do limite fixado impede a tomada de consciência dos riscos, levando o condutor a entender que existe uma espécie de tolerância sobre o quanto pode desrespeitar a lei, desenvolvendo velocidades acima do limite (Thielen *et al.*, 2007).

Mesmo aplicando leis mais rígidas, como a Lei Seca, o Brasil ainda convive com uma sensação de impunidade em relação à penalização de motoristas que causam acidentes graves por negligência, álcool ou comportamento perigoso, aplicando penas pouco proporcionais aos danos causados às vítimas, mesmo que o indivíduo tenha assumido o risco de produzir sinistros graves (IPEA, 2020).

2.2.2 FATOR VEICULAR

Mesmo que a maioria das estatísticas históricas atribua apenas 10% dos sinistros aos defeitos mecânicos nos veículos, a documentação dessas ocorrências no Brasil pode camuflar o real papel dessas falhas veiculares (Transporte Moderno, 1991). A falta de manutenção adequada contribui direta ou indiretamente para a ocorrência de sinistros. Em países em desenvolvimento, inclusive, o percentual em que falhas veiculares estão presentes é de aproximadamente 30%, valor significativamente maior

do que os 10% observados em países desenvolvidos (Ferraz *et al.*, 2012). As deficiências mecânicas, tais como pneus com desgaste, freios desregulados, sistemas de suspensão, faróis queimados, dentre outros, estão frequentemente associados a veículos velhos e baixo estado de conservação.

O risco de envolvimento em sinistros varia conforme o tipo de veículo, apresentando a seguinte ordem decrescente de gravidade: motocicleta, bicicleta, pedestre, carro, ônibus/caminhão (Ferraz *et al.*, 2012). Ou seja, a vulnerabilidade é significativamente maior entre os usuários de veículos de duas rodas.

Estudos epidemiológicos apontam que a motocicleta é percebida como um tipo de veículo que contém uma ameaça muito maior à segurança física (Queiroz; Oliveira, 2003). Os dados de morbimortalidade confirmam essa percepção: a proporção de feridos e a letalidade nos sinistros de motocicleta são consideravelmente maiores do que naqueles que envolvem apenas automóveis.

Em Campinas, por exemplo, em um cenário de queda significativa no índice total de mortes no trânsito (de 54,3% entre 1995 e 1999), houve um aumento brutal de mortes entre condutores e ocupantes de motos, na ordem de 209% no mesmo período (Queiroz; Oliveira, 2003). Este dado é um alerta: enquanto as intervenções gerais de segurança viária podem ter beneficiado a segurança dos ocupantes de automóveis (protegidos pela segurança passiva), elas se mostraram insuficientes ou inadequadas para proteger o usuário mais exposto (motociclista). Além disso, o aumento das dimensões dos veículos, como os *SUVs*, tem sido noticiado como um fator que faz crescer a acidentalidade com pedestres (Vianna Jr; Mulfarth, 2024).

Os dispositivos de segurança passiva atuam no momento da colisão para evitar ou minimizar as lesões provocadas no ocupante. O cinto de segurança de três pontos é o dispositivo passivo mais importante, pois retém o passageiro ou condutor durante o impacto, evitando que seja projetado contra o interior do veículo, também reduzindo o risco de morte em cerca de 50% para condutores (Ferraz *et al.*, 2012). Já o *airbag* é um sistema complementar que, em conjunto com o cinto, aumenta o índice na redução de risco de morte para 51% dos ocupantes dianteiros, sendo exigência regulatória a implantação de 100% dos automóveis novos sendo fabricados no Brasil a partir de 2014 (Carvalho; Guedes, 2023).

Por outro lado, os dispositivos de segurança ativos têm a função de impedir que o acidente ocorra na sua iminência. Os sistemas de bloqueio, *ABS (Antilock Braking System)* é um sistema suplementar que impede o travamento da roda em qualquer situação de frenagem, principalmente nas de emergência. Ao evitar o travamento, o ABS garante a estabilidade e dirigibilidade do veículo, permitindo que o condutor desvie de obstáculos e mantenha a trajetória correta, e na maioria das situações, reduz a distância de parada (Gioria, 2008). A instalação de ABS foi tornada obrigatória no Brasil para todos os veículos fabricados a partir de 2014.

Por fim, novas tecnologias têm surgido como dispositivos de segurança ativos. Um exemplo é o *AEB (Automatic Emergency Breaking)*, que é um sistema que utiliza radar, câmeras ou sensores ópticos para detectar obstáculos, alertar o condutor e, se necessário, intervir ativamente na travagem automática dos veículos. Dada a fragilidade de pedestres, ciclistas e motociclistas, o objetivo é equipar os veículos com sistemas que possam exercer papel ativo na minimização dos sinistros e suas consequências (Vianna Jr; Mulfarth, 2024).

2.2.3 FATOR SOCIOECONÔMICO

A disparidade socioeconômica está diretamente ligada à exposição a perigos e à capacidade de proteção dos indivíduos, caracterizando-se como um fator de risco contextual e individual (Hanna *et al.*, 2010). A baixa renda é apontada como um fator de risco para lesões por acidentes de trânsito, particularmente entre adolescentes (Mannocci *et al.*, 2019). Estudos sobre a relação entre desigualdade socioeconômica e lesões não intencionais em crianças sugerem que indivíduos abastados possuem vantagens na proteção, enquanto a privação aumenta a exposição a riscos e limita a capacidade de autoproteção (Hanna *et al.*, 2010). O contexto de privação também foi investigado em relação a lesões por acidentes de trânsito em jovens, o que reforça a natureza contextual do risco (Licaj *et al.*, 2011).

Variáveis sociodemográficas como a raça/cor da pele demonstram ser fatores de risco associados ao envolvimento em sinistros de trânsito onde condutores que se autodeclararam pretos ou pardos tiveram uma Razão de Chances (RC) de 1,56 (Intervalo de Confiança de 95%: 1,03-2,35) de envolvimento em sinistros, quando comparados a condutores brancos e amarelos (Moraes Neto *et al.*, 2020). A análise

dos diferenciais de raça/cor da pele também é relevante para o indicador de saúde Anos Potenciais de Vida Perdidos (APVP) por causas externas, onde se observam iniquidades (Araújo *et al.*, 2009).

O contexto social e o modo de vida nas cidades modernas geram pressões que se traduzem em comportamentos de risco no trânsito. A segurança viária é influenciada por determinantes culturais e socioeconômicos (Morais Neto *et al.*, 2020). O ritmo de vida acelerado nas cidades, o individualismo, a competição, o desemprego e a luta pela sobrevivência são citados como fontes permanentes de estresse (Queiroz; Oliveira, 2003). A modernidade radical em que se vive cria um paradoxo, onde o avanço tecnológico e a busca por progresso levam a consequências não intencionais que resultam em sofrimento e estresse ainda maior (Queiroz; Oliveira, 2003). Tais fatores de estresse podem levar o indivíduo a desenvolver quadros de enfermidade física ou mental, aumentando o risco de acidentes (Dejours, 1992).

As condições de trabalho, em particular, têm sido analisadas como elementos que levam à alienação e ao estresse, fazendo com que o trabalhador corra riscos de sofrer ou provocar acidentes, incluindo os de trânsito (Dejours, 1992). Em muitos casos, as representações sociais dos sinistros estão ligadas a condições negativas nas relações de trabalho, como a obrigação de cumprir horas extras estressantes ou a necessidade de rapidez na entrega de mercadorias (Queiroz; Oliveira, 2003).

A influência de um contexto complexo de variáveis, incluindo os aspectos sociodemográfico-culturais da família e da socialização (valores familiares, ideologia e influência dos pares) são antecedentes que condicionam o comportamento de risco (Panichi; Wagner, 2006). A segurança no trânsito, portanto, deve considerar o contexto de desenvolvimento biopsicossocial do jovem, no qual fatores como a qualidade do monitoramento parental atuam como fatores de proteção (Panichi; Wagner, 2006).

Os sinistros de trânsito geram externalidades negativas substanciais, com consequências diretas e indiretas de ordem econômica e social (Conterno *et al.*, 2025). Estes representam um grave problema, não só pelas elevadas incidências, mas também pelo aumento da mortalidade e pelos altos custos provenientes desses eventos (Santos *et al.*, 2016). O IPEA e a ANTP realizaram estudos para quantificar

esses impactos sociais e econômicos dos acidentes em aglomerações urbanas e rodovias brasileiras. Os custos apropriados por vítima de acidente abrangem: custos médico-hospitalares; perda de produção, associada à morte ou à incapacidade das pessoas; custos previdenciários; resgate de vítimas e impacto familiar (IPEA; ANTP, 2003). Além disso, os prejuízos sociais englobam os anos potenciais de vida perdidos, a incapacidade para o trabalho e a menor produtividade em virtude de limitações físicas e psicológicas (Santos; Borges, 2016). Além dos custos macroeconômicos de perda de produção, os sinistros geram uma carga direta e imediata sobre o Sistema Único de Saúde (SUS). O impacto financeiro é tangível e se manifesta nos custos de atendimento de urgência e tratamento de sequelas. No Paraná, por exemplo, os sinistros de trânsito geraram um custo de R\$ 36 milhões ao SUS apenas entre 2022 e 2023 (SESA PR, 2024).

A situação econômica do país tem influência nos deslocamentos da população, e consequentemente, na exposição ao risco de sinistros. Uma pesquisa realizada pelo IBGE (Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017-2018) indicou que cerca de 14,6% da despesa média mensal das famílias brasileiras foi destinada ao transporte (CET-RIO, 2024). O impacto econômico e social desse problema demonstra o peso significativo da insegurança viária.

2.2.4 FATOR VIÁRIO

A infraestrutura viária desempenha um papel fundamental como uma barreira, ou falha latente que determina a probabilidade de ocorrência e a gravidade do sinistro. Um ambiente viário mal projetado ou mal mantido pode anular a eficácia de um comportamento correto do condutor.

O projeto geométrico das vias é a base da segurança viária. As rodovias devem aderir a normas técnicas rigorosas que definem classes viárias e padrões de construção (DAER, 1991). Essas normas visam garantir que o traçado seja previsível e que as forças de engenharia, como raios de curvatura e inclinações, estejam em harmonia com os limites de velocidade. Curvas horizontais e verticais inadequadas, ou intersecções mal dimensionadas, representam fatores de risco intrínsecos. As intersecções são particularmente complexas, especialmente em vias urbanas ou em rotas com alto volume de veículos de carga. Devido ao seu comprimento e peso,

veículos de carga ocupam maior espaço e exigem mais tempo para efetuar um cruzamento, o que exige otimização do projeto geométrico para minimizar a intrusão em faixas opostas e evitar obstáculos (Nogueira, 1995). Ao tornar o ambiente mais tolerante ao erro humano, o projeto viário seguro reduz a frequência e a gravidade dos sinistros (Ulinski *et al.*, 2014).

A sinalização viária deve ser instalada dentro de critérios lógicos e técnicos, atendendo à real necessidade da via para que se torne eficiente (CNM, 2024). A falha na sinalização ou a sua degradação é uma falha latente que compromete a previsibilidade e a segurança. Um sinal de pare ausente, uma faixa de pedestres apagada, ou um limite de velocidade sinalizado de forma confusa podem levar o condutor a cometer erros ativos.

Adicionalmente, a manutenção viária é essencial. Falhas na manutenção da infraestrutura, como buracos, desníveis no pavimento ou a ausência de barreiras de segurança adequadas reduzem a capacidade do condutor de controlar o veículo, especialmente em emergências, aumentando o risco de perda de controle e consequente sinistro (Christoffel; Gallagher, 2005).

2.3. REVISÃO BIBLIOMÉTRICA

Com o objetivo de conhecer o estado da arte do tema, foi realizada uma pesquisa na base de dados Scopus, de artigos publicados entre 2015 e 2025. O critério utilizado foi a busca por publicações que no título, resumo ou palavras-chave contivessem os termos: “*traffic accident*” ou “*accidents traffic*”, “*traffic fatalities*” ou “*Road Traffic Inequality*”. A base de dados retornou 4.783 documentos publicados em diversas línguas e plataformas diferentes. Para retirar publicações que não fazem parte do escopo desse estudo, o termo “*Road Traffic Inequality*” teve seu parâmetro mudado de ‘ou’ para ‘e’, retornando 16 estudos, distribuídos por ano conforme Figura 2.

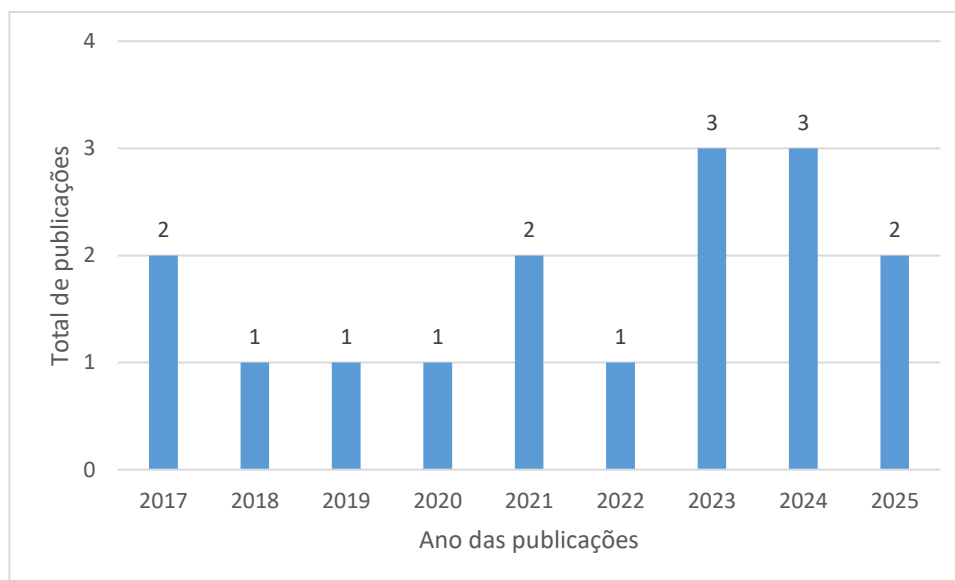


Figura 2: Publicações por ano.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Já em análise disponibilizada pelo site, foi percebido uma maior concentração de publicações nos Estados Unidos e nenhuma publicação acerca da desigualdade no trânsito no Brasil nos últimos 10 anos, conforme Figura 3. Isso demonstra a relevância deste estudo na realidade brasileira.

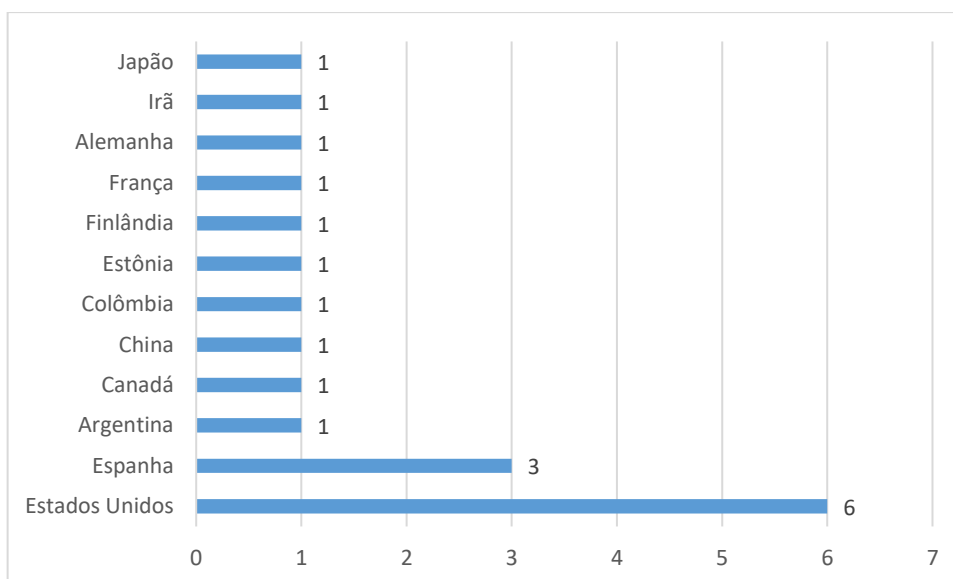


Figura 3: Quantidade de publicações por país.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dessa forma, foram dispostas as publicações dos últimos 10 anos acerca da desigualdade no trânsito no Quadro 1.

Quadro 1: Resumo das publicações sobre desigualdade no trânsito entre 2015 e 2025.

Autor	Título	Ano	Resumo/Assunto
Meeks, H.D., Hickingbotham, H., Cook, L.I.	<i>Assessing neighborhood socio-demographic disparities of child non-motorists involved in motor-vehicle crashes: A study of inequality</i>	2025	Avalia as disparidades sociodemográficas do bairro em acidentes de veículos motorizados envolvendo crianças não-motoristas (possivelmente pedestres/ciclistas).
Tefft, B.C., Steinbach, R.	<i>COVID-19 pandemic exacerbated socioeconomic disparities in motor vehicle traffic fatalities</i>	2025	Estudo sobre como a pandemia de COVID-19 exacerbou as disparidades socioeconômicas nas fatalidades de tráfego de veículos motorizados.
Hyman, S.C., Ignacio, R.	<i>Road Traffic Injury Prevention: Bicycle</i>	2024	Revisão sobre a prevenção de lesões em acidentes rodoviários com foco em bicicletas.
Jung, S., Qin, X.	<i>Promoting Emergency Medical Service Infrastructure Equality to Reduce Road Crash Fatalities</i>	2024	Artigo que trata da promoção da igualdade na infraestrutura de Serviço Médico de Emergência para reduzir fatalidades em acidentes rodoviários.
Miralles Olivar, E.	<i>Macro Analysis of Road Traffic Accidents in Ibero-America Análisis macro de la siniestralidad vial en Iberoamérica</i>	2024	Uma análise macro de acidentes de tráfego rodoviário na Ibero-América.
Montenegro Martínez, G., Arias-Castro, C.E., Silva Sánchez, D.C., ... Gutiérrez Ossa, A., Henao Villegas, S.	<i>Social inequalities related to road traffic mortality Desigualdades sociales relacionadas con la mortalidad por accidentes de tráfico</i>	2023	Revisão de sobre desigualdades sociais relacionadas à mortalidade por acidentes de trânsito.
Navarro-Moreno, I., Calvo-Poyo, F., de Oña, J.	<i>Investment in roads and traffic safety: linked to economic development? A European comparison</i>	2023	Analisa se o investimento em estradas e segurança de tráfego está ligado ao desenvolvimento econômico, em uma comparação europeia.
Haddak, M.M., Bouaddi, F.	<i>Impact of socio-territorial disparities on road risk</i>	2023	Artigo que investiga o impacto das disparidades sócio-territoriais no risco rodoviário.
Schwartz, N., Buliung, R., Daniel, A., Rothman, L.	<i>Disability and pedestrian road traffic injury: A scoping review</i>	2022	Revisão de escopo sobre a relação entre deficiência e lesões de tráfego rodoviário em pedestres.
Stickley, A., Jasilionis, D., Baburin, A., Leinsalu, M., ... Kondo, N.	<i>Macroeconomic changes and educational inequalities in traffic fatalities in the Baltic countries and Finland in 2000-2015: A register-based study</i>	2021	Estudo baseado em registros sobre mudanças macroeconômicas e desigualdades educacionais nas fatalidades de tráfego nos países Bálticos e Finlândia (2000-2015).

Sukhai, A., Govender, R., van Niekerk, A.	<i>Fatality risk and issues of inequity among vulnerable road users in South Africa</i>	2021	Estuda o risco de fatalidade e questões de iniquidade entre usuários vulneráveis da estrada na África do Sul.
Sánchez González, M.P., Tejada Ponce, Á., Escribano Sotos, F.	<i>Interregional inequality and road accident rates in Spain</i>	2020	Analisa a desigualdade interregional e as taxas de acidentes rodoviários na Espanha.
Leveau, C.M., Tapia Granados, J.A.	<i>Educational inequalities in traffic deaths during fluctuations of the economy in four Argentinian provinces, 1999-2013</i>	2019	Foca nas desigualdades educacionais em mortes no trânsito durante flutuações econômicas em quatro províncias argentinas (1999-2013).
Li, F., Jiang, K.	<i>Model-based Sensitivity Analysis of Transportation Risk Decisions on Over-Speeding Violation Behavior on Roads</i>	2018	Artigo que usa análise de sensibilidade baseada em modelo para decisões de risco no transporte sobre comportamento de violação de excesso de velocidade nas estradas.
Rad, E.H., Karyani, A.K., Zandian, H.	<i>Access and necessity for road emergency sites</i>	2017	Aborda o acesso e a necessidade de locais de emergência rodoviária.
Noland, R.B., Zhou, Y.	<i>Has the great recession and its aftermath reduced traffic fatalities?</i>	2017	Questiona se a grande recessão e suas consequências reduziram as fatalidades no trânsito.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Esse conjunto de informações comprova a relevância desta pesquisa. São encontradas poucas publicações recentes acerca de análises socioeconômicas dos sinistros de trânsito, conforme Quadro 1. Além disso, a falta de publicações brasileiras nos últimos anos, relativo à essa temática, demonstra a necessidade de explorar este assunto.

3. METODOLOGIA

O estudo em questão adota uma abordagem mista, integrando a pesquisa bibliográfica com a interpretação de dados. A metodologia visa analisar referências em artigos, livros, dissertações e teses e, a partir disso, obter dados à luz do referencial teórico socioeconômico e discussão dos resultados na perspectiva da iniquidade e das políticas públicas.

3.1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A primeira etapa consistiu na confecção de uma vasta revisão da literatura, fundamentando teoricamente o estudo e indicando os dispositivos a serem analisados no estudo de caso. Foram consultados artigos acadêmicos, livros e relatórios técnicos relevantes, utilizando base de dados como Google Scholar, Scopus, SciELO e bibliotecas institucionais.

Nessa etapa foi apresentado os fatores de risco associados aos sinistros de trânsito e suas implicações.

3.2. COLETA DE DADOS

3.2.1. DADOS DE SINISTRALIDADE

Para a análise do volume total de sinistros de trânsito no período de 2014 a 2024 em Belo Horizonte (MG), o estudo adotou uma abordagem quantitativa baseada na análise de dados secundários obtidos através do portal de dados abertos da prefeitura municipal. Esses dados são disponibilizados anualmente pela Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte (BHTRANS) e coletados através de boletins de ocorrência da Polícia Militar de Minas Gerais. A estruturação dos dados ocorreu através de rotinas de Extração, Transformação e Carga (ETL), desenvolvidas em linguagem *Python*.

O tratamento da base de dados exigiu a consolidação de três matrizes disponibilizadas, sendo estas:

- Boletins: Contém informações espaciais e temporais (coordenadas, regional e datas)

- Veículos: Contém a caracterização da frota envolvida nos sinistros.
- Envolvidos: Contém o perfil demográfico preliminar das vítimas.

É importante ressaltar que os boletins de ocorrências utilizados para a formação da base de dados não consideram sinistros se a ocorrência for sem vítimas ou com escoriações leves. Esses dados são subnotificados devido à não realização de boletins de ocorrência. Além disso, não são coletados dados socioeconômicos, que são objeto de trabalho desse estudo. Tais dados, como cor/raça e nível de escolaridade impossibilitam a análise aprofundada da desigualdade social. Também, a falta de informações como quedas de motociclistas, atropelamentos de pedestres sem alta gravidade dificultam a realização de estudos precisos.

Por fim, a partir de 2020, com a transição para o padrão do Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito, o RENAEST, a prefeitura alterou a forma de preenchimento dos indicadores de fatalidade, como por exemplo a criação do campo de declaração de óbito. Isso exigiu uma calibração na base de dados para que a série histórica não fosse descontinuada.

3.2.2. DADOS DE MORTALIDADE

Já para a investigação das vítimas fatais, foi utilizado o Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM) do DATASUS. Essa segregação de dados foi necessária devido ao detalhamento das informações disponibilizadas pelo DATASUS. As mortes são contabilizadas por meio da Declaração de Óbito e são disponibilizadas duas datas: a do óbito e a de processamento. Essa diferenciação é de suma importância para este estudo pois é através da data do óbito que é possível contabilizar óbitos decorrentes de sinistros que levaram à hospitalização e/ou internação do envolvido. Isso reduz a subnotificação de óbitos anuais significativamente.

A extração dos dados foi realizada via conexão direta aos servidores FTP do Ministério da Saúde, utilizando a biblioteca PySUS. O recorte metodológico aplicou os seguintes filtros:

- Filtro espacial: Óbitos ocorridos na cidade de Belo Horizonte, que possui código 310620, padronizado pelo IBGE.

- Filtro epidemiológico: CID-10, que são óbitos associados a causas externas de morbidade e mortalidade, especificamente o grande grupo CID10 V01-V99, que tratam de acidentes de transporte.
- Filtro veicular: O modo de transporte da vítima foi categorizado a partir das informações atribuídas pelo médico legista. Essas informações são disponibilizadas pela categoria CID10.

Por mais que o DATASUS seja considerado preciso em relação aos dados de mortalidade, existem algumas limitações que foram consideradas nesse estudo. Primeiramente, o SIM registra única e exclusivamente os óbitos, desconsiderando o cadastro de lesões graves e permanentes que não resultam em morte. Além disso, os dados disponibilizados passam por revisões constantes, devido ao atraso natural entre a ocorrência do óbito e o lançamento no sistema. Dessa forma, dados mais recentes não são confiáveis e podem sofrer alterações. Por isso, foi utilizado como ano final de estudo o ano de 2024, devido à falta de consolidação dos dados relativos ao ano de 2025.

3.3. TRATAMENTO DE DADOS

Após a coleta dos dados, esses foram tratados. Essa etapa é crucial para o cruzamento de informações e validação.

3.3.1. DADOS DA BHTRANS

Para a realização do cruzamento dos dados disponibilizados pela BHTRANS, foi utilizado como referência o número do boletim de ocorrência realizado pela Polícia Militar. Essa informação está presente em todas as matrizes utilizadas e permite a comparação de dados que estão em matrizes diferentes. Para viabilizar o processamento e a análise computacional dos registros totais, foi utilizada a técnica de redução de cardinalidade por agregação. Essa técnica permite o agrupamento de vítimas com perfis idênticos. Para isso foram consideradas vítimas que sofreram sinistros e possuíam o mesmo sexo, faixa etária, regional e que o acidente tenha sido registrado no mesmo ano e em um mesmo tipo de veículo. Isso permitiu a criação de uma variável de frequência que preservou a validade estatística e reduziu o volume de processamento necessário.

Devido à falta de padronização dos agentes de segurança pública na coleta dos dados, diversas vítimas tiveram as idades cadastradas como “idade = 0”. Isso ocorreu pelo não preenchimento da informação de idade pelo responsável. Tal incoerência leva a um aumento anormal de indivíduos com idade menor ou igual a zero envolvidos em sinistros. Para solucionar esse problema, foi aplicado um filtro que excluiu essas vítimas da análise sociodemográfica.

3.3.2. DADOS DO DATASUS

O DATASUS foi escolhido como banco de dados para análise de óbitos para reduzir a subnotificação de óbitos tardios, conforme observado nos dados da BHTRANS. Entretanto, para resolver alguns problemas, foi necessário a realização de tratamento dos dados.

Foi necessário utilizar o código do município de ocorrência do sinistro, e não o de residência. Contabilizar a residência incluiria sinistros de moradores de Belo Horizonte em outras cidades e excluiria não residentes que possuem a capital como local de trabalho e/ou estudo. Além disso, o DATASUS não possui uma coluna explícita de veículo, como o banco de dados da BHTRANS. Dessa forma, foi necessário desenvolver um filtro para analisar a causa básica da morte dentro da categoria CID10, extraíndo o modo de transporte causador do óbito.

Durante o processo de validação dos dados extraídos via Python com os painéis do TABNET, foi identificado a falta de dados de óbitos nos anos de 2023 e 2024. Isso foi causado devido à alteração do formato de dia-mês-ano. Até 2022, os arquivos registravam a data da morte e do acidente em formato DDMMAAAA, entretanto, após esse ano os dados estão em formato AAAAMMDD. Isso foi corrigido no código para que os dados fossem coletados corretamente.

4. RESULTADOS

Após a realização do tratamento dos dados, estes foram compilados e as análises foram realizadas.

4.1. EVOLUÇÃO TEMPORAL DOS SINISTROS

4.1.1. EVOLUÇÃO ANUAL DOS SINISTROS

A Figura 4 revela que o número de sinistros em BH atingiu o seu pico histórico em 2014, com aproximadamente 14.600 ocorrências, seguido por uma trajetória de queda até 2020, com aproximadamente 10.800 ocorrências. Os dados de 2020 podem ser tratados como *outliers* [valores atípicos], devido aos efeitos das restrições de circulação impostas durante o período da pandemia de COVID-2019 que reduziu drasticamente o volume de veículos em trânsito. Entretanto, após 2020, é possível observar uma recuperação significativa, com 2024 atingindo níveis pré-pandêmicos com aproximadamente 13.200 sinistros.

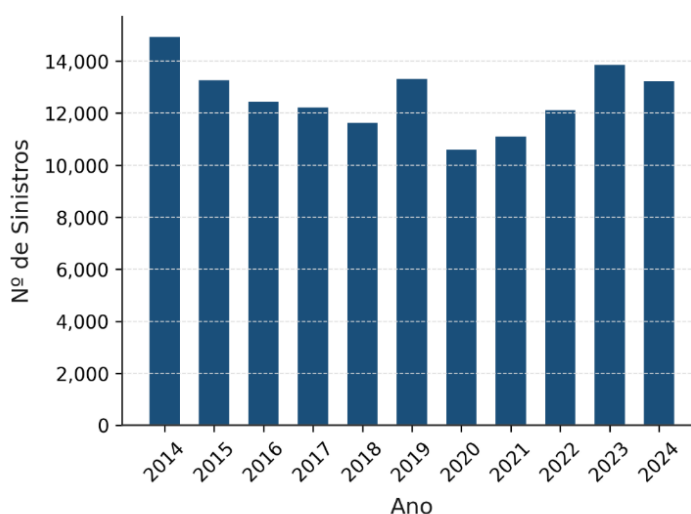


Figura 4: Evolução anual de sinistros (2014-2024)

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS.

Conforme o estudo de Bacchieri (2011), essa retomada no crescimento pode ser justificada pelo fato de que intervenções, como a implementação de campanhas educativas e operações de fiscalização, tendem a gerar reduções temporárias de sinistralidade. Porém, a ausência de políticas públicas eficazes impede que essas quedas sejam sustentadas a longo prazo.

Quando a quantidade de sinistros é dividida por 100 mil habitantes, é obtido o que se nota na Figura 5. A taxa recua de 601 para 466 sinistros/100 mil habitantes entre 2014 e 2018, uma redução de 22,5% em quatro anos, possivelmente associada a melhorias de infraestrutura, fiscalização e mudanças no comportamento de mobilidade. É notável o mínimo histórico de 421 em 2020, um efeito do isolamento social, com redução do tráfego. Entretanto, a taxa salta para 597 em 2023, o segundo maior valor da série, indicando que a retomada da mobilidade pós-pandemia veio acompanhada de aumento dos sinistros.

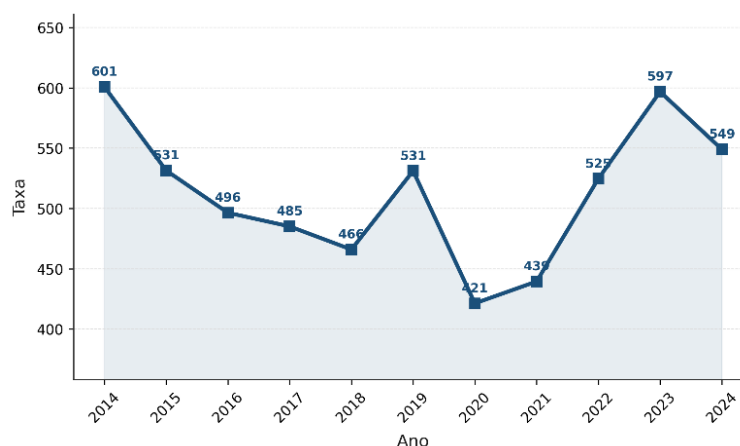


Figura 5: Taxa de sinistralidade (sinistros/100k hab.)

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS.

4.1.1.1. EVOLUÇÃO ANUAL DOS ÓBITOS

A Figura 6 apresenta a evolução de óbitos por ano e a taxa de letalidade registrada em Belo Horizonte. A série histórica mostra um total de 499 mortes registradas em 2014, chegando em 227 registros em 2024. É notável uma queda progressiva até 2019 e um crescimento reduzido a partir de 2020. Esse comportamento é alarmante e sugere a piora das condições de segurança viária nos anos recentes. Waiselfisz (2013) identificou padrão similar com outras capitais brasileiras com alta densidade de motocicletas.

A taxa de letalidade, razão entre óbitos e total de sinistros, oscilou de 3,5% em 2014 a aproximadamente 1,6% em 2024. A diminuição dos índices merece atenção, por não poder se caracterizar como um sucesso das medidas adotadas, visto o

aumento da taxa de sinistros observado anteriormente e a diminuição de óbitos hospitalares, mas aumento de óbitos no local.

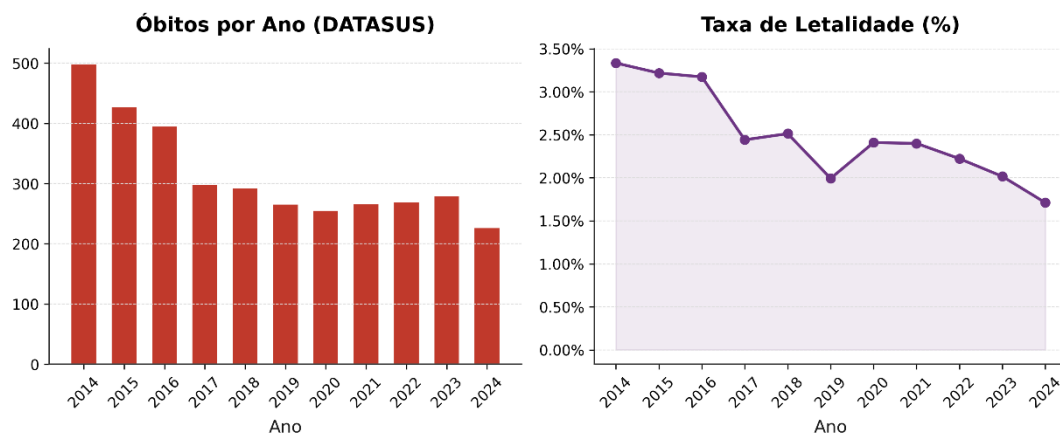


Figura 6: Evolução dos óbitos e taxa de letalidade

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS e DATASUS.

Quando os óbitos declarados no local são comparados com óbitos totais informados pelo DATASUS, que considera também os óbitos hospitalares, divididos por 100 mil habitantes, é obtido o observado na Figura 7. Por mais que o número de óbitos totais tenha diminuído, é notável o aumento de óbitos no local, o que pode indicar um aumento da gravidade dos sinistros.

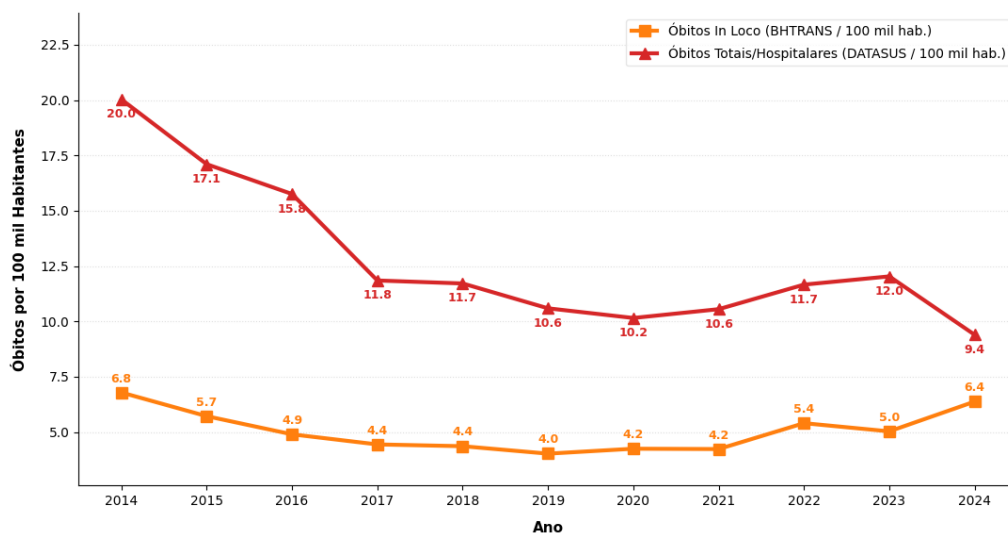


Figura 7: Taxas de mortalidade (óbitos/100k hab.)

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS e DATASUS.

Algo importante de registrar é a diferença entre os dados da BHTRANS comparado ao DATASUS. A Figura 8 apresenta os óbitos registrados no local, coletados pela Polícia Militar, e os óbitos totais, com dados de óbitos no local e de declaração de óbito, levantados pelo DATASUS. De forma geral, os dados do SIM são mais elevados do que os registros em campo, devido à coleta de óbitos tardios. Essa diferença reflete vítimas que sobrevivem, mas falecem em ambiente hospitalar. Malta *et al.* (2010) alertam que a subestimação dos óbitos por fontes de segurança pública é uma limitação grave para a definição de metas e políticas de saúde.

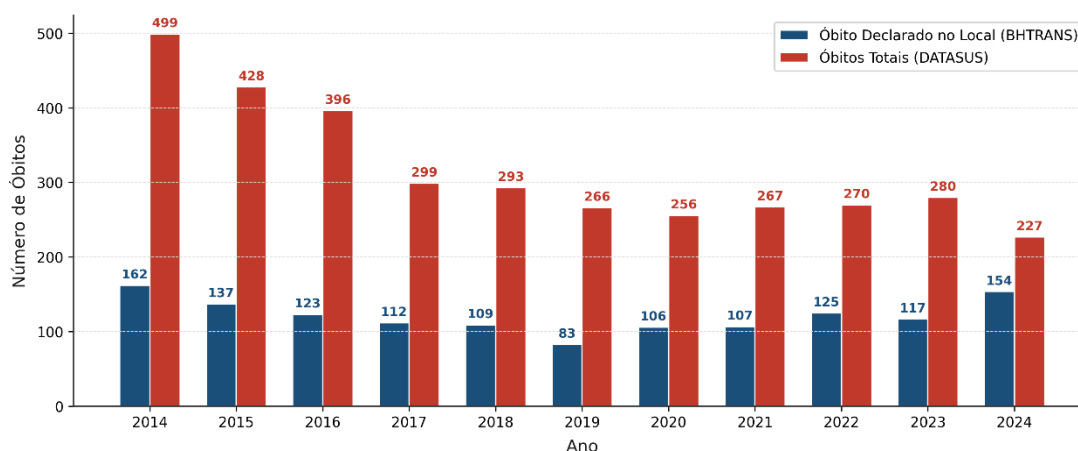


Figura 8: Comparativo de óbitos (BHTRANS x DATASUS)

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS e DATASUS.

4.1.2. EVOLUÇÃO MENSAL DOS SINISTROS

Com base nos dados disponíveis, foi possível fazer um *heatmap* [mapa de calor] que revela os padrões sazonais, que se encontra na Figura 9.

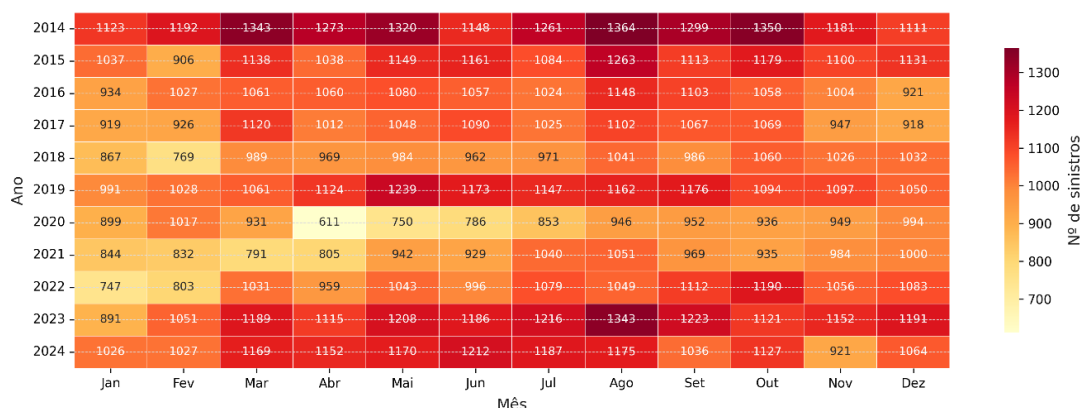


Figura 9: *Heatmap* de distribuição mensal de sinistros por ano (2014-2024)

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS.

É possível observar alguns pontos importantes com esse gráfico. O primeiro é a predominância do mês de março como período de retomada no aumento de sinistros, após a redução em novembro e dezembro. Isso pode estar relacionado ao início do ano letivo e de atividades econômicas, após períodos de férias e feriados prolongados. Esse movimento é observado internacionalmente, conforme estudo de Kaplan *et al.* (2012), que identificaram padrões semelhantes em cidades europeias, com picos de sinistros associados ao maior volume de tráfego nos períodos de retorno de férias e inícios de semestres letivos.

Além disso, conforme observado na análise anual, o ano de 2020 apresenta dados muito diferentes do que os padrões anteriores, com o mês de abril atingindo um valor historicamente baixo. Isso é reflexo direto do isolamento social imposto devido à pandemia de COVID-19. Observar o impacto dessas medidas na quantidade de sinistros é importante pois demonstra que o volume de tráfego é um fator determinante na frequência de sinistros.

4.1.3. PADRÃO DIÁRIO E HORÁRIO DOS SINISTROS

Na Figura 10, é possível observar que a sexta-feira registra o maior volume de sinistros, com aproximadamente 22.500 ocorrências, seguido por quinta e quarta, respectivamente. O menor volume é observado no domingo, com aproximadamente 15.000 sinistros, o que é consistente com o menor fluxo de veículos observado tradicionalmente nesse dia.

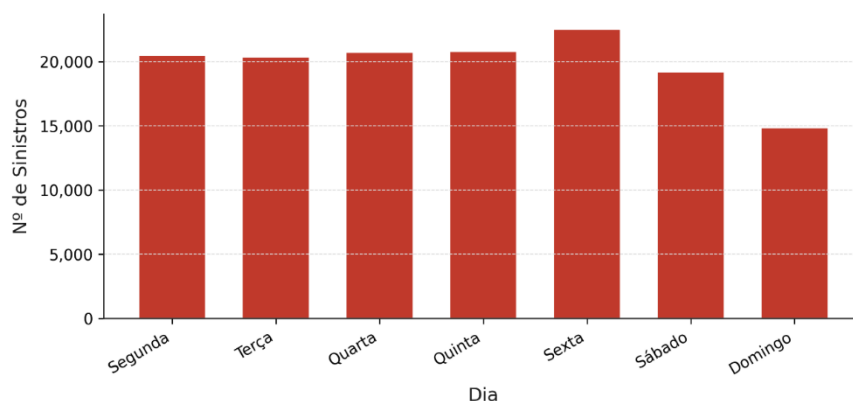


Figura 10: Sinistros por dia da Semana em Belo Horizonte.

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS.

Já na Figura 11, foi possível elaborar um dos gráficos mais informativos com o conjunto de dados da BHTRANS. O mapa de calor dos sinistros por hora e dia de semana revela os períodos de maior risco ao longo da semana.

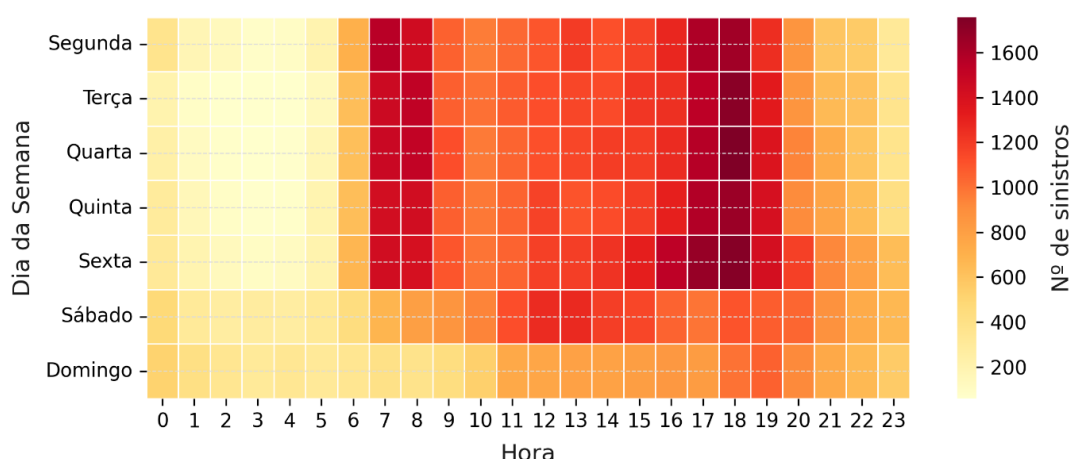


Figura 11: Sinistros por hora e dia da semana em Belo Horizonte.

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS.

É possível observar que os dias úteis apresentam uma concentração no volume de sinistros entre os períodos das 7h às 9h e das 17h às 19h, que corresponde ao horário de pico, onde as células apresentam os tons mais escuros, ou seja, os valores estão acima de 1.200 ocorrências.

Também, é notável que por mais que o sábado registre menores índices de sinistros do que os dias úteis, os sinistros se distribuem de forma diferente dos observados nos demais: os picos são distribuídos ao longo da tarde e noite, o que

reflete comportamentos que tendem a envolver maior risco, como o consumo de álcool e de direção perigosa. Além disso, é importante observar que a sexta-feira também apresenta um maior volume de sinistros nos períodos noturnos, o que não é observado nos demais dias da semana. Esse comportamento também pode ser justificado pela direção perigosa.

Esses padrões são documentados na literatura. Ladeira *et al.* (2017) analisaram padrões de sinistros em capitais brasileiras e encontraram resultados similares, com concentração nos horários de pico e aumento relativo da gravidade nos períodos noturnos e de fim de semana.

4.1.3.1. PADRÃO DIÁRIO E HORÁRIO DOS ÓBITOS

Para identificar o padrão de óbitos em diferentes horas do dia, foram utilizados dados da BHTRANS, que por mais que estejam subnotificados, apresentam horário de óbito declarado no local. Na Figura 12, é possível identificar que os óbitos estão concentrados principalmente no período noturno e especialmente na madrugada, entre sexta-feira e domingo. Esse padrão, corrobora o que foi observado com os sinistros. Combs *et al.* (2019) indicam que sinistros noturnos têm a maior probabilidade de óbito, em função da menor visibilidade, maior velocidade e maior probabilidade de consumo de álcool.

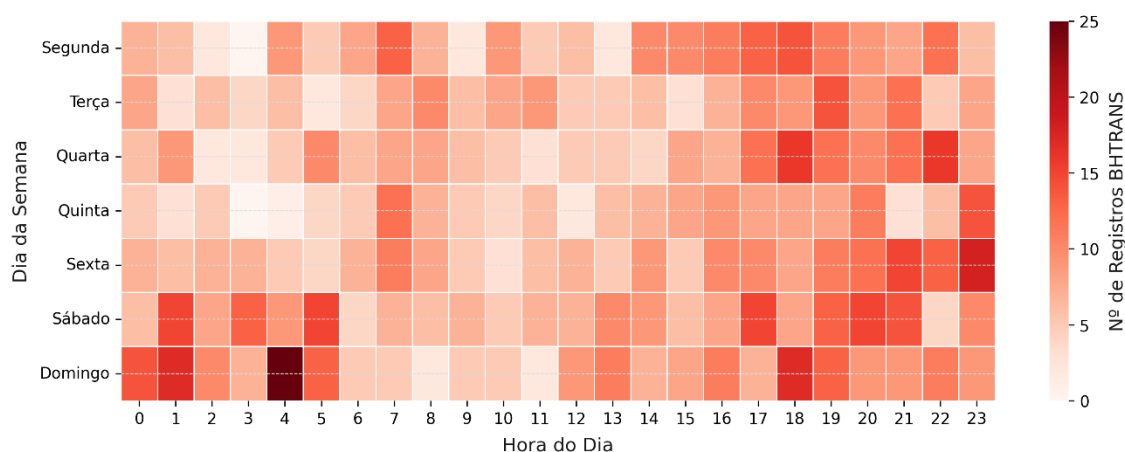


Figura 12: *Heatmap* de óbitos declarados *in loco* por dia da semana e hora.

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS.

4.2. ANÁLISE DOS FATORES DE RISCO DOS SINISTROS

4.2.1. FATOR HUMANO

4.2.1.1. USO DO CINTO DE SEGURANÇA

Para analisar o uso do cinto de segurança é importante observar o alto índice de subnotificação, conforme Figura 13 que revela que em 19,4% das ocorrências não foram registradas o dado de uso do equipamento de segurança.

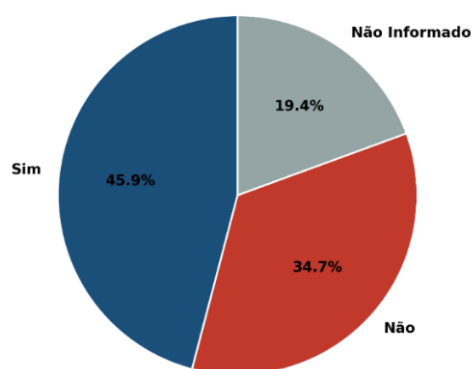


Figura 13: Uso de Cinto de Segurança (incluindo não informados) nas ocorrências.

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS.

Quando é excluído o dado de 'não informado' têm-se uma análise um pouco mais detalhada, conforme Figura 14 que revela que 43% dos envolvidos em sinistros não utilizavam o equipamento de segurança durante o evento. Esse índice é alarmante considerando que o cinto é o dispositivo passivo de maior eficácia comprovada na redução da mortalidade em sinistros de trânsito.

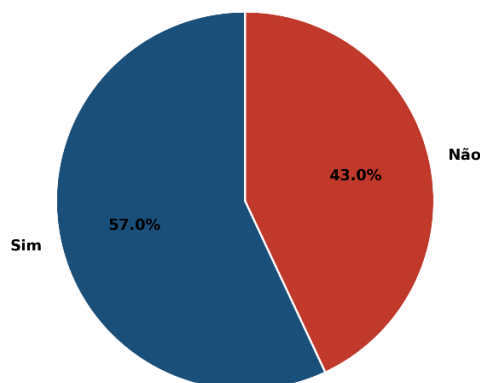


Figura 14: Uso de cinto de segurança (excluindo não informados) nas ocorrências.

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS.

A OMS estima que o uso correto do cinto de segurança reduz o risco de morte em colisões frontais em até 45% e em capotamentos em até 75% (WHO, 2023). No Brasil, a obrigatoriedade do uso desse equipamento existe desde a criação da Lei n.º 9.503/1997, mas observando esse dado, são notáveis a resistência cultural e a falta de fiscalização efetiva.

Em pesquisa do DENATRAN (2019), foi identificado que em municípios de médio e grande porte, o índice de uso de cinto de segurança oscila entre 55% e 75%. O índice observado em Belo Horizonte está dentro da média nacional, entretanto, ainda reflete que mais de 4 em cada 10 envolvidos estavam expostos a um risco evitável.

4.2.1.2. EMBRIAGUEZ

A análise do indicador de embriaguez é altamente impactada pela subnotificação dos dados. Conforme Figura 15, é possível notar que 26,7% das ocorrências não coletaram dados de embriaguez. A subnotificação pode ocorrer por múltiplos fatores, tais como, ausência da realização do teste do bafômetro em todos os casos, recusa dos condutores em realizar o teste e priorização do atendimento emergencial em detrimento da coleta dos dados.

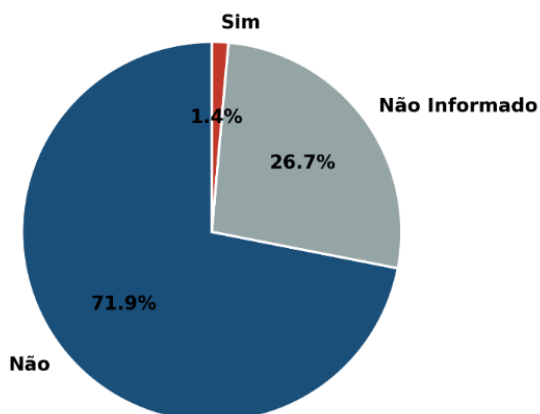


Figura 15: Indicador de Embriaguez (incluindo não informados)

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS.

Quando os sinistros com “não informado” da análise são excluídos, é notável que 1,9% dos envolvidos apresentaram registro de embriaguez, conforme Figura 16.

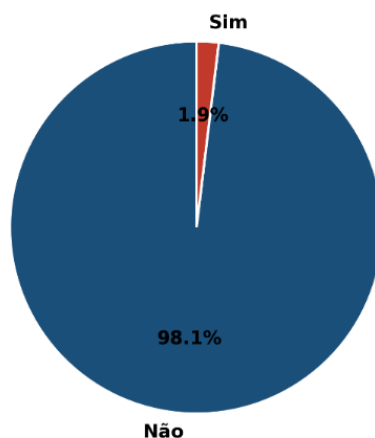


Figura 16: Indicador de Embriaguez (excluindo não informados)

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS.

Entretanto, esse número pode não representar a realidade dos casos. Malta *et al.* (2010), documentaram que 20,4% dos pacientes atendidos em sinistros de trânsito apresentavam dosagem positiva de álcool no sangue em capitais brasileiras. Esse dado é muito superior ao registrado na base administrativa de Belo Horizonte, o que evidencia que o indicador de embriaguez nos boletins de ocorrência subestima o problema de forma significativa.

4.2.2. FATOR VEICULAR

4.2.2.1. TIPOS DE SINISTROS

O gráfico de tipologia dos sinistros, presente na Figura 17, revela que o "Abalroamento com Vítima" é o tipo mais frequente de sinistro em Belo Horizonte no período analisado, com 61.313 ocorrências, mais do que o dobro do segundo tipo mais frequente, "Colisão de Veículos com Vítima", com 21.921 ocorrências. Em seguida, têm-se o "Choque Mecânico com Vítima", com 20.952 vítimas, "Atropelamento de Pessoa sem Vítima Fatal", com 16.186 vítimas e "Capotamento/Tombamento com Vítima" com 10.644 vítimas.

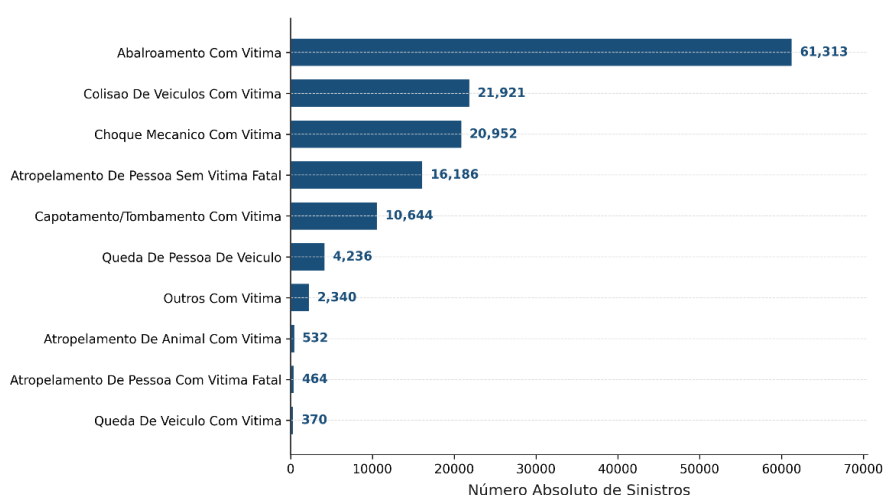


Figura 17: Top 10 sinistros em Belo Horizonte

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS.

O abalroamento, colisão lateral entre veículos é frequentemente em interseções, sendo o tipo de sinistro mais típico de ambientes urbanos densos, com alta frequência de cruzamentos e manobras de conversão. A predominância em Belo Horizonte pode estar associada à geometria viária da cidade, que possui grande número de interseções em nível sem controle adequado por semáforos ou rotatórias.

Rifaat *et al.* (2011), em estudo sobre o impacto do traçado urbano nos sinistros de trânsito em cidades canadenses, identificaram que cidades com malha viária em grelha ortogonal, como grande parte de Belo Horizonte, tendem a apresentar maior frequência de abalroamentos em interseções, em comparação com cidades de malha

curvilínea. A implantação de rotatórias e o reforço da sinalização de interseções são medidas com eficácia comprovada para reduzir esse tipo de sinistro.

O segundo destaque da análise é a frequência de atropelamentos, onde somando os "Atropelamentos de Pessoa sem Vítima Fatal" e "Atropelamentos de Pessoa com Vítima Fatal", obtém-se mais de 16.600 atropelamentos em 10 anos, representando relevante parcela do total. Esse dado indica que os pedestres são um grupo vulnerável significativo na sinistralidade de Belo Horizonte, e que políticas de infraestrutura para pedestre, tais como adequação de calçadas, travessias elevadas, semáforos temporizados são igualmente necessários.

4.2.2.2. DISTRIBUIÇÃO POR ESPÉCIE DE VEÍCULO

O gráfico de distribuição por veículo, disponível na Figura 18 confirma a centralidade das motocicletas, com 41,2% dos veículos envolvidos em sinistros, elas se posicionam como o segundo modo mais frequente, logo atrás dos automóveis com 47,5% de participação. Considerando que as motos representam apenas aproximadamente 11% da frota total, sua proporção nos sinistros é desproporcionalmente elevada, com mais de 3,7 vezes sua participação na frota.

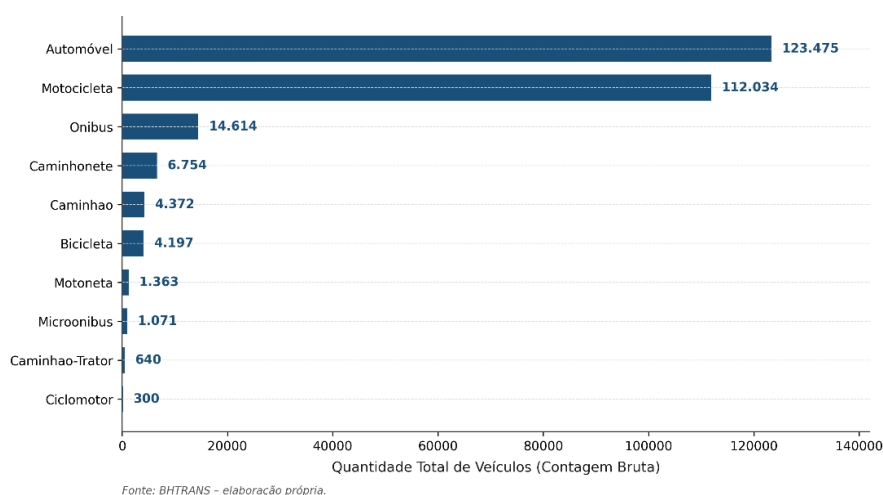


Figura 18: Top 10 veículos envolvidos em sinistros

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS.

Quando os óbitos são analisados, conforme Figura 19 revela um dado crítico: pedestres lideram as mortes, com aproximadamente 1.250 óbitos no período, seguidos por motociclistas, com aproximadamente 1.030 registros. Juntos, esses dois

grupos vulneráveis somam mais de 60% de todos os óbitos, o que é coerente com o que a literatura nacional aponta, incluindo o relatório IPEA/ANTP (2003), que já alertava para pedestres como o elemento mais vulnerável no trânsito.

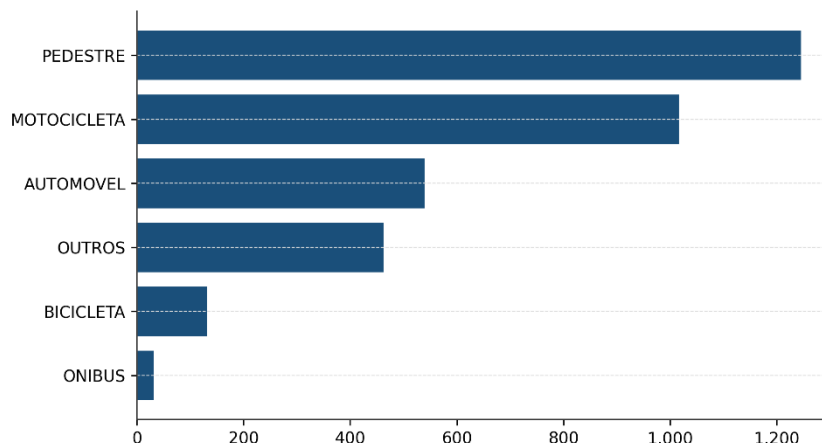


Figura 19: Total de óbitos por modo de transporte

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do DATASUS.

4.2.2.3. CRESCIMENTO DA FROTA DE MOTOCICLETAS

O gráfico do crescimento da frota de motocicletas em Belo Horizonte, presente na Figura 20, revela uma expansão consistente. Os dados mostram que houve um crescimento de aproximadamente 52,5% de unidades no período de 2014 a 2024, passando de aproximadamente 200 mil unidades em 2014 para 305 mil unidades em 2024.

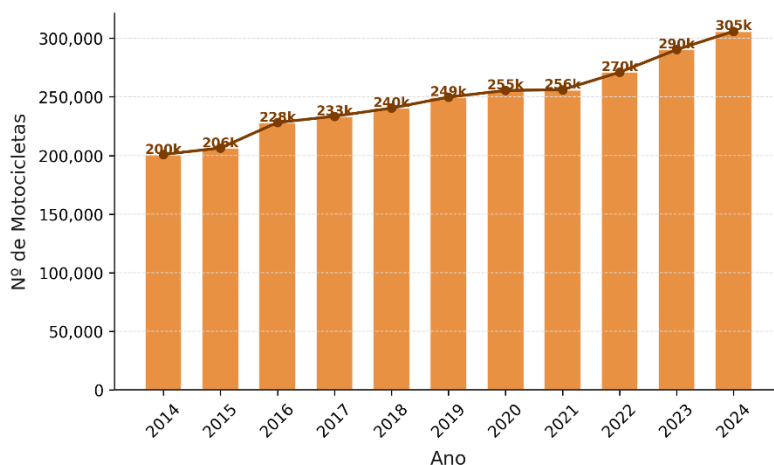


Figura 20: Crescimento da frota de motocicletas em Belo Horizonte (2014-2024)

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do SENATRAN.

Além disso, conforme observado na Figura 21, a participação das motocicletas na frota total de veículos manteve-se em baixa oscilação, passando de 12,1% a 11% no período. Não houve uma tendência clara de aumento ou diminuição do percentual.

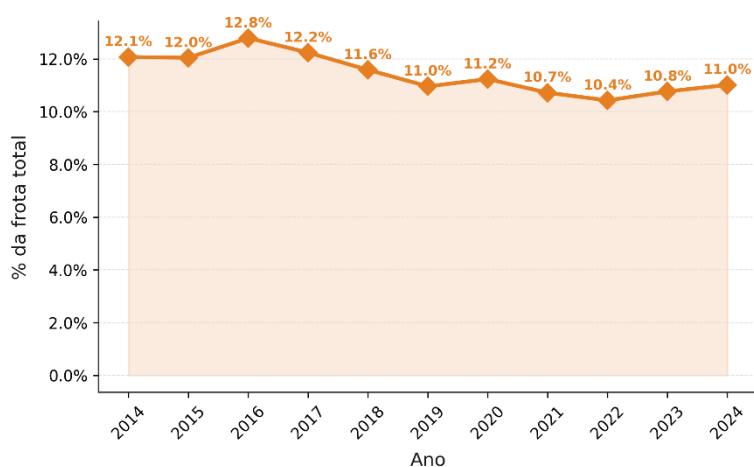


Figura 21: Participação das motos na frota total em Belo Horizonte

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do SENATRAN.

Conforme gráfico de crescimento indexado da frota, presente na Figura 22, reflete um aumento simultâneo da frota total de veículos em Belo Horizonte, que passou do índice de 100, em 2014, para 167, em 2024. Esses dados indicam que as unidades de automóveis cresceram de forma considerável. O gráfico demonstra que em 2016, o índice de crescimento da frota de motocicletas descolou e superou o índice da frota geral. Isso não indica um aumento em números, uma vez que a frota total de

aproximadamente 1,78 milhão veículos, ainda era maior que a de motos com 228 mil no mesmo ano. Entretanto, evidencia que a taxa de motorização de motocicletas se acelerou em um ritmo muito superior ao dos demais veículos, indicando uma rápida mudança na matriz de transporte. Até 2021, a proporção de sinistros com essas motos não acompanhava o mesmo ritmo de crescimento. No entanto, o padrão de mobilidade e risco mudou no pós-pandemia, onde entre 2022 e 2024, a curva de sinistros chegou a 135%, mostrando que as motocicletas se tornaram protagonistas nos registros.

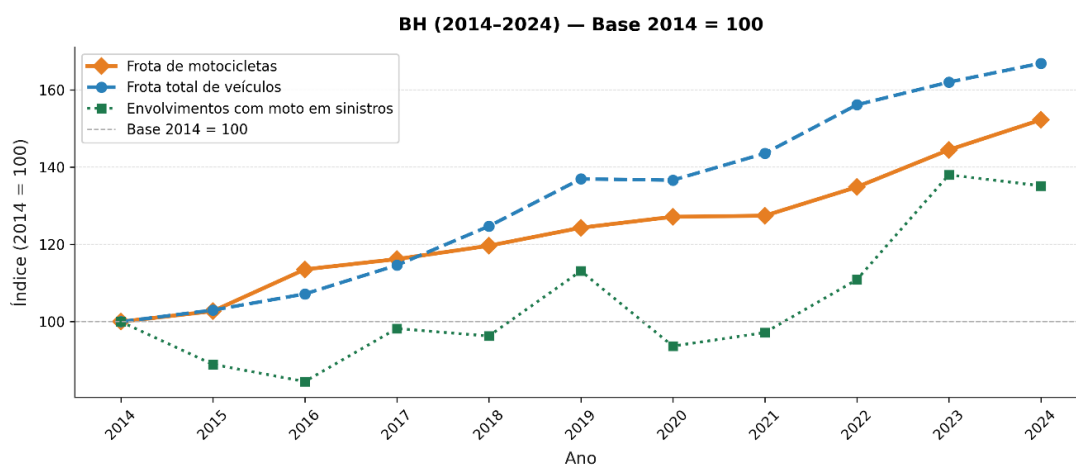


Figura 22: Crescimento indexado de veículos na capital mineira: Motocicletas vs Frota Total vs Envolvimentos.

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS e SENATRAN.

Um fato a ser observado é o aumento expressivo da frota de motocicletas a partir de 2021. Em outubro de 2021, a companhia de viagens por aplicativo Uber lançou a modalidade de viagem com moto em Belo Horizonte, seguida pela companhia 99Pop em julho de 2022.

O transporte de um passageiro em motocicleta altera o centro de gravidade do veículo, especialmente em curvas acentuadas, podendo reduzir a manobrabilidade em desvios bruscos (IPEA, 2025). Assim como nas entregas, a remuneração por corrida pressiona o condutor a realizar o trajeto no menor tempo possível, incentivando o excesso de velocidade e o trânsito entre as faixas mesmo com a moto mais pesada devido ao passageiro.

No início de 2022, a Prefeitura de Belo Horizonte publicou decretos tentando proibir ou suspender temporariamente o serviço de Uber Moto e 99Moto na cidade. O principal argumento do executivo municipal era o fato de que a cidade não suportaria o aumento exponencial de sinistros e a superlotação do hospital de referência para traumas João XXIII.

Vasconcellos (2013), defende que a expansão da frota das motocicletas no Brasil ocorre de forma desproporcional em grupos de menor renda, que utilizam esse modo como ferramenta de trabalho e mobilidade, criando uma dupla vulnerabilidade no trânsito, onde há uma maior exposição ao risco e menor acesso a serviços de saúde em caso de sinistros. Além disso, o crescimento simultâneo da frota de automóveis e motocicletas é típico das grandes cidades brasileiras e está associado ao crescimento do mercado de entregas e viagens por aplicativo, dificuldades no transporte público e expansão de crédito para aquisição de veículos.

Além disso, a pandemia de COVID-19 agravou a exploração de trabalhadores que utilizam a motocicleta como veículo de trabalho, reduzindo ganhos e aumentando jornadas exaustivas (Abílio, 2020).

Também, o gráfico presente na Figura 23 revela a participação percentual das motocicletas no total de envolvidos em sinistros, que de 53,7% em 2014 passou para 78,4% em 2024. O IPEA (2015), identificou que as motocicletas são o modo com o maior crescimento de envolvimento em sinistros nas últimas décadas, impulsionado pelo crescimento da frota e pelo uso intensivo para entregas e transporte de passageiros. O resultado encontrado é mais uma prova para essa afirmação.

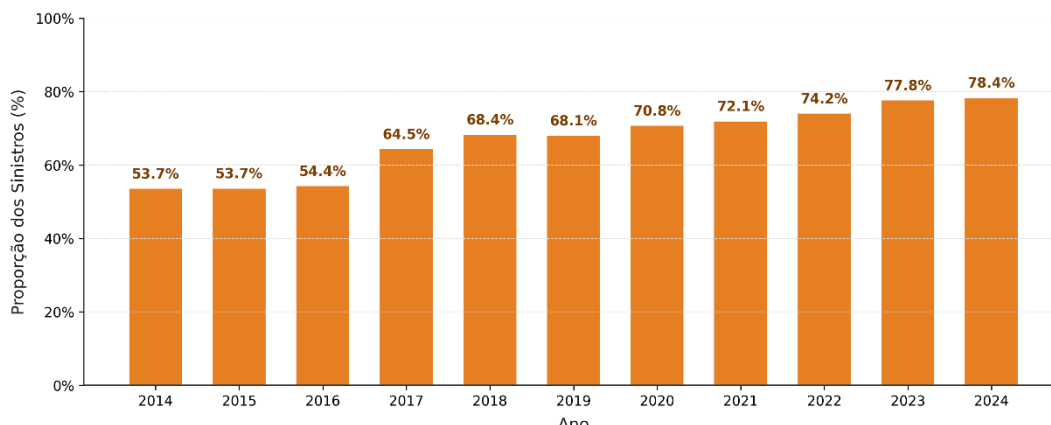


Figura 23: Proporção de sinistros que envolveram motocicletas

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS.

4.2.2.4. ENVELHECIMENTO DA FROTA VEICULAR

Com dados do SENATRAN, foi possível coletar informações acerca da frota de veículos em Belo Horizonte. Esses dados foram compilados nos gráficos presentes na Figura 24. É notável que a proporção de veículos com mais de 10 anos cresceu de forma consistente de aproximadamente 31% em 2014 para 38% em 2024, e a proporção com mais de 15 anos apresentou crescimento importante. Além disso, a idade média da frota passou de 9,3 anos em 2014, para 10,3 anos em 2024. Entretanto, houve um pico significativo em 2021, com aproximadamente 12,1 anos de idade média na frota. Esse dado é provavelmente um reflexo da contração das vendas de novos veículos durante a pandemia.

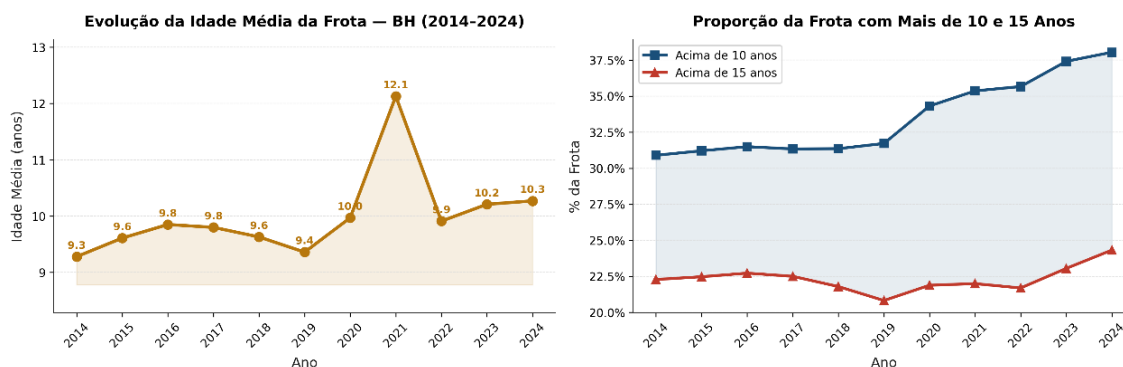


Figura 24: Envelhecimento da idade média da frota veicular

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da SENATRAN.

Além disso, foi possível elaborar um mapa de calor com a participação de cada ano de fabricação na frota total, conforme Figura 25. Os veículos mais recentes do ano corrente representam entre 15% e 25% da frota em seu primeiro ano de registro, mas essa participação cai de forma progressiva à medida em que envelhecem. Também é observado que veículos fabricados há mais de uma década mantêm uma participação acumulada crescente, indicando um envelhecimento estrutural da frota total de veículos.

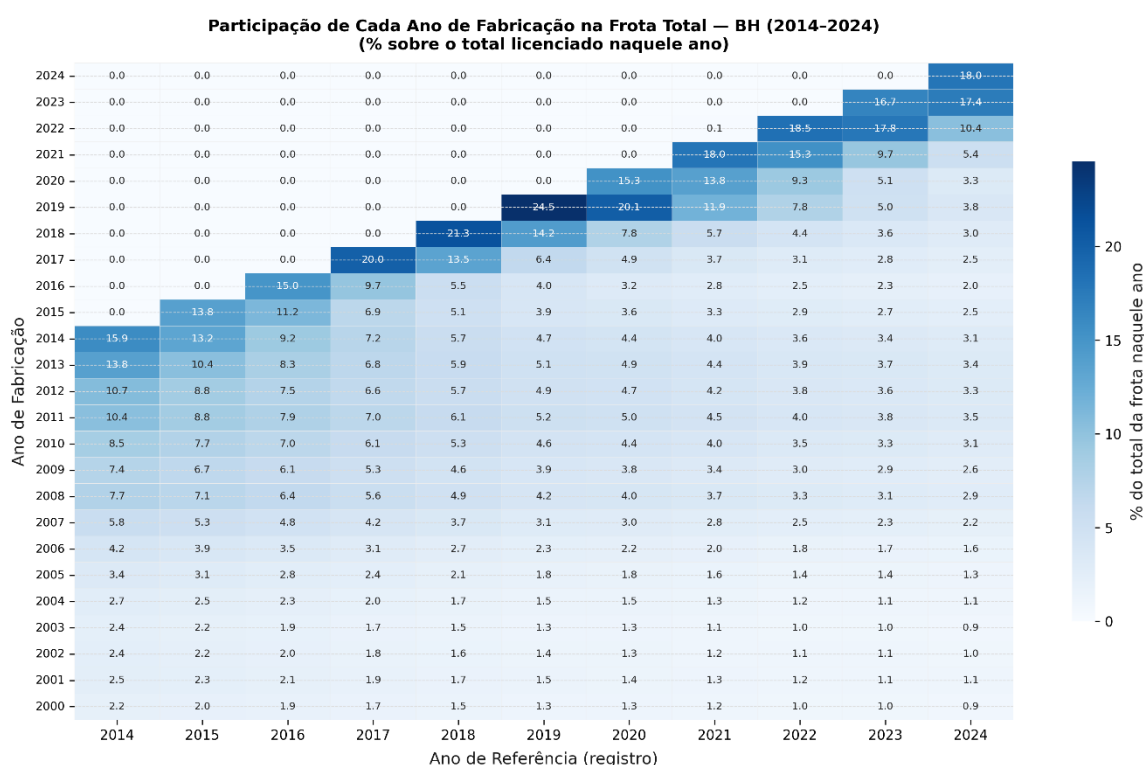


Figura 25: *Heatmap* da participação de cada ano de fabricação

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da SENATRAN.

Esses dados são alarmantes. Considerando que a lei de obrigatoriedade de airbag nos veículos novos fabricados no Brasil começou a vigorar em 2014, e os freios ABS tiveram a obrigatoriedade de fabricação nos veículos em 2014 e nas motocicletas em 2016, observar a existência de veículos com mais de 10 anos de fabricação em circulação no último ano de análise, pode indicar um grande fator de risco nos índices de sinistro da capital mineira.

Fitch (2016) em um estudo sobre a relação da idade dos veículos e a gravidade dos sinistros nos Estados Unidos, descobriram que veículos com mais de 10 anos

apresentam 30% mais chances de se envolverem em sinistros fatais comparados com veículos de até 3 anos. Isso é observado pela ausência de mecanismos modernos na segurança ativa e passiva, tais como freios ABS, airbags e controle de estabilidade. Oliveira e Soares (2020) identificaram que o envelhecimento da frota é mais predominante em regiões periféricas e para motocicletas por conta dos custos de manutenção negligenciados por razões econômicas.

4.2.3. FATOR SOCIAL

4.2.3.1. PERFIL DEMOGRÁFICO DOS ENVOLVIDOS

Os gráficos de perfil demográfico demonstram que os sinistros de trânsito em Belo Horizonte afetam predominantemente o sexo masculino, onde 75,3% dos envolvidos são homens e que a faixa etária de 25 a 34 anos concentra o maior número de envolvidos em ambos os sexos, conforme Figura 26.

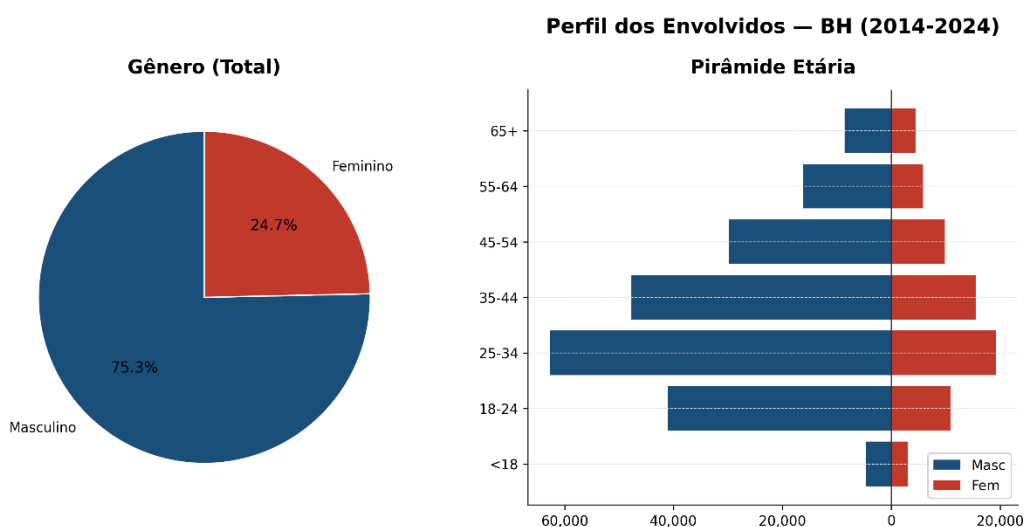


Figura 26: Perfil demográfico dos envolvidos em sinistros

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS.

Já para o perfil dos motociclistas, a proporção de homens envolvidos em sinistros sobe para 85,2%, conforme Figura 27. Essa diferença de 10 pontos percentuais entre a proporção geral e a de motociclistas indica que a motocicleta é um fator amplificador da mortalidade masculina no trânsito. Além disso, a faixa etária de 25 a 34 anos responde por 40.539 envolvimento, o que equivale a aproximadamente 38% dos

envolvidos em sinistros com motocicletas. As faixas de 18 a 24 anos e 35 a 44 anos correspondem pelas maiores em seguida.

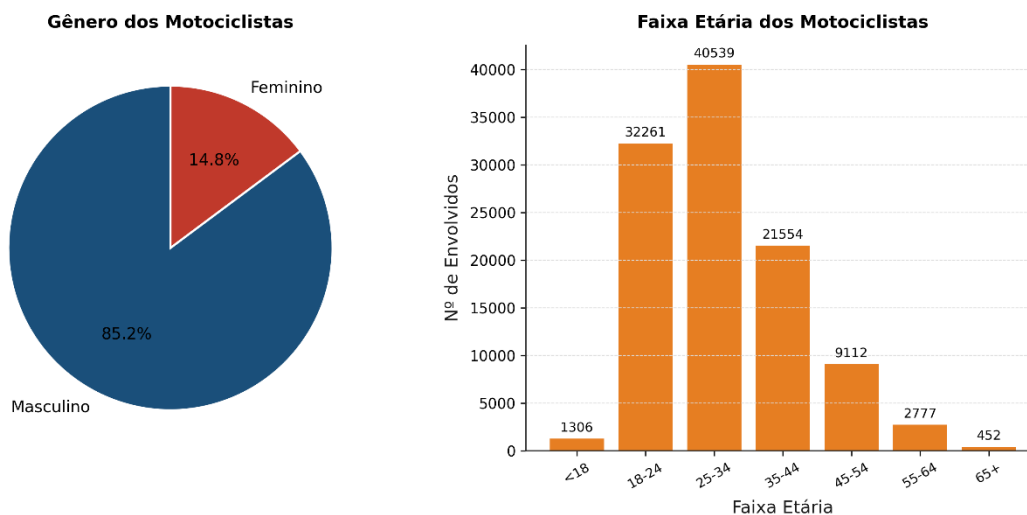


Figura 27: Perfil demográfico dos motociclistas em sinistros

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS.

A presença significativa de menores de 18 anos, com 1306 registros, grupo etário em que a legislação brasileira proíbe a condução de motocicletas, revela falhas na fiscalização da habilitação de motociclistas. A alta representação do gênero masculino nos sinistros de trânsito é observada em diversas cidades mundialmente. Leal (2012), identificam que homens morrem por causas externas de 3 a 5 vezes mais que as mulheres, reflexo de maior exposição ao risco, comportamentos mais agressivos e menor adesão ao uso de equipamentos de proteção.

4.2.3.2. PERFIL DE COR/ETNIA DOS ENVOLVIDOS

Uma análise muito subexplorada na literatura brasileira de segurança viária é a correlação dos dados de cor/etnia com a ocorrência de óbitos em sinistros de trânsito. Com dados de óbitos do DATASUS, que coletam essas informações, foi possível realizar o mapeamento desse indicador nos vitimados, conforme Figura 28. É possível notar que o total de pessoas pardas e pretas corresponde a aproximadamente 65,5% das vítimas de sinistros de trânsito em Belo Horizonte. Souza et al. (2020), identificaram que a razão de mortalidade entre negros e brancos por sinistros de transporte é superior a 1,5 nas capitais brasileiras, reflexo de iniquidades estruturais no acesso à mobilidade segura.

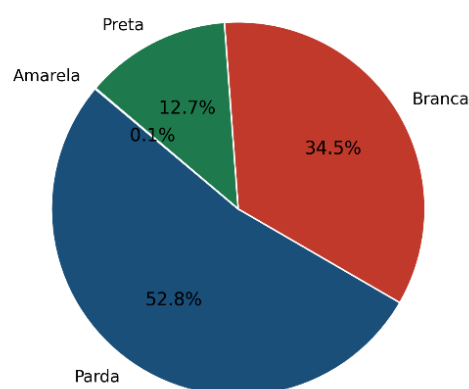


Figura 28: Total de óbitos por cor/etnia

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do DATASUS.

Quando os dados de cor/etnia são comparados com os principais veículos envolvidos em sinistros, é obtido um maior dimensionamento da problemática, conforme Figura 29. Pode-se notar que a etnia branca possui a mortalidade bem distribuída em relação ao tipo de vulnerabilidade, enquanto as etnias pardas e pretas possuem uma maior predominância de vulnerabilidade em pedestres e motocicletas.

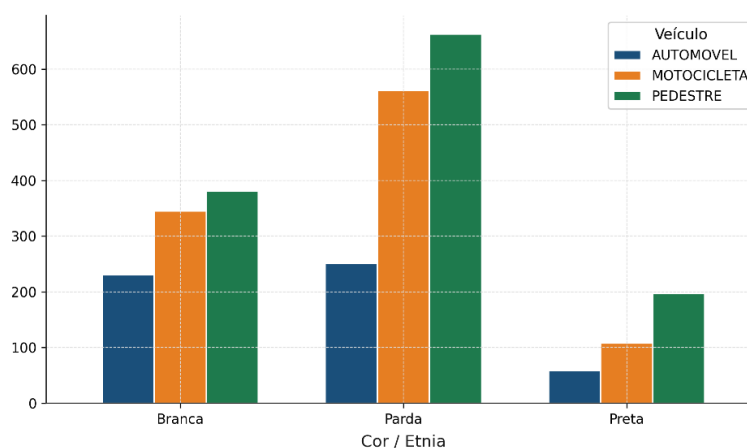


Figura 29: Fatalidade por cor/etnia agregada ao veículo

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do DATASUS.

4.2.3.3. ESCOLARIDADE DOS ENVOLVIDOS

A escolaridade é um *proxy* [indicador] de renda e de posição social, e estudos indicam que motociclistas com menor escolaridade tendem a ser aqueles que utilizam

o veículo como ferramenta de trabalho de baixa remuneração, com maior exposição ao risco e menor acesso a equipamentos de proteção de qualidade. Utilizando os dados disponíveis dos vitimados no DATASUS, pôde-se observar isso. Conforme Figura 30, é notável o alto número de vítimas com até 11 anos de escolaridade, o que corresponde ao fim do ensino médio brasileiro. Vítimas que ingressaram no ensino superior são muito menos numerosos quando comparados aos demais.

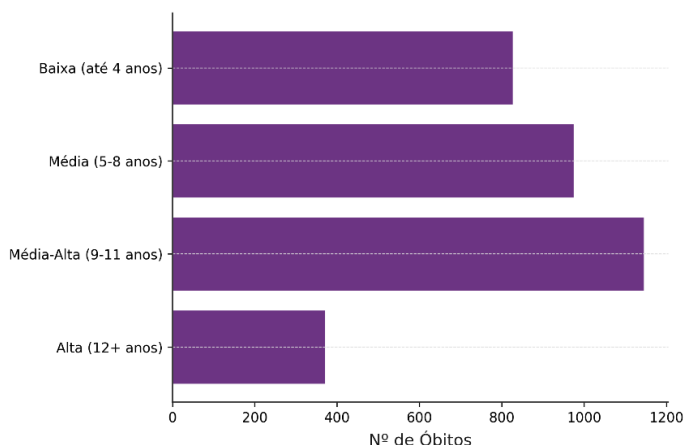


Figura 30: Total histórico de óbitos por escolaridade

Fonte Elaborado pelo autor com dados do DATASUS.

Ao comparar com a vulnerabilidade do usuário, conforme Figura 31, percebe-se um padrão similar ao observado na cor/etnia. A vulnerabilidade está quase igualmente distribuída entre os vitimados de alta escolaridade. Entretanto ao observar os vitimados com menor escolaridade, é observável a diminuição dos índices de sinistros em veículos e o aumento em motocicletas e pedestres. Neri e Soares (2002) demonstraram que no Brasil a escolaridade é um dos principais determinantes do tipo de veículo utilizado: indivíduos com ensino fundamental incompleto têm probabilidade 3 a 4 vezes maior de usar motocicleta como principal modal de transporte em comparação com indivíduos com ensino superior.

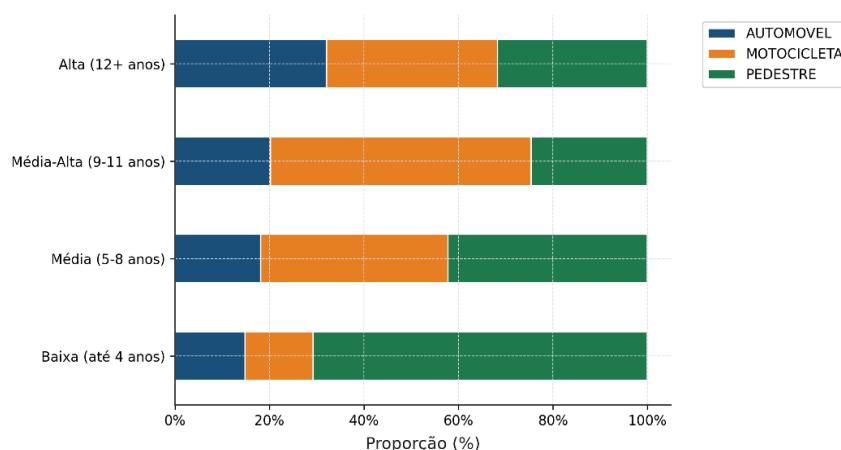


Figura 31: Proporção de óbitos por escolaridade e veículo

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do DATASUS.

Ao realizar o cruzamento das vulnerabilidades é obtido o observado na Figura 32. É notável que os maiores índices de óbito estão concentrados em vítimas com ensino fundamental completo e ensino médio, na faixa etária de 15 a 29 anos. Lima Júnior e Mota (2019) identificaram que interseções entre juventude, baixa renda e uso de motocicleta formam um dos maiores problemas de mortalidade viária nas metrópoles brasileiras. A principal hipótese é que jovens com baixa escolaridade constituem o grupo de maior risco acumulado, exposição crescente ao modo motocicleta por razões de trabalho, comportamento de risco mais elevado por idade, e menor capital financeiro para manutenção dos equipamentos.

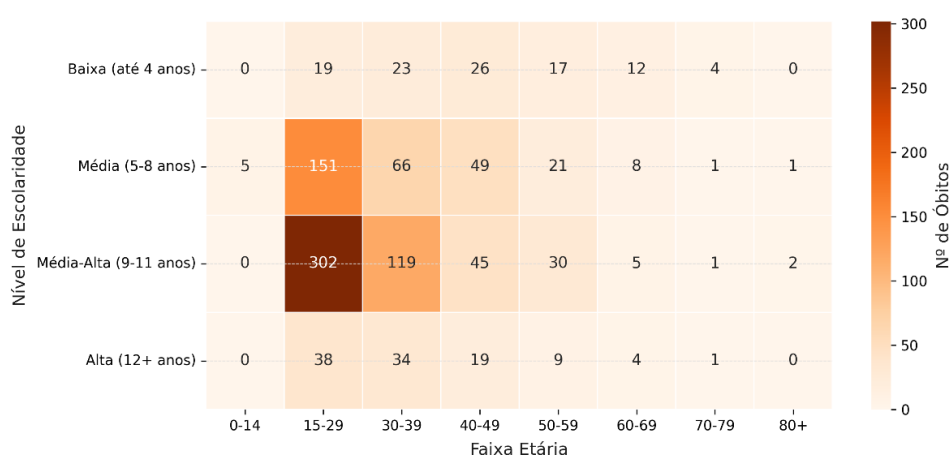


Figura 32: *Heatmap* de óbitos em motociclistas por escolaridade e idade

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do DATASUS.

Quando é realizado o cruzamento das vulnerabilidades de vítimas pedestres, é obtido o observado na Figura 33. É notável que os maiores índices de óbito estão concentrados em vítimas com ensino fundamental incompleto, a partir de 60 anos. Essa alta mortalidade de idosos é provocada pela redução motora e pelo tempo de reação menor nas interseções.

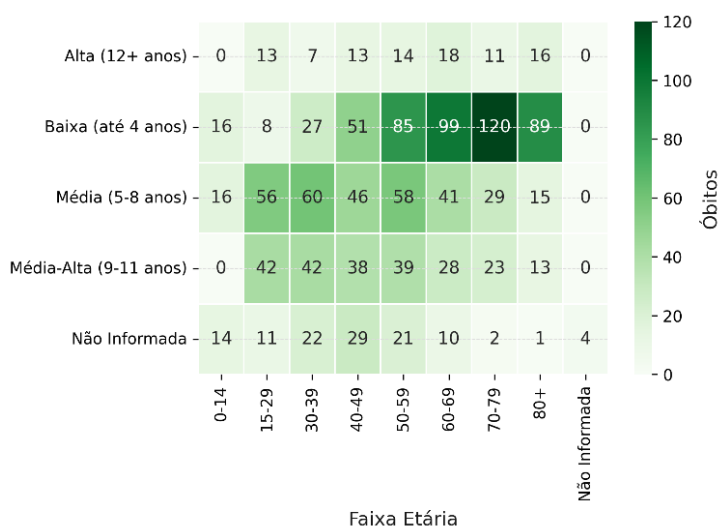


Figura 33: *Heatmap* de óbitos em pedestres por escolaridade e idade

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do DATASUS.

4.2.4. FATOR VIÁRIO

4.2.4.1. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS SINISTROS

O gráfico de distribuição espacial por regionais presente na Figura 34 mostra que a Regional Centro-Sul concentra o maior número de sinistros, com aproximadamente 23 mil ocorrências, seguida pela Pampulha e Noroeste. Ao analisar a taxa de letalidade por regional, é possível observar um padrão contrário: a Região Nordeste apresenta a maior taxa, com aproximadamente 1,25%, seguida da Pampulha e Noroeste. A regional Centro-Sul, que lidera em volume de sinistros, apresenta taxa de letalidade relativamente baixa, com aproximadamente 0,6%.

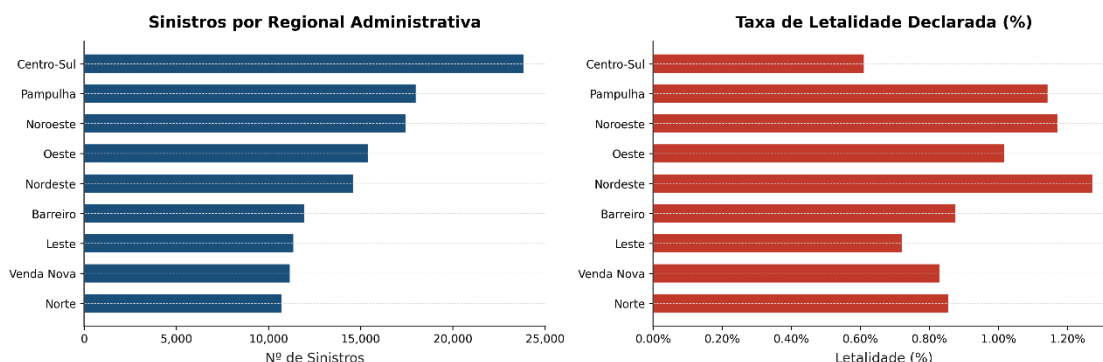


Figura 34: Distribuição espacial de sinistros em Belo Horizonte

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS e DATASUS.

Esses dados podem revelar que os sinistros do Centro-Sul embora mais numerosos, mas menos graves, possuem a predominância de colisões com baixa velocidade e em vias com a infraestrutura mais adequada, enquanto os sinistros das regionais mais periféricas tendem a ser mais graves.

Lima e Santos (2019) em estudo sobre a distribuição espacial de sinistros em Belo Horizonte, identificaram que as regionais Noroeste, Nordeste e Pampulha concentram as vias com maior velocidade regulamentada e menor cobertura de iluminação pública, o que pode corroborar para a maior letalidade nessas regiões. Além disso, o risco de sinistro está associado ao volume de tráfego, enquanto a gravidade depende de fatores como velocidade, infraestrutura de socorro e característica dos veículos (Haddon, 1968). Regiões periféricas tendem a combinar piores condições de infraestrutura de emergência com maiores velocidades nas vias, o que pode resultar em maior letalidade.

Utilizando a biblioteca *'geopandas'* foi possível realizar o tratamento de dados espaciais dos sinistros. Conforme observado na Figura 35, os acidentes seguem a malha viária, concentrando-se nas vias arteriais e de maior fluxo. As manchas mais densas (azul escuro) destacam os corredores principais do município. É observável que o Hipercentro é o ponto de maior saturação. Os eixos radiais que ligam o centro às regionais periféricas (sentidos Venda Nova, Norte, Nordeste, Leste e Barreiro) aparecem como linhas escuras contínuas, indicando vias arteriais com alto volume de sinistros.

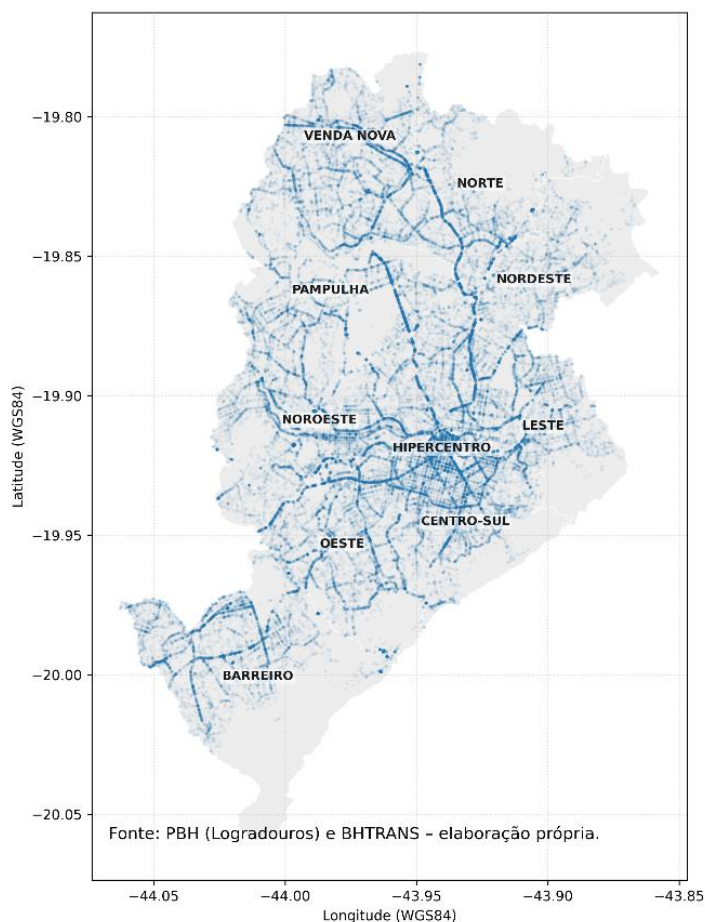


Figura 35: Distribuição espacial de sinistros totais (2014-2024).

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS e PBH.

Já para a distribuição espacial dos óbitos no local, conforme Figura 36, os pontos laranjas são dispersos por toda a cidade, inclusive em áreas periféricas com baixa densidade de sinistros. O Hipercentro, que domina o mapa de acidentes, não apresenta concentração proporcional de óbitos, pois os pontos são relativamente escassos para o volume de sinistros. Barreiro, Oeste, Norte e Nordeste mostram presença expressiva de óbitos mesmo com malha viária menos saturada no mapa anterior.

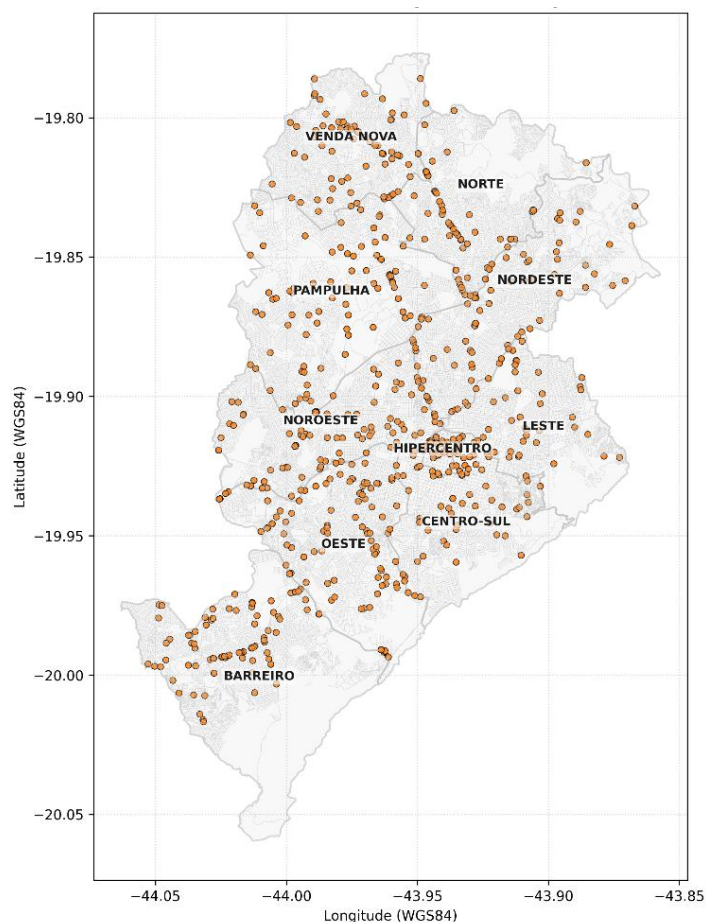


Figura 36: Distribuição espacial de óbitos *in loco* (2014-2024).

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS e PBH.

O mapa de distribuição de sinistros envolvendo pedestres obtido na Figura 37 mostra os pontos dispersos por toda a malha urbana, o que representa que os sinistros estão espalhados em vias locais e áreas residenciais, mas que há uma concentração sobre os principais eixos viários, que são locais com velocidades mais altas. É notável uma concentração no Hipercentro, que apesar de apresentar o menor volume de sinistros entre as regionais, apresenta uma alta densidade de envolvimento de pedestres, o que indica que essa regional é marcada por conflitos entre pedestres e veículos e não por colisões entre veículos. Os atropelamentos em centros urbanos brasileiros se concentram em eixos comerciais com alta densidade de travessias, o que é visualmente evidente no mapa de Belo Horizonte (Bacchieri e Barros, 2011). A dispersão de pontos em áreas residenciais, reflete a vulnerabilidade de pedestres em vias com baixa infraestrutura, característico de cidades com expansão urbana

periférica sem investimento proporcional em infraestrutura para pedestres (Elvik *et al.*, 2009).

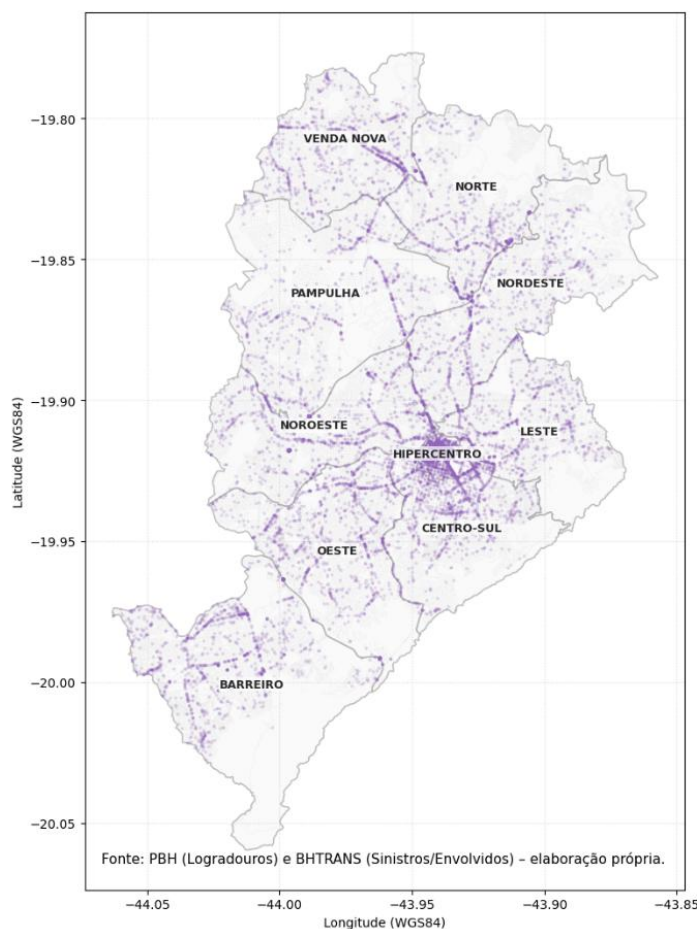


Figura 37: Distribuição espacial de sinistros com pedestres (2014-2024).

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS e PBH.

Por fim, para a distribuição espacial dos sinistros envolvendo motocicletas, conforme Figura 38, a densidade é alta e demonstra que os sinistros estão espalhados por toda a malha viária. As linhas mais escuras do mapa de motocicletas correspondem às vias Avenida Antônio Carlos/Pedro I, Via Expressa, eixos radiais das regionais Noroeste e Nordeste e os eixos do Barreiro. O mapa mostra alta densidade também nas regionais periféricas (Barreiro, Venda Nova e Norte), o que reflete a maior dependência dessas áreas com a moto para mobilidade. Vasconcellos (2013) documenta que a periferia das metrópoles brasileiras apresenta maior concentração de uso de motos para trabalho justamente pela precariedade do transporte público nessas regiões, criando um ciclo de vulnerabilidade espacialmente determinado.

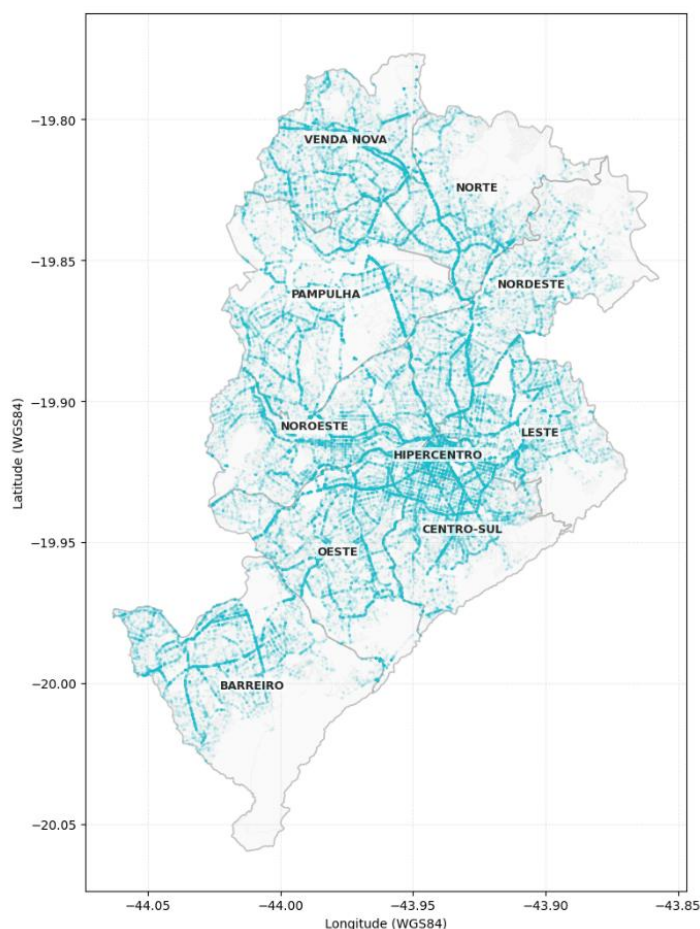


Figura 38: Distribuição espacial de sinistros envolvendo motocicletas (2014-2024).

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS e PBH.

4.3. ESTIMATIVA DE CUSTO DOS SINISTROS

4.3.1. BASE DE CÁLCULO DE CUSTO DOS SINISTROS

A estimativa do custo médio por acidente de trânsito em Belo Horizonte para o período 2014–2024 foi construída a partir da pesquisa de referência nacional produzida pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) em parceria com a Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP), realizada com ano-base 2001 e publicada em 2003 que constitui o principal estudo sobre custos de sinistros em aglomerações urbanas no Brasil, estabelecendo parâmetros e estudos de atualização, como o Texto para Discussão n.º 2565 do IPEA.

Como não existe estudo de levantamento primário equivalente para a aglomeração urbana de Belo Horizonte para o período 2014–2024, a presente estimativa adota o procedimento de atualização e regionalização dos valores originais, aplicando fatores

de correção sobre os custos médios por acidente levantados em 2003. Esse procedimento é metodologicamente coerente com o empregado pelo próprio IPEA em atualizações posteriores da mesma base (CARVALHO, 2020).

A pesquisa IPEA/ANTP (2003) realizou levantamentos em quatro aglomerações urbanas: São Paulo, Belém, Recife e Porto Alegre, e extrapolou os resultados para as 49 aglomerações urbanas brasileiras, organizadas por região geográfica. O critério de extrapolação baseou-se no custo médio por veículo da aglomeração de referência de cada região, multiplicado pela frota da aglomeração-alvo.

A aglomeração urbana de Belo Horizonte, composta por 25 municípios, pertence à Região Sudeste, cujos custos foram parametrizados com base nos dados levantados em São Paulo. Portanto, os custos médios por sinistro aplicáveis a Belo Horizonte derivam diretamente dos parâmetros da aglomeração paulistana, conforme demonstra a tabela de fatores de extrapolação do estudo original, que apresenta fator de extrapolação de 2,2450 para toda a Região Sudeste.

Tabela 3: Custos médios por tipo de acidente nas aglomerações urbanas brasileiras (R\$ de abril/2003)

<i>Tipo de sinistro</i>	<i>Veículos envolvidos por acidente</i>	<i>Custo por veículo acidentado (R\$)</i>	<i>Custo médio por acidente (R\$)</i>	<i>Custo médio por vítima (R\$)</i>
<i>Com mortos</i>	1,11	130.489,00	144.477,50	109.709,00
<i>Com feridos</i>	1,52	11.458,00	17.459,69	14.233,00
<i>Sem vítimas</i>	2,01	1.625,00	3.261,54	—

Fonte: Adaptado de IPEA; ANTP (2003).

Vale registrar que a composição dos custos totais apresentada no estudo original indica que existem três principais parcelas: perda de produção, que corresponde a cerca de 42,8% do total de custos, danos mecânicos aos veículos com 28,8% de participação e custos médico-hospitalares com um total de 16,0% de participação. Essas parcelas respondem juntas por aproximadamente 87,6% do total (IPEA, 2003).

Uma categoria de fator de correção é considerada nesta estimativa: a correção monetária por inflação. Essa correção corresponde aos estudos realizados posteriormente para atualização dos valores. No último estudo divulgado em 2020, é

apresentado uma correção complementar, que não será objeto de atualização com essa monografia.

4.3.1.1. FATOR DE CORREÇÃO MONETÁRIA PELO IPCA

O Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), calculado pelo IBGE, é o indicador oficial da inflação no Brasil e o índice adotado pelo IPEA em todas as atualizações da pesquisa de 2003 (CARVALHO, 2020). A atualização consiste em aplicar o IPCA acumulado desde abril de 2003, mês-referência dos valores da pesquisa original, até dezembro de cada ano do período analisado.

O fator de correção monetária foi calculado utilizando as variações mensais do IPCA a partir dos dados históricos divulgados pelo IBGE. A Tabela 4 apresenta as taxas anuais do IPCA para o período de interesse e os fatores de correção acumulados.

Tabela 4: IPCA anual e fator de correção acumulado desde abril/2003

Ano	IPCA anual (%)	Fator acumulado (abr/2003 = 1,000)
2003 (mai-dez)	2,93 (parcial)	1,0294
2004	7,6	1,1076
2005	5,69	1,1707
2006	3,14	1,2075
2007	4,46	1,2614
2008	5,9	1,3358
2009	4,31	1,3933
2010	5,91	1,4756
2011	6,5	1,5716
2012	5,84	1,6634
2013	5,91	1,7617
2014	6,41	1,8746
2015	10,67	2,0746
2016	6,29	2,2051
2017	2,95	2,2702
2018	3,75	2,3554
2019	4,31	2,4569
2020	4,52	2,568
2021	10,06	2,8262
2022	5,78	2,9896
2023	4,62	3,1278
2024	4,83	3,2787

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do IBGE.

O custo médio por sinistro em Belo Horizonte por ano e tipo de sinistro, é obtido por:

Tabela 5: Custo médio por sinistro em Belo Horizonte

Ano	F(IPCA)	Com Mortos (R\$)	Com Feridos (R\$)	Sem Vítima (R\$)
2014	1,8746	270.837,52	32.729,93	6.114,08
2015	2,0746	299.733,02	36.221,87	6.766,39
2016	2,2051	318.587,34	38.500,36	7.192,02
2017	2,2702	327.992,82	39.636,99	7.404,35
2018	2,3554	340.302,30	41.124,55	7.682,23
2019	2,4569	354.966,77	42.896,71	8.013,28
2020	2,5680	371.018,22	44.836,48	8.375,63
2021	2,8262	408.322,31	49.344,58	9.217,76
2022	2,9896	431.929,93	52.197,49	9.750,70
2023	3,1278	451.896,72	54.610,42	10.201,44
2024	3,2787	473.698,38	57.245,09	10.693,61

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do IBGE.

É notável que os sinistros que concentram os óbitos, compõem o maior custo unitário, até 44 vezes superior ao acidente sem vítimas, conforme a metodologia IPEA.

4.3.2. ANÁLISE DE CUSTOS DE SINISTROS EM BELO HORIZONTE

Para estimar o custo dos sinistros em Belo Horizonte, foram utilizados os dados de óbitos no município entre 2014 e 2024 através do banco de dados do DATASUS. Devido à forma de coleta dos dados de sinistros pela Polícia Militar, registros que não envolvem feridos não estão disponíveis na base de dados. Dessa forma, para o cálculo do custo total dos sinistros, foram utilizados os dados de sinistros com feridos, disponibilizados pela BHTRANS.

Tabela 6: Resumo de óbitos e sinistros em Belo Horizonte

Ano	Óbitos	Sinistros com Feridos
2014	499	14796
2015	428	13156
2016	396	12354
2017	299	12131
2018	293	11547
2019	266	13241
2020	256	10517
2021	267	11015
2022	270	12023

2023	280	13769
2024	227	13112
Total	3481	137661

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS e DATASUS.

Então, com base no custo médio por tipo de sinistro calculado anteriormente, foram estimados o custo total para os cofres públicos de Belo Horizonte causados por sinistros de trânsito.

Tabela 7: Custo estimado de sinistros com mortos e feridos em Belo Horizonte

Ano	Com Mortos (R\$)	Com Feridos (R\$)
2014	135.147.923,23	484.272.116,40
2015	128.285.733,20	476.534.959,53
2016	126.160.584,76	475.633.477,32
2017	98.069.853,33	480.836.304,32
2018	99.708.574,93	474.865.223,03
2019	94.421.160,75	567.995.368,37
2020	94.980.664,32	471.545.301,39
2021	109.022.056,90	543.530.503,30
2022	116.621.082,18	627.570.412,94
2023	126.531.082,86	751.930.850,70
2024	107.529.532,09	750.597.562,43
Total	1.236.478.248,55	6.105.312.079,72

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com um custo estimado total de R\$7.341.790.328,27 em 10 anos, os sinistros de trânsito apresentam um gasto enorme aos cofres públicos. Ao comparar os custos totais de sinistros com a evolução de óbitos e sinistros, como observado na Figura 39, é notável que apesar da diminuição de óbitos hospitalares informados, a quantidade de óbitos locais tem aumentado ao longo dos anos, e, conseqüentemente levando ao aumento do custo total com sinistros.

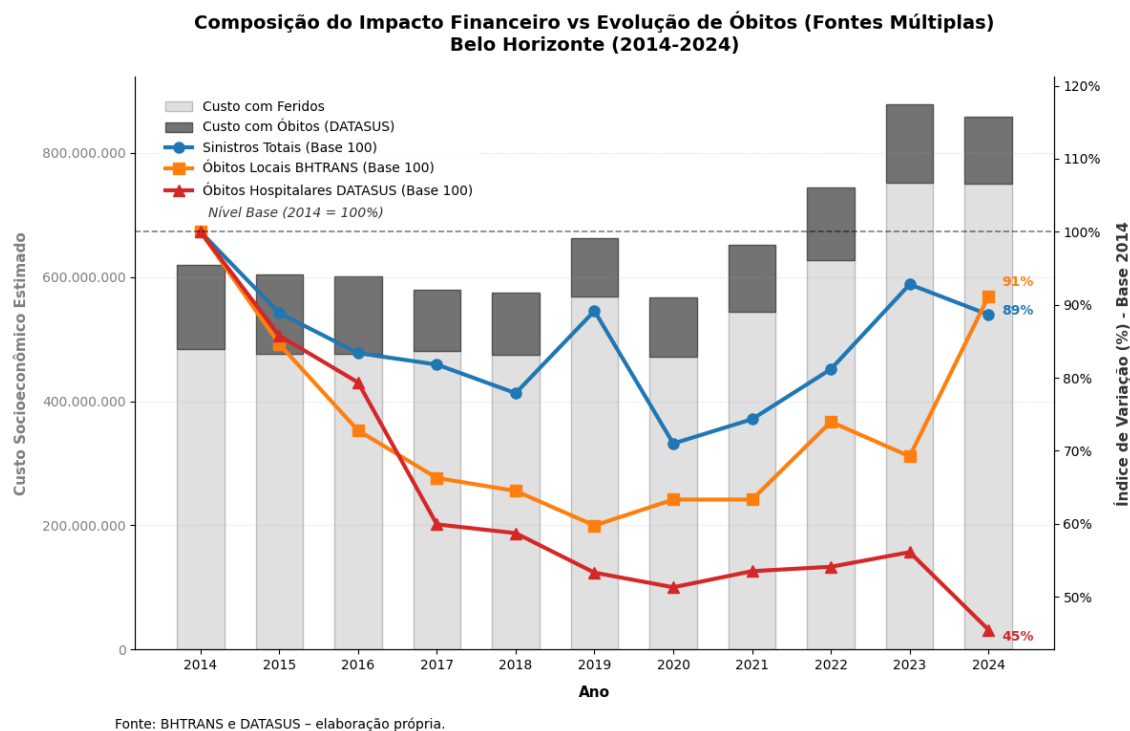


Figura 39: Impacto financeiro comparado à evolução dos óbitos em Belo Horizonte

Fonte: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS e DATASUS.

É importante ressaltar que os valores aqui apresentados são estimativas derivadas de parâmetros levantados primariamente em São Paulo em 2001. Mudanças na estrutura viária, no perfil da frota, na composição etária e nos padrões de comportamento de condutores em Belo Horizonte ao longo do período 2014–2024 não são capturadas por este método. Além disso, a composição percentual dos custos (42,8% perda de produção, 28,8% danos mecânicos, 16% médico-hospitalar etc.) reflete a realidade de 2001. É razoável supor que mudanças nos custos relativos de peças, serviços médicos e rendimentos alterem essa estrutura ao longo do tempo, afetando a precisão do ajuste de renda. Também, o estudo original optou, metodologicamente, por não incluir os custos que possuem dificuldade de mensurar, tais como sofrimento, perda de qualidade de vida e impacto psicológico, o que representa uma subestimativa do custo social total.

Ademais, o IPCA é um índice geral de preços. Componentes específicos dos custos de acidente, como peças automotivas e serviços médico-hospitalares, podem ter variações de preços distintas da média geral, o que introduz imprecisão na correção monetária de cada componente individualmente.

Por fim, o estudo original já identificava uma expressiva subnotificação dos sinistros sem vítimas, especialmente aqueles com danos materiais de menor impacto. Como observado ao longo desse estudo, o registro desses casos é altamente subnotificado em Belo Horizonte, o que afeta o total dos custos estimados.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Um dos achados mais relevantes do presente estudo é a evolução temporal do sub-registro de óbitos por acidente de trânsito em Belo Horizonte. A análise comparativa entre as séries da BHTRANS (óbitos in loco) e do DATASUS (óbitos totais por causas externas vinculadas ao trânsito) revela uma razão de sub-registro que variou de 2,94:1 em 2014 a 1,47:1 em 2024, conforme demonstra a Tabela 8.

Tabela 8: Taxas de mortalidade e fator de sub-registro

Ano	Óbitos in loco / 100 mil hab.	Óbitos DATASUS / 100 mil hab.	Fator de sub-registro (DATASUS/BHTRANS)
2014	6,8	20,0	3.33
2015	5,7	17,1	3.40
2016	4,9	15,8	3.75
2017	4,4	11,8	2.75
2018	4,4	11,7	2.75
2019	4,0	10,6	2.50
2020	4,2	10,5	2.50
2021	4,2	10,6	2.50
2022	5,4	11,7	2.20
2023	5,0	12,0	2.40
2024	6,4	9,4	1.50

Fontes: Elaborado pelo autor com dados da BHTRANS, DATASUS e IBGE.

A razão DATASUS/BHTRANS, indica que os sistemas de registro de campo ainda capturam menos da metade dos óbitos reais por sinistro de trânsito em Belo Horizonte. Conforme Malta et al. (2010) e a OMS (2023) alertam, essa subestimativa distorce a percepção da gravidade do problema, compromete a definição de metas baseadas em evidências e invalida análises de custo-efetividade de políticas baseadas exclusivamente em dados administrativos.

Para os propósitos do cálculo de custos, essa diferença indica que utilizar apenas os dados in loco da BHTRANS como base para estimar o número de acidentes com morte pode levar a uma subestimativa de 47% a 194% nos acidentes fatais ao longo do período, com impacto proporcional no custo total estimado para o município.

O custo médio global por acidente em BH passou de R\$ 16.465,00 em 2014 para R\$ 28.790,00 em 2024, com uma variação de 74,8% explicada pela inflação acumulada do período. Um sinistro com vítima fatal custa em média 44 vezes mais do que um sinistro sem vítimas, o que fundamenta a necessidade de intervenções voltadas à redução da letalidade sobre aquelas voltadas somente à redução do volume de ocorrências. A combinação entre a retomada do crescimento dos óbitos in

loco (de 83 em 2019 para 154 em 2024) e o alto custo unitário dos sinistros fatais (R\$ 473.659,00 em 2024) leva a uma piora do prejuízo econômico na falta de intervenção.

A expressiva concentração de óbitos e envolvimento na faixa etária de 25 a 34 anos, que responde por cerca de 38% dos motociclistas acidentados, materializa o impacto socioeconômico dos sinistros em Belo Horizonte. Quando se correlaciona com os custos estimados em mais de R\$ 7,3 bilhões na última década, evidencia-se a 'perda de produção' que, segundo a metodologia IPEA/ANTP (2003), compõe cerca de 42,8% do custo total dos sinistros. Isso comprova o atingimento do objetivo deste estudo de utilizar a morte de pessoas na faixa de idade produtiva como um marcador claro desse prejuízo: o trânsito ceifa prematuramente a população que atua como força principal da economia local. Agrava esse alto custo social o fato de a vitimização estar centralizada em motociclistas e trabalhadores precarizados por aplicativos, o que pode indicar que o óbito dessas vítimas frequentemente resulta na supressão do sustento familiar e em possível entrada de suas famílias para a linha de pobreza.

Também, não foi observada uma tendência significativa de queda na mortalidade viária. A retomada de aumento nos índices de sinistros e óbitos no local indica que a mortalidade viária em BH não apresenta redução estatisticamente sustentada. O aumento pós-pandemia, com a taxa de sinistralidade atingindo 597 ocorrências por 100 mil habitantes em 2023 e a taxa de letalidade chegando a 1,17% em 2024, contraria as metas da Década de Ação pela Segurança Viária 2021–2030 da OMS (WHO, 2021), que exige redução de 50% das mortes até 2030. Caso essa trajetória seja mantida, o município pode não alcançar essa meta.

Um dos principais pontos observados nesse estudo é o aumento da predominância das motocicletas. Com participação de 78,4% dos sinistros em 2024, as motocicletas tornaram-se um dos principais focos do problema de segurança viária em Belo Horizonte. A expansão da frota de 52,5% no período, impulsionada pelo crescimento do trabalho por plataformas digitais de entrega, combinada com a ausência de infraestrutura viária específica para o modo, com o envelhecimento das motos em circulação e com a fiscalização insuficiente da habilitação e do uso de equipamentos de proteção, indica que esse é um modo de transporte que merece atenção para aplicação de políticas públicas. Gomes et al. (2017) e Vasconcellos (2013)

demonstram que o risco não é uma característica intrínseca do modo, mas produto de escolhas de planejamento urbano e de regulação que podem ser modificadas.

Outro avanço para os estudos é a dimensão socioeconômica e racial da mortalidade. Os gráficos revelam que a mortalidade viária em Belo Horizonte não é distribuída aleatoriamente, mas se concentra em homens negros jovens de baixa escolaridade que utilizam a motocicleta como instrumento de trabalho. Souza et al. (2020) e Waiselfisz (2016) documentam essa sobreposição de vulnerabilidades em âmbito nacional e os dados de Belo Horizonte confirmam o padrão. Essa descoberta indica que políticas de segurança viária que não levam em consideração à raça e à classe social tendem a reproduzir e ampliar as desigualdades de risco, ao direcionar intervenções de alto custo para regiões centrais e grupos socioeconômicos que já dispõem de maior proteção.

Uma observação a ser considerada é a diferenciação entre a distribuição espacial dos sinistros e a letalidade. As vias arteriais e as regionais centrais concentram o maior número de sinistros, mas as regionais periféricas, Nordeste, Pampulha, Noroeste e Barreiro, apresentam taxas de letalidade substancialmente maiores. Esse indicativo implica que a otimização dos investimentos em segurança viária requer não apenas a identificação dos locais de maior frequência de acidentes, mas a consideração pela gravidade esperada por evento, dado que, do ponto de vista do custo social, um sinistro evitado em uma via periférica de alta velocidade tem valor esperado muito superior a um acidente evitado em uma via central de baixa velocidade.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As evidências reunidas neste estudo fundamentam um conjunto de recomendações para a política pública municipal. Em primeiro lugar, a priorização de programas focados na redução da fatalidade, especialmente nos segmentos de motociclistas e pedestres nas regionais periféricas, dado o retorno econômico e social superior dessas intervenções em relação a políticas voltadas apenas à redução do volume de ocorrências. Em segundo lugar, a implementação de operações específicas de fiscalização nas madrugadas dos fins de semana, período de maior proporção de acidentes fatais em relação ao volume de sinistros. Em terceiro lugar, o desenvolvimento de políticas de mobilidade que ofereçam alternativas seguras e economicamente acessíveis ao uso da motocicleta para trabalho, uma condição necessária para interromper o ciclo de vulnerabilidade que conecta baixa renda, alto uso da motocicleta e maior exposição ao risco de morte. Em quarto lugar, a adoção de medidas que considerem equidade racial e socioeconômica no planejamento das intervenções de segurança viária, garantindo que os recursos públicos sejam alocados prioritariamente nas regiões e grupos de maior vulnerabilidade real. Em quinto lugar, o aprimoramento dos sistemas de registro e vinculação de dados entre órgãos de trânsito, saúde e previdência, condição indispensável para a produção de estatísticas confiáveis e para a avaliação rigorosa do impacto das políticas implementadas.

Por fim, cabe reconhecer que os custos estimados neste trabalho representam apenas a dimensão econômica e financeira mensurável dos acidentes de trânsito. Os custos humanos, tais como o sofrimento das vítimas e de seus familiares, a perda de qualidade de vida, o luto irreparável e os danos psicológicos permanentes, não são capturados por nenhum índice de preços e não se expressam em nenhuma tabela de custos. Como observa o relatório da OMS (2011, p. 15), 'Muitas famílias são levadas à pobreza pelo custo do cuidado médico prolongado, pela perda de um membro que sustenta a família ou pelos custos adicionais necessários para cuidar de pessoas incapacitadas'. A dimensão econômica que foi analisada é apenas um instrumento para tornar visível, quantificável e politicamente inaceitável um problema que, na ausência de dados, permanece invisível para o planejamento público. O presente estudo espera ter contribuído para essa visibilidade.

REFERÊNCIAS

AASHTO. **Highway Safety Manual**. 1. ed. Washington, D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials, 2010.

ABÍLIO, Ludmila Costhek. **Uberização e juventude periférica: desigualdades, autogerenciamento e novas formas de controle do trabalho**. Novos Estudos CEBRAP, n. 118, p. 579-597, set./dez. 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.25091/s0101330020200003000>.

AGUILERA, S. L. V. et al. **Intervenções de segurança viária e seus efeitos nas lesões causadas pelo trânsito: uma revisão sistemática**. *Revista Panamericana de Salud Pública*, Washington, D.C., v. 36, n. 4, p. 257-265, 2014.

ALMEIDA, R. L. F. et al. **Via, homem e veículo: fatores de risco associados à gravidade dos acidentes de trânsito**. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 47, n. 4, p. 718-731, 2013.

ALVES, V. R. **Acidentes de trânsito e responsabilidade civil**. Campinas: Bookseller, 2002.

ANDRADE, S. M.; MELLO-JORGE, M. H. P. **Características das vítimas por acidentes de transporte terrestre em município da Região Sul do Brasil**. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 35, n. 6, p. 565–571, 2001.

ANTP - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Mobilidade e cidadania**. São Paulo: ANTP, 2003. 250 p.

ANTP - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Transporte Humano, Cidades com Qualidade de Vida**. São Paulo: ANTP, 1997. 312 p.

ARAÚJO, Edna Maria de; COSTA, Maria da Conceição N.; HOGAN, Vijaya K.; MOTA, Eduardo Luiz Andrade; ARAÚJO, Tânia Maria de; OLIVEIRA, Nelson Fernandes de. **Diferenciais de raça/cor da pele em anos potenciais de vida perdidos por causas externas**. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 43, n. 3, p. 405–412, 2009. DOI: 10.1590/S0034-89102009000300003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10520: informação e documentação: apresentação de citações em documentos**. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6023: informação e documentação: referências: elaboração**. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10697: Pesquisa de sinistros de trânsito - Terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. 16 p.

BACCHIERI, G.; BARROS, A. J. D. **Acidentes de trânsito no Brasil de 1998 a 2010: muitas mudanças e poucos resultados**. Revista de Saúde Pública, São Paulo, v. 45, n. 5, p. 949–963, 2011.

BENER, A. et al. **Road traffic injuries and fatalities in Qatar: a prospective study**. Eastern Mediterranean Health Journal, v. 14, n. 1, p. 155–165, 2008.

BORGES, Cleonice Pereira dos Santos. **Influência do Álcool em Acidentes de Trânsito: O Papel do Enfermeiro na Adoção de Medidas Preventivas**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Atenção Básica em Saúde da Família) - Universidade Federal de Minas Gerais, Araçuaí, 2013.

BRASIL. **Lei nº 13.281, de 4 de maio de 2016. Altera a Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997, que institui o Código de Trânsito Brasileiro**. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2016. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/L13281.htm. Acesso em: 23/11/2025.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. **Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito (PNATTRANS) 2021**. Brasília, DF, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/Anexo_I_pnatrans.pdf. Acesso em: 23/11/2025.

CALDEIRA, G. P.; BASTOS, J. T. **Planos de Mobilidade Urbana e a Segurança Viária: uma Análise das capitais brasileiras**. In: CONGRESSO DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE DA ANPET, 32., 2018, Gramado, Rio Grande do Sul. **Anais [...]** Gramado, p. 3253-3264, 2018.

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, DF: Ipea, 2023. (Dirur: Nota Técnica, 42).

CARVALHO, C. H. R. de. **Custos dos acidentes de trânsito no Brasil: estimativa simplificada com base na atualização das pesquisas do Ipea sobre custos de acidentes nos aglomerados urbanos e rodovias**. Brasília: IPEA, 2020. (Texto para Discussão, n. 2565). Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/bitstreams/8aac57c8-6e61-4efe-9112-935bb28e806d/download>.

CET-RIO. **Plano de segurança viária: bases do Plano de Ação 2023-2024**. Rio de Janeiro: CET-Rio, 2024.

CHRISTOFFEL, Tom; GALLAGHER, Susan S. **Injury prevention and public health: practical knowledge, skills, and strategies**. Sudbury: Jones & Bartlett Learning, 2005.

COMBS, T. S. et al. **Intersection design and the risk of serious injury in pedestrian-vehicle crashes**. Journal of Transport & Health, v. 15, 100639, 2019.

CONTERNO, Rayana Carolina et al. **Planejamento e Gestão de Políticas Públicas: Desafios na Implementação da Segurança Viária no Estado do Paraná.** *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, v. 14, n. 2, p. 299-314, 2025. DOI: <http://dx.doi.org/10.21664/2238-8869.2025v14i2p.299-314>.

DEJOURS, Christophe. **A loucura do trabalho: estudo de psicopatologia do trabalho.** 5. ed. São Paulo: Cortez; Oboré, 1992.

DEKRA. **Relatório de Segurança Rodoviária 2023: Tecnologia e Pessoas.** Estugarda, Alemanha: DEKRA, 2023.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO – DENATRAN. **Pesquisa nacional do uso do cinto de segurança.** Brasília: DENATRAN, 2019.

DIAS, J. C. A. **Análise da relação da geometria de rodovias e acidentes envolvendo veículos de carga.** 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

DOTTA PANICHI, Renata Maria; WAGNER, Adriana. **Comportamento de risco no trânsito: revisando a literatura sobre as variáveis preditoras da condução perigosa na população juvenil.** *R. interam. Psicol.*, v. 40, n. 2, p. 159-166, 2006.

ELVIK, R. **Quantitative road safety targets: a useful element of road safety policy?** *Transport Policy*, v. 17, n. 4, p. 191–199, 2010.

ELVIK, R. et al. **The handbook of road safety measures.** 2. ed. Bingley: Emerald, 2009.

FARIAS, G. M. et al. **Acidentes de trânsito decorrentes da influência do uso do álcool.** *Revista Científica Internacional*, ano 2, n. 9, set./out. 2009. Disponível em: <http://www.interscienceplace.org/>. Acesso em: 23/11/2023.

FERRAZ, A. C. P. et al. **Segurança viária.** São Carlos, SP: Suprema Gráfica e Editora, 2012.

FITCH, G. A. et al. **The impact of vehicle age on accident severity using structural equation modelling.** *Accident Analysis & Prevention*, v. 97, p. 1–7, 2016.

GIORIA, Gustavo dos Santos. **Influência da utilização do ABS na segurança veicular baseada na eficiência de frenagem e na probabilidade de travamento de roda.** 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2008. Disponível em: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. Acesso em: 14 jan. 2026.

GOLD, Philip Anthony. **Segurança de Trânsito: Aplicações de Engenharia para Reduzir Acidentes.** Washington D.C.: Banco Interamericano de Desenvolvimento, 1998.

GOMES, A. T. et al. **Accidents among motorcycle taxi drivers: exposure to risk and demands of the occupation**. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1, p. 165–174, 2017.

HADDON, W. **The changing approach to the epidemiology, prevention, and amelioration of trauma: the transition to approaches etiologically rather than descriptively based**. *American Journal of Public Health*, v. 58, n. 8, p. 1431–1438, 1968.

HAKKERT, A. S.; BRAIMAISTER, L. **The uses of exposure and risk in road safety studies**. Report R-2002-12. Leidschendam: SWOV Institute for Road Safety Research, 2002.

HANNA, Christina L.; HASSELBERG, Marie; LAFLAMME, Lucie; MÖLLER, Jette. **Road traffic crash circumstances and consequences among young unlicensed drivers: a Swedish cohort study on socioeconomic disparities**. *BMC Public Health*, Londres, v. 10, n. 14, p. 1–8, 2010. DOI: 10.1186/1471-2458-10-14.

HOFFMANN, M. H.; GONZÁLEZ, L. M. Acidentes de trânsito e fator humano. *In*: HOFFMANN, M. H.; CRUZ, R. M.; ALCHIERI, J. C. (Org.). **Comportamento humano no trânsito**. São Paulo: Casa do Psicólogo, 2003, p. 377-391.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo — IPCA: série histórica mensal**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/precos-e-custos/9256-indice-nacional-de-precos-ao-consumidor-amplo.html>. Acesso em: mai. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua (PNAD Contínua) — Rendimento de todas as fontes**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/4093>. Acesso em: mai. 2026.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA; ANTP – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras: caracterização, tendências e custos para a sociedade**. Brasília: IPEA, 2015.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA; ANTP – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas brasileiras: relatório executivo**. Brasília: Ipea; ANTP, 2003. Disponível em: <http://goo.gl/I92Pef>. Acesso em: 23/11/2025.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA; DENATRAN – DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO; ANTP – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS. **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras: relatório executivo**. Brasília: Ipea; Denatran; ANTP, 2006. Disponível em: <http://goo.gl/q5oVrr>. Acesso em: 23/11/2025.

IWAMOTO, H. H. **Vítimas fatais e anos de vida perdidos por acidentes de trânsito em Minas Gerais, Brasil**. [S.l.: s.n., 2011].

KAPLAN, S.; PRATO, C. G. **Cycling safety on minor roads in Denmark: a pattern recognition approach**. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, v. 15, n. 3, p. 301–313, 2012.

LADEIRA, R. M. et al. **Acidentes de transporte terrestre no Brasil: análise das capitais e regiões metropolitanas**. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, Brasília, v. 26, n. 1, p. 29–38, 2017.

LEAL, M. C. et al. **A cor da dor: iniquidades raciais na atenção pré-natal e ao parto no Brasil**. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 28, Supl., p. S1–S16, 2012.

LICAJ, Idlir; HADDAK, Mouloud; POCHET, Pascal; CHIRON, Mireille. **Contextual deprivation, daily travel and road traffic injuries among the young in the Rhône Département (France)**. *Accident Analysis & Prevention*, Amsterdam, v. 43, n. 5, p. 1617–1623, 2011. DOI: 10.1016/j.aap.2011.02.003.

LIMA, E. C.; SANTOS, F. H. **Distribuição espacial dos acidentes de trânsito em Belo Horizonte: uma análise por regiões administrativas**. *Revista Mineira de Engenharia de Transportes*, v. 3, n. 1, p. 45–62, 2019.

LIMA JÚNIOR, F. O.; MOTA, C. S. **Vulnerabilidades cruzadas e mortalidade no trânsito em capitais brasileiras: uma análise de cluster**. *Saúde em Debate*, Rio de Janeiro, v. 43, n. 123, p. 1078–1091, 2019.

LOBO, Murilo Xavier. **Código de trânsito brasileiro: os diferenciais oportunizados pela “Lei Seca” e suas atualizações na redução de acidentes de trânsito**. *Revista Eletrônica da Estácio Recife*, Recife, v. 12, n. 4, p. 20-33, 2025. Disponível em: <https://reer.emnuvens.com.br/reer/article/view/873>. Acesso em: 14 jan. 2026.

LUNDEBYE, S. Car accidents and mortality in developing countries. *In: Anais da 3ª Conferência Anual de Transportes, Segurança de Trânsito e Saúde*, Toronto: World Health Organization/Karo Linska Institute, 1997, p. 94-116.

MACEDO, G. M. de. **Estudo das relações entre o nível de habilidade e direção segura, a irritabilidade e o cometimento de violações e erros do motorista e o seu possível envolvimento em acidentes de trânsito**. 2005. Tese (Doutorado em Psicologia) – Instituto de Psicologia, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2005.

MALTA, D. C. et al. **Características da vítima e da ocorrência dos acidentes de trânsito atendidos em serviços de urgência brasileiros**. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 15, Supl. 1, p. 1765–1777, 2010.

MANNOCCI, A.; SAULLE, R.; VILLARI, P.; LA TORRE, G. **Male gender, age and low income are risk factors for road traffic injuries among adolescents: an umbrella review of systematic reviews and meta-analyses**. *Journal of Public Health*, v. 27, n. 3, p. 263–272, 2019.

MONTEIRO, C. T. A. **Auditoria de segurança viária: uma proposta metodológica aplicada à rede viária de Salvador**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

MORAIS NETO, O. L. et al. **Fatores associados a acidentes de trânsito entre condutores de veículos: achados de um estudo de base populacional**. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 25, n. 3, p. 943-955, 2020.

MORAIS NETO, Otaliba Libânio de; ANDRADE, Ana Lúcia Sampaio Sgambatti de; GUIMARÃES, Rafael Alves; MANDACARÚ, Polyana Maria Pimenta; TOBIAS, Gabriela Camargo et al. **Regional disparities in road traffic injuries and their determinants in Brazil, 2013**. *International Journal for Equity in Health*, Londres, v. 15, n. 142, 2016. DOI: 10.1186/s12939-016-0433-6.

NACI, H. et al. **Distribution of road traffic deaths by road user group: a global comparison**. *Injury Prevention*, v. 15, n. 1, p. 55–59, 2009.

NERI, M.; SOARES, W. L. **Desigualdade social e saúde no Brasil**. *Cadernos de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 18, Supl., p. S77–S87, 2002.

NETO, O. L. M. et al. **Mortalidade por acidentes de transporte terrestre no Brasil na última década: tendência e distribuição**. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 21, n. 12, p. 3709–3718, 2016.

NODARI, C. T.; LINDAU, L. A. Auditoria de Segurança Viária. *Transportes*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 2, p. 48-66, 2001.

NOGUEIRA, Antônio Augusto Ruiz. **Análise da relação da geometria de rodovias e acidentes envolvendo veículos de carga**. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

OLIVEIRA, N. L. B.; SOARES, D. F. P. P. **Caracterização dos acidentes de motocicleta em Maringá, Paraná: morbidade hospitalar**. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 2, p. 577–588, 2020.

OMS. **Prevenção de lesões causadas pelo trânsito: Manual de treinamento**. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/prevencao_lesao_causadas_transito.pdf. Acesso em: 23/11/2025.

OMS. **Global status report on road safety 2023**. Genebra: WHO, 2023. Disponível em: <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789240086517>. Acesso em: 23/11/2025.

PANICHI, Renata Maria Dotta; WAGNER, Adriana. **Comportamento de risco no trânsito: revisando a literatura sobre as variáveis preditoras da condução perigosa na população juvenil**. *Revista Interamericana de Psicología*, Austin, v. 40, n. 2, p. 159–166, 2006.

PEDEN, M. et al. (org.). **World report on road traffic injury prevention**. Geneva: World Health Organization, 2004.

PEREIRA, Rafael H. M.; VIEIRA João Pedro Bazzo. **Tendências e desigualdades da mobilidade urbana no Brasil III: o uso da mobilidade ativa**. Brasília, DF: Ipea, 2024. 35 p. (Texto para Discussão, n. 3024). DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/td3024-port>.

PHILLIPS, David P.; BREWER, Kimberly M. **The relationship between serious injury and blood alcohol concentration (BAC) in fatal motor vehicle accidents: BAC = 0.01% is associated with significantly more dangerous accidents than BAC = 0.00%**. *Addiction*, [S. l.], v. 106, n. 9, p. 1614-1622, set. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1360-0443.2011.03472.x>.

QUEIROZ, M. S.; OLIVEIRA, P. C. **Acidentes de trânsito: uma análise a partir da perspectiva das vítimas em Campinas**. *Psicologia & Sociedade*, v. 15, n. 2, p. 101-123, jul./dez. 2003.

RAMALHO, W. M. et al. Tendência e cenário da mortalidade por acidentes de transporte terrestre no Brasil, de 2000 a 2015. In: BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Saúde Brasil 2017: uma análise da situação de saúde e os desafios para o alcance dos objetivos de desenvolvimento sustentável**. Brasília: Ministério da Saúde, 2018. cap. 12, p. 293-315. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/saude_brasil_2017_analise_situacao_saude_desafios_objetivos_desenvolvimento_sustentavel.pdf. Acesso em: 14 jan. 2026.

REDELMEIER, D. A. et al. **Mortality following lower-extremity amputation in peripheral arterial disease: when selection bias meets confounding**. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care*, v. 54, n. 4, p. 712–718, 2003.

RIFAAT, S. M.; TAY, R.; DE BARROS, A. **Effect of street pattern on the severity of crashes involving vulnerable road users**. *Accident Analysis & Prevention*, v. 43, n. 1, p. 276–283, 2011.

RIOS, Polianna Alves Andrade et al. **Fatores associados a acidentes de trânsito entre condutores de veículos: achados de um estudo de base populacional**. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 3, p. 943-955, mar. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232020253.13602018>.

SANTOS, W. N. dos et al. **Fatores de riscos e estratégias preventivas para os acidentes de trânsito: revisão integrativa**. *Revista de Enfermagem UFPE On Line*, v. 10, n. 4, p. 1650-1658, 2016.

SOUZA, E. R. et al. **Iniquidades raciais na mortalidade por causas externas no Brasil: análise 2000–2015**. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 9, p. 3525–3539, 2020.

TENÓRIO, K. K. C. **Da (in)Eficácia Sócio-Jurídica do Art 306 do Código de Trânsito Brasileiro Ante Os Institutos Despenalizantes do Direito Processual**

Penal Pátrio. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Direito) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2023.

THIELEN, Iara Picchioni et al. **Percepção de risco e velocidade: a lei e os motoristas.** Psicologia: Ciência e Profissão, Brasília, v. 27, n. 4, p. 730-745, 2007.

ULINSKI, Sandra Lúcia Vieira; MOYSÉS, Simone Tetu; MOYSÉS, Samuel Jorge. **Intervenções de segurança viária e seus efeitos nas lesões causadas pelo trânsito: uma revisão sistemática.** *Revista Panamericana de Salud Pública*, Washington, v. 36, n. 4, p. 257–265, 2014.

VARGAS, Carlos Eduardo de Carvalho; CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro de; GUEDES, Erivelton Pires. **Mortalidade e morbidade das motocicletas e os riscos da implantação do mototáxi no Brasil.** Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2025. (Nota Técnica n. 57).

VASCONCELLOS, E. A. **Risco no trânsito, omissão e cidade: fundamentos para uma política de mobilidade urbana segura no Brasil.** São Paulo: Annablume, 2013.

VIANNA JR, S. R.; MÜLFARTH, C. V. **Freios automáticos emergenciais para redução de acidentes: ações possíveis de gestão e potencialidades.** *Revista UniCET*, São Paulo, p. 67-78, 2024.

WASELFISZ, Julio Jacobo. **Mapa da violência 2012: caderno complementar 2: acidentes de trânsito.** São Paulo: Instituto Sangari, 2012.

WASELFISZ, J. J. **Mapa da Violência 2013: acidentes de trânsito e motocicletas.** Rio de Janeiro: CEBELA/FLACSO, 2013.

WASELFISZ, J. J. **Mapa da Violência 2016: homicídios por armas de fogo no Brasil.** Rio de Janeiro: FLACSO, 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Global status report on road safety 2013: supporting a decade of action.** Genebra: WHO, 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Global status report on road safety 2023.** Geneva: WHO, 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. **Global plan for the Decade of Action for Road Safety 2021–2030.** Geneva: WHO, 2021.