

Avaliação do impacto da política de gestão de velocidade em Fortaleza com a análise fatorial de dados mistos

Evaluation of the impact of the speed management policy in Fortaleza using mixed data factor analysis

Iane de Lira Bezerra^{✉, 1} e Flávio José Craveiro Cunto²

¹Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil, iane.lira@det.ufc.br, ☎ 0009-0002-0892-4366

²Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil, flaviocunto@det.ufc.br, ☎ 0000-0002-8655-8907

Recebido: 19 de novembro de 2025

Revisão final: 13 de março de 2026

Aceito: 4 de abril de 2026

Publicado: 30 de junho de 2026

Editor Associado:

Sara Ferreira

Universidade do Porto, Porto, Portugal

Palavras-chave:

Abordagem de sistemas seguros;

Política de gestão de velocidade;

Excesso de velocidade;

Análise fatorial de dados mistos;

Modelos logísticos binários.

Keywords:

Safe systems approach;

Speed management policy;

Speeding;

Factor analysis of mixed data;

Binary logistic models.

DOI: 10.58922/transportes.v34.e3195



RESUMO

Os sinistros de trânsito têm sido uma das principais causas de lesões e mortes, constituindo um problema de saúde pública global. Incorporada à Abordagem de Sistemas Seguros, a Política de Gestão de Velocidade (PGV) de uma região é desvelada por meio de estratégias de infraestrutura, educação, comunicação e fiscalização, muitas vezes assíncronas e não integradas. Estas características e a necessidade de definir métricas e um método integrado de avaliação dificulta análises objetivas do sucesso dessas políticas no comportamento de risco dos motoristas. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar o impacto das intervenções implementadas na Política de Gestão de Velocidade sobre a ocorrência de excesso de velocidade em Fortaleza entre 2015 e 2022. Foi utilizada uma Análise Fatorial de Dados Mistos, cujos resultados foram incorporados a um modelo de regressão logística binária e interpretados a partir de seus efeitos marginais médios. Os resultados indicam que as variáveis da PGV — especialmente nas áreas de Infraestrutura, Fiscalização e Educação — estão associadas a reduções entre 3% e 5% de excesso de velocidade por eixo de atuação nos períodos analisados.

ABSTRACT

Traffic crashes have been a major cause of injury and death, constituting a global public health problem. Incorporated into the Safe Systems Approach, Speed Management Policy is implemented through infrastructure, education, communication, and enforcement strategies, often implemented asynchronously and without integration. These characteristics and the need to define metrics and an integrated evaluation method hinder objective analyses of the success of these policies on risk behavior of drivers. This research aimed to evaluate the impact of interventions implemented in the speed management policy on the probability of speeding in Fortaleza between 2015 and 2022. The results of a Factor Analysis of Mixed Data were incorporated into a binary logistic regression model and interpreted based on its average marginal effects. The results indicate that the SMP variables — especially in the areas of Infrastructure, Enforcement, and Education — are associated with reductions of between 3% and 5% in speeding per area during the analyzed periods.

1. Contextualização

A Organização Mundial da Saúde estima que, em 2019, os sinistros de trânsito representaram 29% de todas as lesões no mundo, sendo a sétima principal causa de morte em países de baixa renda e a principal causa de morte entre pessoas de 5 a 29 anos (WHO, 2022). Em 2021, estimou-se que ocorreram aproximadamente 1,19 milhão de mortes em sinistros de trânsito (WHO, 2023). O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) estima uma taxa média nacional brasileira de 19,2 mortes por 100 mil habitantes na última década, gerando custos para o Sistema Único de Saúde (SUS) de aproximadamente R\$ 3,8 bilhões/ano (Carvalho & Guedes, 2023).

A Abordagem de Sistemas Seguros (ASS) tem sido reconhecida como uma ferramenta para aprimorar as intervenções tradicionais em segurança viária, normalmente focadas na mudança do comportamento do usuário. A ASS incorpora uma mudança de paradigma que inclui alta prioridade para a proteção de usuários vulneráveis, responsabilidade compartilhada entre projetistas/operadores e usuários, educação, fiscalização, projeto de vias seguras e planejamento de uso do solo. Dessa forma, a perspectiva dessa

abordagem incorpora proatividade e integração em vez de ações isoladas, criando camadas de proteção dentro do sistema (Ben Welle *et al.*, 2018). Entre os princípios associados à ASS está a noção de que o corpo humano possui certas limitações quanto à sua capacidade de suportar forças de impacto sem sofrer lesões.

Diversas pesquisas comprovaram a relação entre velocidade e risco de sinistros, bem como a gravidade dos mesmos (Stipdonk, 2019; ERSO, 2020; Nilsson, 2004). A Gestão de Velocidade (GV) é uma das muitas áreas de atuação incorporadas à ASS e constitui um instrumento para aprimorar a segurança viária, dada a integração de diversas estratégias voltadas à prevenção de sinistros de trânsito ou à minimização de seus efeitos. Portanto, a GV visa alcançar uma condição de tráfego na qual haja um equilíbrio ideal entre velocidade e segurança (Stanislaw, Mariusz & Budzyński, 2017; Khan & Das, 2024).

As estratégias de gestão da velocidade podem ser implementadas através de várias abordagens, tanto físicas como não físicas. Alterações nas infraestruturas, estratégias educativas, campanhas informativas e intervenções relacionadas à fiscalização da velocidade são algumas dessas abordagens destacadas na literatura (Ben Welle *et al.*, 2018; OECD, 2006; Mohan, 2006).

Com base nos esforços das duas Décadas de Ação para a Segurança Viária, que visam incentivar a implementação de programas de gestão da segurança viária, diversas estratégias passaram a integrar o escopo das políticas municipais de segurança viária. É importante ressaltar que, geralmente, as intervenções de gestão da segurança viária não são planejadas estrategicamente nem coordenadas tecnicamente entre os diferentes departamentos (fiscalização, engenharia, educação etc.). Além disso, diferentes intervenções podem influenciar-se mutuamente e apresentar, individualmente, impactos espaciais e temporais distintos no perfil de velocidade de uma determinada jurisdição. Esses aspectos também podem ser influenciados por diversos fatores políticos, sociais e econômicos, cada um deles representando um desafio para a avaliação da política geral de gestão da segurança viária de um município (Mohan, 2006).

Em 2015, a cidade de Fortaleza foi selecionada pela *Bloomberg Initiative for Global Road Safety* (BIGRS), recebendo recursos técnicos e financeiros para aprimorar a segurança viária. Diversas intervenções de gestão de velocidade foram realizadas desde então, incluindo: campanhas na mídia, ações de fiscalização, capacitação de pessoal técnico, iniciativas de planejamento urbano, entre outras (Torres *et al.*, 2019). Um dos fatores de risco sistematicamente monitorados pelo programa BIGRS em Fortaleza foi o comportamento do excesso de velocidade. O perfil de velocidade dos motoristas em áreas urbanas e não congestionadas de Fortaleza foi observado ao longo de 12 rodadas de pesquisas, de 2015 a 2022. O objetivo geral deste trabalho é avaliar o desempenho da política de gestão de velocidade desde o início da BIGRS em termos de seu impacto no perfil de excesso de velocidade em Fortaleza.

2. Estratégias de gestão de velocidade em áreas urbanas

A gestão da velocidade engloba uma série de medidas destinadas a equilibrar a segurança e a eficiência das velocidades dos veículos numa rede viária. O seu objetivo é reduzir a incidência de excesso de velocidade e de velocidades inadequadas às condições existentes, maximizando o cumprimento dos limites de velocidade. Além disso, uma gestão adequada da velocidade não só afeta a probabilidade e a gravidade dos sinistros, como também a eficácia de outras intervenções de segurança (OPAS, 2012; WHO, 2021). Neste estudo, as estratégias de gestão da velocidade foram agrupadas em quatro categorias principais: 1) Infraestrutura; 2) Fiscalização; 3) Educação e; 4) Comunicação.

Em termos de intervenções na infraestrutura viária urbana, as medidas de moderação de tráfego são amplamente utilizadas para melhorar a segurança rodoviária. Distefano & Leonardi (2019) realizaram um estudo que avaliou os benefícios da moderação de tráfego na velocidade através da inserção de lombadas, curvas acentuadas e estreitamento da via. Os resultados da investigação demonstraram reduções entre 30% e 50% na velocidade média e nos ferimentos após a implementação das intervenções. Resultados semelhantes para a velocidade foram encontrados por Damsere-Derry *et al.* (2019) para uma combinação de intervenções de moderação de tráfego, incluindo placas de limite de velocidade, estreitamento de faixas, marcações laterais, delineadores emborrachados, tachas refletoras e lombadas em vias arteriais no Gana. Outras intervenções de infraestrutura consideradas eficazes na redução

da velocidade em vias urbanas são travessias de pedestres elevadas, ciclovias, redução de faixas e projetos combinados para reduzir/harmonizar a velocidade em vias arteriais urbanas de 60 para 50 km/h (Eichinger-Vill, Turner & Burlacu, 2023; Coelho *et al.*, 2024).

As estratégias de regulamentação/fiscalização da velocidade incluem a definição de regras, leis e regulamentos que permitam restringir formalmente as decisões sobre a velocidade nas estradas. De acordo com a OPAS (2012), a fiscalização pode ser realizada por meio de policiamento ostensivo, dispositivos eletrônicos de fiscalização e aplicação de sanções legais, como multas, pontos na carteira de habilitação e suspensão da carteira de motorista. De acordo com Mohan (2006), outras estratégias incluem a adoção de medidas regulatórias que monitorem o uso de capacetes, cintos de segurança e outros dispositivos destinados ao uso pessoal. Leyton, Ponce & Andreuccetti (2009) realizaram um estudo que constatou uma redução de quase metade no número de motoristas embriagados imediatamente após a implementação e fiscalização de uma lei de trânsito que reduziu o limite de concentração de álcool no sangue.

Anastasopoulos & Mannering (2016) realizaram um estudo com motoristas em rodovias dos EUA e descobriram que o comportamento de risco associado ao excesso de velocidade é influenciado pela escolaridade do motorista. Em mais de 60% dos motoristas com maior escolaridade, as velocidades de condução foram identificadas como inferiores às aplicadas por motoristas com menor escolaridade. Delaney *et al.* (2004) apontam que campanhas de comunicação persuasivas ou emocionais, como as relacionadas ao álcool e à velocidade, são mais eficazes na modificação da percepção dos motoristas sobre o excesso de velocidade. Ben Welle *et al.* (2018) especificam que as estratégias de educação devem ser associadas a campanhas de mídia relacionadas ao comportamento, à implementação de programas educacionais em escolas, atividades educativas dinâmicas, fechamento temporário de vias e intervenções de projeto, bem como ao treinamento de gestores e planejadores de tráfego, moldando a cultura para o conceito de ASS.

A revisão da literatura mostrou que a maioria dos estudos se concentra em uma categoria específica de intervenções. No entanto, em um determinado contexto municipal, a PGV é percebida pelos condutores como um conjunto combinado de intervenções com diferentes impactos espaciais e temporais. Por exemplo, uma faixa de pedestres elevada produzirá um efeito muito localizado, mas de longo prazo, no perfil de velocidade. Uma homogeneização/readequação de velocidade em um corredor, por outro lado, pode impactar o perfil de velocidade de uma área maior. No que diz respeito às ações de educação e fiscalização, seu impacto pode alcançar áreas mais regionais; contudo, a influência pode diminuir com o tempo, levando as respectivas agências a reforçarem sistematicamente suas mensagens. Essas diferenças entre as diversas categorias da PGV trazem desafios adicionais para a definição de fatores que representam cada categoria, bem como para a identificação da influência de cada categoria no perfil de velocidade de uma determinada região ao longo do tempo.

3. Método

As etapas metodológicas utilizadas neste estudo foram estruturadas da seguinte forma: i) Análise exploratória do perfil de excesso de velocidade; ii) Consolidação de um banco de dados de intervenções de monitoramento de velocidade; iii) Redução da dimensionalidade dos dados com a Análise Fatorial de Dados Mistos (FAMD); iv) Análise confirmatória dos impactos das intervenções de monitoramento de velocidade no perfil de excesso de velocidade com modelos categóricos binários do tipo *logit*.

3.1. Análise exploratória do perfil de velocidade

Durante os anos da iniciativa BIGRS em Fortaleza, um consórcio entre a *John Hopkins Bloomberg School of Public Health* (JHSPH) e a Universidade Federal do Ceará (UFC) realizou um total de oito rodadas de medições de velocidade em nove locais na cidade de Fortaleza, de 2015 a 2019. Após esse período, a Autarquia Municipal de Trânsito de Fortaleza (AMC) realizou outras quatro rodadas de 2019 a 2022, utilizando o mesmo protocolo. As velocidades foram observadas com um radar ultrassônico (*Traffic Radar™ Model PR1000*) em condições semelhantes ao de fluxo livre por uma dupla de observadores.

Um total de 434.665 observações foram registradas com o tipo de veículo, o horário da ocorrência, o limite de velocidade da via e a velocidade de deslocamento do veículo registrado. A Figura 1 mostra a linha do tempo com a data de cada rodada de pesquisa e a Figura 2 os locais pesquisados na cidade.

A análise exploratória desta etapa utilizou modelos categóricos binários do tipo *logit* em que a variável dependente foi a observação da passagem veicular ter excesso (1) ou não (0) de velocidade. A única variável preditora neste modelo inicial foi o período da coleta. O modelo de regressão logística proposto apresenta o seguinte delineamento (Equação 1):

$$g(x) = \ln \left[\frac{\pi(x)}{1 - \pi(x)} \right] = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_j X_j \quad (1)$$

em que: $g(x)$ é a função logit; $\pi(x)$ representa o valor da média condicional da variável resposta (proporção do evento de interesse); X designa o conjunto de variáveis preditoras; β são os parâmetros do modelo; e j é o número de variáveis explicativas.

No intuito de homogeneizar a temporalidade da análise (visto que as rodadas de pesquisa não estão segregadas entre períodos uniformes), foram estabelecidos três agrupamentos temporais. O período 1 (2015-2017) é referente às quatro primeiras rodadas, o segundo (2017-2019) da quinta à oitava rodada e o terceiro período, no período pandêmico e pós-pandêmico (2020-2022) da nona à décima segunda. Os agrupamentos foram pensados assumindo que períodos mais agregados podem capturar melhor o efeito das estratégias da PGV em relação ao excesso de velocidade, minimizando a heterogeneidade da temporalidade da amostra e balanceando o número de observações. A Tabela 1 apresenta uma análise descritiva do excesso de velocidade em cada via analisada.

As análises foram realizadas utilizando rotinas computacionais implementadas no *software* RStudio 4.2.2. O foco principal desta etapa foi explorar as diferenças entre a proporção do excesso de velocidade condicionadas apenas ao tempo e ao tipo de veículo, sem os construtos da PGV.

3.2. Consolidação do banco de dados da PGV

Os dados utilizados para construir o mapeamento de variáveis foram obtidos do portal de Dados Abertos do Município de Fortaleza (PMF), disponível em Fortaleza (2026), bem como de consultas com setores de engenharia, educação e fiscalização da Autarquia Municipal de Trânsito (AMC). A

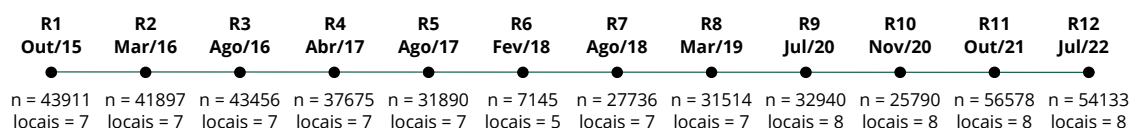


Figura 1 • Linha do tempo das rodadas de pesquisa

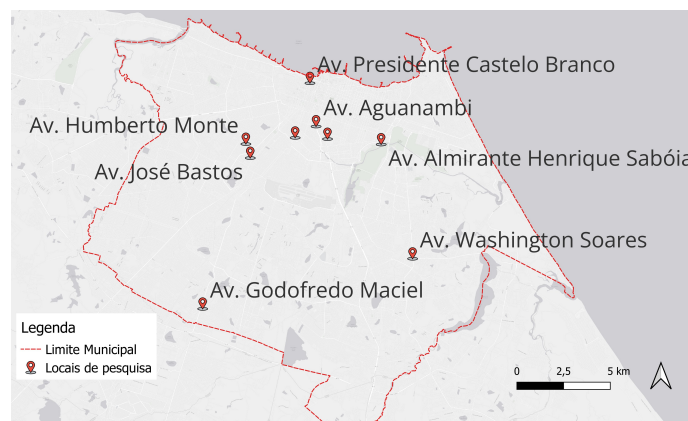


Figura 2 • Locais de pesquisa

Tabela 1 • Análise descritiva do excesso de velocidade por período

Período	Local	Limite		N	Média	D.P.	Mín.	Máx.
		anterior	posterior					
P1	Av. Aguanambi	60	50	16171	41,4	9,7	3	93
P3	Av. Aguanambi	60	50	17116	40,4	8,6	3	92
P1	Av. Alm. Henrique Sabóia	60	60	23327	57,0	12,9	2	127
P2	Av. Alm. Henrique Sabóia	60	60	14819	54,7	10,9	5	111
P3	Av. Alm. Henrique Sabóia	60	60	18692	49,3	11,2	3	108
P1	Av. Expedicionários	60	50	24036	46,0	9,6	10	113
P2	Av. Expedicionários	60	50	14835	45,3	9,7	4	121
P3	Av. Expedicionários	60	50	15585	44,3	9,9	3	121
P1	Av. Godofredo Maciel	60	50	25428	62,4	12,5	4	129
P2	Av. Godofredo Maciel	60	50	16746	62,9	12,2	0	146
P3	Av. Godofredo Maciel	60	50	22667	57,4	12,1	4	171
P1	Av. Humberto Monte	60	50	24782	45,9	9,0	2	103
P2	Av. Humberto Monte	60	50	14394	42,4	9,2	11	126
P3	Av. Humberto Monte	60	50	22263	41,5	9,6	10	97
P3	Av. José Bastos	60	50	24380	44,4	10,9	10	109
P1	Av. Pres. Castelo Branco	60	50	21864	51,7	13,0	4	137
P2	Av. Pres. Castelo Branco	60	50	14602	49,8	11,7	11	137
P3	Av. Pres. Castelo Branco	60	50	24859	46,2	12,3	4	121
P1	Av. Soriano Albuquerque	60	60	3662	32,6	9,8	11	74
P2	Av. Soriano Albuquerque	60	60	10724	38,1	9,2	11	85
P1	Av. Washington Soares	60	60	27669	52,0	11,4	0	113
P2	Av. Washington Soares	60	60	12165	50,5	11,7	5	132
P3	Av. Washington Soares	60	60	23879	48,4	12,7	3	150

caracterização das estratégias iniciou-se com a seleção de variáveis potenciais para representar cada intervenção dentro de uma determinada dimensão da PGV.

A influência espacial e temporal de cada intervenção foi considerada na definição das variáveis. Na primeira, as estratégias foram classificadas como microscópicas, mesoscópicas ou macroscópicas, enquanto na segunda são especificadas como ações de curto, médio ou longo prazo. Por exemplo, um dispositivo de fiscalização de velocidade foi considerado como tendo uma influência de longo prazo (permanente) e uma influência espacial microscópica, enquanto uma campanha de conscientização sobre o trânsito pode ter uma influência espacial mesoscópica ou macroscópica (dependendo da origem e intensidade da disseminação, entre outros fatores), entretanto, sua influência temporal é de curto ou médio prazo.

O banco de dados proposto para o estudo foi formado pela consolidação de diversos bancos de dados disponíveis na cidade, considerando as especificidades da PGV da cidade e tentando incorporar estratégias anteriormente utilizadas e identificadas na revisão da literatura. A Tabela 2 apresenta a descrição, a média, o desvio padrão, os valores mínimo e máximo para cada uma das variáveis e seus respectivos potenciais de atuação.

Tabela 2 • Descrição das variáveis

Variável	Descrição	Média*	D.P.*	min.*	máx.*	Abrangência espaço-temporal
<i>infra_ciclo_total</i>	Extensão de ciclovia/ciclofaixa (km) em toda a cidade na rodada correspondente	229,4	81,6	119,8	364,1	Mesoscópica Longa duração
<i>infra_ciclo_500m</i>	Extensão de ciclovia/ciclofaixa em até 500 m (km) do ponto de coleta na rodada correspondente	1,4	1,1	0,0	4,2	Mesoscópica Longa duração
<i>read_vel_local</i>	Via no local de coleta possui readequação de velocidade na data da pesquisa? (0–Não; 1–Sim)	—	—	—	—	Mesoscópica Longa duração

* Relativas às doze rodadas de pesquisa analisadas (2015-2022)

(Continua na próxima página)

Tabela 2 • (Cont.) Descrição das variáveis

Variável	Descrição	Média*	D.P.*	min.*	máx.*	Abrangência espaço-temporal
<i>read_vel_tot</i>	Extensão de vias com redução de velocidade (km) em toda a cidade na rodada correspondente	53,5	70,6	1,4	197,5	Mesoscópica Longa duração
<i>read_vel_500m</i>	Extensão de vias com redução de velocidade em até 500 m (km) do ponto de coleta (2015–2022)	2,7	7,6	0	4,0	Mesoscópica Longa duração
<i>traffic_calm</i>	Áreas de tráfego calmo e urbanismo tático já implementadas na cidade	14,5	17,6	0	58	Mesoscópica Longa duração
<i>PES</i>	Nº de Projetos Esquina Segura já implementados (2015–2022)	203	2,3	0	392	Microscópica Longa duração
<i>trav_ped</i>	Nº de travessias para pedestres (elevadas e em X) instaladas na cidade	13,5	20,0	0	51	Microscópica Longa duração
<i>prog_edu</i>	Nº de programas e abordagens educativas de trânsito implementadas em até 6 meses antes da rodada (ações externas)	135	79,1	41	312	Mesoscópica Média duração
<i>pales_ginc</i>	Nº de palestras e gincanas implementadas em até 6 meses antes da rodada (ações internas)	32	38,94	1	136	Mesoscópica Média duração
<i>nuase</i>	Nº de ações do Núcleo de Ações Socioeducativas da AMC em até 6 meses antes da rodada	65	48,5	7	156	Mesoscópica Média duração
<i>nemob</i>	Nº de ações do Núcleo da Escola de Mobilidade Urbana da AMC em até 6 meses antes da rodada	110	107,8	10	338	Mesoscópica Média duração
<i>nupres_nupase</i>	Nº de ações do Núcleo de Projetos Especiais da AMC em até 6 meses antes da rodada	16	12,5	1	38	Mesoscópica Média duração
<i>equip_fisc</i>	Nº de equipamentos de fiscalização na cidade	291	58,1	169	351	Microscópica Longa duração
<i>equip_fisc_500m</i>	Nº de equipamentos de fiscalização em até 500 m dos locais de pesquisa	1	1,0	0	3	Microscópica Longa duração
<i>equip_fisc_1km</i>	Nº de equipamentos de fiscalização em até 1 km do local de pesquisa	3	3,7	0	11	Microscópica Longa duração
<i>equip_fisc_cruzamento</i>	Nº de equipamentos de fiscalização em cruzamentos	8	1,0	6	9	Microscópica Longa duração
<i>equip_fisc_meio_de_quadra</i>	Nº de equipamentos de fiscalização em meio de quadra	31	8,6	4	37	Microscópica Longa duração
<i>equip_fisc_trav_pedestres</i>	Nº de equipamentos de fiscalização em travessias de pedestres	14	2,8	8	18	Microscópica Longa duração
<i>dist_min_eucl_equip_a_local</i>	Distância euclidiana ao equipamento de fiscalização mais próximo (km)	1,3	1,1	2,8	7,0	Microscópica Longa duração
<i>policiamento_presencial</i>	Nº de ações de policiamento presencial em até 6 meses antes da rodada	478	705,1	8	2484	Microscópica Curta duração
<i>multa_video_vel</i>	Multas por excesso de velocidade em até 6 meses antes da rodada (0–1)	—	—	—	—	Microscópica Longa duração
<i>midia_alcool_vel</i>	Nº de mídias veiculadas em até 6 meses antes da rodada sobre álcool e/ou velocidade	8	19,1	0	26	Mesoscópica Média duração

* Relativas às doze rodadas de pesquisa analisadas (2015–2022)

Algumas das intervenções obtidas nas bases de dados foram submetidas a um pós-processamento a fim avaliar sua influência espacial nas observações de passagem veicular. Para isso, foram investigadas agregações de seus valores com a partir de *buffers* com raios de 500 m, 1 km ou ainda a distância euclidiana do ponto de pesquisa. A Figura 3a ilustra a variável *equipamentos de fiscalização* com as duas possíveis configurações espaciais de sua influência e a Figura 3b apresenta a variável *distância mínima de equipamento a local*, ambas para a décima segunda rodada.

Como a unidade de observação foi a passagem veicular, também se considerou importante a inser-

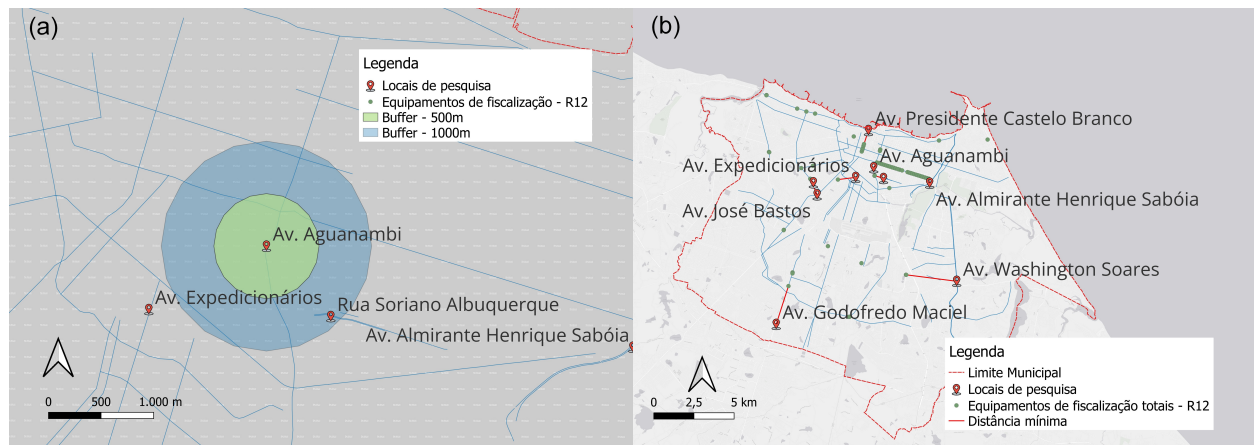


Figura 3 • (a) Cobertura espacial de 500 m e 1 km para equipamentos de fiscalização e (b) Distâncias mínimas a equipamentos de fiscalização

ção de variáveis que pudessem representar as condições mais circunstanciais do momento e local da observação, não ligadas diretamente aos eixos específicos. Estas variáveis, denominadas circunstanciais, foram: *uso do solo* (territorial ou não), *número de faixas por sentido* e *turno de pesquisa* (manhã ou tarde). A variável *uso do solo* foi processada a partir de arquivos *geojson* da plataforma Fortaleza em Mapas, especificamente os mapas do tipo “Uso predominante por lote” e o uso com maior predominância na área do local de pesquisa foi atribuído à variável. A variável *número de faixas* foi obtida para cada local e rodada de pesquisa a partir de consultas à ferramenta *Street View* do *Google Maps* e a variável *turno* já constava da base de dados da pesquisa observacional de velocidade.

3.3. Redução da dimensionalidade com a análise fatorial de dados mistos (FAMD)

Para reduzir a dimensionalidade das variáveis e agrupá-las em dimensões que pudessem representar a PGV, além de considerar a potencial interrelação entre as dimensões propostas para a PGV, foi utilizada uma Análise Fatorial de Dados Mistos (FAMD). A FAMD é uma combinação que envolve a Análise de Componentes Principais (PCA) para dados quantitativos e a Análise de Correspondência Múltipla (MCA) para dados qualitativos.

Conforme Hongyu, Sandanielo & Oliveira Jr. (2016), os componentes principais são um conjunto de variáveis originado a partir da combinação linear de todas as variáveis originais, resultando em variáveis que não possuem multicolinearidade e que permitem reduzir a dimensionalidade do conjunto de dados à medida que incorpora as maiores variâncias aos primeiros componentes, permitindo um critério de corte objetivo na escolha das novas variáveis. Essa etapa foi realizada a partir de rotinas computacionais no RStudio com o auxílio de dois pacotes principais, *FactorMineR* e *Factoextra*. Devido à diversidade das unidades de medida obtidas, o conjunto de variáveis representativas da PGV foi padronizado a partir do *score Z*, para tornar uniforme suas contribuições.

Para avaliar a adequação da FAMD no estudo atual foram utilizados dois testes principais: (a) Estatística Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que verifica a consistência da FAMD para representar os dados e (b) teste de esfericidade de Bartlett, que verifica a eficácia do modelo com relação à variação dos dados ao comparar a matriz de correlação com uma matriz identidade. As dimensões resultantes foram então utilizadas para representar cada eixo de atuação e aplicadas na etapa de análise confirmatória (seção 3.4).

O critério utilizado para a retenção dos fatores foi baseado na porcentagem de variância: porcentagens de variância cumulativa de 70% ou mais são consideradas aceitáveis (Kassu & Hasan, 2019; Hair *et al.*, 1998). Por esse critério, as três primeiras dimensões foram mantidas, as quais explicam 71,5% da variância total do conjunto de dados. Além disso, a interpretabilidade dos componentes como critério para a escolha das dimensões também foi conjugada à tomada de decisões quanto à retenção dos componentes.

Em seguida, foram obtidas as cargas fatoriais das variáveis, que são as coordenadas das variáveis no novo espaço fatorial e representam a correlação entre a variável e a dimensão. Valores de carga positivos

indicam correlações positivas e valores negativos indicam correlações negativas entre a variável original e a dimensão obtida. A partir das cargas fatoriais, foi possível extrair as coordenadas individuais ou escores fatoriais que foram incorporadas ao banco de dados e representarão as dimensões especificadas nesta etapa.

3.4. Análise confirmatória dos impactos da PGV no perfil de excesso de velocidade

Para modelar a probabilidade do excesso de velocidade, foi também utilizado um modelo de regressão logística binária, similar ao descrito no item 3.1. Diferentemente da análise exploratória inicial, na análise confirmatória foram empregados como covariáveis os escores fatoriais das dimensões correspondentes (infraestrutura, fiscalização, educação ou comunicação) em cada observação (passagem, local e rodada). Os escores fatoriais são obtidos a partir da FAMD e representam uma média de cada variável observada em cada unidade amostral ponderada pelas cargas fatoriais (Matos & Rodrigues, 2019).

O impacto das dimensões obtidas e selecionadas na FAMD sobre a probabilidade de excesso de velocidade foi avaliado utilizando modelos de regressão logística binária. Conforme especificado, foram ainda incluídas variáveis do contexto no qual as passagens veiculares foram observadas. A Tabela 3 sintetiza tais variáveis.

A significância e importância de cada variável nos modelos *logit* foram avaliadas a partir dos parâmetros do modelo e do efeito marginal de cada variável. Os efeitos marginais expressam a força da associação entre a variável preditora e a variável resposta representando a mudança na probabilidade de ocorrência da variável resposta quando da mudança em uma unidade na variável preditora (Norton, Dowd & Maciejewski, 2019). Neste estudo, os efeitos marginais médios foram obtidos com o pacote *margins*, do RStudio.

4. Resultados e discussões

A análise inicial das pesquisas de excesso de velocidade por rodada indica a predominância deste comportamento de risco nos motociclistas independente da rodada, apresentando valores entre 19% e 40% (Figura 4). A agregação temporal realizada nesse estudo permite ainda constatar (visualmente) a redução global das proporções de excesso de 22% em 2015 para 16% em 2022 (Figura 5).

A Tabela 4 apresenta os resultados do modelo de regressão logística binário aplicado para os períodos de análise. Os resultados indicam reduções significativas e crescentes na estimativa de excesso de velocidade tanto entre períodos quanto entre tipos de veículos.

As razões de chances indicam diminuições ($OR < 1$) nas chances de excesso de velocidade em relação tanto à variável de tempo quanto ao tipo de veículo. Nesse sentido, a probabilidade de ocorrência de excesso de velocidade no Período 2 é 0,91 vezes menor do que no Período 1 (referência), e no Período 3, essa probabilidade é ainda menor (0,675 vezes).

Tabela 3 • Variáveis contextuais

Variável	Descrição	Níveis	Frequência	%
<i>Uso_do_solo_pred</i>	Uso predominante do solo no local de pesquisa	Residencial	254.472	58,54
		Territorial	180.193	41,46
<i>N_de_faixas_sentido</i>	Faixas de tráfego por sentido	2	335.462	77,18
		3	82.087	18,89
		4	17.116	3,94
<i>Tipo_veículo</i>	Tipo de veículo	Motocicleta	98.198	22,59
		Veículos Leves	266.160	61,23
		Veículos Pesados	70.307	16,17
<i>Turno</i>	Turno de ocorrência da passagem	Manhã	206.161	47,43
		Tarde	228.504	52,57

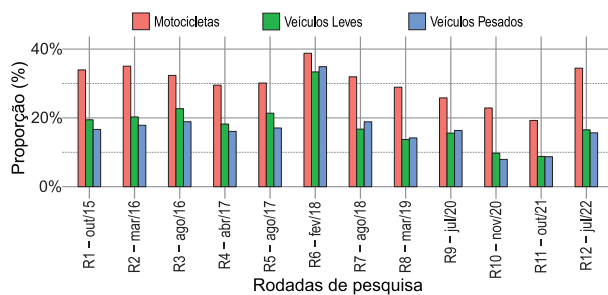


Figura 4 • Proporções de excesso de velocidade por tipo de veículo

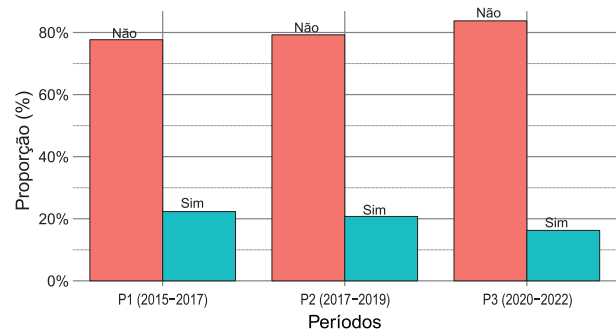


Figura 5 • Proporções de excesso de velocidade por período

Tabela 4 • Modelo de regressão logística exploratório

Excesso de Velocidade (Sim - Não)		
	Estimativa*	Odds Ratio
Intercepto	-1,246	0,287
Período_P2**	-0,093	0,910
Período_P3**	-0,392	0,675
R ² McFadden	0,004	

* Significativo a 0,05

** Período_P1 é a categoria de referência

Tabela 5 • Autovalores e variâncias

	Autovalores	% variância	% variância acumulada
Dimensão 1	11,025	45,896	45,90
Dimensão 2	3,356	13,987	59,88
Dimensão 3	2,785	11,607	71,49
Dimensão 4	1,501	6,255	77,75
Dimensão 5	1,297	5,406	83,15
Dimensão 6	0,968	4,033	87,19
Dimensão 7	0,686	2,859	90,05

Esses resultados sugerem um padrão consistente de diminuição da probabilidade de ocorrência desse tipo de comportamento ao longo dos anos de pesquisa. O valor de R^2 de McFadden próximo de zero também indica que a variável preditora em questão, por si só, não explica grande parte da flutuação nos valores de excesso de velocidade.

Na aplicação da FAMD, os testes de consistência e eficácia (matriz de correlação $\times$ identidade) pelo teste de esfericidade de Bartlett se mostraram positivos ($KMO = 0,5$ e $\alpha > 0,05$). A Tabela 5 mostra que quase metade da variância total dos dados pode ser explicada pela Dimensão 1 (45,9%), seguida pelas Dimensões 2 e 3 (14%; 11,6%). Pelo critério da variância cumulativa $> 70\%$, foram retidas as dimensões de 1 a 3.

A lista completa de variáveis que compõem as dimensões 1, 2 e 3 (consideradas significativas) e suas respectivas cargas fatoriais são apresentadas na Tabela 6. De acordo com as variáveis com maiores contribuições em cada dimensão, os seguintes fatores foram definidos: a) Dimensão 1 – Infraestrutura; b) Dimensão 2 – Fiscalização; Dimensão 3 – Educação.

Deve-se ressaltar que as variáveis que formam as dimensões devem apresentar correlações de níveis moderados a elevados (em uma análise bivariada) para que possam ser combinadas linearmente. A FAMD, entretanto, evita o descarte arbitrário de variáveis correlacionadas e garante a ortogonalidade entre as dimensões, resultando em estimativas mais estáveis para a modelagem *logit*, além de agrupar as variáveis originais, reconhecendo que as intervenções de cada eixo não atuam como elementos isolados. Esta abordagem é mais compatível com estudos que buscam avaliar o desempenho de políticas públicas num contexto mais abrangente.

Para a Dimensão 1, as variáveis que representam o eixo da infraestrutura (*read_vel_tot*, *trav_elev_ped*, *infra_ciclo_tot*, *traffic_calm*) apresentaram as maiores contribuições de variância. Na Dimensão 2, há uma predominância de variáveis que representam o eixo da fiscalização (*equip_fisc_1km*, *equip_fisc_500m*) e, portanto, essa dimensão foi representada pelo eixo da fiscalização. Na Dimensão 3, as contribuições das variáveis que traduzem o eixo da Educação (*prog_edu*, *pales_ginc*, *nuase*) são majoritárias.

As estimativas de coeficientes, erros-padrões e efeitos marginais médios (EMM) dos modelos são apresentadas na Tabela 7. Os coeficientes indicam que as variáveis representativas da PGV (infraestrutura, fiscalização e educação) apresentam associações negativas com a probabilidade de excesso de velocidade

Tabela 6 • Cargas fatoriais

Variáveis	Dimensão 1	Dimensão 2	Dimensão 3
<i>read_vel_tot</i>	0,94*	0,01	—
<i>trav_elev_ped</i>	0,94*	—	—
<i>infra_ciclo_total</i>	0,94*	—	—
<i>traffic_calm</i>	0,93*	0,02	0,02
<i>equip_fisc</i>	0,85*	0,02	—
<i>equip_fisc_trav_pedestres</i>	0,83*	0,04	0,02
<i>equip_fisc_cruzamento</i>	0,80*	0,07	0,03
<i>policiamento_presencial</i>	0,66*	0,01	0,10
<i>midia_alcool_vel</i>	0,64*	0,01	—
<i>nupres_nupase</i>	0,56*	0,07	0,11
<i>infra_ciclo_500m</i>	0,53*	0,06	0,05
<i>read_vel_500m</i>	0,45*	0,02	0,01
<i>read_vel_local</i>	0,43*	0,01	0,05
<i>equip_fisc_meio_de_quadra</i>	0,40*	0,17	0,07
<i>nemob</i>	0,18	—	0,17
<i>multa_video_vel</i>	0,16	—	—
<i>nuase</i>	0,15	0,39*	0,27*
<i>prog_edu</i>	0,12	0,32*	0,46*
<i>pales_ginc</i>	0,08	0,30*	0,45*
<i>dist_min_equip_a_local</i>	0,02	0,34*	0,10
<i>equip_fisc_1km</i>	0,01	0,53*	0,29*
<i>equip_fisc_500m</i>	0,01	0,51*	0,26*
<i>pes</i>	—	0,37*	0,33*

* Maiores cargas fatoriais em cada dimensão.

em todos os períodos, exceto para a educação no período 3 (não significativa). O *uso do solo* e *turno* apresentam relações positivas com o excesso de velocidade, enquanto as variáveis *número de faixas por sentido* e *tipo de veículo* apresentam relações negativas.

Em relação aos EMM, a primeira constatação é que as variáveis circunstanciais e o tipo de veículo têm um papel mais determinante no comportamento de excesso de velocidade quando comparadas às dimensões que representam a PGV. Com relação à Dimensão 1 (Eixo da Infraestrutura, mais fortemente representado pelas variáveis *read_vel_tot*, *trav_elev_ped*, *infra_ciclo_total* e *traffic_calm*), os EMM indicam associações positivas para diminuir a probabilidade de excesso de velocidade nos três períodos. No período 1, por exemplo, quando o número de estratégias de infraestrutura aumenta, em média, a probabilidade de excesso de velocidade diminui em quase 5% (−0,046). Nos períodos 2 e 3, essa probabilidade é ligeiramente reduzida (aproximadamente 3%).

A Dimensão 2 da PGV (Eixo da Fiscalização, com as variáveis *equip_fisc_1km* e *equip_fisc_500m* apresentando maiores contribuições) também mostra associações negativas entre o aumento das estratégias de fiscalização e a probabilidade de excesso de velocidade. Em contraste com a Dimensão 1, essa probabilidade aumenta com o passar do tempo, estando associada a uma diminuição, em média, de cerca de 5% na probabilidade de ocorrência de excesso de velocidade no último período.

A Dimensão 3 (Eixo da Educação, mais fortemente representado pelas variáveis *prog_edu* e *pales_ginc*) apresentou efeitos marginais negativos nos dois primeiros períodos (−0,031; −0,035), indicando reduções médias aproximadas de 3% na probabilidade de excesso de velocidade. No terceiro período, porém, o efeito foi não significativo. Dentre as hipóteses mais prováveis para esse resultado, estão o nível de atividades e a efetividade das ações do núcleo de educação durante o período de isolamento social ocasionado pelo período pandêmico. De forma comparativa os resultados indicam certa constância e magnitude das dimensões de infraestrutura e fiscalização sobre o eixo de educação.

O uso predominante do solo do tipo territorial apresentou altos EMM para cada um dos três períodos (0,33; 0,38; 0,15). Isso significa que, quando comparadas às áreas predominantemente residenciais, as áreas verdes ou destinadas a equipamentos urbanos públicos (nos quais existem poucas impedâncias adjacentes e transversais para o tráfego de passagem) apresenta uma maior probabilidade de que haja

Tabela 7 • Coeficientes, erros-padrões e efeitos marginais dos MRL por período

	P1		P2		P3	
	Coeficiente (Erro-pad.)	Efeito Marginal	Coeficiente (Erro-pad.)	Efeito Marginal	Coeficiente (Erro-pad.)	Efeito Marginal
Intercepto	0,480 (0,17)	—	1,395 (0,07)	—	2,039 (0,05)	—
Eixo Infraestrutura	−0,330 (0,05)	−0,046	−0,261 (0,01)	−0,032	−0,267 (0,00)	−0,031
Eixo Fiscalização	−0,047 (0,01)	−0,006	−0,247 (0,00)	−0,03	−0,390 (0,00)	−0,046
Eixo Educação	−0,226 (0,01)	−0,031	−0,286 (0,00)	−0,035	0,010* (0,00)	0,001
Uso do solo territorial	2,225 (0,02)	0,331	2,649 (0,02)	0,38	1,180 (0,01)	0,153
Faixas por sentido	−1,548 (0,01)	−0,215	−1,912 (0,02)	−0,235	−1,183 (0,02)	−0,14
Veículos leves	−0,752 (0,01)	−0,116	−0,843 (0,02)	−0,116	−0,898 (0,01)	−0,121
Veículos pesados	−1,136 (0,02)	−0,165	−1,159 (0,03)	−0,151	−1,051 (0,02)	−0,136
Turno tarde	0,295 (0,01)	0,041	0,121 (0,01)	0,014	0,055 (0,01)	0,006
R^2 McFadden	0,18		0,22		0,13	
Observações	166939		98285		169441	

* Não significativo ($\alpha = 0,05$)

a ocorrência de excesso de velocidade. No entanto, essa probabilidade diminui (de 33% para 15%) ao longo dos períodos, e pode estar associada a efeitos indiretos das políticas implementadas, já que essa variável representa o contexto do fenômeno.

Os efeitos marginais do *número de faixas* indicam uma associação negativa entre o aumento do número de faixas e a probabilidade de excesso de velocidade. Nesse sentido, vias que possuem três ou quatro faixas de condução por sentido possuem menores probabilidades de ocorrência de excesso de velocidade em comparação a vias que possuem duas faixas. Em média, essa probabilidade é reduzida em aproximadamente 20% nos dois primeiros períodos e em 14% no último.

Em relação ao *tipo de veículo*, os resultados confirmam que, mesmo controlando as dimensões da PGV, os condutores de veículos leves e pesados estão associados a menores probabilidades de excesso de velocidade do que motocicletas (nível de referência). A variável *turno* mostra uma associação positiva entre o turno da tarde (entre 13 h e 17 h) e a probabilidade de excesso de velocidade em todos os períodos. No entanto, essa probabilidade diminui ao longo do tempo e atinge uma média de 0,6% no último período, em comparação com o turno da manhã (entre 7 h e 12 h).

5. Considerações finais

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar o desempenho da Política de Gestão de Velocidade na cidade de Fortaleza, considerando estratégias voltadas para a segurança no trânsito implementadas entre 2015 e 2022, período que marca os primeiros oito anos de um projeto iniciado pela *Bloomberg Initiative for Global Road Safety* em parceria com a Autoridade Pública Municipal.

Uma revisão da literatura foi utilizada para apoiar a estruturação e o mapeamento das estratégias em quatro eixos distintos: Infraestrutura, Fiscalização, Educação e Comunicação. Uma análise exploratória avaliou as diferenças nas proporções de excesso de velocidade, e um modelo de regressão inicial foi conduzido, permitindo a observação de padrões de crescimento e decrescimento tanto entre as rodadas quanto entre suas agregações.

A Análise Fatorial de Dados Mistos efetivada após a consolidação do banco de dados de potenciais intervenções, levou a definição de três construtos que representam os eixos de infraestrutura, fiscalização

e comunicação para definir a PGV da cidade. O eixo da comunicação não apresentou desempenho satisfatório na modelagem fatorial, permanecendo dispersa entre as dimensões obtidas, tendo sido desconsiderado. Essa limitação pode ser baseada tanto na quantidade (apenas uma variável no eixo) quanto na definição dessa variável, quando ela não possui variabilidade suficiente ou simplesmente tem pouca representatividade para o fenômeno tal como é modelado.

As cargas fatoriais encontradas para os eixos válidos foram incorporadas a um modelo de regressão logística binária com o objetivo de avaliar o impacto de cada construto na probabilidade do excesso de velocidade. Os resultados indicam os impactos positivos das estratégias de gestão de velocidade – relacionadas aos eixos Infraestrutura, Fiscalização e Educação – na melhoria da segurança viária em todo o período de análise. Mais especificamente, as estratégias ligadas ao eixo da infraestrutura parecem ter efeitos mais influentes e consistentes na redução da probabilidade de excesso de velocidade ao longo dos períodos analisados. Para as estratégias ligadas ao eixo de Fiscalização, esses efeitos parecem se intensificar ao longo dos triênios, apresentando uma diferença de 40 pontos percentuais entre o primeiro e o terceiro períodos. Para aquelas ligadas ao eixo de Educação, não há variação substancial entre os efeitos dos dois primeiros períodos (que foram significativos), o que indica certa estabilidade nos efeitos dessas estratégias. Nesse sentido, a implementação de estratégias de infraestrutura, fiscalização e educação indicam, respectivamente, um caminho de prioridades para políticas públicas de segurança viária.

As variáveis contextuais/circunstanciais da pesquisa também se mostraram significativas para a compreensão da PGV, que neste estudo foi mensurada a partir de passagens veiculares individuais observadas em locais específicos. Os locais com maior número de faixas apresentaram menor probabilidade de excesso de velocidade, provavelmente em função de aspectos que não puderam ser totalmente controlados no experimento (curvas à montante e à jusante do trecho, densidade semaforizada do corredor, potencial subjetividade do pesquisador em coletar fluxo livre e heterogeneidade do número de observações de cada classe). Quanto ao tipo de veículo conduzido, observou-se que as motocicletas excedem a velocidade com mais frequência, indicando aspectos desafiadores relacionados à sua permeabilidade no tráfego e potenciais comportamentos de risco dos condutores. Ainda sobre as variáveis circunstanciais, os condutores apresentaram maior probabilidade de exceder o limite de velocidade quando em áreas nas quais predominam lotes livres – como praças, parques etc. –, provavelmente em virtude da ausência de interação com pedestres e ciclistas em entradas e saídas de lotes.

Como sugestão para trabalhos futuros, outras abordagens metodológicas podem ser incorporadas à análise para aprimorar a compreensão do fenômeno, tais como:

- Aprimoramento da coleta de dados com o uso de ferramentas de busca online, análise semântica e integração de bases de dados de diferentes órgãos e setores, visando ampliar o conjunto de variáveis potenciais para representar um eixo de políticas públicas;
- Integração de métodos qualitativos e quantitativos para a definição dos eixos e suas variáveis e avaliação do desempenho da PGV; e
- Investigação mais aprofundada de aspectos relacionados ao alcance espacial e temporal dos indicadores potenciais de um eixo da PGV.

Nesse sentido, esta pesquisa demonstra que as estratégias promovidas no contexto da Política de Gestão de Velocidade de Fortaleza têm sido instrumentos eficazes para o avanço da segurança viária na cidade, visto que o excesso de velocidade é um dos fatores que aumenta as chances e amplifica a gravidade dos sinistros de trânsito.

Agradecimentos

Este estudo foi desenvolvido com o apoio da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP).

Declaração de contribuição de autoria CRediT

Iane de Lira Bezerra: Curadoria de dados, Análise formal, Escrita – versão inicial, Escrita – revisão e edição; *Flávio José Craveiro Cunto*: Metodologia, Supervisão, Validação, Escrita – revisão e edição.

Uso de tecnologia assistida por inteligência artificial

Houve uso de ferramentas de inteligência artificial, nomeadamente as versões 4 e 5 do GPT. Os prompts-tipo foram utilizados em sugestões de melhorias de rotinas computacionais. As informações foram checadas e validadas a partir do conhecimento dos autores sobre o conteúdo, idioma e funcionamento dos pacotes computacionais.

Declaração de conflitos de interesse

Os autores declaram que não há conflito de interesses relacionado a este artigo e seu conteúdo.

Declaração de disponibilidade de dados

Os dados, modelos e códigos que suportam os resultados deste estudo estão disponíveis mediante solicitação ao autor correspondente.

References

- Anastasopoulos, P. C. & F. L. Mannering (2016). The effect of speed limits on drivers' choice of speed: a random parameters seemingly unrelated equations approach. *Analytic Methods in Crash Research* 10, 1–11. DOI:10.1016/j.amar.2016.03.001.
- Ben Welle, A. B., C. Adiazola-Steil, A. Bhatt, S. Alveano, M. Obelheiro, C. T. Imamoglu, S. Job, M. Shotten, & D. Bose (2018). Sustainable and safe: a vision and guidance for zero road deaths. Relatório técnico, World Resources Institute, Washington. URL: <https://www.wri.org/research/sustainable-and-safe-vision-and-guidance-zero-road-deaths> [visitado 4/4/2026].
- Carvalho, C. H. & E. P. Guedes (2023). Balanço da primeira década de ação pela segurança no trânsito no Brasil e perspectivas para a segunda década. *Dirur: Nota Técnica* 42, Ipea, Brasília. DOI:10.38116/ntdirur42-port.
- Coelho, A. V., S. Oliveira, C. E. Matos Filho, & M. A. Araújo (2024). Análise da readequação dos limites de velocidades em áreas urbanas como estratégia para a promoção da segurança no trânsito em Fortaleza-CE. In *Anais do Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, Santos, SP. ANPET.
- Damsere-Derry, J., B. E. Ebel, C. N. Mock, F. Afukaar, P. Donkor, & T. O. Kalowole (2019). Evaluation of the effectiveness of traffic calming measures on vehicle speeds and pedestrian injury severity in Ghana. *Traffic Injury Prevention* 20(3), 336–342. DOI:10.1080/15389588.2019.1581925.
- Delaney, A., B. Lough, M. Whelan, & M. Cameron (2004). *A Review of Mass Media Campaigns in Road Safety – Report No. 220*. Melbourne: Monash University Accident Research Centre. URL: <https://www.monash.edu/muarc/archive/our-publications/reports/muarc220>.
- Distefano, N. & S. Leonardi (2019). Evaluation of the benefits of traffic calming on vehicle speed reduction. *Civil Engineering and Architecture* 7(4), 200–214. DOI:10.13189/cea.2019.070403.
- Eichinger-Vill, E., B. Turner, & A. Burlacu (2023). *Speed Management: a Road Safety Manual for Decision-Makers and Practitioners* (2 ed.). Geneva: Global Road Safety Partnership. URL: <https://www.who.int/publications/m/item/speed-management--a-road-safety-manual-for-decision-makers-and-practitioners.-2nd-edition>.
- ERSO (2020). *Road Safety Thematic Report – Speeding*. Brussels: European Road Safety Observatory. URL: https://fsr.eu.eu/wp-content/uploads/2020/12/2020-10-08-road_safety_thematic_report_speed.pdf [visitado 16/6/2026].
- Hair, J. F., W. C. Black, B. J. Babin, R. E. Anderson, & R. L. Tatham (1998). *Multivariate Data Analysis: International Edition*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Hongyu, K., V. L. Sandanielo, & G. Oliveira Jr. (2016). Análise de componentes principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. *Engineering and Science* 5(1), 83–90. DOI:10.18607/ES201653398.
- Kassu, A. & M. Hasan (2019). Identifying the principal factors influencing traffic safety on interstate highways. *SN Applied Sciences* 1(12), 1729. DOI:10.1007/s42452-019-1796-2.
- Khan, M. N. & S. Das (2024). Advancing traffic safety through the safe system approach: A systematic review. *Accident; Analysis and Prevention* 199, 107518. DOI:10.1016/j.aap.2024.107518.
- Leyton, V., J. D. Ponce, & G. Andreuccetti (2009). Problemas específicos: Álcool e trânsito. In *Problemas Específicos*, pp. 163–177. Barueri: Minha Editora. URL: <https://repositorio.usp.br/item/002330788> [visitado 4/4/2026].
- Matos, D. A. & E. C. Rodrigues (2019). *Análise Fatorial*. Escola Nacional de Administração Pública (Enap). URL: <https://repositorio.enap.gov.br/handle/1/4790> [visitado 4/4/2026].
- Mohan, D. (2006). *Road Traffic Injury Prevention Training Manual*. Geneva: World Health Organization. URL: <https://iris.who.int/handle/10665/43271>.
- Nilsson, G. (2004). *Traffic Safety Dimensions and the Power Model to Describe the Effect of Speed on Safety*. Doutorado (tese), Lund Institute of Technology, Lund. URL: <https://portal.research.lu.se/files/4394446/1693353.pdf> [visitado 16/6/2024].
- Norton, E. C., B. E. Dowd, & M. L. Maciejewski (2019). Marginal effects—quantifying the effect of changes in risk factors in logistic regression models. *Journal of the American Medical Association* 321(13), 1304–1305. DOI:10.1001/jama.2019.1954.

- OECD (2006). *Speed Management Report*. Paris: OECD/ECMT Transport Research Centre. URL: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/06speed.pdf> [visitado 4/4/2026].
- OPAS (2012). *Gestão da Velocidade: Um Manual de Segurança Viária para Gestores e Profissionais da Área*. Pan American Health Organization / World Health Organization. URL: <https://www.who.int/pt/publications/m/item/speed-management--a-road-safety-manual-for-decision-makers-and-practitioners> [visitado 4/4/2026].
- Stanislaw, G., K. Mariusz, & M. Budzyński (2017). Evaluating the effectiveness of non-physical speed management measures. In *World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium (WMCAUS)*, Prague, Czech Republic, pp. 627–633. IOP.
- Stipdonk, H. (2019). *The Mathematical Relation Between Collision Risk and Speed; A Summary of Findings Based on Scientific Literature*. Brussels: European Transport Safety Council (ETSC). URL: <https://etsc.eu/wp-content/uploads/The-mathematical-relation-between-collision-risk-and-speed.pdf> [visitado 4/4/2026].
- Torres, C. A., L. T. Sobreira, F. A. Castro Jr., M. N. Silva, M. M. Castro Neto, F. J. Cunto, A. I. Vecino-Ortiz, & A. M. Bachani (2019). Análise exploratória das taxas de utilização do cinto de segurança e capacete após esforços de conscientização dos usuários em Fortaleza-CE. Online. URL: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/56821> [visitado 4/4/2026].
- WHO (2021). *Plano Global-Década de Ação Pela Segurança no Trânsito 2021-2030*. Geneva: World Health Organization. URL: <https://www.who.int/pt/publications/m/item/global-plan-for-the-decade-of-action-for-road-safety-2021-2030>.
- WHO (2022). *Preventing Injuries and Violence: An Overview*. Geneva: World Health Organization. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240047136> [visitado 24/6/2024].
- WHO (2023). *Global Status Report on Road Safety 2023*. Geneva: World Health Organization. URL: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240086517>.