

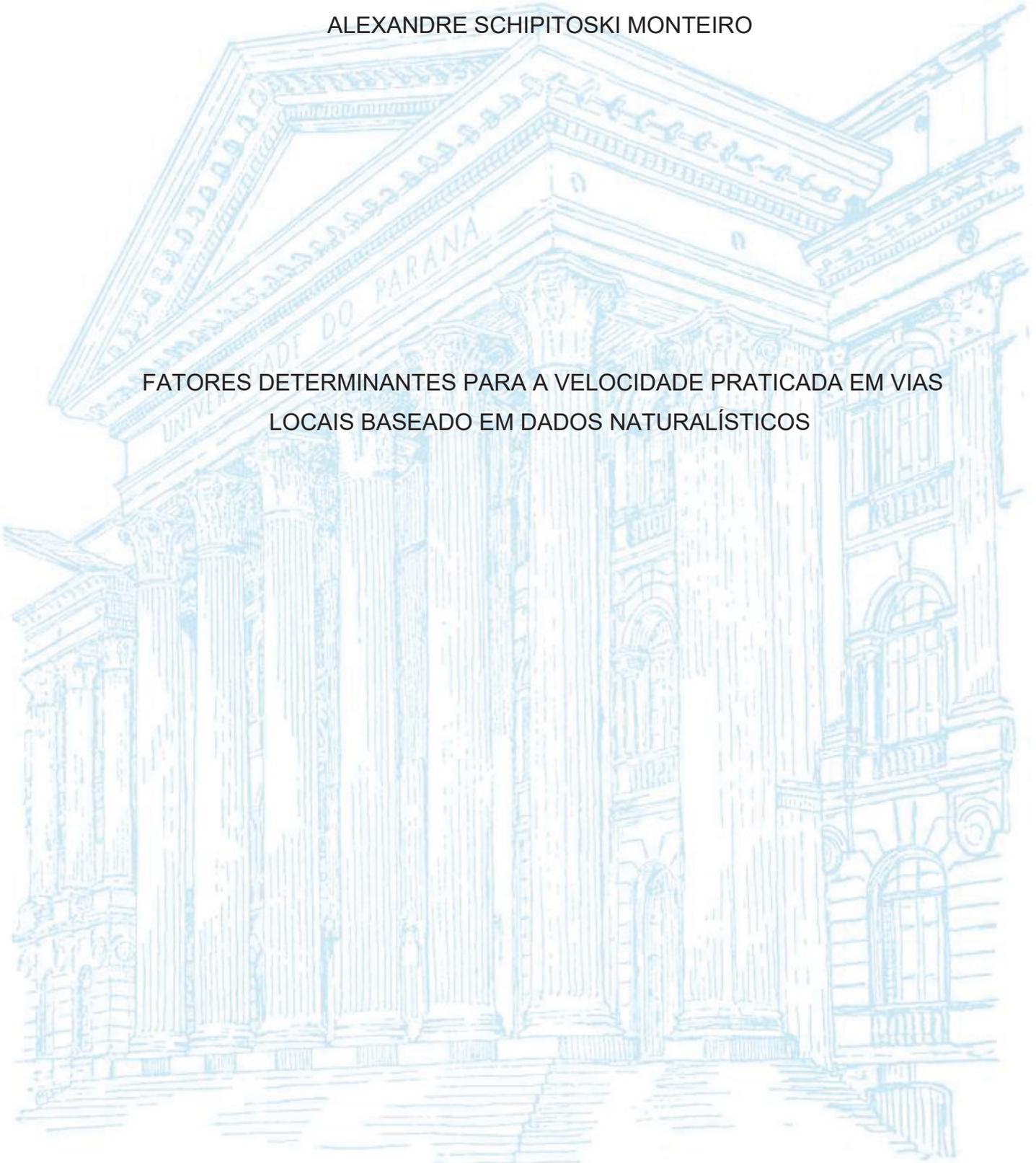
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ALEXANDRE SCHIPITOSKI MONTEIRO

FATORES DETERMINANTES PARA A VELOCIDADE PRATICADA EM VIAS
LOCAIS BASEADO EM DADOS NATURALÍSTICOS

CURITIBA

2024



ALEXANDRE SCHIPITOSKI MONTEIRO

FATORES DETERMINANTES PARA A VELOCIDADE PRATICADA EM VIAS
LOCAIS BASEADO EM DADOS NATURALÍSTICOS

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Planejamento Urbano, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Planejamento Urbano.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Tiago Bastos

CURITIBA

2024

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Monteiro, Alexandre Schipitoski

Fatores determinantes para a velocidade praticada em vias locais baseado em dados naturalísticos. / Alexandre Schipitoski Monteiro. – Curitiba, 2024.

1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Tiago Bastos

1. Função logística. 2. Velocidade. 3. Trânsito urbano. I. Universidade Federal do Paraná. II. Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano. III. Bastos, Jorge Tiago. IV. Título.

Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani CRB-9/1585



TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação PLANEJAMENTO URBANO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **ALEXANDRE SCHIPITOSKI MONTEIRO** intitulada: **FATORES DETERMINANTES PARA A VELOCIDADE PRATICADA EM VIAS LOCAIS BASEADO EM DADOS NATURALÍSTICOS**, sob orientação do Prof. Dr. JORGE TIAGO BASTOS, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 02 de Setembro de 2024.

Assinatura Eletrônica

03/09/2024 18:02:52.0

JORGE TIAGO BASTOS

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

04/09/2024 14:05:19.0

MÁRCIA DE ANDRADE PEREIRA BERNARDINIS

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

03/09/2024 21:11:28.0

MICHELLE ANDRADE

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a toda a minha família, que, apesar de geralmente estar geograficamente distante, sempre me ajudou com qualquer problema que viesse a aparecer. Aos meus pais, que me influenciaram a estudar sempre mais e que sempre demonstram felicidade pelas conquistas de um filho. Às minhas irmãs, que sempre facilitaram minha vida, tanto em relação aos estudos quanto em tantos outros aspectos. Agrego aqui também meus cunhados e sogros, que sempre demonstraram respeito pelo meu estudo.

À minha esposa Aliana “Lali” Breyer por me apoiar e incentivar, além de sempre estar ao meu lado em todas as aventuras da minha vida.

Ao aluno de iniciação científica, André Martins, pelo auxílio com o levantamento dos dados.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Jorge Tiago Bastos, por sua orientação. Sua expertise e conhecimentos foram essenciais para o amadurecimento das ideias aqui apresentadas.

Às professoras Dra. Márcia de Andrade Pereira Bernardinis e Dra Michelle Andrade, que participaram da banca de qualificação e as críticas e sugestões foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

A velocidade é um dos principais fatores de risco para a ocorrência e severidade dos sinistros de trânsito. A gestão de velocidades é tarefa central na abordagem dos Sistemas Seguros, particularmente no meio urbano, onde os conflitos entre usuários motorizados e usuários vulneráveis são frequentes. Neste cenário, velocidades mais elevadas são em geral praticadas em vias com hierarquia superior, como as vias arteriais. No entanto, as vias locais, em geral com menor demanda e menor nível de controle, também podem ser cenários propícios para a prática de velocidades inseguras no meio urbano. Este estudo teve como objetivo analisar a influência de fatores viários na prática de velocidades inseguras em vias locais da cidade de Curitiba. A metodologia incluiu (a) o levantamento de fatores viários referentes à operação da via (tipo de sinalização, sentido de fluxo, número de faixas, presença de radares) e à infraestrutura (comprimento da quadra, tipo de pavimento, greide e presença de medida de *traffic calming*); (b) a obtenção de dados naturalísticos de velocidade praticada segundo a segundo; e (c) a aplicação da modelagem de regressão logística binária para medir a influência das variáveis explicativas (fatores viários) sobre a variável resposta (estar ou não abaixo de determinada velocidade de referência). Os resultados estatisticamente significativos a um nível de confiança de 95% indicaram que, em relação a vias com uma faixa, o aumento do número de faixas resultou em um aumento da probabilidade de velocidades superiores a 30 km/h em 44% para duas faixas, 62% para três faixas, 60% para quatro faixas e 66% para cinco faixas. Outros fatores que aumentaram a probabilidade de praticar velocidades acima de 30 km/h foram o pavimento de bloco intertravado (52% maior em relação ao asfalto), o aumento de 50 metros no comprimento da via (23% maior) e vias em declive (15% em relação ao perfil plano). Fatores que resultaram em aumento da probabilidade de manter a velocidade abaixo do valor de referência de 30 km/h foram o pavimento de paralelepípedo (2,9 vezes maior em relação ao asfalto), presença de lombada (90% maior), presença de travessia elevada (40% maior), presença de radar (40% maior), presença de sinalização semaforica (3,2 vezes maior em relação à preferencial) e presença de placa de pare (3,1 vezes maior em relação à preferencial).

Palavras-chave: Velocidades inseguras; Fatores viários; Estudo naturalístico de direção; Função logit.

ABSTRACT

Speed is one of the main risk factors for the occurrence and severity of traffic crashes. Speed management is a central task in the Safe System approach, particularly in urban areas where conflicts between motorized and vulnerable road users are frequent. In this context, higher speeds are generally observed on roads with a higher hierarchy, such as arterial roads. However, local roads, typically with lower traffic demand and less control, can also be prone to unsafe speeds in urban environments. This study aimed to analyze the influence of road factors on the occurrence of unsafe speeds on local roads in the city of Curitiba. The methodology included (a) data collection of road factors related to road operation (control type, flow direction, number of lanes, presence of speed cameras) and infrastructure (block length, pavement type, grade, and presence of traffic calming measures); (b) the acquisition of naturalistic speed data recorded second by second; and (c) the application of binary logistic regression modeling to measure the influence of explanatory variables (road factors) on the response variable (whether or not the speed is below a given reference speed). The statistically significant results at a 95% confidence level indicated that, compared to single-lane roads, an increase in the number of lanes led to an increased likelihood of speeds exceeding 30 km/h by 44% for two lanes, 62% for three lanes, 60% for four lanes, and 66% for five lanes. Other factors that increased the likelihood of exceeding speeds above 30 km/h were paving stones (52% higher compared to asphalt), a 50-meter increase in road length (23% higher), and downhill roads (15% higher compared to flat profiles). Factors that resulted in an increased likelihood of maintaining speeds below the reference value of 30 km/h were sett pavement (2.9 times higher compared to asphalt), the presence of speed bumps (90% higher), raised crosswalks (40% higher), speed cameras (40% higher), traffic lights (3.2 times higher compared to stop signs), and stop signs (3.1 times higher compared to yield signs).

Keywords: Unsafe speeds; Roads factors; Naturalistic driving study; Logit function.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – SINISTROS COM VÍTIMAS FATAIS E QUANTIDADE DE ÓBITOS NO TRÂNSITO DE CURITIBA POR ANO	20
FIGURA 2 – PORCENTAGEM DE ÓBITOS EM CURITIBA POR MODO DE TRANSPORTE ENTRE 2010 E 2021	20
FIGURA 3 – QUANTIDADE DE SINISTROS E ÓBITOS POR REGIONAL DE CURITIBA ENTRE 2010 E 2021	21
FIGURA 4 – VELOCIDADE COMO FATOR EM SINISTROS COM ÓBITOS	24
FIGURA 5 – EXEMPLO DE FEIÇÃO	47
FIGURA 6 – DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	48
FIGURA 7 – <i>BUFFER</i> DE 20 METROS PARA ASSOCIAR OS DADOS VIÁRIOS E DE VELOCIDADE	49
FIGURA 8 – VISUALIZAÇÃO DA VIA ATRAVÉS DA FUNÇÃO <i>MAPILLARY</i>	50
FIGURA 9 – VISUALIZAÇÃO DE INSERÇÃO DE INFORMAÇÃO NO BANCO DE DADOS DO <i>OSM</i>	52
FIGURA 10 – IMAGENS COLETADAS PELAS CAMERAS	54
FIGURA 11 – INCLUSÃO DOS PONTOS DO <i>NDS-BR</i> PRÓXIMO À DIVISA DAS REGIONAIS	56
FIGURA 12 – PONTOS INSERIDOS NO <i>BUFFER</i> QUE NÃO UTILIZAM AS VIAS DE ESTUDO	57
FIGURA 13 – EXEMPLO DA ANÁLISE DE SENTIDO DA VIAGEM DO CONDUTOR	58
FIGURA 14 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS SELECIONADOS DO <i>NDS-BR</i>	60
FIGURA 15 – TIPO DE FUNÇÃO LOGÍSTICA BINÁRIA PARA DIFERENTES P-VALOR.....	62
FIGURA 16 – HISTOGRAMA DO COMPRIMENTO DAS FEIÇÕES ANALISADAS .	64
FIGURA 17 – QUANTIDADE DE FEIÇÕES POR NÚMERO DE FAIXAS	65
FIGURA 18 – QUANTIDADE DE FEIÇÕES POR TIPO DE FLUXO	66
FIGURA 19 – QUANTIDADE DE FEIÇÕES POR TIPO DE PAVIMENTO.....	66
FIGURA 20 – QUANTIDADE DE FEIÇÕES POR PRESENÇA DE <i>TRAFFIC CALMING</i>	67
FIGURA 21 – QUANTIDADE DE FEIÇÕES POR PRESENÇA DE RADAR.....	68

FIGURA 22 – QUANTIDADE DE FEIÇÕES POR INCLINAÇÃO DO GREIDE DA VIA	68
FIGURA 23 – QUANTIDADE DE FEIÇÕES POR TIPO DE SINALIZAÇÃO	69
FIGURA 24 – DIAGRAMA DE CAIXA PARA VELOCIDADE EM KM/H DOS PONTOS SELECIONADOS	70
FIGURA 25 – HISTOGRAMA DA VELOCIDADE EM KM/H DOS PONTOS SELECIONADOS	70
FIGURA 26 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS COM VELOCIDADES ACIMA DE 30 KM/H	71
FIGURA 27 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS COM VELOCIDADES ACIMA DE 50 KM/H	71
FIGURA 28 – VELOCIDADE MÉDIA PRATICADA NAS VIAS ESTUDADAS	72
FIGURA 29 – VELOCIDADE MÁXIMA PRATICADA NAS VIAS ESTUDADAS	73
FIGURA 30 – FATORES PRESENTES EM QUADRAS COM VELOCIDADES ACIMA DE 50 KM/H	74
FIGURA 31 – RAZÃO DE ODDS PARA NÚMERO DE FAIXAS (REFERÊNCIA: 1 FAIXA)	76
FIGURA 32 – RAZÃO DE ODDS PARA SENTIDO DA VIA (REFERÊNCIA: SENTIDO DUPLO).....	77
FIGURA 33 – RAZÃO DE ODDS PARA TIPO DE PAVIMENTO (REFERÊNCIA: ASFALTO).....	78
FIGURA 34 – RAZÃO DE ODDS PARA PRESENÇA DE <i>TRAFFIC CALMING</i> (REFERÊNCIA: NÃO).....	80
FIGURA 35 – RAZÃO DE ODDS PARA COMPRIMENTO DA VIA (REFERÊNCIA: UNIDADE DE COMPRIMENTO).....	81
FIGURA 36 – RAZÃO DE ODDS PARA AUMENTO DE 10 E DE 50 UNIDADES DE COMPRIMENTO	82
FIGURA 37 – RAZÃO DE ODDS PARA PRESENÇA DE RADAR (REFERÊNCIA: SEM RADAR).....	83
FIGURA 38 – RAZÃO DE ODDS PARA TIPO DE SINALIZAÇÃO (REFERÊNCIA: PREFERENCIAL)	84
FIGURA 39 – RAZÃO DE ODDS PARA INCLINAÇÃO DA VIA (REFERÊNCIA: PLANO).....	85

FIGURA 40 – RAZÃO DE ODDS PARA AS VARIÁVEIS EXPLICATIVAS PESQUISADAS	88
FIGURA 41 – VIAS NORMAIS ESTUDADAS	103

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – PARADIGMAS DE UMA ABORDAGEM TRADICIONAL E DE SISTEMA SEGURO	18
QUADRO 2 – FATORES QUE INFLUENCIAM NA ESCOLHA DA VELOCIDADE ...	39
QUADRO 3 – INFORMAÇÕES PRESENTES NO <i>SHAPEFILE</i> BASE DAS VIAS ...	53
QUADRO 4 – VALOR DE REFERÊNCIA POR GRUPO DE FATORES ESTUDADOS	63
QUADRO 5 – RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS	91

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – RELAÇÃO ENTRE AUMENTO DE VELOCIDADE E DE ENERGIA	30
TABELA 2 – PROJETOS DE ESTUDOS NATURALÍSTICOS DE DIREÇÃO	32
TABELA 3 – PERÍODOS E NÚMERO DE CONDUTORES DAS PESQUISAS DO NDS-BR	34
TABELA 4 – QUANTIDADE DE PONTOS DO <i>NDS-BR</i> POR REGIONAL	55
TABELA 5 – SELEÇÃO DOS PONTOS DO <i>NDS-BR</i>	59
TABELA 6 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA ANÁLISE DO COMPRIMENTO DAS VIAS.....	65
TABELA 7 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA ANÁLISE DA VELOCIDADE EM KM/H	69
TABELA 8 – RESULTADOS DO MODELO PARA NÚMERO DE FAIXAS (REFERÊNCIA: 1 FAIXA)	75
TABELA 9 – RESULTADOS DO MODELO PARA SENTIDO DA VIA (REFERÊNCIA: SENTIDO DUPLO).....	76
TABELA 10 – RESULTADOS DO MODELO PARA TIPO DE PAVIMENTO (REFERÊNCIA: ASFALTO)	78
TABELA 11 – RESULTADOS DO MODELO PARA PRESENÇA DE <i>TRAFFIC</i> <i>CALMING</i> (REFERÊNCIA: NÃO).....	79
TABELA 12 – RESULTADOS DO MODELO PARA COMPRIMENTO DA VIA (REFERÊNCIA: UNIDADE DE COMPRIMENTO)	80
TABELA 13 – RESULTADOS DO MODELO PARA PRESENÇA DE RADAR (REFERÊNCIA: SEM RADAR)	82
TABELA 14 – RESULTADOS DO MODELO PARA TIPO DE SINALIZAÇÃO (REFERÊNCIA: PREFERENCIAL)	83
TABELA 15 – RESULTADOS DO MODELO PARA INCLINAÇÃO DA VIA (REFERÊNCIA: PLANO)	85
TABELA 16 – RESULTADOS DO MODELO PARA VELOCIDADE DE 20 KM/H ...	105
TABELA 17 – RESULTADOS DO MODELO PARA VELOCIDADE DE 30 KM/H ...	106
TABELA 18 – RESULTADOS DO MODELO PARA VELOCIDADE DE 40 KM/H ...	107
TABELA 19 – RESULTADOS DO MODELO PARA VELOCIDADE DE 50 KM/H ...	108

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	19
1.2 JUSTIFICATIVA	19
2 REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1 VELOCIDADE COMO FATOR DE RISCO	23
2.1.1 Risco para ocorrência e para severidade de sinistros	28
2.2 MÉTODOS DE COLETA DE DADOS DE VELOCIDADE	30
2.2.1 Dados naturalísticos	30
2.2.2 NDS-BR.....	34
2.3 VELOCIDADES INSEGURAS EM VIAS LOCAIS	37
2.3.1 Fatores viários que influenciam em velocidade inseguras em vias locais	39
3 METODOLOGIA	45
3.1 OBTENÇÃO DOS DADOS VIÁRIOS	45
3.1.1 Recorte espacial e dados georreferenciados	46
3.1.2 Demais fatores operacionais das vias	49
3.2 OBTENÇÃO DOS DADOS DE VELOCIDADE PRATICADA	53
3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA	60
4 RESULTADOS	64
4.1 RESULTADOS RELACIONADOS AOS FATORES VIÁRIOS.....	64
4.2 RESULTADOS RELACIONADOS AOS DADOS DE VELOCIDADE PRATICADA	
69	
4.3 RESULTADOS RELACIONADOS À ANÁLISE ESTATÍSTICA	74
4.3.1 Variável explicativa: Número de faixas.....	74
4.3.2 Variável explicativa: Sentido da via	76
4.3.3 Variável explicativa: Tipo de pavimento	77
4.3.4 Variável explicativa: <i>Traffic Calming</i>	79
4.3.5 Variável explicativa: Comprimento da via	80
4.3.6 Variável explicativa: Radar	82
4.3.7 Variável explicativa: Sinalização	83
4.3.8 Variável explicativa: Inclinação da via	84
5 DISCUSSÕES	86
5.1 COMPARAÇÃO COM A LITERATURA.....	88

5.2 RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS	90
6 CONCLUSÕES	93
REFERÊNCIAS.....	95
APÊNDICE A – VIAS NORMAIS ESTUDADAS.....	103
APÊNDICE B – RESULTADOS DA REGRESSÃO LOGÍSTICA BINÁRIA	104

1 INTRODUÇÃO

Com o término da primeira Década de Ação pela Segurança no Trânsito, análises dos dados mostram que o número de mortes no trânsito permaneceu em um patamar elevado nas duas últimas décadas (WHO, 2021). Estima-se que a violência no trânsito causa 1,35 milhão de mortes anuais, e cerca de 50 milhões de feridos (WHO, 2018). Na escala global, 49% dos óbitos no trânsito, quase metade dos casos, são dos usuários mais vulneráveis no trânsito, ou seja, pedestres, ciclistas e motociclistas (WHO, 2017).

O problema de saúde causado pelo trânsito é observado no âmbito internacional, principalmente no quesito de renda. Países de baixa e média renda são responsáveis por 90% dos óbitos mundiais no trânsito, apesar de totalizar menos do que 60% da frota motorizada, por isso a necessidade de maior atenção a estes países é necessária (WHO, 2021).

Porém, existe uma dificuldade de países de renda mais baixa de lidar com a segurança viária devido à existência de problemas considerados mais graves, e com a falta de recursos disponíveis (Ferraz *et al.*, 2023). Os autores também fazem uma comparação com a teoria das necessidades humanas de Maslow, em que as necessidades básicas de sobrevivência estão na base de uma pirâmide, e se sobrepõem sobre as demais necessidades, como por exemplo, as espirituais, indicando uma falta de preocupação em relação à segurança viária e uma menor percepção dos problemas em seu aspecto técnico.

Alguns fatores que estão relacionados com a questão econômica são: falta de cultura de segurança no trânsito, gerando condutores imprudentes; vias sem conservação adequada e mal projetadas; frota inadequada, antiga, sem manutenção adequada e com alto índice de utilização de motocicletas ou veículos semelhantes; legislações inapropriadas; fiscalização insuficiente; atendimento médico precário das vítimas (Ferraz *et al.*, 2023).

A análise de mortes no trânsito confirma a precariedade dos países de média e baixa renda, tanto na observação dos valores de mortes/habitantes, quanto na relação mortes/veículos. Considerando a taxa de mortes por bilhões de quilômetros percorridos, o Brasil apresenta valor até 2 a 17 vezes maior do que países de alta renda. Mesmo quando comparado com países como o México e Turquia,

considerados de renda média, assim como o Brasil, a taxa brasileira é de, respectivamente, 27% e 87% maior (Ferraz *et al.*, 2023).

Segundo Carvalho e Guedes (2023), o Brasil não obteve sucesso em atingir as metas de mortalidade da primeira Década de Ação pela Segurança no Trânsito período, aumentando de 346 mil para 392 mil o número de óbitos em relação à década anterior, cerca de 13,3%, sendo que este valor deveria ser uma redução de 50%. Para Carvalho e Guedes (2023) a taxa de mortalidade foi reduzida, pelo menos em parte, devido à crise econômica que ocorreu no país, o qual diminuía o número de viagens de bens e pessoas e conseqüentemente exposição de veículos e pedestres, também diminuindo o número de sinistros e atropelamentos. Porém, com o aquecimento econômico nos anos posteriores e políticas incentivando a produção e comercialização de veículos motorizados, foi observado uma elevação na taxa de motorização, principalmente de motocicletas, o que resultou também em um acentuado número de óbitos em sinistros viários, principalmente na região norte e nordeste, local onde ocorreu aumento considerável nas vendas deste modo. Calculou-se que para cada 10% de aumento na frota, houve 6% de aumento médio da mortalidade para este modo (Carvalho e Guedes, 2023).

Ferraz *et al.* (2023) apontam para a preocupação do aumento das mortes nos últimos anos. Quando considerado os dados de mortes em sinistros de transporte, o Brasil registrava queda de óbitos desde 2015, mas os anos de 2020 e 2021 registraram aumento de mortes em relação ao ano anterior, sendo o ano de 2019 com um valor de 32.879 óbitos em sinistros de Transporte, em 2020 com 33.716, resultando um aumento de 2,55% e para o ano de 2021, o número de óbitos foi de 35.032, registrando um novo aumento, desta vez de 3,90% se comparado com o ano anterior (Brasil, 2023).

Considerando que as fatalidades e lesões resultantes de violência no trânsito são em sua maioria preveníveis (WHO, 2018), estudos para evitá-las se apresentam como uma parte importante do conhecimento científico, e com isso, se faz necessário entender quais fatores podem influenciar na segurança viária.

A prática de velocidades inseguras é tratada como um dos principais fatores no combate à violência no trânsito, pois possui grande impacto tanto na ocorrência como na gravidade dos sinistros de trânsito (Elvik, Christensen e Amundsen, 2004).

Para atingir a redução de fatalidades prevista para o Brasil, em sua maioria preveníveis (WHO, 2018), foi criado o Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões

no Trânsito (PNATRANS) por meio da Lei nº 13.614/2018 (Brasil, 2018). O PNATRANS se baseia em seis pilares fundamentais para atingir a meta principal de reduzir pela metade o índice nacional de mortos no trânsito (Brasil, 2021): (1) Gestão da segurança no trânsito; (2) Vias seguras; (3) Segurança veicular; (4) Educação para o trânsito; (5) Atendimento às vítimas; (6) Normatização e fiscalização (Brasil, 2021).

Para atingir os objetivos do PNATRANS, foram estabelecidos ainda 12 metas globais de desempenho, sendo que a sexta meta apresentada está relacionada a redução da velocidade e conseqüentemente com a redução de lesões e mortes; esta meta possui relação com os pilares 2 (Vias Seguras), 4 (Educação para o Trânsito) e 6 (Normatização e Fiscalização). Esta sexta meta está descrita no PNATRANS da seguinte maneira: "Até 2030, reduzir à metade a proporção de veículos trafegando acima do limite de velocidade e reduzir as lesões e mortes relacionadas à velocidade." (Brasil, 2021, p. 9)

O PNATRANS apresenta a importância da substituição do termo "acidente de trânsito" para "sinistros de trânsito". Esta mudança se deve à tentativa de combater a ideia de que a palavra "acidente" possui uma semântica originária a algo inevitável (Brasil, 2021), em concordância com a NBR 10697 da Associação Brasileira de Normas Técnicas, na qual o termo "acidente de trânsito" não aparece mais em seu texto, assim como não se qualifica mais estes eventos como "não premeditados" (ABNT, 2020). Embora no PNATRANS o termo ainda seja utilizado devido a questões legais, esta dissertação utiliza apenas o termo "sinistro de trânsito".

Também estão presentes no PNATRANS os princípios para uma abordagem de Sistema Seguro de mobilidade, em contradição à abordagem tradicional focada apenas no fator humano. O plano aborda novos paradigmas como a ideia de que nenhuma morte no trânsito é aceitável e o fato de que seres humanos cometem erros e são vulneráveis a lesões no trânsito. Outros princípios que fazem parte de um Sistema Seguro de mobilidade são: o gerenciamento da segurança viária deve ser proativo ao invés de reativa, e; a responsabilidade é compartilhada por todos relacionados à via, como usuários, gestores, construtores, projetistas e órgãos de fiscalização (Brasil, 2021).

O QUADRO 1 apresenta as diferenças de paradigmas entre a abordagem tradicional e de Sistema Seguro.

QUADRO 1 –PARADIGMAS DE UMA ABORDAGEM TRADICIONAL E DE SISTEMA SEGURO

Tópico	Abordagem Tradicional	Abordagem de Sistema Seguro
Problema	Risco de acidentes	Mortes e lesões graves
Causa	O comportamento humano	Os seres humanos cometem erros e são frágeis
Responsabilidade	Individual, de cada usuário da via	Compartilhada: desenho, operação, uso, fiscalização etc.
Planejamento	Reativo	Proativo
Demanda por Segurança no Trânsito	As pessoas não querem segurança	As pessoas querem segurança
Recursos	Salvar vidas custa caro	Salvar vidas é custo-efetivo
Objetivo	Número ótimo/aceitável de mortos e feridos graves	Nenhuma morte ou lesão grave é aceitável

FONTE: Brasil (2021).

O Plano de Ações faz parte integral do PNATRANS, e é através dele que o plano se materializa para buscar cumprir as metas propostas de redução de óbitos no trânsito. Dividido pelos seis pilares presentes no PNATRANS, cada um recebe suas ações e, por sua vez, cada ação possui seus respectivos produtos, indicadores e metas (Brasil, 2021).

A análise dos fatores que influenciam o condutor na escolha da velocidade se relaciona mais proximamente do Pilar 2, que se refere às vias seguras, e aborda sobre a importância do planejamento, construção e manutenção das vias. Inserida no Pilar 2, a iniciativa 2 trata da atualização das diretrizes e dos parâmetros de desenho seguro, e nelas estão contidas ações relacionadas aos fatores que promovem desenho seguro das vias para todos os seus usuários. As principais ações contidas nesta iniciativa que se relacionam com o presente estudo são A2004 e A2005 (Brasil, 2021).

A ação A2004 prevê a revisão de normativos e manuais técnicos referentes à infraestrutura viária segura, de acordo com os preceitos de sistemas seguros. Alguns dos produtos inseridos na ação são: Produto P2006, prevê a elaboração de manual de medidas moderadoras de tráfego, especificando os padrões de segurança considerando as funções das vias e as necessidades de todos os usuários, mostrando a importância de definir vias locais como vias de acesso, e segregar estas vias como vias que permitem velocidades mais elevadas (Brasil, 2021).

A ação A2005 objetiva regulamentar e orientar a implantação de projetos de gestão de velocidades em áreas urbanas, através de produtos como o P2011 que deve produzir a elaboração de manual de gestão de velocidades em áreas urbanas,

em linha com a abordagem de Sistema Seguro e com a Declaração de Estocolmo (Brasil, 2021).

Com isto, um maior conhecimento dos fatores que motivam os condutores a praticarem velocidades inseguras, que é considerado um dos principais fatores relacionados a gravidade e ocorrência de sinistros viários, pode fundamentar decisões de planejadores de forma a atingir uma maior segurança viária.

1.1 OBJETIVOS

Este estudo tem como objetivo geral analisar a influência de fatores viários na prática de velocidades inseguras em vias locais da cidade de Curitiba. Os fatores viários investigados foram referentes à operação da via (tipo de sinalização, sentido de fluxo, número de faixas, presença de radares) e à estrutura (comprimento da quadra, tipo de pavimento, sinuosidade, greide, presença de medida de *traffic calming*).

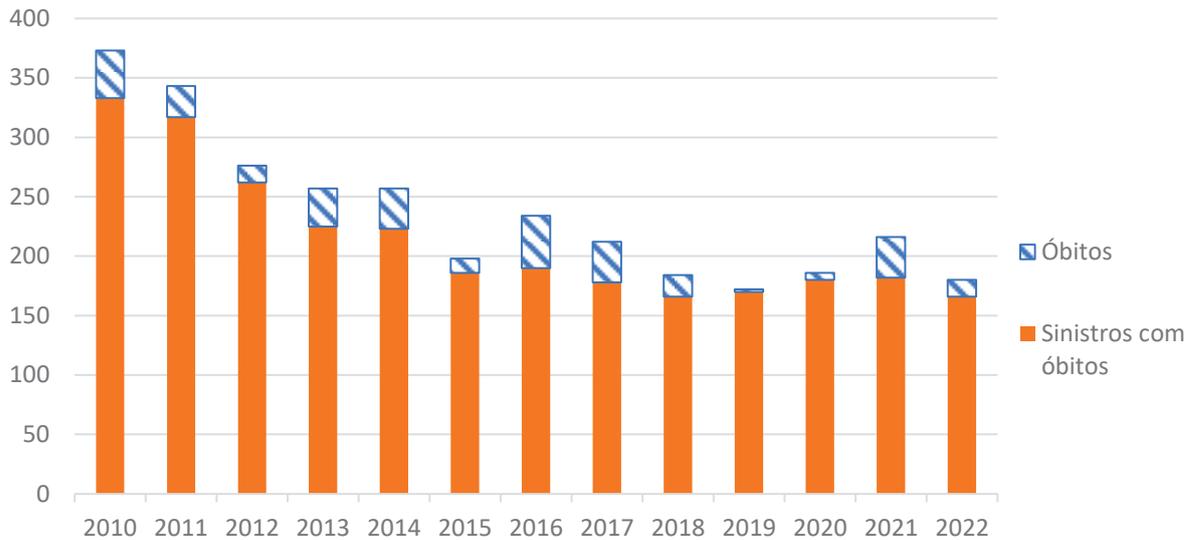
Como objetivos específicos, este estudo busca (1) caracterizar a prática de velocidades inseguras nas vias locais estudadas; (2) medir o efeito de fatores viários na prática de velocidades inseguras nas vias locais estudadas; e (3) fornecer recomendações práticas para a redução da prática de velocidades inseguras em vias locais baseadas nas características viárias.

1.2 JUSTIFICATIVA

Considerando a importância do assunto de segurança viária, e como a velocidade praticada está correlacionada com sinistros de trânsito, este estudo está inserido na análise dos fatores que levam à prática de velocidades inseguras nas vias locais de Curitiba.

A capital paranaense registrou entre os anos de 2010 e 2022 um total de 2.778 sinistros com vítimas fatais, e estes sinistros provocaram 3088 óbitos no trânsito. O número de sinistros registrados em Curitiba teve um comportamento similar ao comportamento nacional, isto é, observou-se uma tendência de diminuição do número de sinistros com óbitos na última década, mas com aumento nos últimos anos. Porém, para o ano de 2022 foi verificado uma diminuição quando comparado com o ano anterior, com 180 vítimas fatais no trânsito de Curitiba (FIGURA 1) (IPPUC, 2023).

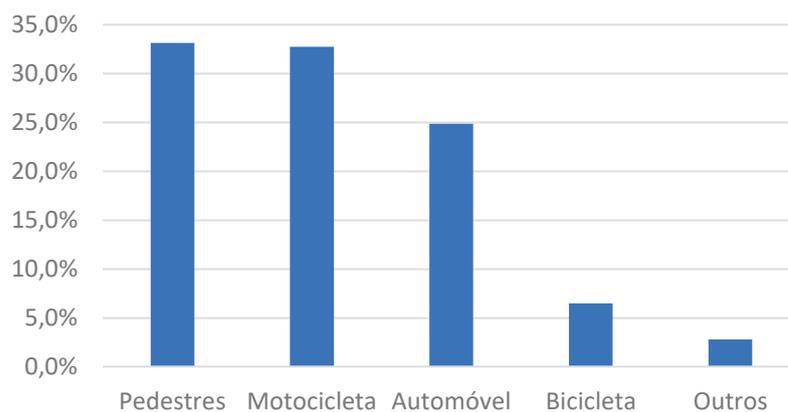
FIGURA 1 – SINISTROS COM VÍTIMAS FATAIS E QUANTIDADE DE ÓBITOS NO TRÂNSITO DE CURITIBA POR ANO



FONTE: Adaptada de IPPUC (2023).

Do total de 3.088 vítimas fatais, 33,1% estavam a pé no momento do acidente, condutores de motocicletas foram equivalentes à 32,7%, condutores de automóveis totalizaram 24,9% das vítimas fatais e ciclistas 6,5%. Outros modos somaram 2,8% do total. A FIGURA 2 apresenta os valores de óbitos categorizado por modo registrados em Curitiba entre os anos de 2010 e 2021 (IPPUC, 2023).

FIGURA 2 – PORCENTAGEM DE ÓBITOS EM CURITIBA POR MODO DE TRANSPORTE ENTRE 2010 E 2021



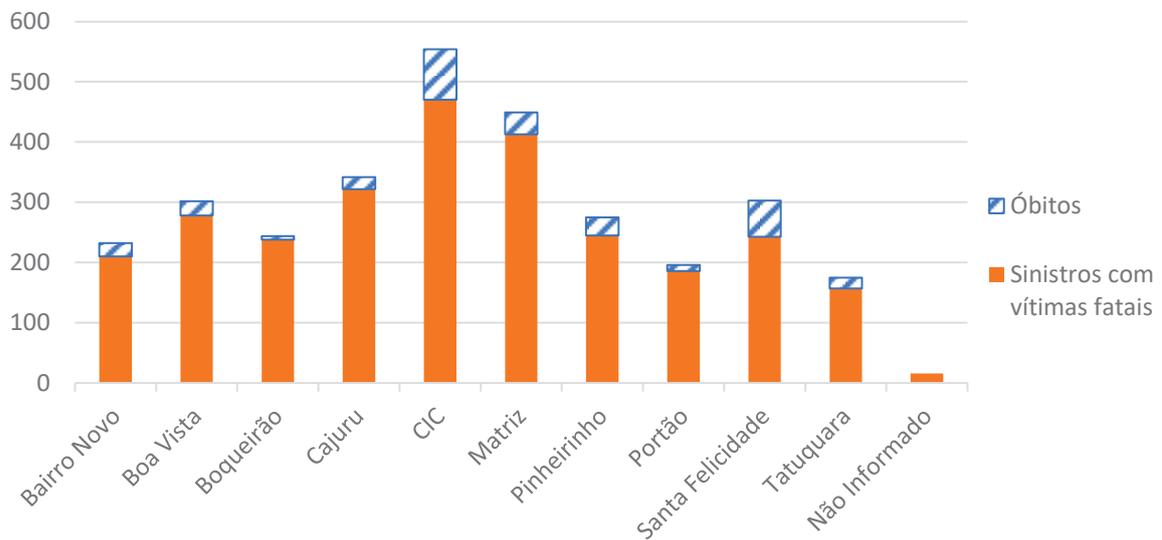
FONTE: Adaptada de IPPUC (2023).

Mohan (2016) aponta menos que 10% dos óbitos eram de ocupantes de veículos. Isto implica que o uso de cinto de segurança e presença de *airbag*, apesar

de serem efetivos para redução da gravidade para ocupantes de carro, não irão resultar em redução do número de óbitos em uma análise geral.

Se considerada a disposição geográfica dos sinistros, as regionais com maior ocorrência de sinistros com vítimas fatais foram a Matriz e CIC, com respectivamente, 449 e 554 óbitos, sendo 32,5% do total de Curitiba. As regionais do Tatuquara e do Portão são as com menor número de sinistros, com 175 e 197, respectivamente, 16 sinistros não tiveram a informação da regional informada. A FIGURA 3 apresenta os valores por regional de Curitiba.

FIGURA 3 – QUANTIDADE DE SINISTROS E ÓBITOS POR REGIONAL DE CURITIBA ENTRE 2010 E 2021



FONTE: Adaptada de IPPUC (2023).

O painel de Sinistros de Trânsito com Vítimas Fatais do IPPUC também informa sobre os tipos de vias em que foram feitos os registros, podendo ser separado em rodovias e outros tipos de vias. Dos 2.778 sinistros com óbitos registrados desde 2010, 16 registros não foi informada a via, 896 (32,3%) foram em rodovias dentro de Curitiba, como a BR-116, BR-376, BR-272 e BR-476, e os restantes 1.866 (67,2%) dos casos a via foi demarcada como “Ruas”, sendo que somente recentemente estas ruas começaram a ser identificadas no banco de dados do IPPUC (IPPUC, 2023).

Apesar de vias arteriais possuírem um fluxo de veículos em velocidades mais elevadas, vias locais e com baixo limite de velocidade podem ser um dos principais locais de conflito entre usuários vulneráveis e veículos. Perez *et al.* (2021) e Hamzeie, Savolainen e Gates (2017) observaram que a infração de excesso de velocidade

ocorria consideravelmente mais vezes em vias com limite de velocidade mais baixo. Além disso, 85% das fatalidades relacionadas ao excesso de velocidade ocorreram fora de rodovias interestaduais, e mais de 40% foram em zonas urbanas, com maior probabilidade de presença de atores vulneráveis no trânsito (NCSA, 2020; Perez *et al.* 2021)

Como a presente dissertação teve como área de estudo as vias classificadas como normais – classificação dada pela legislação de Curitiba para vias locais (Curitiba, 2019) e inseridas na regional Matriz, foi realizada breve análise correlacionando as vias com os dados de sinistros fornecidos pelo IPPUC (2023). Através de georreferenciamento, verificou-se que 258 sinistros dentro da regional Matriz ocorreram nas vias normais, ou em um cruzamento com vias normais, o que totaliza 62,5% dos sinistros com óbitos na regional Matriz.

Embora seja muito discutido por se tratar do caso mais grave, casos com óbitos não são o único resultado de sinistros viários. Um estudo realizado em Fortaleza com dados de 2004 a 2008 apontaram que dos acidentes registrados em diferentes bancos de dados, 1,4% resultaram em óbito, e 46,6% com feridos graves ou leves (Almeida *et al.*, 2013). Isso indica que a quantidade de pessoas afetadas por sinistros de trânsito em vias locais é muito maior do que expresso através dos números de acidentes com vítimas fatais. Com isso se faz necessário o entendimento dos fatores presentes na via, geométricas e operacionais, que possam induzir o condutor a praticar velocidades inseguras para o ambiente em que está inserido.

2 REVISÃO DE LITERATURA

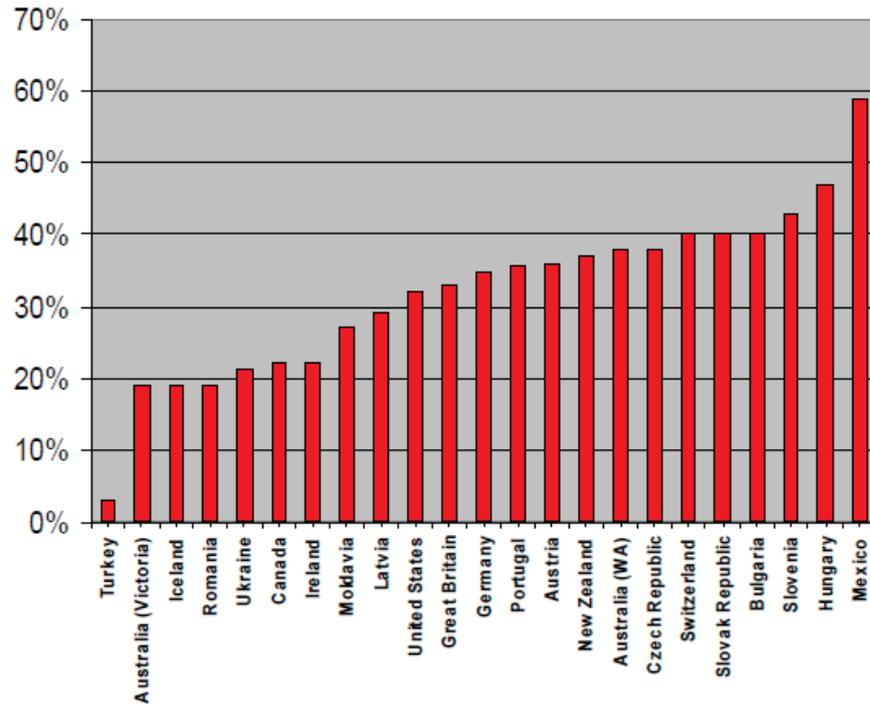
A revisão bibliográfica da pesquisa foi dividida em três partes principais. A primeira parte aborda sobre a importância da análise da velocidade dos veículos como fator de risco para segurança viária. A segunda parte aborda sobre os métodos de captura de dados de velocidade e sobre estudos naturalísticos no Brasil e no mundo. A terceira e última parte da revisão da literatura é destinada a caracterização de vias locais e sobre a prática de velocidade inseguras, principalmente nestas vias.

2.1 VELOCIDADE COMO FATOR DE RISCO

A velocidade é um dos principais fatores de risco à vida quando ocorre um sinistro no trânsito. Isso se deve tanto ao aumento da distância percorrida durante o tempo de percepção e reação quanto ao aumento da distância de frenagem em si. Além disso, efeitos de erros de condutores são ampliados em velocidades elevadas (OPAS, 2012).

Relatórios de segurança viária de diversos países relataram que o excesso de velocidade foi contabilizado como fator de causa entre 19% e 60% dos sinistros com vítimas fatais. O México foi o país com valor mais alto (60%) nos anos entre 2022 e 2023. Apenas Turquia registrou um valor de 3%, sendo os demais países participantes apontaram o excesso de velocidade como fator em sinistros com óbitos entre 19% e 46% (FIGURA 4). Mesmo quando não se tratava do fator principal, o excesso de velocidade foi considerado como fator agravante em todos os sinistros (OECD, 2006).

FIGURA 4 – VELOCIDADE COMO FATOR EM SINISTROS COM ÓBITOS



FONTES: OECD (2006).

Segundo Elvik, Christensen e Amundsen (2004), existe uma relação estatística consistente entre a velocidade com o número e gravidade de sinistro, sendo que esta relação pode ser observada em vias com velocidades entre 25 km/h até 120 km/h.

Vias urbanas devem ser projetadas de modo a oferecer mobilidade e acomodar vários tipos de usuários, incluindo pedestres e ciclistas. De maneira geral, velocidades mais baixas são desejáveis nestas vias de modo a atender a sua função e também manter a segurança viária, mas velocidades superiores à regulamentada são comumente registradas (Wang, 2006).

Por este motivo, a Organização Mundial da Saúde (OMS) sugere que velocidades em áreas urbanas não sejam superiores a 50 km/h (WHO, 2018). Apesar disto, o Código de Trânsito Brasileiro (Brasil, 1998) apresenta valores superiores a 50 km/h.

No Brasil, as velocidades limites das suas vias são estabelecidas à princípio pelo Código de Trânsito Brasileiro (CTB). O CTB, instituído pela Lei 9.503 de 23 de setembro de 1997, em seu capítulo III, Artigo 60, classifica as vias abertas à circulação, de acordo com sua utilização, em: I – nas vias urbanas: via de trânsito rápido, via arterial, via coletora e via local; II – nas vias rurais: rodovias e estradas. Já

o Artigo 61, define que a velocidade máxima permitida em cada via será indicada por meio de sinalização, levando-se em conta suas características técnicas e as condições de trânsito. Quando não sinalizada, a velocidade máxima permitida fica definida da seguinte forma (Brasil, 1997):

- 1) Nas vias urbanas:
 - i) Oitenta quilômetros por hora, em vias de trânsito rápido;
 - ii) Sessenta quilômetros por hora, em vias arteriais;
 - iii) Quarenta quilômetros por hora, em vias coletoras;
 - iv) Trinta quilômetros por hora, em vias locais.

O CTB classifica no Artigo 258 as infrações punidas com multa, de acordo com sua gravidade, em quatro categorias (Brasil, 1997):

- i) Infração de natureza gravíssima, punida com multa no valor de R\$ 293,47 (duzentos e noventa e três reais e quarenta e sete centavos);
- ii) Infração de natureza grave, punida com multa no valor de R\$ 195,23 (cento e noventa e cinco reais e vinte e três centavos);
- iii) Infração de natureza média, punida com multa no valor de R\$ 130,16 (cento e trinta reais e dezesseis centavos);
- iv) Infração de natureza leve, punida com multa no valor de R\$ 88,38 (oitenta e oito reais e trinta e oito centavos).

Embora já esteja bem difundido que a prática de velocidades inseguras seja o principal fator agravante no risco de sinistros viários, políticas são mais severas no combate a outras infrações, como dirigir alcoolizado em relação às infrações de excesso de velocidade.

No Brasil, a Lei nº 9.503/1997, que institui o Código de Trânsito Brasileiro, (CTB) estabelece que a infração por dirigir sob a influência de álcool é classificada como gravíssima (Brasil, 1997), com multa de R\$ 2.934,70, podendo ser dobrada caso seja caso reincidente. Para a infração de excesso de velocidade o CTB estabelece que se trata de uma infração média, grave e gravíssima, para velocidades até 20%, até 50% e acima de 50% da velocidade máxima permitida, respectivamente, reforçando a ideia de leviandade a respeito do excesso de velocidade nas políticas públicas.

Mas o Brasil não se trata de um caso isolado. Outros países, como na Suécia, estar alcoolizado na direção pode acarretar até 2 anos de prisão, e o excesso de velocidade acarreta multa correspondente a 2 dias de trabalho (Hydén, 2016).

A recomendação da OMS em manter velocidades abaixo de 50 km/h em vias urbanas tem como base pesquisas as quais indicam que a probabilidade de óbito cresce de maneira rápida para velocidades acima de 30km/h, e para velocidades acima de 50 km/h, a chance de sinistro com pedestre que resultam em mortes é maior que 80% (OPAS, 2012). Por isso que mesmo uma diminuição de 10 km/h na velocidade regulamentar pode diminuir consideravelmente as chances de fatalidades na ocasião de um sinistro.

Embora a redução da velocidade seja uma medida recomendada pela OMS, ainda há certa dificuldade em sua implementação efetiva, pois trata de um tema polêmico devido ao fato de usuários de veículos considerarem que redução de velocidade máxima impacta substancialmente no tempo de viagem. No entanto, estudo realizado pela Companhia de Engenharia de Tráfego de São Paulo – CET-SP (Sarno, 2016) analisou o impacto da diminuição do limite de velocidade em marginais da capital paulista e concluiu que o fluxo de veículos permaneceu semelhante mesmo após a alteração de velocidade.

De modo semelhante, Nunes *et al.* (2022) realizaram um estudo sobre o efeito no tempo de viagem em corredores de vias arteriais que sofreram readequação no limite regulamentar de velocidade no município de Fortaleza-CE. Através de dados de fiscalização eletrônica foi observado um acréscimo médio de 4,72% nas vias estudadas, nas quais o limite de velocidade máxima reduziu de 60km/h para 50km/h. Este valor equivale a um aumento médio de apenas 6,08 segundos para cada quilômetro percorrido, reforçando que o risco presente no excesso de velocidade não é justificado pelo ganho de tempo (Nunes *et al.*, 2022).

Políticas viárias são importantes para manutenção da mobilidade e segurança no trânsito. Os Países Baixos implantaram medidas na década de 90 para diminuir sinistros de trânsito. Foram realizadas implantações de um sistema viário mais sustentável, com vias que mitigam ao máximo sinistros, e que quando eles ocorrem, a severidade dos ferimentos seja drasticamente menos severa. Foram também adotadas políticas de educação e fiscalização. Ao total foi estimado uma prevenção entre 1.600 e 1.700 mortes entre os anos de 1998 e 2007 (Weijermars e Wegman, 2011). Estudos realizados em vários países apontam que cerca de 90% dos

condutores se consideram acima da média na questão habilidade, e por este motivo acreditam que acréscimos de velocidade não se traduzem em maiores riscos em suas viagens (OPAS, 2012).

No relatório sobre motivações para a prática do excesso de velocidade, a Administração Nacional de Segurança Rodoviária dos Estados Unidos procurou identificar as motivações por trás da prática do excesso de velocidade, desenvolvendo uma modelagem dos papéis relacionados a fatores situacionais, demográficos e de personalidade para prever as velocidades durante as viagens (Richard *et al.*, 2012).

O estudo conseguiu fazer algumas observações: jovens do sexo masculino têm uma maior chance de desrespeitar limites de velocidade; algumas variáveis socioeconômicas foram consideradas como preditores significativos para a prática do excesso de velocidade; personalidade pode afetar mais que fatores demográficos na escolha da velocidade praticada, como condução agressiva e desatenção (Richard *et al.*, 2012). Isto confirma o fato que não somente um fator, mas sim um conjunto de fatores afeta o condutor na escolha da velocidade praticada.

Um estudo feito em São Paulo analisou hipóteses sobre segurança viária levantadas em oficinas nas quais a velocidade dos veículos se tratava da parte da análise. Para a análise das hipóteses levantadas nas oficinas foram utilizados os bancos de dados de sinistros de trânsito e características viárias. A estes bancos de dados foram relacionados ainda dados do Uber Movement, que são capturados a partir das viagens em andamento de motoristas parceiros. As velocidades registradas através da plataforma do Uber Movement foram então georreferenciadas e relacionadas com as características viárias de modo a estipular uma velocidade média para cada segmento de via, sendo posteriormente relacionado com os dados de sinistralidade. Foram feitos 572 milhões de registros de velocidade média de hora em hora por segmento de via em 2018 com 16 mil quilômetros de vias da cidade de São Paulo, distribuídos em 140 mil faces de quadra e seus respectivos atributos, e com os dados dos 13 mil acidentes ocorridos naquele ano, com suas mais de 15 mil vítimas (Meyer *et al.*, 2020).

Com estas informações agrupadas, foram realizadas as análises das hipóteses elaboradas.

Meyer *et al.* (2020) observaram que quando há congestionamento na via, os sinistros são mais frequentes. Em congestionamentos leves, equivalente à 50% da velocidade em fluxo livre, a probabilidade de sinistros ocorrerem é de 3,7 vezes maior

quando comparado à via sem congestionamentos. Para congestionamentos pesados, onde a velocidade é de 25% da velocidade em fluxo livre, a probabilidade é 6,3 vezes maior.

O estudo também apontou que veículos atingem maiores velocidades em quadras mais longas. Para cada 62 metros a mais no tamanho das quadras, a velocidade aumentava, em média, 1 km/h (Meyer *et al.*, 2020).

Análises feitas por Meyer *et al.* (2020) mostram que para quadras maiores, os sinistros viários são mais severos. Apesar da média das velocidades em quadras maiores serem apenas um pouco mais elevadas, o tamanho mais longo destas vias permite que condutores atinjam velocidades maiores, o que implica em sinistros mais graves. Quadras maiores também aumentam o número de atropelamentos, possivelmente devido a um maior número de pedestres buscando fazer a travessia em locais não adequados.

Outras hipóteses que Meyer *et al.* (2020) confirmaram foram:

- Quando ocorre um acidente, a velocidade média da via se reduz nos dois sentidos, por um período de tempo considerável;
- Acidentes envolvendo motoristas do sexo masculino tendem a ser mais severos.

O estudo também apresentou duas hipóteses que não foram confirmadas:

- Sempre que o fluxo está livre, há mais acidentes fatais;
- Quando as velocidades dos dois sentidos da via são muito diferentes, os acidentes são mais frequentes e mais severos, especialmente com motociclistas.

2.1.1 Risco para ocorrência e para severidade de sinistros

O excesso de velocidade se apresenta como agravante tanto na probabilidade quanto na severidade de sinistros de trânsito. Embora existam grupos que debatam que as velocidades elevadas praticadas tragam benefícios referentes às horas trabalhadas quando comparadas com os óbitos e feridos em sinistros de trânsito, vários estudos já demonstraram a correlação entre excesso de velocidade com o número e severidade dos sinistros viários. Esta relação estatística foi observada tanto no aumento da velocidade, ocasionando maior número de casos, quanto na

diminuição da velocidade resultando em menos casos e em uma menor severidade (Mohan, 2016).

Mohan (2016) apresenta três aspectos que conectam o excesso de velocidade com a chance de ocorrência e de severidade de sinistros, sendo eles o tempo de reação, a distância de frenagem e a energia no momento do impacto.

O tempo de reação está relacionado com o excesso de velocidade devido ao aumento no tempo da ação entre a percepção e o início da ação da tentativa de prevenção de alguma colisão. Em baixas velocidades, além do condutor possuir maior controle do veículo, a duração do tempo de reação resulta em menores distâncias percorridas até o início da ação de manobra. Para velocidades mais altas, além da diminuição do ângulo de percepção do condutor, o tempo de reação faz com que a distância percorrida neste período aumente. Tendo como base um tempo de reação de 1,7 segundos para manobras com o volante e 2,2 segundos para acionar os freios, condutores a 80km/h irão percorrer uma distância extra, se comparados com veículos a 50km/h, de 19m e 14m para acionar os freios e iniciar a manobra evasiva, respectivamente (Mohan, 2016).

Após o tempo de reação, ainda é necessário contabilizar a distância percorrida até a conclusão do processo de frenagem, sendo esta distância relacionada à velocidade no início da manobra. Na análise então da ocorrência ou não do sinistro de trânsito, observa-se que um condutor com maior velocidade percorre uma distância maior, tanto para o tempo de reação, quanto para a realização da manobra de parada.

Além do aumento na probabilidade de ocorrência, a velocidade também está presente na severidade dos sinistros de trânsito. Conforme a velocidade aumenta, a chance de vítimas com ferimentos mais graves também aumenta, sendo que o aumento para cada 1 km/h na velocidade média, resulta em adição de aproximadamente 5% na chance de fatalidades (WHO, 2017). A Organização Mundial da Saúde também afirma que um pedestre adulto tem uma chance de 20% de vir a óbito em acidentes com velocidade abaixo de 50 km/h, mas este valor passa para 60% para velocidades de 80 km/h.

Estudos conduzidos em 21 países indicaram que a diminuição dos limites de velocidade de 60 para 50 km/h resultaria em uma queda de 25% no número de fatalidades e feridos. O excesso de velocidade resulta em maior energia cinética no momento de impacto, esta energia é transferida para o corpo humano. A TABELA 1 apresenta a relação entre o aumento de velocidade e de energia cinética, e é possível

verificar que até pequenos aumentos na velocidade podem acarretar aumento de energia cada vez maiores (Mohan, 2016).

TABELA 1 – RELAÇÃO ENTRE AUMENTO DE VELOCIDADE E DE ENERGIA

Aumento na velocidade	Aumento de energia
10%	21%
20%	44%
50%	125%
200%	400%
300%	900%

FONTE: Mohan (2016).

2.2 MÉTODOS DE COLETA DE DADOS DE VELOCIDADE

Com a necessidade de combater a violência no trânsito, várias pesquisas foram elaboradas de modo a estudar o comportamento dos condutores. Singh e Kathuria (2020) apontaram quatro diferentes métodos de coleta de dados que fundamentam este tipo pesquisa. Pesquisa feitas através de questionários se trata de um dos métodos mais comuns para análise do comportamento no trânsito. Ele pode permitir uma visão do condutor no momento do sinistro, mas este método é questionado por ser sujeito ao viés de memória e à concepção do que é socialmente aceito como comportamento adequado por parte do condutor (Dozza *et al.*, 2015).

Outro método utilizado é através de dados levantados de modo a reconstruir o tipo de evento estudado, porém ele não possibilita a análise profunda do comportamento de condutores. O terceiro método foi criado para verificar o comportamento de condutores dentro de um ambiente controlado por meio de simuladores. Este método apresenta a possibilidade de analisar o comportamento do condutor no momento de interesse para a pesquisa, mas foi observado que a conduta do motorista era diferente quando comparado aos estudos naturalísticos (Singh e Kathuria, 2020).

Os estudos naturalísticos surgiram então para suprir a necessidade de avaliação do comportamento do condutor em um ambiente cotidiano real, através de equipamentos sem qualquer estímulo ou desencorajamento em relação ao seu comportamento padrão (Bastos *et al.*, 2023).

2.2.1 Dados naturalísticos

Estudos naturalísticos de direção, ou em inglês, *Naturalistic Driving Studies* (NDS) são pesquisas que envolvem a coleta de dados reais de maneira não intrusiva do veículo, do condutor, e do ambiente, incluindo interação com outros condutores e pedestres, condições físicas e operacionais da via e condições climáticas. Esses estudos visam entender como as pessoas dirigem em situações do dia a dia, observando-as em seus ambientes naturais, em vez de em ambientes controlados ou simulados.

Estudos naturalísticos de direção foram definidos por Van Schagen *et al.* (2011) como estudos que permitem análise do comportamento do condutor em suas viagens cotidianas através de gravação do motorista, do veículo e de seu ambiente sem controle experimental.

Esses estudos envolvem a participação de voluntários ou indivíduos que concordam em equipar seus veículos com dispositivos de coleta de dados, como câmeras, sensores e outras ferramentas de gravação de dados. Os dados obtidos desses estudos fornecem uma compreensão abrangente dos comportamentos de direção e dos fatores que contribuem para a segurança no trânsito, ajudando no desenvolvimento de estratégias para melhorar práticas de direção e segurança veicular.

Um dos primeiros estudos naturalísticos em larga escala foi o *100-Car Naturalistic Driving Study* ocorreu nos Estados Unidos e teve participação de 241 condutores entre 18 e 73 anos. Durante 18 meses foram coletados dados de diferentes condutores totalizando 42.300 horas. Estes dados ainda estão sendo utilizados em pesquisas adicionais além daqueles previstas originalmente, sendo este um potencial deste método de pesquisa (Dingus *et al.*, 2006). Outra potencialidade observada foi a utilização das gravações de vídeos para análise dos eventos de sinistro ou quase-sinistro, fornecendo informações do comportamento do condutor durante ou previamente aos eventos, como erro humano, sonolência e distração.

Vários estudos naturalísticos foram realizados desde então. Estudos em larga escala foram feitos em diversos locais como na União Europeia, Austrália, China, Irã, Japão e Canadá. A importância de diversos locais de estudo se dá pelo fato de que vários fatores influenciam diferentes motoristas. Resultados do estudo UDRIVE, feito na Europa, observaram diferenças nos comportamentos entre condutores de diferentes países como em relação ao uso de cinto de segurança, distração, e respeito com ciclistas (Van Nes *et al.*, 2019).

A TABELA 2 apresenta um resumo dos principais estudos naturalísticos realizados.

TABELA 2 – PROJETOS DE ESTUDOS NATURALÍSTICOS DE DIREÇÃO

Projeto	Países	Ano de início	Veículos	Condutores	Horas de condução	Distância [km]
100 Car NDS	EUA	2001	100	241	42.300	3.218.688
SHRP2 NDS	EUA	2006	3.500(2)	3.500(2)	1.000.000(2)	56.327.040
ANDS	Austrália	2015	346	409	716.320	1.512.630
UDRIVE	UE(1)	2012	192	287	87.870	4.000.000(2)
Candrive I	Canadá	2009	100	100	-	-
CNDS	Canadá	2013	140	149	53.000(2)	1.800.000(2)
-	Japão	2006	60	60	-	-
SH-NDS	China	2012	5	60	-	750.000
-	Irã	2017	52	52	546(2)	25.740(2)
NDS-BR	Brasil	2019	32	32	381	9.444

Nota:(1) Reino Unido, Países Baixos, França, Espanha, Alemanha e Polônia;(2) Valor aproximado.

FONTE: Adaptada de Bastos *et al.* (2023).

O segundo estudo em larga escala nos Estados Unidos, o *Strategic Highway Research Program-2 (SHRP2)*, coletou dados de aproximadamente 3.500 condutores em seis estados com um total aproximado de 56 milhões de quilômetros percorridos, sendo observados durante o estudo mais de 1.541 sinistros e 2.705 quase-sinistros registrados (Njord e Steudle, 2015).

O *Canadian Naturalistic Driving Study (CNDS)* utilizou-se de 140 veículos com aproximadamente 53 mil horas de dados coletados de condutores no Canadá, assim como o *Candrive*, com 100 condutores. Na Austrália o *Australian Naturalistic Driving Study (ANDS)*, iniciou-se em 2015 e totalizou mais de 700 mil horas através de mais de 400 condutores. O *eUropean Naturalistic Driving and Riding for Infrastructure and Vehicle safety and Environment (UDRIVE)* foi outro estudo em larga escala realizado para compreender o comportamento dos condutores não só de carros, mas também de caminhões e inclusive veículos motorizados de duas rodas (Bastos *et al.*, 2023).

Estes estudos naturalísticos serviram e ainda servem de banco de dados para novas pesquisas e estudos.

Perez *et al.* (2021) verificaram fatores que poderiam afetar a probabilidade da prática do excesso de velocidade utilizando o bando de dados do SHRP2. Através do estudo naturalístico e informações de um questionário aplicado com os condutores, foram feitas análises estatísticas baseadas em regressão beta binomial chegaram a

conclusão de que a idade mostrou uma influência significativa na probabilidade de excesso de velocidade, com uma tendência de queda nas chances de excesso de velocidade conforme aumenta a idade. Motoristas com idades entre 16-24 anos apresentaram uma probabilidade de exceder o limite de velocidade 1,5 vezes maior do que motoristas com 80 anos ou mais, corroborando com outros estudos que verificaram que jovens tendem a praticar excessos de velocidade (Williams, Kyrychenko e Retting, 2006; Duarte e Mouro, 2020; Richard et al., 2020). Outra conclusão foi que o gênero também foi um fator relevante, com os homens tendo uma probabilidade 1,1 vezes maior de exceder o limite de velocidade em comparação com as mulheres.

A análise também indicou que as chances de excesso de velocidade eram maiores em vias com limites de velocidade mais baixos. Em zonas com limites entre 10 e 20 mph, as chances de excesso de velocidade eram 9,5 vezes maiores do que em zonas com limites superiores a 60 mph. Isso sugere que os motoristas podem subestimar os riscos associados ao excesso de velocidade em áreas com limites de velocidade mais baixos (Perez *et al.*, 2021).

Assim como outros estudos naturalísticos, o banco de dados formado pelo SHRP2 ainda possibilita a criação de conhecimento. Alguns dos estudos elaborados baseados no SHRP2 analisam o efeito do sentimento de raiva na condução de um veículo, do impacto da névoa na condução, e efeito de chuvas fortes na velocidade praticada (Singh e Kathuria, 2020).

No Japão, estudos naturalísticos possibilitaram realizar estudos de incidentes entre veículos e pedestres, e foi concluído que as principais causas de incidentes em interseções foram por desvio de atenção do condutor ou por obstrução de visão. Fora das interseções o padrão foi o mesmo, com a adição de que pedestres podem se locomover de maneira inesperada (Habibovic *et al.*, 2013).

Na Austrália foram verificados que, em média, o condutor se envolve com tarefas secundárias a cada 96 segundos (Young *et al.*, 2019) e também que o tipo de interseção é um fator de design crucial que influencia significativamente o comportamento de velocidade dos motoristas. Especificamente, as rotatórias se diferenciam por terem velocidades médias significativamente mais baixas em comparação com as outras interseções. Além disso, as rotatórias são o único tipo de interseção que parece ser capaz de garantir um nível muito baixo (<10%) de risco de acidentes fatais ou com lesões graves (Morgardini *et al.*, 2020). Outro estudo na

Austrália foi realizado por Ellison e Greaves (2015), onde analisaram os ganhos de tempo que a prática do excesso de velocidade permite. Na média, concluiu-se que o condutor economiza 2 minutos por semana com a prática do excesso de velocidade, valor ínfimo em comparação dos riscos que esta prática apresenta (Ellison e Greaves, 2015).

Apesar de todos os benefícios apresentados dos estudos naturalísticos, o método possui limitações. Cada estudo tem sua peculiaridade, mas a quantidade de informação gerada por estes tipos de estudo é em grandes quantidades, e necessitam de muito espaço de armazenamento, e apesar de estarem surgindo opções mais econômicas, ainda requer recursos consideráveis (Singh e Kathuria, 2020). Além disso, interferências na captação por parte do gps, ou ruídos na captação do som podem prejudicar análises posteriores. Outras limitações do método é o processamento das imagens gerados por vídeo, podendo se tratar de uma tarefa intensiva de trabalho, a falta de privacidade do motorista e a ausência da motivação da viagem, sendo necessária outro tipo de pesquisa complementar, como questionários.

2.2.2 NDS-BR

Iniciado no ano de 2019, o primeiro Estudo Naturalístico de Direção Brasileiro (NDS-BR) possui uma base de dados coletados em diferentes períodos desde seu início com uma pausa na coleta no período da pandemia de COVID-19 (Bastos *et al.*, 2023).

O NDS-BR coletou dados de 32 condutores na cidade de Curitiba, capital do estado do Paraná e na sua região metropolitana. O período de coleta variou entre 2 e 3 semanas e foram gravadas 381 horas de condução divididas em 1.002 viagens totalizando 9.444 km percorridos (Bastos *et al.*, 2023).

A TABELA 3 apresenta um resumo das rodadas de pesquisa realizada pela pesquisa.

TABELA 3 – PERÍODOS E NÚMERO DE CONDUTORES DAS PESQUISAS DO NDS-BR

Rodada	Período	Condutores
1	agosto/2019 – outubro/2019	8

2	novembro/2020 – março/2021	8
3	maio/2021 – julho/2021	4
4	dezembro/2022 – *	*

Nota:(*) Ainda em andamento.

FONTE: Adaptado de Bastos *et al.* (2023).

A coleta de dados foi realizada no âmbito do primeiro Estudo Naturalístico de Direção Brasileiro (*Brazilian Naturalistic Driving Study, NDS-BR*). A realização do NDS-BR foi aprovada no Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo seres humanos do Setor de Ciências da Saúde da UFPR (CEP/SD), sob o Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) de nº 52443421.8.0000.0102, parecer nº 5.098.994.

Assim como os demais estudos naturalísticos, os dados coletados servem como fundamento para pesquisas e irão ser utilizados para futuras produções científicas. O *NDS-BR* serviu como base de dados para investigações como do uso do celular durante a condução (Bastos *et al.*, 2020), do uso do celular com a presença de carona (Bastos *et al.*, 2021) indicadores de segurança viária relacionado ao tipo de uso do celular (Kubo, 2022), comportamento de ciclistas (Queiroz e Oliveira, 2022), e comportamento de pedestres durante a travessia da via (Kudla, Santos e Bernardinis, 2022).

Pesquisas referentes ao excesso de velocidade foram realizadas utilizando os dados proporcionados pelo *NDS-BR*. Suginoshita *et al.* (2020) verificaram os fatores físicos e operacionais no comportamento de excesso de velocidade de duas vias arteriais urbanas e concluíram que a presença de radares e ausência de permissão de estacionamento aumentaram as probabilidades de condutores não praticarem o excesso de velocidade.

De maneira similar Monteiro e Bastos (2024) investigaram os fatores que podem induzir o excesso de velocidade nos três eixos de vias arteriais de Curitiba. O estudo apontou que o excesso de velocidade ocorre de maneira significativa nas vias de trânsito rápido de Curitiba (PR), com uma média de 20,64% do tempo sob excesso de velocidade nos segmentos analisados. Sendo identificado o valor de 13,01% do tempo sob excesso de velocidade mais que 20% acima do limite regulamentar em um dos eixos. Foi concluído que a presença de semáforos e a presença de estacionamento indicava uma propensão para o excesso de velocidade, e que radares

de fiscalização eletrônica se mostraram um fator determinante para o desencorajamento ao excesso de velocidade.

Amancio (2021) verificou através dos dados do NDS-BR a velocidade praticada por condutores nas proximidades de radares de fiscalização eletrônica em Curitiba, no qual encontrou dois padrões de comportamento dos condutores, o “efeito canguru”, que se trata da diminuição da velocidade no local pontual da presença da fiscalização, e o efeito de compensação que se refere a tentativa de recuperar o tempo considerado como perdido na fiscalização com velocidades superiores.

Cordeiro (2022) analisou os excessos de velocidade através dos dados do NDS-BR em relação ao sexo do condutor, à hierarquia viária e ao uso ou não de celular e cinto de segurança. Em relação ao sexo do condutor, foi observado que homens apresentam uma maior variação média de velocidade, mas que a duração dos eventos não teve diferença significativa. O autor também observou que a frequência de ocorrências de excesso de velocidade ocorreu em maior quantidade em vias locais, aproximadamente 130 casos por hora.

Estudos feitos com o NDS-BR também verificaram o impacto do ambiente construído na prática do excesso de velocidade através de um modelo de regressão geograficamente ponderada. Observou-se que o excesso de velocidade ocorreu predominantemente em zonas de menor renda média, com menor proporção de vias arteriais, com menor densidade de semáforos e radares, com menor diversidade de uso do solo, e com maior densidade populacional (Santos, 2022).

Szeliga (2022) verificou a escolha de velocidade dos condutores em manobras de conversão utilizando-se dos dados provenientes do NDS-BR. A análise foi feita através da variação de velocidade no início da curva e seu valor médio em curva, verificando que as velocidades mais elevadas foram realizadas em ângulos de curvas menores, com raios maiores, em manobras realizadas à esquerda, na presença de semáforo, sem chuva e durante a noite.

Por fim, Fuhrman *et al.* (2023) analisaram os excessos de velocidade na área calma de Curitiba, zona onde a velocidade é regulamentada como 40 km/h. A análise foi feita através de regressão logística binária, relacionando a prática do excesso de velocidade com a presença de semáforos, quantidade de faixas destinadas ao deslocamento de veículos, sinalização e comprimento de quadra. Também foi feita análise de tempo economizado com a prática do excesso de velocidade. Foi concluído que quadras com mais de uma faixa e com comprimentos acima de 150 m foram mais

associados à desobediência aos limites de velocidade. O estudo também apresentou resultados positivos para a presença de semáforos, pois diminuíram a chance de ocorrência do excesso de velocidade. A análise apontou que radares não tiveram impacto estatisticamente significativo. Para a análise do tempo ganho com a prática do excesso de velocidade, Fuhrman *et al.* (2023) concluíram que o tempo economizado foi de 1,86% em relação ao tempo total, considerando irrisório frente ao aumento dos riscos relacionados à prática do excesso de velocidade.

2.3 VELOCIDADES INSEGURAS EM VIAS LOCAIS

Vias locais são ruas destinadas ao tráfego de veículos em áreas urbanas ou suburbanas com origem ou destino local, diferentemente das vias coletoras ou arteriais que possuem a função de carregar o fluxo de veículos para outras regiões. Elas são projetadas para permitir principalmente o acesso a propriedades residenciais e comerciais, sem o intuito de serem rotas principais ou de grande tráfego.

Vias locais tendem a possuir um baixo volume de tráfego quando comparada com as demais vias da hierarquia viária urbana, como vias coletoras e arteriais. Os limites de velocidades nas vias locais são reduzidos de modo a garantir maior segurança de pedestres e de residentes.

Vias locais também possuem um grande número de interseções, e é comum uma rede viária mais densa, de modo a garantir acesso aos lotes da região. Elas tendem a possuir uma caixa de via mais estreitas, comumente com duas faixas destinada ao de fluxo de veículos.

No Código de Trânsito Brasileiro (CTB), vias locais são definidas como aquelas caracterizadas por interseções em nível não semaforizadas, destinada apenas ao acesso local ou a áreas restritas (Brasil, 1997).

Porém, em Curitiba, a classificação das vias não possui uma tipologia de via chamada como “local”, sendo as classificações definidas principalmente como setoriais, coletoras, principais e normais. As vias normais possuem definições semelhantes com vias locais, ou seja, “aquelas cuja característica predominante é o acesso local e cujo parâmetro de uso do solo e porte é aquele estabelecido para o eixo, zona ou setor especial em que estão situadas.” (Curitiba, 2019).

Como o risco de sinistros e a gravidade das vítimas tem forte ligação estatística com o excesso de velocidade, é inevitável pensar nas vias de trânsito

rápido como um dos principais locais para garantir velocidades adequadas. Esta ideia é reforçada pela distribuição de redutores e controladores de velocidade, os quais se localizam em sua maioria em vias de trânsito rápido (IPPUC, 2023). Porém, como observado pelos estudos fundamentados no NDS-BR, os condutores que participaram do programa apresentaram um comportamento que contradiz essa ideia. Excessos de velocidade foram observados em zonas com menor proporção de vias arteriais (Santos, 2022) e majoritariamente em vias locais (Cordeiro, 2022).

Cordeiro (2022) observou excesso de velocidade em vias locais em 31,04% do tempo, valor acima de vias coletoras (16,63%) e arteriais (8,88%), estando abaixo somente quando comparado com vias de trânsito rápido (41,80%). Quando relacionado com o tempo em que existia a possibilidade de excesso de velocidade, o valor do tempo de excesso de velocidade foi de 64,44%. Outra observação foi que dessa porcentagem, o excesso ocorreu acima de 20% do limite de velocidade durante 64,32% do tempo, indicando um comportamento preocupante dos condutores em vias locais.

Quando comparado com o número de eventos por hora, as vias locais apresentaram o maior valor de todos os tipos de vias, totalizando 129,93 eventos de excesso de velocidade por hora. Porém, a duração média dos eventos foi de 9,27 segundos, sendo o maior valor de vias de trânsito rápido com duração de 19,63 segundos (Cordeiro, 2022). O estudo também verificou os eventos nos quais o excesso de velocidade ocorreu por um tempo com duração maior do que 7 segundos, eventos esses chamados de “episódios agressivos”. Foram identificados 1.353 episódios agressivos e 17.234 não agressivos. Deste total 61,86% dos episódios agressivos e 46,80% dos não agressivos ocorreram em vias locais.

Embora vários estudos indiquem que velocidades mais baixas resultam em menores probabilidades de lesões mais graves, estudos feitos no Reino Unido apontaram que aproximadamente metade dos pedestres fatalmente feridos foram atingidos a velocidades de impacto de abaixo de 30 mph (48 km/h) (Richards, 2010).

Este valor indica a grande quantidade de sinistros em locais com muitos pedestres, resultando em uma grande quantidade de fatalidades (Richards, 2010).

Em pesquisa feita através de questionários no Japão, Dinh e Kubota (2012) verificaram que a maioria dos condutores reconhecem a importância de baixos limites de velocidade em zonas residenciais, e os que não apoiavam o limite de 30km/h, eram condutores que já tinham cometido infrações de trânsito, e não viam como problema

dirigir em velocidades elevadas. A solução mais proposta pelos entrevistados foi a de implantação de dispositivos de *traffic calming* e maior educação sobre os perigos do excesso de velocidade, tendenciando a responsabilidade para planejadores urbanos e projetistas das vias.

2.3.1 Fatores viários que influenciam em velocidade inseguras em vias locais

Existem vários fatores que podem influenciar na escolha da velocidade por parte do condutor, podendo ser dividida em três categorias. O QUADRO 2 apresenta essas categorias, sendo elas relacionadas ao veículo e à via; relacionadas ao tráfego e ambiente, e fatores relacionados ao condutor (ETSC, 1995). Outros fatores ligados ao condutor/veículo/via podem ser considerados na escolha da velocidade como o próprio risco de sinistro e lesão, presença de controle e sanções, presença de áreas com velocidade limitada e educação/publicidade (OPAS, 2012).

QUADRO 2 – FATORES QUE INFLUENCIAM NA ESCOLHA DA VELOCIDADE

Relacionados ao veículo e à via	Relacionados ao tráfego e ao ambiente	Relacionados ao condutor
Veículo:	Tráfego:	idade
tipo	densidade	gênero
relação potência/peso	composição	tempo de reação
velocidade máxima confortável	velocidade predominante	atitudes
Via:	Ambiente:	busca por emoção
largura	clima	aceitação de risco
inclinação	condição da superfície	percepção de risco
alinhamento	luz natural	nível de álcool
arredores	iluminação viária	posse do veículo
layout	sinalização	circunstâncias da viagem
sinalização	limite de velocidade	ocupação do veículo
qualidade da superfície	fiscalização	-

FONTE: ETSC (2024).

Cada um destes fatores não age de forma isolada, e as ações em um dos fatores irá impactar em outros, sendo praticamente impossível analisar todas as variáveis de forma isolada (Shinar, 2017). Segundo Gabany *et al.* (1997), alguns dos motivos que leva o condutor a praticar excesso de velocidade são, gratificação do ego, emoção/risco, pressa/atraso de horário, desdém de dirigir e desatenção. Ferraz *et al.* (2023) colocam como fatores de risco ligados às vias: Defeitos na superfície de

rolamento; projeto geométrico inadequado; sinalização insuficiente; interseções inadequadas; problemas na lateral da via, e; falta de iluminação em locais críticos. Embora alguns fatores sejam observados pelos condutores como óbvias tentativas de redução de velocidade, como radares e lombada, alguns fatores que influenciam na escolha da velocidade praticada podem ser mais discretas ou passarem despercebidas, como largura e comprimento da via.

Através de uma revisão bibliográfica da literatura de diversos estudos naturalísticos realizados em vários países, Singh e Kathuria (2020) apontaram que existe uma correlação significativa entre a geometria da via e o comportamento do condutor com a velocidade praticada. Vias mais estreitas e irregulares foram associadas com velocidades menores, e inconsistência geométrica de vias e densidade do tráfego aumentam a carga de trabalho do motorista.

Outros estudos também apontaram outros fatores que influenciam na segurança de vias locais. Tiwari (2016) aponta que a largura das vias e faixas afetam na escolha de velocidade por parte dos condutores, sendo que faixas mais largas induzem velocidades mais elevadas. Para vias locais, Tiwari (2016) recomendam uma ou duas faixas sem divisão entre elas, visto que a presença de tais divisões são associadas a maiores velocidades.

Mohan (2016) reforça a importância do gerenciamento da velocidade em áreas residenciais e comerciais, abaixo de 30 km/h, e indica a utilização de métodos de *traffic calming* para atingir este objetivo, pois junto com controles de velocidade, se trata das maneiras mais efetivas de reduzir a velocidade de veículos e consequentemente reduzir o número de óbitos e de feridos em sinistros de trânsito. Segundo Hydén (2016 *apud* Høye *et al*, 2012), vias onde lombadas tradicionais foram instaladas apontaram para uma redução da velocidade média de 47,7 km/h para 36,3 km/h, uma redução de 24%. Baseado nestes estudos, uma meta análise indicaram a redução de feridos em sinistros viários em 41%.

Distefano e Leonardi (2019) estudaram o efeito de três tipos de *traffic calming* na velocidade praticada em zonas centrais e residenciais. Os tipos estudados foram travessias elevadas, chicane e estreitamento da via. No caso das travessias elevadas, foi analisado um local com a presença de duas espaçadas por 40 metros. A análise feita apontou velocidades médias para pontos anteriores às travessias elevadas de 45,7 km/h para declives e 46,4 km/h para aclives. Se considerado o percentil de 85% para velocidade, estes valores foram de 60,8 km/h e 62,3 km/h, respectivamente.

Entre estas travessias foram observadas velocidades de 36,4 km/h para declive e 32,4 km/h, uma redução de 40% e 48% para o percentil de 85%.

De maneira similar, a presença da chicane apresentou uma redução de 50% nas velocidades do percentil de 85%, tendo a velocidade reduzida de 45,2 km/h para 21,8 km/h (Distefano e Leonardi, 2019).

Para os dois casos foi possível observar que as velocidades praticadas após as medidas de *traffic calming* retornaram a um valor similar anterior das medidas, sendo observado, inclusive, leve aumento comparado com o ponto inicial da análise, indicando o efeito chamado de *kangaroo jump* e indica o efeito pontual das medidas (Amancio, 2021).

Esta verificação não foi observada para o estreitamento da via, possivelmente pelo fato que o estreitamento não era pontual e sim constante pela extensão de análise. As velocidades para este caso foram de 48,8 km/h para 27,9 km/h, resultando em uma redução de 33%.

Em estudo sobre a escolha da velocidade em zonas escolares e com zonas de *playground*, Kattana, Tayb e Acharjeec (2011) observaram que para vias com duas faixas a porcentagem de veículos que estavam acima de 30 km/h era de 53,3% e para vias com quatro faixas a quantidade foi de 58,7% dos veículos. Para velocidades acima de 40 km/h, a comparação permanece similar, nas vias com duas faixas verificou-se 9,3% dos veículos estavam acima desta velocidade, e 12,7% estavam praticando velocidades superiores a 40 km/h em vias com 4 faixas. O aumento do número de faixa também foi correlacionado com maiores velocidades por Medina e Tarko (2005), Eluru *et al.* (2013) e Fuhrmann *et al.* (2023).

A largura das faixas também são importantes fatores a serem analisados. Ben-Bassat e Shinar (2011) apresentam duas explicações sobre segurança viária e dimensões de faixas de rolamento. A primeira é que faixas largas possuem espaço para maiores distâncias entre veículos e permite correções de erros cometidos por condutores. Por outro lado, vias com faixas estreitas passam a sensação de serem menos tolerantes e, por isso, mais perigosas, o que faz com que condutores diminuam a velocidade. Tiwari (2016) recomenda a utilização de 1 ou 2 faixas para vias locais.

Vários autores indicam que vias de sentido único fazem com que condutores pratiquem velocidades elevadas e são mais perigosas para pessoas mais vulneráveis

(Ortigosa, Gayah e Menendez, 2017). De modo semelhante a largura da via, a ausência de tráfego em sentido contrário pode dar aos motoristas uma maior sensação de segurança, resultando em maiores velocidades.

Hocherman, Hakkert e Bar-Ziv (1990) indicam que a mudança na via de sentido duplo para sentido único aparenta estar atrelado a aumento de velocidade e diminuição no número de paradas necessárias assim como o tempo de viagem. Porém, foi verificado que fora dos distritos comerciais centrais, vias com sentido duplo apresentaram maiores velocidades, e dentro destas áreas velocidades mais elevadas foram encontradas, embora estas diferenças não foram significantes (Hocherman, Hakkert e Bar-Ziv, 1990).

Eluru *et al.* (2013) também analisaram a influência do sentido da via na escolha da velocidade. No modelo gerado, foi encontrado uma correlação inversa de prática de velocidades inseguras com vias de um único sentido de fluxo, ou seja, as velocidades eram maiores em vias de duplo sentido.

Outro fator que é apresentado como fator para a escolha da velocidade é o pavimento da via. Vários estudos sobre a velocidade no trânsito abordam a questão do pavimento, mas do ponto de vista de qualidade (Ferraz *et al.*, 2023, Eluru *et al.*, 2013). Setyawana, Kusdiantorob e Syafi'ic (2015) afirmam que a redução de velocidade de uma via com pavimento excelente para uma via com pavimento em condições ruins pode chegar a 55%. De maneira geral, superfícies com pavimento irregular ou que possuam rugosidades causam desconforto devido ao ruído e às vibrações durante a condução, com isso, velocidades mais baixas são comumente observadas em superfícies de vias irregulares (Singh e Kathuria, 2020, Liu *et al.*, 2012, Velloso, 2014).

O comprimento da via também pode ser considerado como um fator determinante para modelar a velocidade provável de um condutor. Meyer *et al.* (2020) apresentaram que em quadras maiores a velocidade média aumenta, porém o estudo apontou um aumento de apenas 1 km/h para cada 62 metros acrescidos no comprimento da quadra. Resultados semelhantes foram encontrados por Torres *et al.* (2017) e Fuhrmann *et al.* (2023).

Interseções também são um ponto chave na segurança viária, elas são complexas e potencialmente perigosas porque possuem muitos pontos de conflitos entre os fluxos das vias (Tiwari, 2016). Interseções podem ser classificadas em

cruzamentos em nível e em desnível, além disso, os cruzamentos mais comuns em áreas urbanas são interseções não semaforicas, semaforica e rotatórias.

Rotatórias são consideradas as mais seguras dentre as interseções em nível. Segundo Mongiardini *et al.* (2020), com base em um estudo na Austrália, as velocidades praticadas em aproximações na rotatória são as menores quando comparadas aos outros tipos, e elas tem a capacidade de garantir uma porcentagem de sinistros com óbito ou feridos graves de menos que 10%.

Para os outros tipos de interseções, Kattana, Tayb e Acharjeec (2011) identificou que nos cruzamentos com algum tipo de controle, semáforo ou sinal de pare, 47,8% não respeitaram o limite de velocidade, contra 67,2% das aproximações sem nenhum tipo de controle. Velloso (2014) e Fuhrmann *et al.* (2023) verificaram um alto nível de respeito aos limites de velocidade para vias com semáforo.

Por outro lado, Szeliga (2022) verificou que, em movimentos de conversão, as maiores velocidades foram observadas em cruzamentos semaforicos, seguidos por vias preferenciais, e por último aproximações com sinalização de pare, ou de “Dê a preferência”. Monteiro e Bastos (2024) observaram um cenário favorável para a ocorrência de excesso de velocidade na presença de semáforos.

Para inclinação longitudinal na via, na análise de velocidades nas proximidades de um radar, Amancio (2021) verificou que perfis que possuíam alguma declividade, os condutores praticavam maiores velocidades. Na pesquisa de Distefano e Leonardi (2019), a velocidade no trecho em aclive apresentaram velocidades levemente maiores do que os trechos em declive. Porém Eluru *et al.* (2013) verificou uma redução na velocidade para maiores declividades. Estes três resultados apontam uma discrepância na literatura quanto a influência da inclinação longitudinal da via.

A presença de radar se apresenta como um dos principais fatores para redução de excessos de velocidade. Monteiro e Bastos (2024) apontam que a presença de radar diminui em oito vezes a probabilidade da prática de excesso de velocidade. Oliveira *et al.* (2015) observou em seu estudo que 99,7% dos veículos estavam dentro do limite da via. Porém, este valor se diferenciou da velocidade praticada pelo condutor a uma distância de 200 m do radar, com aproximadamente 40% dos condutores estando fora do limite de velocidade da via. Este resultado corrobora com os levantamentos realizados por Amancio (2021), indicando a presença do efeito *kangaroo jump*, em uma tentativa de recuperar o tempo e a velocidade perdida.

3 METODOLOGIA

A metodologia empregada neste trabalho está estruturada em três partes. Na primeira parte, detalha-se a metodologia para a obtenção de informações sobre os fatores viários analisados, incluindo a definição da área de estudo. A segunda parte trata da coleta de dados naturalísticos relativos à velocidade praticadas.

A terceira parte aborda a análise estatística, que visa relacionar as informações sobre os fatores viários coletadas com a escolha da velocidade praticada.

3.1 OBTENÇÃO DOS DADOS VIÁRIOS

Dos vários fatores que podem influenciar na escolha da velocidade do condutor, este estudo busca investigar parâmetros ligados à via. Os fatores viários coletados foram:

- Comprimento da via, em metros;
- Presença de radares de velocidade;
- Greide da via, sendo definido como plano, em alicive ou declive;
- Tipo de pavimento da via, podendo possuir pavimentação asfáltica, com paralelepípedo, *paver*, etc;
- Número de faixas de fluxo de veículos, podendo possuir 1, 2, 3, etc.;
- Sentido, podendo ser uma via de sentido único ou em mão dupla;
- Presença de *traffic calming*, como lombadas, estreitamento de via e travessias elevadas;
- Tipo de sinalização na interseção, podendo possuir sinalização de pare, aproximação com preferencial (sem sinalização) ou interseção com sinalização semafórica.

A base georreferenciada do sistema viário utilizada foi elaborada a partir de duas fontes principais, sendo a Prefeitura Municipal de Curitiba e o *OpenStreetMap* (OSM).

As informações da Prefeitura Municipal de Curitiba foram fornecidas pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC) e pela Secretaria Municipal de Defesa Social e Trânsito (SETRAN). As informações obtidas a partir do IPPUC foram a hierarquia viária, o comprimento das vias e o azimute das vias

(posteriormente utilizado na verificação do sentido da viagem dos condutores). A SETRAN foi a fonte utilizada para a localização dos radares de fiscalização de velocidade.

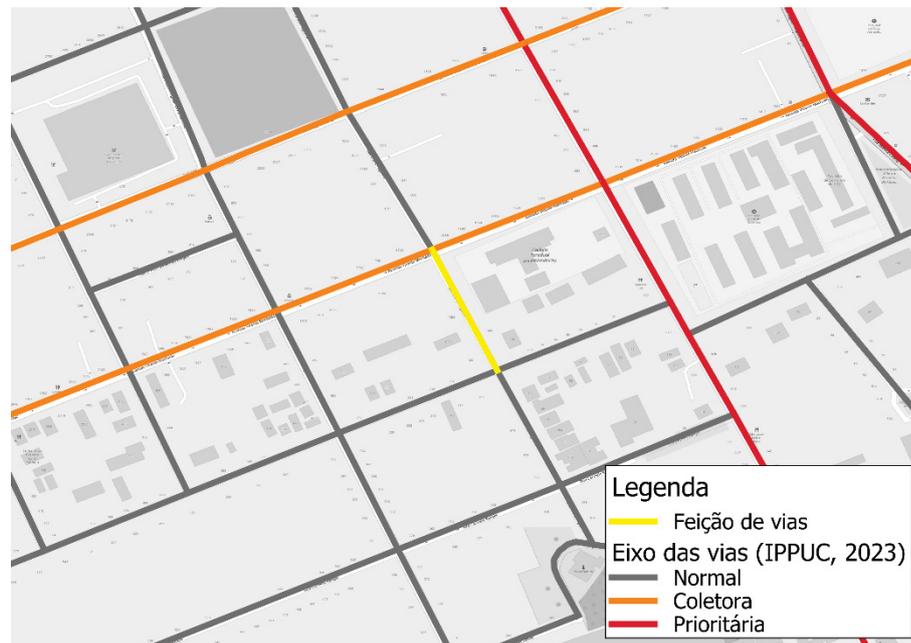
Como segunda fonte principal de dados, o *OSM* é um mapa gratuito e editável, licenciado pela *OpenStreetMap Foundation (OSMF)*, em contínuo processo de construção por voluntários e disponibilizado sob uma licença de conteúdo aberto. A partir das informações coletadas por meio das funções contidas no *OSM*, foi possível mapear e georreferenciar os demais fatores analisados neste estudo, como o número de faixas, sentido da via, tipo de pavimento, presença de *traffic calming* e tipo de sinalização.

3.1.1 Recorte espacial e dados georreferenciados

Tendo em vista o foco da pesquisa nos fatores viários, mais especificamente das vias locais, que influenciam o condutor na escolha da velocidade a partir de dados naturalísticos de direção coletados em Curitiba, foram inicialmente analisadas as vias locais do município em sua totalidade. Esses dados foram trabalhados com auxílio do QGIS®.

A partir do *shapefile* de vias fornecidas pelo IPPUC, por meio da plataforma GeoCuritiba que possui diversos aplicativos, painéis, mapas e dados geográficos da capital paranaense, foram identificadas 40.355 feições, que podem, de maneira simplificada, se traduzir em trechos de vias correspondente para cada quadra na cidade (IPPUC, 2023). A FIGURA 5 apresenta um recorte da hierarquia viária de Curitiba com exemplo de uma feição selecionada.

FIGURA 5 – EXEMPLO DE FEIÇÃO



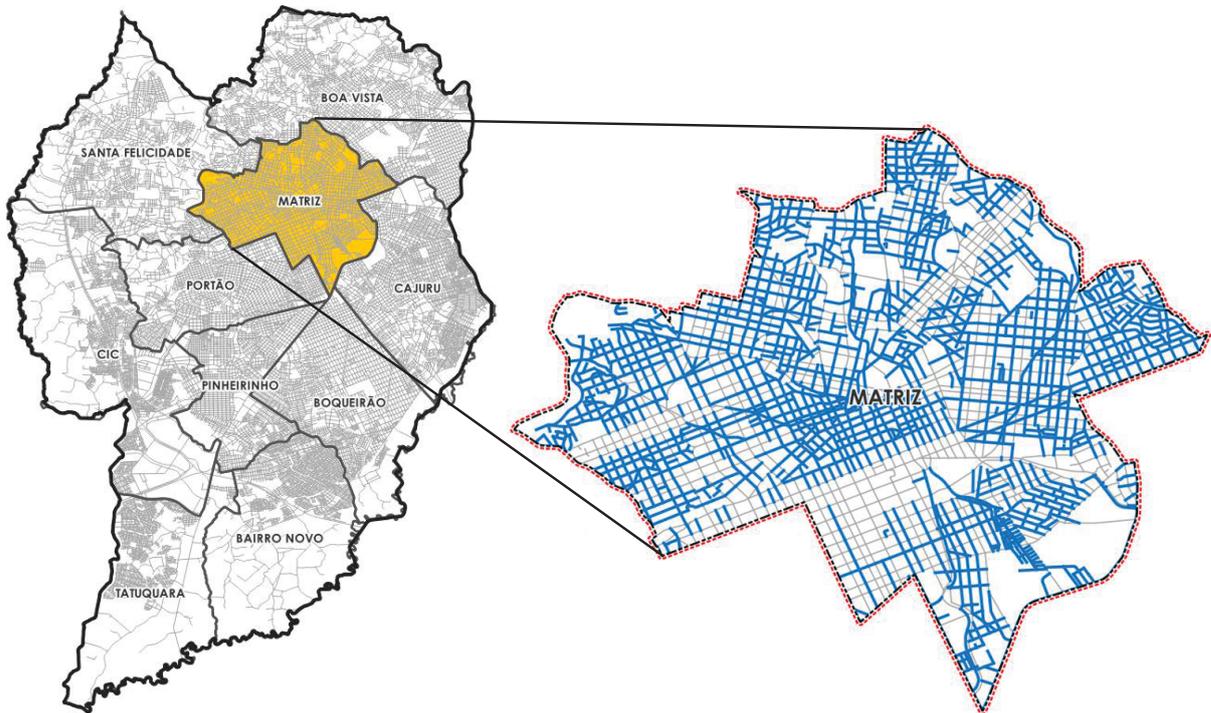
FONTE: O Autor (2024).

Este *shapefile* tem como base na Lei 15.511 de 10 de outubro de 2019 (Curitiba, 2019) e a Lei 16.054 de setembro de 2022 (Curitiba, 2022), e contém, para cada feição, informações como hierarquia viária, nome da via, bairro que está inserida, entre outras informações. Do total de 40.355 feições, foram selecionadas as vias classificadas como normais pela legislação (correspondente às vias locais), que totalizaram 31.232 feições na cidade de Curitiba, uma quantia equivalente à 77,84% do total. Como o levantamento dos parâmetros viários de análise se trata de uma tarefa extensiva, optou-se por ajustar a área de estudo para a regional Matriz de Curitiba, localizada em região central da cidade.

A FIGURA 6 apresenta a localização da regional Matriz no interior do município e também a malha viária com destaque para as vias normais inseridas na regional estudada.

Este estudo considera vias locais segundo a definição da legislação de Curitiba, onde são classificadas como vias normais. Porém, algumas das vias, apesar de serem classificadas como vias normais, apresentavam características inconsistentes com essa classificação. Por isso, vias normais que possuíam canteiros centrais, ou apresentavam características de vias arteriais ou vias rápidas, foram excluídas da análise. Todas as feições selecionadas estão apresentadas no mapa do Apêndice A.

FIGURA 6 – DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO



FONTE: O Autor (2024).

De modo a garantir que as vias na divisa das regionais fossem incluídas, um *buffer* de 40 metros no contorno da regional foi aplicado. Este *buffer* também foi utilizado posteriormente na seleção das viagens dos condutores. Para isso foi utilizada a função de selecionar feições por localização, de modo a selecionar todas as vias que interseccionavam esta região da regional Matriz acrescida de 40 metros.

Com o *shapefile* fornecido pelo IPPUC (2023) também foi possível gerar a informação de comprimento da via, sendo este definido através da função *length* do *software* QGIS®. As informações sobre radares foram fornecidas pelo SETRAN (2023), e sua localização foi relacionada às quadras em que eles estavam situados. Com isso o *shapefile* das vias foi atualizado com a informação para cada quadra que contém a fiscalização eletrônica.

Para a análise do greide da via, foi utilizada uma outra base georreferenciada disponibilizada pelo IPPUC. Este *shapefile* contém as curvas de nível de Curitiba, as quais foram associadas às extremidades de cada feição viária para a realização da análise da inclinação (IPPUC, 2023). Foram considerados os valores apresentados por Amancio (2021) para verificação de inclinação da via, trechos planos possuem valores de inclinação inferiores a 3%, enquanto vias com valores superiores a 3% foram classificadas como trechos em rampa.

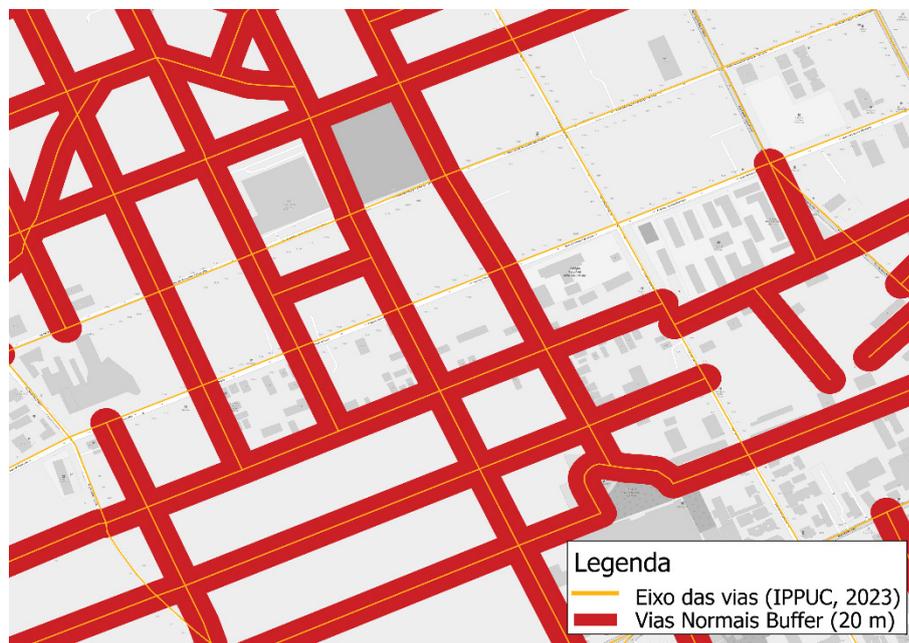
Outra informação obtida a partir deste *shapefile* foi o cálculo do azimute da via. Este conceito geográfico foi utilizado para verificar se o sentido da viagem do condutor é o mesmo da via. Isto irá influenciar em duas variáveis: na análise do greide e na sinalização visualizada pelo condutor. O cálculo do azimute da feição foi realizado relacionando o ponto inicial da feição com o ponto final, e calculando o arco tangente da divisão da diferença das coordenadas X e Y, conforme EQUAÇÃO 1.

EQUAÇÃO 1 – CÁLCULO DO AZIMUTE

$$\text{Azimute} = \arctan\left(\frac{\Delta x}{\Delta y}\right)$$

Como o arquivo trabalhado se trata de um *shapefile* de linhas, foi criado um *buffer* de 20 metros para que fosse possível associar os pontos gerados pelo NDS-BR posteriormente. A FIGURA 7 apresenta o *shapefile* dos eixos de vias curitibanas e o *buffer* de 20 metros aplicado nas vias normais. Este novo arquivo, nomeado como *shapefile* base, reúne, portanto, todas as informações das vias utilizadas no estudo.

FIGURA 7 – BUFFER DE 20 METROS PARA ASSOCIAR OS DADOS VIÁRIOS E DE VELOCIDADE



FONTE: O Autor (2024).

3.1.2 Demais fatores operacionais das vias

Os demais dados a serem analisados relacionados às vias foram coletados por meio do *OpenStreetMap* (OMS). O OSM se trata de um mapa livre e colaborativo,

podendo ser adicionado diversos dados geoespaciais, incluindo as informações a serem analisadas neste estudo (OSM, 2024).

Para coletar as informações foi necessário primeiramente atualizar as informações contidas no OMS. De modo a verificar os parâmetros a serem estudados em cada quadra, foi utilizada a função *Mapillary* do OSM. Esta função apresenta imagens e permite levantar informações da via. Este método foi utilizado para obter informações do tipo de pavimento, número de faixas, sentido da via, presença de lombadas ou outros métodos de *Traffic Calming* e tipo de sinalização. Este levantamento de dados levou aproximadamente seis meses. A FIGURA 8 contém uma demonstração da função *Mapillary* do OSM (OSM, 2024).

FIGURA 8 – VISUALIZAÇÃO DA VIA ATRAVÉS DA FUNÇÃO MAPILLARY



FONTE: OSMF (2024).

O tipo de pavimento foi dividido em quatro grupos: asfáltico, concreto, blocos intertravado de concreto e paralelepípedo. Para o número de faixas foi verificado o número de faixas de rolamento desconsiderando faixas de estacionamento. Foram observadas vias que possuem entre uma e cinco faixas para as vias classificadas como normais. Embora a literatura indique a largura da faixa e da pista como um fator significativo para a escolha da velocidade, a metodologia aplicada não resultou bons resultados para a coleta de dados dessa informação, visto que a precisão dessa informação seria de baixa confiança.

O sentido de tráfego da via foi classificado de duas maneiras: sentido único, quando o fluxo de veículos ocorre em apenas um sentido, e sentido duplo, quando o fluxo de veículos ocorre em ambos os sentidos da via.

Para análise de *traffic calming*, foram consideradas quaisquer estratégias geométricas com o intuito de reduzir a velocidade dos veículos na via. Foram observadas a presença de lombadas, travessia de pedestres elevadas, estreitamento da faixa de veículos. Embora controladores de velocidade como radares possam ser classificados como *traffic calming*, a presença destes foram analisadas de forma segregada, como mencionado no item anterior.

O último dado pesquisado se trata do tipo de sinalização que está incidindo sobre os condutores na via, sendo estes classificados em aproximação da interseção sem sinalização, ou seja, em via preferencial, sinalização de pare e sinalização semafórica.

Após verificados os fatores supracitados, o banco de dados do *OSM* foi atualizado com as informações levantadas. Estas informações estão atualmente disponíveis no site do *OSM* para todos os usuários, reforçando o caráter colaborativo da plataforma. A FIGURA 9 demonstra exemplo de inserção no banco de dados do *OSM* com a indicação de lombada na Rua Tenente João Gomes da Silva e também a inclusão da presença de sinalização de placa de pare na interseção com a rua Desembargador Vieira Cavalcanti (*OSMF*, 2023).

FIGURA 9 – VISUALIZAÇÃO DE INSERÇÃO DE INFORMAÇÃO NO BANCO DE DADOS DO OSM



FONTE: OSMF (2023).

As informações contidas no OSM podem ser acessadas através de *plugin* presente no *software* QGIS®, chamado *QuickOSM*. A partir dele é possível salvar as informações extraídas do OSM em formato *shapefile* permitindo relacionar com o arquivo através da função de associar atributos por localização, passando todas as informações coletadas das vias no OSM para o *shapefile* de *buffer* de vias.

A análise de sinalização e de greide da feição (quadra) dependem do sentido em que o condutor se desloca por ela, podendo ser aleatórios, no caso da sinalização, ou possuir uma dualidade, no caso do greide. Para distinguir a característica que influencia o condutor, foram coletadas informações em ambos os sentidos em relação ao azimute da via: uma no sentido do azimute e outra no sentido oposto.

Desta maneira os fatores a serem analisados, ou seja, as variáveis explicativas ou independentes foram adicionadas ao *shapefile* base, o qual agora possui todas as informações das vias a serem correlacionadas com os dados do condutor. O QUADRO 3 apresenta as informações contidas no *shapefile* base das vias normais, assim como sua fonte de dados para cada parâmetro.

QUADRO 3 – INFORMAÇÕES PRESENTES NO SHAPEFILE BASE DAS VIAS

Coluna	Fonte	Classificação
Código	IPPUC	Código da feição
Nome da Via	IPPUC	Nome da via
Número de faixas	OSM	1 faixa 2 faixas 3 faixas 4 faixas 5 faixas
Sentido	OSM	Único Duplo
Tipo de pavimento	OSM	Asfalto Concreto Blocos Intertravados Paralelepípedo
Presença de <i>Traffic Calming</i>	OSM	Não Lombada Travessia elevada
Presença de Radar	SETRAN	Não Sim
Comprimento da feição	IPPUC	Valor numérico
Azimute	IPPUC	Valor numérico
Sinalização no sentido da feição	OSM	Sem sinalização (Preferencial) Pare Semáforo
Sinalização no sentido contrário da feição	OSM	Sem sinalização (Preferencial) Pare Semáforo
Perfil de elevação no sentido da feição	IPPUC	Plano Active Declive
Perfil de elevação no sentido contrário da feição	IPPUC	Plano Active Declive

FONTE: O autor (2024).

3.2 OBTENÇÃO DOS DADOS DE VELOCIDADE PRATICADA

A obtenção dos dados de velocidade foi feita através do banco de dados proporcionado pelo Estudo Naturalístico de Direção Brasileiro (NDS-BR). A partir dos dados georreferenciados coletados do NDS-BR foi feita a correlação com os fatores das vias a serem investigados e dados de velocidade praticadas pelos condutores.

Uma plataforma de coleta de dados naturalísticos (PCDN) em um estudo naturalístico de direção é um sistema projetado para capturar uma vasta quantidade de informações detalhadas sobre o comportamento dos motoristas e as condições do tráfego, do ambiente e da via em tempo real. Essa plataforma é fundamental para a obtenção de dados precisos e abrangentes, que podem ser utilizados para entender melhor os fatores que influenciam a segurança viária e o desempenho dos condutores. Estas plataformas são feitas não com o objetivo de proporcionar informações para um estudo específico, mas sim de poder alimentar inúmeros estudos.

Para o *NDS-BR*, foram utilizados equipamentos não-intrusivos, com a PCDN possuindo um sistema de três câmeras que coletava imagens do interior e exterior do veículo (FIGURA 10) e um receptor GPS o qual registrava coordenadas geográficas e velocidade instantânea do veículo, o qual fazia possuía uma frequência de registros a cada 1 segundo. A PCDN também contava com um computador portátil, o qual processava as informações das câmeras e do receptor GPS. Mais informações sobre a PCDN utilizada no *NDS-BR* podem ser encontradas em Borguezani *et al.* (2020) e Amancio (2021).

FIGURA 10 – IMAGENS COLETADAS PELAS CAMERAS



FONTE: Bastos *et al.*, (2023).

Os dados coletados foram trabalhados e o resultado se trata do banco de dados do *NDS-BR*. O presente estudo utiliza esse banco de dados do *NDS-BR* para obtenção dos dados da viagem do condutor, como coordenadas, horário e velocidade instantânea do condutor. Estes dados foram planilhados, e a cada linha da planilha continha as informações do condutor por segundo. Foram também calculados os valores de azimute para cada ponto da viagem, sendo o azimute calculado entre o ponto analisado e o próximo ponto, possibilitando verificar o sentido da viagem.

Com um total de 32 condutores, 1.002 viagens realizadas e 381 horas de direção acumuladas no banco de dados do *NDS-BR*, os quais geraram um *shapefile*

de aproximadamente 1,3 milhão de pontos de informação dos condutores distribuídos pela região de Curitiba (Bastos *et al.*, 2023).

Com estes dados foi necessário restringir as áreas de estudo, similarmente como foi realizado para as vias normais. Com o auxílio do software QGIS®, foram primeiramente selecionados os pontos do *NDS-BR* que estavam inseridos na regional Matriz. Esta regional possui o maior número de pontos quando comparada às demais regionais de Curitiba, com aproximadamente 467 mil pontos, que representam 39,9% dos pontos situados em Curitiba.

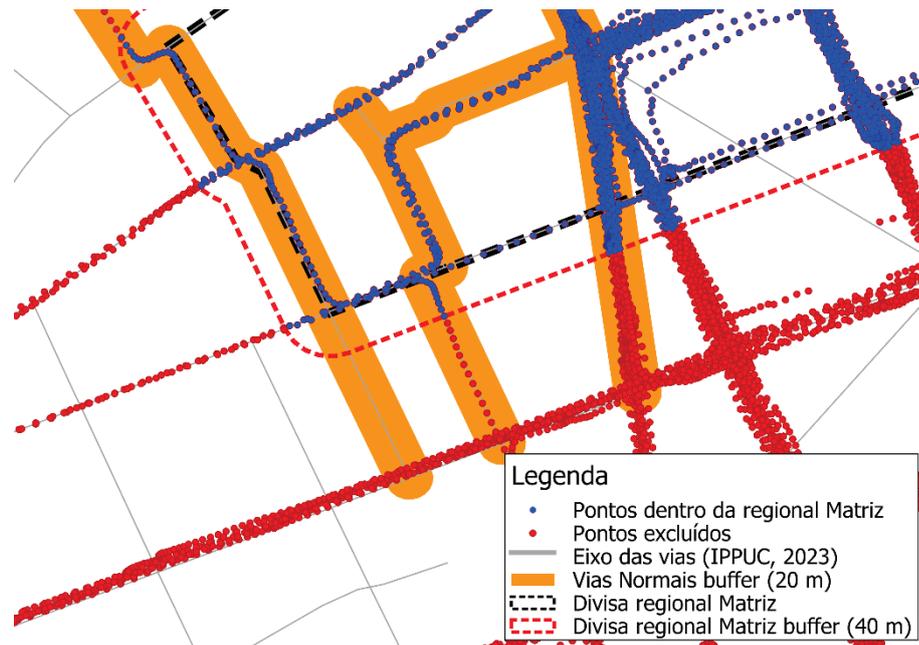
TABELA 4 – QUANTIDADE DE PONTOS DO *NDS-BR* POR REGIONAL

Regional	Quantidade de pontos	Quantidade de pontos (%)
Matriz	467.120	39,9
Portão	224.910	19,2
Cajuru	94.275	8,1
Boqueirão	79.388	6,8
Pinheirinho	67.689	5,8
Santa Felicidade	61.885	5,3
CIC	61.011	5,2
Boa vista	60.421	5,2
Bairro novo	44.922	3,8
Tatuquara	8.047	0,7

FONTE: O autor (2024).

Apesar da área de estudo ser a regional Matriz, foi necessário majorar a região de estudo de modo a considerar todos os pontos que estavam utilizando as vias que compunham o contorno regional, mas acabaram se situando fora do *shapefile* da regional Matriz. Por isso, foi aplicado um *buffer* de 40 metros, ao redor da regional estudada (FIGURA 11).

FIGURA 11 – INCLUSÃO DOS PONTOS DO NDS-BR PRÓXIMO À DIVISA DAS REGIONAIS

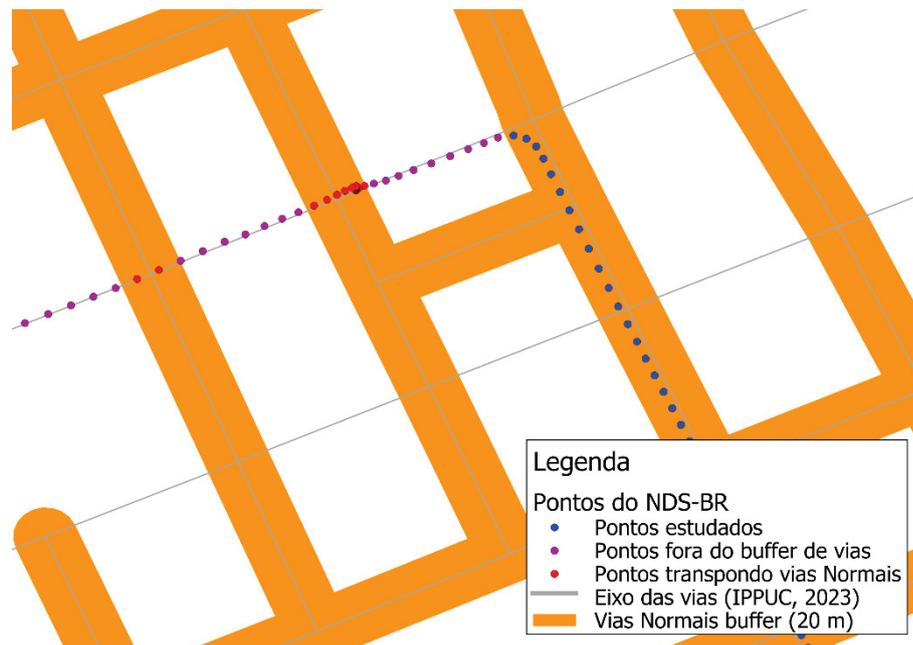


FONTE: O autor (2024).

Posteriormente também foi realizada uma seleção espacial dos pontos que interceptavam o *shapefile* base das vias normais, sendo que os demais pontos foram considerados como utilizando outros tipos de vias, e foram excluídos da análise. Apesar de serem selecionados todos os pontos inseridos dentro do *buffer* básico das vias, ainda foi necessário a remoção de alguns pontos que não serão analisados.

Os primeiros pontos a serem removidos foram as viagens abaixo de 10 km/h. Esta velocidade foi escolhida devido a inconsistências na precisão das coordenadas geográficas em baixa velocidade, podendo apresentar movimentos contrários ao fluxo do condutor. Estas velocidades também podem estar relacionadas com movimentos de parada e aceleração nas interseções, sob a influência de semáforo ou da espera de outros veículos na preferencial. Estes pontos não estão passíveis de aumento de velocidade e poderiam acarretar uma distorção dos resultados para a quadra analisada.

Outra seleção de pontos removida foram as viagens que estavam transpondo as vias estudadas, mas não estavam utilizando estas vias (FIGURA 12). Ou seja, estes pontos não estavam circulando pelas vias normais. Foram utilizados dois métodos para evitar que estes pontos fossem incluídos no estudo, por quantidade de pontos na quadra e pela comparação de ângulos de azimute.

FIGURA 12 – PONTOS INSERIDOS NO *BUFFER* QUE NÃO UTILIZAM AS VIAS DE ESTUDO

FONTE: O autor (2024).

O primeiro método utilizado foi estabelecer um limite mínimo de seis pontos consecutivos por quadra da viagem, ou seja, se a quadra possuísse apenas cinco pontos ou menos, estes pontos eram descartados. Isto quer dizer que se o condutor permaneceu cinco segundos ou menos na quadra, os pontos da viagem naquela quadra eram descartados.

O segundo método utilizado para remover as viagens de passagem foi por meio da análise do azimute do condutor em relação ao azimute da via. Se esta diferença estivesse inserida nas faixas $90^\circ \pm 20^\circ$ ($70^\circ - 110^\circ$) e $270^\circ \pm 20^\circ$ (250° e 290°), os pontos eram considerados como fluxo de passagem, devido à sua disposição perpendicular em relação à via.

Com essas seleções dos pontos do *NDS-BR* realizadas, do total de aproximadamente 1,3 milhão de pontos do estudo, aproximadamente 57,4 mil pontos foram utilizados nesta pesquisa.

Para correlacionar a velocidade do condutor com os fatores da via na qual ele circula, foi realizada uma associação geográfica entre os pontos selecionados do *NDS-BR* e o arquivo base das vias estudadas, sendo que cada ponto foi associado ao código da quadra.

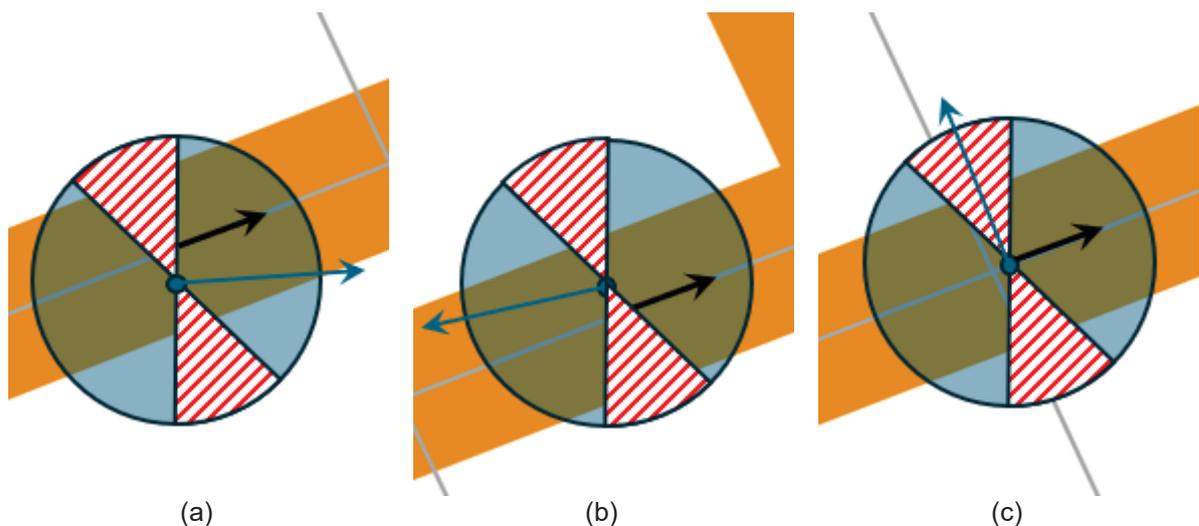
Para a análise dos fatores de sinalização e de greide, ainda foi necessário verificar o sentido de deslocamento do condutor. Esta verificação foi feita através da

relação de azimutes da feição da via e do condutor. Para isto foi calculado o módulo da diferença entre os azimutes, sendo esta diferença sendo subtraída de 360° caso fosse maior que 180° . Se o resultado fosse menor que 90° , isso indicava que a viagem do condutor estava ocorrendo no mesmo sentido do azimute da via. Como previamente foram excluídos das análises os pontos que seu azimute era perpendicular à via com uma faixa de 20° para mais ou para menos, cada ponto do NDS-BR se classificou da seguinte maneira (FIGURA 13):

- a) No sentido da via, se a diferença absoluta entre azimutes for entre 290° e 70° ;
- b) No sentido contrário, caso a diferença esteja entre 110° e 250° , e;
- c) Perpendicular à via, caso a esta diferença estivesse nas faixas entre 70° e 110° ou 250° e 290° (pontos excluídos da análise).

FIGURA 13 – EXEMPLO DA ANÁLISE DE SENTIDO DA VIAGEM DO CONDUTOR

(a) No sentido da feição, (b) Sentido oposto da feição, (c) Perpendicular à feição



FONTE: O autor (2024).

Para os fatores como quantidade de faixas, tipo de sentido da via, tipo de pavimento, presença de *traffic calming*, comprimento da feição, e presença de radar, que não dependem do sentido da viagem, esta relação é feita de maneira direta com *shapefile* base das vias, ou seja, não foi necessário a análise de sentido da viagem.

Considerando que o banco de dado do estudo naturalístico realizado em Curitiba possui até o momento um total aproximado de 1,3 milhão de pontos georreferenciados com informações como data, bairro, azimute e velocidade do veículo, e que esta pesquisa teve como recorte de estudo as vias locais, classificadas

como vias normais pela Prefeitura Municipal de Curitiba, inseridas na regional Matriz, pode-se selecionar os pontos do *NDS-BR* com base na metodologia descrita neste subitem.

Os pontos inseridos na regional Matriz, totalizaram aproximadamente 467 mil pontos. Após essa triagem, ainda foi necessário verificar quais destes pontos estavam em vias normais, não estavam abaixo de 10 km/h, possuíam mais de cinco pontos na quadra e não se deslocavam perpendicularmente à via. Esta seleção resultou em 57.410 pontos do *NDS-BR*, os quais foram realizadas as análises correlacionadas com os fatores estudados das vias. Esta quantidade de pontos é equivalente à 15,9 horas de dados do *NDS-BR*.

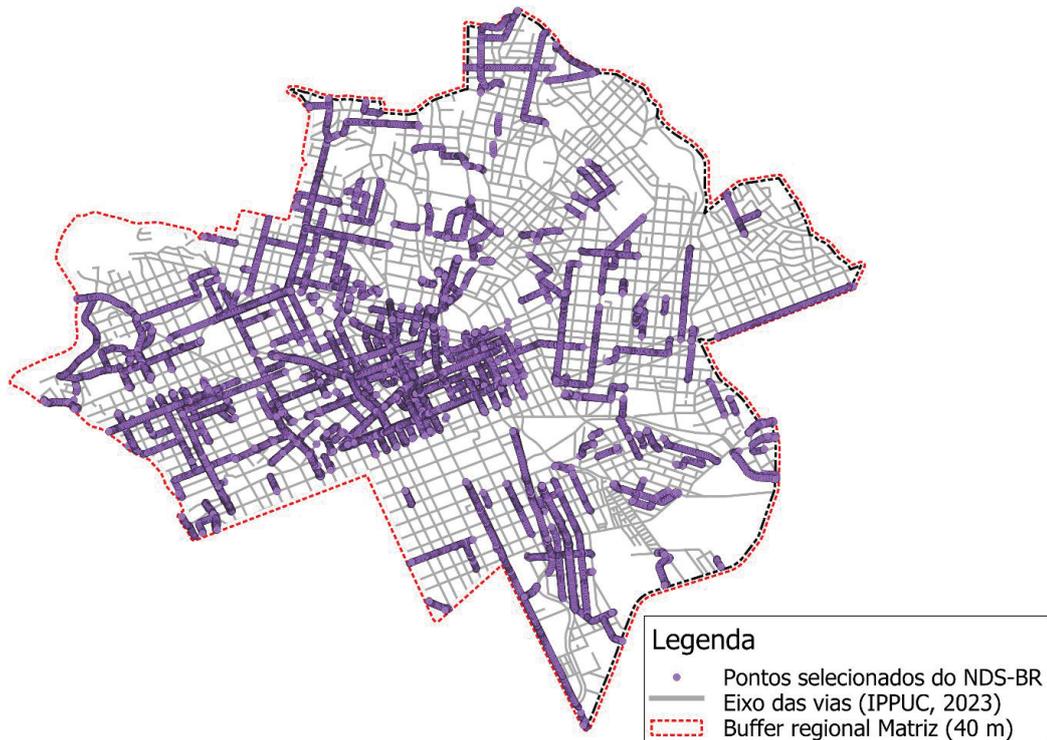
A TABELA 5 apresenta a quantidade de pontos em cada amostra em relação à seleção realizada, e a FIGURA 14 apresenta a localização destes pontos.

TABELA 5 – SELEÇÃO DOS PONTOS DO *NDS-BR*

Seleção	Amostra	Porcentagem em relação ao total
<i>NDS-BR</i>	1.373.078	100%
Curitiba	1.169.668	85,2%
Regional Matriz + 40 metros	467.120	34,0%
Vias normais	144.685	10,5%
Pontos acima de 10 km/h	82.794	6,0%
Remoção das viagens de transposição (menos que cinco pontos na quadra)	63.650	4,6%
Remoção das viagens de transposição (perpendiculares à via)	57.410	4,2%

FONTE: O Autor (2024).

FIGURA 14 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS SELECIONADOS DO NDS-BR



FONTE: O Autor (2024).

Por último, os pontos selecionados ainda passaram por uma categorização da velocidade praticada, de modo a verificar se estavam acima ou abaixo dos valores de velocidade de referência, considerado os valores múltiplos de 10, ou seja, de 20, 30, 40 e 50 km/h. Tais valores podem ser considerados como valores de referência para velocidades seguras ou inseguras a depender o tipo de usuário da via. Por exemplo, em um trecho que existe a possibilidade de colisão entre automóveis e usuários vulneráveis (como os pedestres), o limite de velocidade para que haja uma probabilidade de sobrevivência considerável é de no máximo 30 km/h (WHO, 2023). Dessa forma, valores de velocidade abaixo de 20 e 30 km/h são referências para velocidades seguras. Velocidades acima de 30 e 40 km/h são consideradas inseguras para pedestres, ciclistas e outros usuários vulneráveis. Velocidades acima 50 km/h são consideradas velocidades inseguras também para usuários de automóveis em colisões transversais (WHO, 2023).

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

De modo a verificar a correlação entre os fatores viários levantados e a velocidade praticada, foi utilizada a Função Logit, que se trata de função matemática de regressão logística, na qual o objetivo é prever as probabilidades associadas à variável dependente ou, para identificar quais variáveis independentes exercem um efeito mais significativo sobre a variável dependente.

Vários estudos relacionados à segurança viária já utilizaram este método, como o estudo feito por Monteiro e Bastos (2023) na análise de excesso de velocidade em vias arteriais de Curitiba, utilizando os dados do estudo naturalístico brasileiro, e também estudos em Delhi, na Índia, com estudo de percepção de risco de sinistros por parte do pedestre (Rankavat e Tiwari, 2016), na Carolina do Norte, nos Estados Unidos, com pesquisa sobre a gravidade dos ferimentos de pedestres em sinistros com veículos automotores (Liu *et al.*, 2019) na Geórgia, também nos Estados Unidos, onde foi analisado a influência de fatores em sinistros com pedestres (Dai, 2012) e em Hong Kong na China, no qual também foi avaliado os fatores que aumentam o risco de ferimento de pedestres em colisão com veículos (Sze e Wong, 2007). Demais utilizações da regressão logística em estudos de segurança viária podem ser observadas em Eboli, Forciniti e Mazzullaa (2020) e Sheykhfard *et al.* (2021).

No caso deste estudo, foi utilizada a regressão logística binária múltipla, que é quando há uma variável dependente e duas ou mais variáveis independentes. Neste tipo de modelo, a variável dependente apresenta apenas duas alternativas de resposta, enquanto as variáveis explicativas não necessitam de mesma categorização (Fávero *et al.*, 2009).

A principal hipótese nula de uma regressão logística múltipla é que não há relação entre as variáveis independente e a variável dependente resposta, ou seja, se os valores previstos através da equação de regressão logística não são mais próximos do que o esperado por acaso. No caso da regressão logística múltipla, também é testado uma hipótese nula para cada variável independente (McDonald, 2014).

A probabilidade resultante da Função Logit é representada pela EQUAÇÃO 2. Tal função contém seus resultados dentro do intervalo [0, 1].

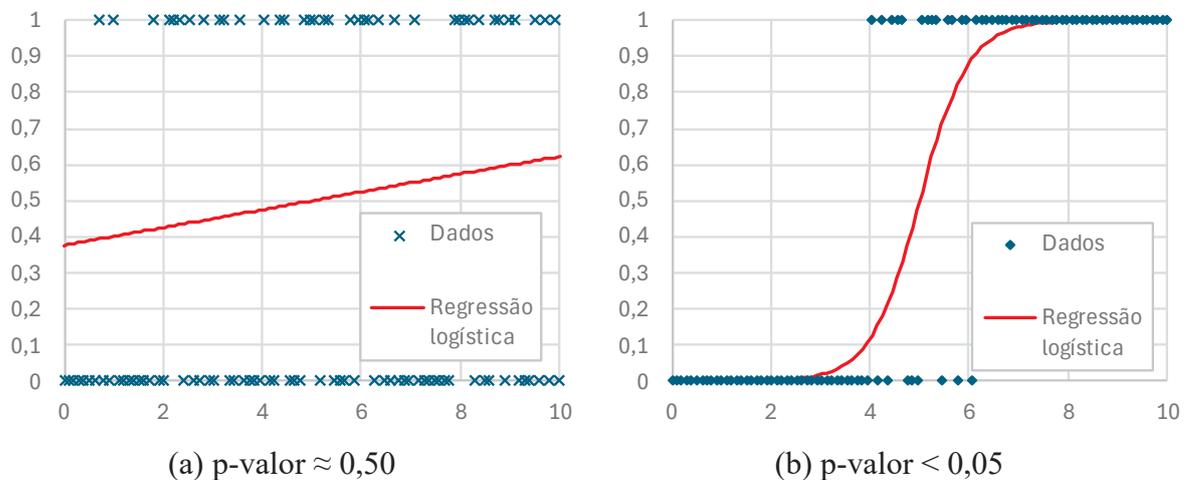
EQUAÇÃO 2 – PROBABILIDADE RESULTANTE FUNÇÃO LOGIT

$$P(X) = \frac{1}{1 + e^{-(\alpha + \sum \beta_i X_i)}}$$

Os parâmetros α e β apresentados na Equação 2 são desconhecidos inicialmente, sendo estimados por meio da utilização de ferramentas computacionais de estatística. O parâmetro α representa a constante do modelo, e o parâmetro β se trata da mudança na probabilidade da ocorrência do evento em relação à variação da variável respectiva, mantendo as demais constantes. Ambos os parâmetros são estimados pelo método da máxima verossimilhança (McDonald, 2014).

Para a verificação da significância estatística, cada variável é associada a um p-valor. Caso o valor seja maior que o nível de significância adotado, assume-se que a hipótese nula não pode ser rejeitada. No caso deste estudo, o nível de significância foi de 5%, ou seja, o p-valor deve ser menor que 0,05 para a variável ser considerada como estatisticamente significativa. A FIGURA 15 apresenta dois tipos de gráfico, um para uma função logística binária com um p-valor elevado, no qual a relação entre as variáveis não apresenta uma significância estatística. O outro gráfico apresentado indica uma função com p-valor baixo.

FIGURA 15 – TIPO DE FUNÇÃO LOGÍSTICA BINÁRIA PARA DIFERENTES P-VALOR



FONTE: O autor (2024).

A regressão logística binária permite também o cálculo da razão de *odds*, a qual é obtida para cada variável explicativa de cada grupo assumindo que as demais sejam mantidas constantes. A razão de *odds* compara a probabilidade de ocorrência do evento de dois grupos. Considerando um uma variável dependente a ser analisada e um valor referencial, a razão de *odds* é calculada pela EQUAÇÃO 3.

EQUAÇÃO 3 – PROBABILIDADE RESULTANTE FUNÇÃO LOGIT

$$\text{Razão de Odds} = \frac{\text{Odds da variável analisada}}{\text{Odds da variável referência}}$$

Para valores da razão de *odds* superiores a 1, considera-se que o evento tem maiores chances de ocorrer caso seja exposto à variável analisada, em relação a variável referência, e para valores menores que 1, sugere-se que o evento tem menores chances de ocorrer quando comparado os dois grupos da mesma maneira.

Desta maneira foi analisada a razão de *odds* para cada variável explicativa em relação à variável dependente de modo a verificar o comportamento quanto à escolha de velocidade por parte do condutor.

Todas as análises estatísticas neste estudo foram feitas utilizando a linguagem de programação em R (R Core Team, 2018). Para criação do modelo foram utilizados pacotes nativos do R, e podem ser verificados em Mangiafico (2015).

Como o objetivo deste estudo foi verificar os fatores determinantes para a escolha da velocidade praticada, foram construídos quadro modelos, um para cada limite de velocidade, ou seja, abaixo de 20, 30, 40 e 50 km/h.

Além das variáveis respostas, foram definidas também os valores de referência para cada grupo de variáveis explicativas. Desta maneira, foram verificados qual o valor da razão de *odds* para os fatores analisados em relação ao valor de referência para ocorrência do evento, em outras palavras, é verificado através do aumento de probabilidade da permanência abaixo da velocidade limite. Os valores referência para cada grupo estão apresentados no QUADRO 4.

QUADRO 4 – VALOR DE REFERÊNCIA POR GRUPO DE FATORES ESTUDADOS

Grupo	Valor de Referência	Valores analisados
Número de faixas	1 faixa	2 faixas, 3 faixas, 4 faixas, 5 faixas
Sentido	Único	Duplo
Tipo de pavimento	Asfalto	Concreto Blocos Intertravados Paralelepípedo
Presença de <i>Traffic Calming</i>	Não	Lombada Travessia elevada
Presença de Radar	Não	Sim
Comprimento da feição	Unidade de comprimento	Aumento da unidade de comprimento
Sinalização	Sem sinalização (Preferencial)	Pare Semáforo
Perfil de elevação	Plano	Aclive Declive

FONTE: O autor (2024).

4 RESULTADOS

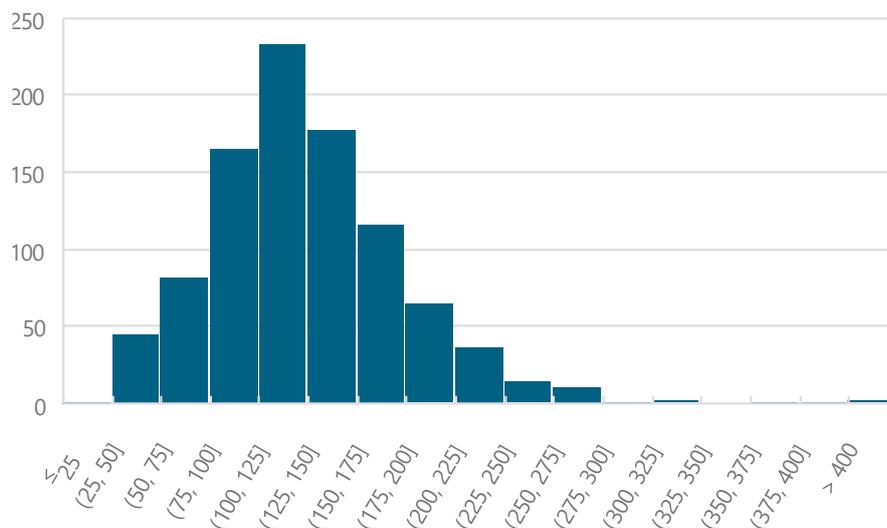
Neste capítulo são apresentados os resultados das análises, sendo divididos em três partes. A primeira apresenta resultados relacionados aos fatores viários estudados, a segunda parte traz dados relacionados aos condutores, informações do NDS-BR e resultados relacionados a velocidade praticada. A última parte apresenta os resultados das análises estatísticas relacionando os outros subitens.

4.1 RESULTADOS RELACIONADOS AOS FATORES VIÁRIOS

A área de estudo foi definida como as vias locais da regional Matriz na cidade de Curitiba. A seleção das vias analisadas resultou em um total de 964 feições. Este valor pode ser interpretado como a quantidade de quadras que fazem parte das vias normais pesquisadas que os condutores do NDS-BR usaram em suas viagens. As vias normais que estavam inseridas na regional Matriz, mas que nenhuma viagem do NDS-BR passou por elas, não foram consideradas para as análises estatísticas.

As vias estudadas variaram em comprimento de um valor mínimo de 21,8 m para um valor máximo de 564,7 m. A TABELA 6 apresenta os valores estatísticos para análise de comprimento das vias estudadas. A FIGURA 16 apresenta o histograma das vias em relação ao comprimento de cada feição.

FIGURA 16 – HISTOGRAMA DO COMPRIMENTO DAS FEIÇÕES ANALISADAS



FONTE: O Autor (2024).

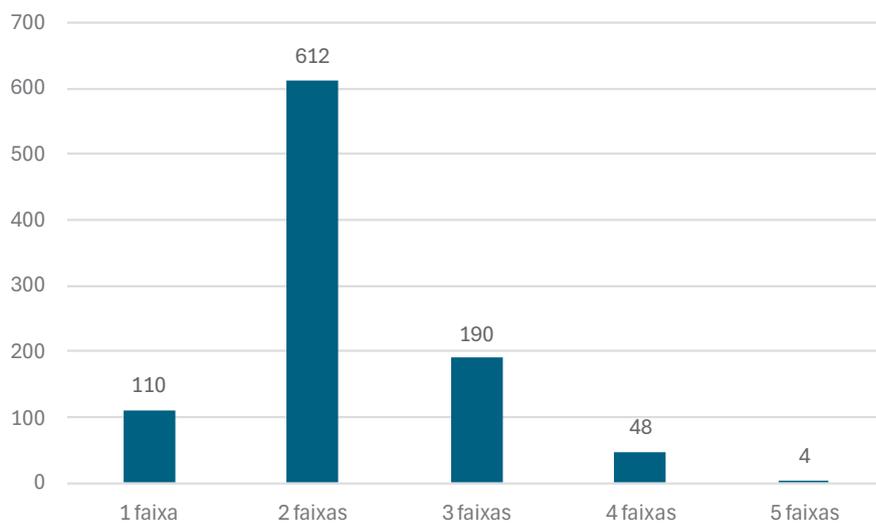
TABELA 6 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA ANÁLISE DO COMPRIMENTO DAS VIAS

Amostra	Média	Desvio Padrão	Valor mínimo	Q1	Mediana	Q3	Valor máximo
964	126,6 m	53,7 m	21,8 m	93,1 m	120,6 m	152,6 m	564,7 m

FONTE: O Autor (2024).

Para os demais fatores analisados foram verificados que duas faixas foi o padrão mais observado, com 612 feições. Para vias com 4 faixas foram observadas 48 feições, e apenas 4 feições incluídas no estudo possuem 5 faixas (FIGURA 17).

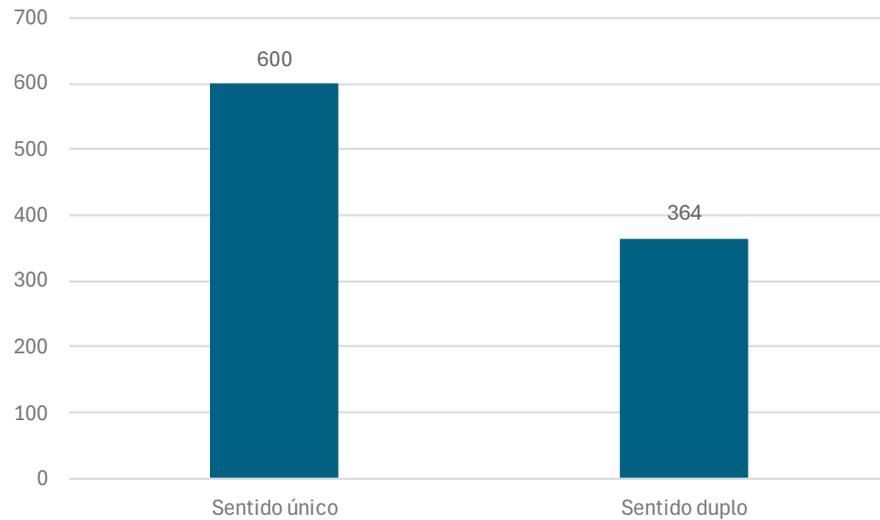
FIGURA 17 – QUANTIDADE DE FEIÇÕES POR NÚMERO DE FAIXAS



FONTE: O Autor (2024).

No quesito do tipo de fluxo dos veículos, 62,2% das vias observadas possuindo sentido único, contra os 37,8% que possuem circulação de veículos nos dois sentidos de fluxo (FIGURA 18).

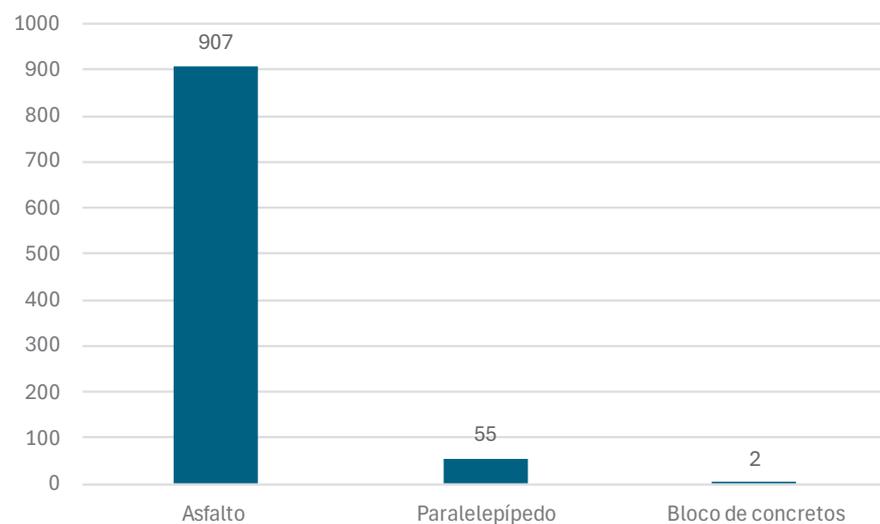
FIGURA 18 – QUANTIDADE DE FEIÇÕES POR TIPO DE FLUXO



FONTE: O Autor (2024).

Os tipos de pavimentos encontrados durante o levantamento de dados indicaram a presença dos tipos classificados como pavimentos de asfalto, concreto, blocos de concretos intertravados e paralelepípedos. Porém, durante a seleção de vias utilizadas nas viagens dos condutores participantes do *NDS-BR*, verificou-se que as vias de concreto não foram utilizadas pelos pontos válidos e incluídos na pesquisa. Por isso apenas três tipos foram considerados durante a análise estatística na relação com a velocidade do condutor. Do total de 964 feições, 907 possuem o revestimento de asfalto, e apenas 2 dessas feições eram de blocos intertravados (FIGURA 19).

FIGURA 19 – QUANTIDADE DE FEIÇÕES POR TIPO DE PAVIMENTO



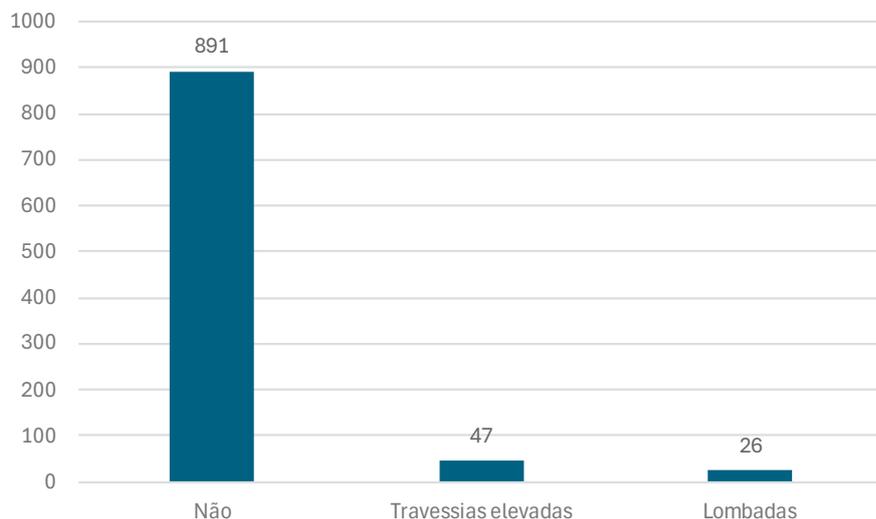
FONTE: O Autor (2024).

Para presença de *traffic calming*, que foi levantada através das imagens do OSM, foram consideradas qualquer estratégia na via que pudessem ter intuito de influenciar o condutor na escolha da velocidade. Foram observados estreitamento de vias, presenças de lombadas e travessias elevadas. O OSM, também classifica a presença de ilhas de refúgio para pedestre em canteiros centrais como *traffic calming*, porém não foram encontrados este dispositivo nas vias estudadas. De maneira similar, estreitamento da via também foi observado somente nas vias não utilizadas pelas viagens do NDS-BR.

O OSM também faz distinção entre *hump* e *bump*. Esta distinção é feita pela largura do dispositivo, sendo *bump* uma saliência curta, e *hump* uma saliência em torno de 2 a 4 metros. Porém, neste estudo essas duas categorias foram unificadas em uma, classificada como “lombada” (FIGURA 20).

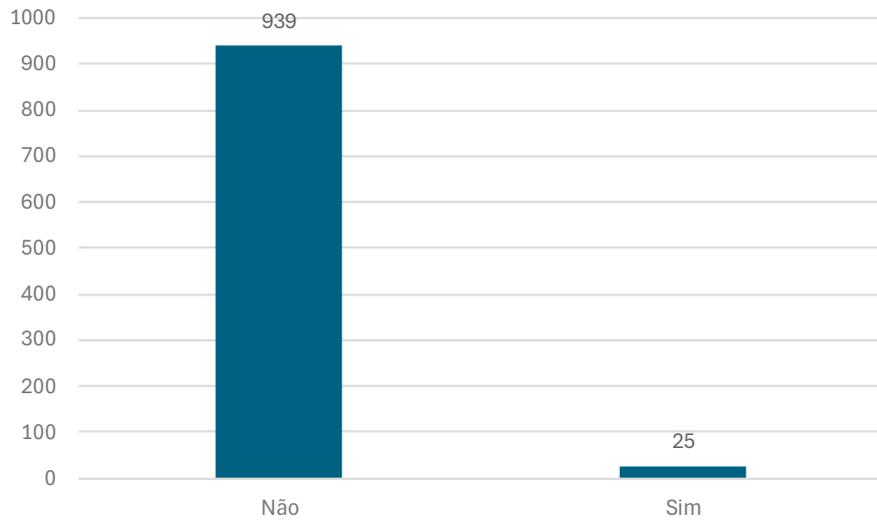
A presença de controladores de velocidade foi indicada em 25 feições (FIGURA 21), localizadas principalmente na região mais central de Curitiba. Das 25 feições indicadas com presença de radar dez possuem duas faixas, outras dez possuem três faixas e cinco feições são vias com quatro faixas.

FIGURA 20 – QUANTIDADE DE FEIÇÕES POR PRESENÇA DE *TRAFFIC CALMING*



FONTE: O Autor (2024).

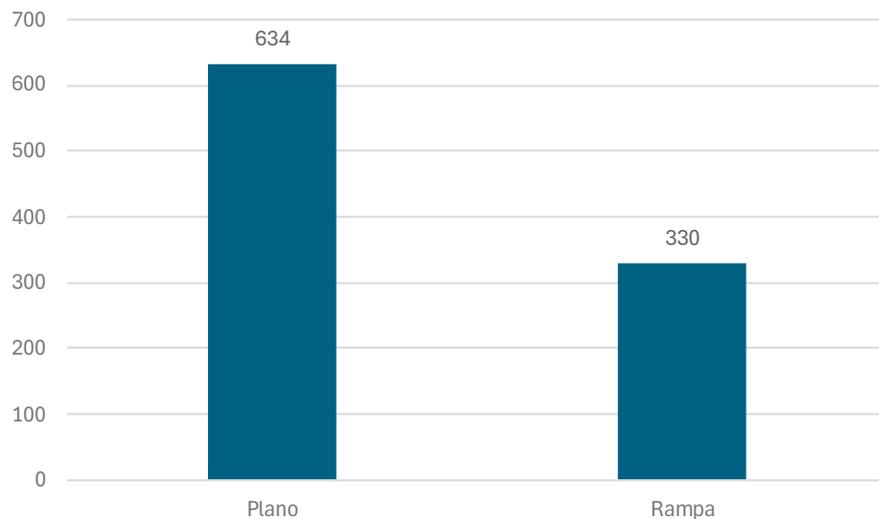
FIGURA 21 – QUANTIDADE DE FEIÇÕES POR PRESENÇA DE RADAR



FONTE: O Autor (2024).

Em relação ao greide da via, 634 feições possuem uma inclinação menor que 3%, e por isso foram identificadas como trechos de via plano. As outras 330 feições estudadas foram classificadas como em rampa, sendo aclive ou declive, dependendo do sentido do condutor (FIGURA 22).

FIGURA 22 – QUANTIDADE DE FEIÇÕES POR INCLINAÇÃO DO GREIDE DA VIA

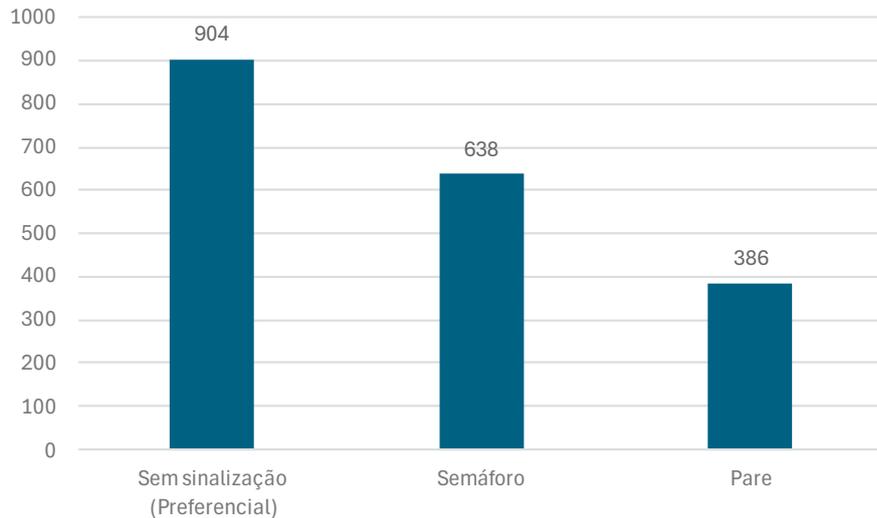


FONTE: O Autor (2024).

Como cada feição possui um tipo de sinalização em cada extremidade, foi gerado informação sobre os dois sentidos de fluxo. Com isso, foram identificados 904

pontos onde a fiscalização é uma preferencial, ou seja, não possuía sinalização, e outros 386 estavam onde a sinalização era de pare. Para as demais 638 aproximações nos cruzamentos, a operação era feita através de sinalização semafórica (FIGURA 23).

FIGURA 23 – QUANTIDADE DE FEIÇÕES POR TIPO DE SINALIZAÇÃO



FONTE: O Autor (2024).

4.2 RESULTADOS RELACIONADOS AOS DADOS DE VELOCIDADE PRATICADA

Os análise descritiva dos pontos selecionados para análise indicou um valor de velocidade para mediana de 29,1 km/h, sendo o valor máximo observado de 90,6 km/h. O valor mínimo de 10 km/h é devido à exclusão dos pontos com velocidade abaixo de 10 km/h. Observa-se que o terceiro quartil, com valor de 37,3 km/h, é um valor relativamente baixo quando comparado ao valor máximo. Isso indica a presença de valores discrepantes (*outliers*), como observado na FIGURA 24.

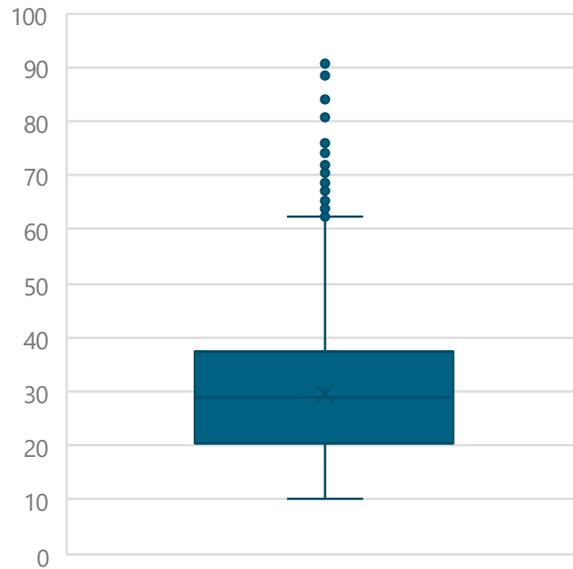
A TABELA 7 apresenta a análise a estatística descritiva das velocidades dos 57.410 pontos selecionados do *NDS-BR*

TABELA 7 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA ANÁLISE DA VELOCIDADE EM KM/H

Amostra	Média	Desvio Padrão	Valor mínimo	Q1	Mediana	Q3	Valor máximo
57.410	29,5	11,2	10,0	20,6	29,1	37,3	90,6

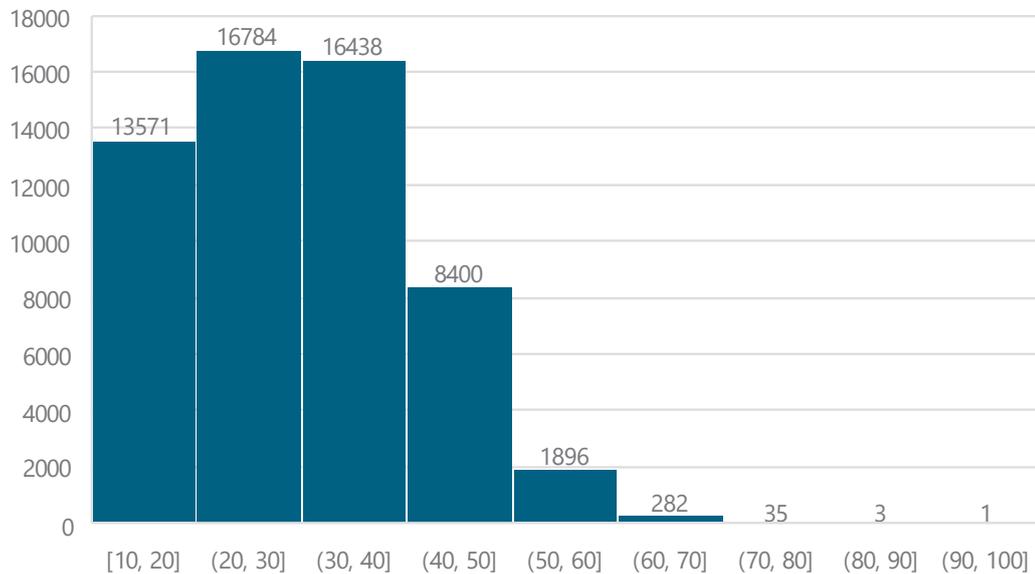
FONTE: O Autor (2024).

FIGURA 24 – DIAGRAMA DE CAIXA PARA VELOCIDADE EM KM/H DOS PONTOS SELECIONADOS



FONTE: O Autor (2024).

FIGURA 25 – HISTOGRAMA DA VELOCIDADE EM KM/H DOS PONTOS SELECIONADOS

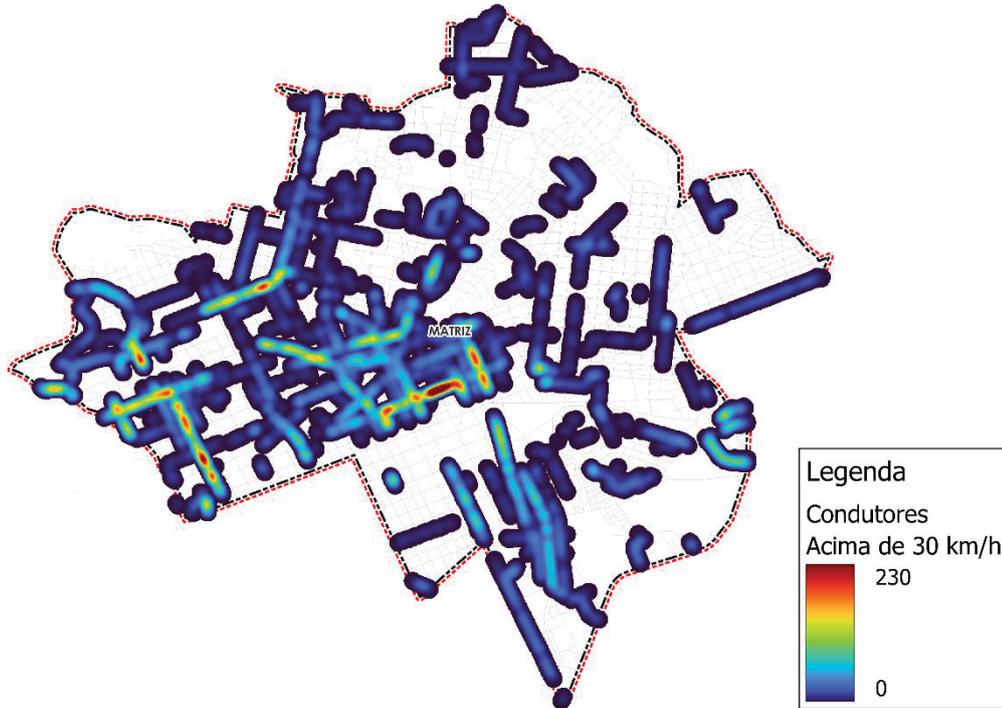


FONTE: O Autor (2024).

Dos pontos analisados, 55.192 (96,1%) estavam abaixo de 50 km/h. Para valores abaixo de 30 km/h, velocidade indicada como adequada para segurança de vulneráveis (WHO, 2023), foram identificados 30.355 pontos (52,9%), isso indica que quase metade do tempo das viagens analisadas estavam acima de 30 km/h.

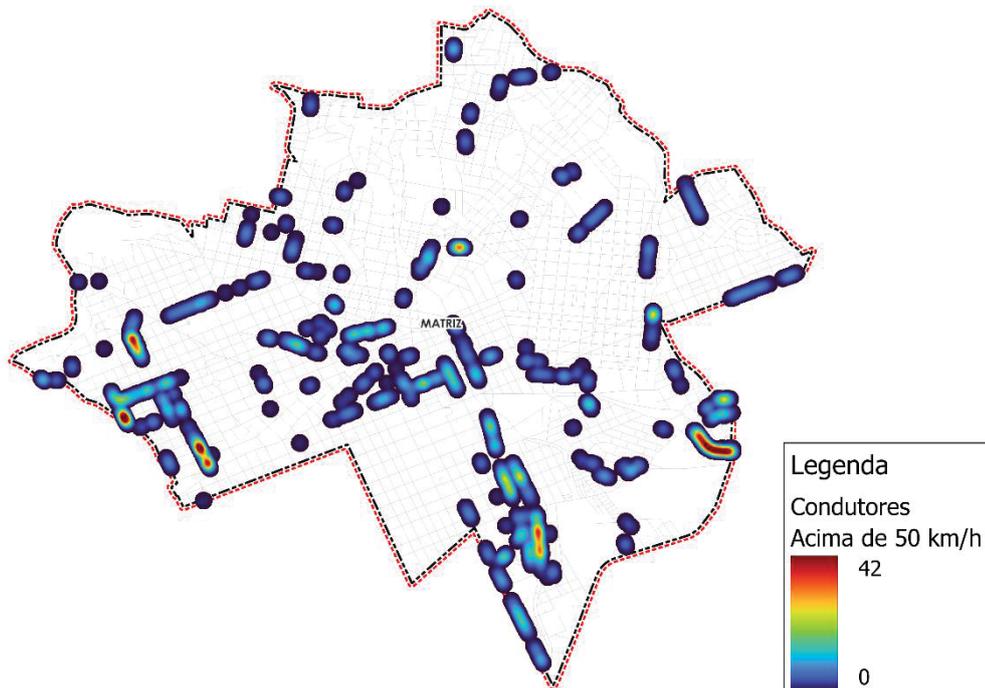
Com os dados dos condutores também foi possível verificar os principais pontos onde velocidades inseguras foram praticadas. Foram consideradas a localização de todos os pontos com velocidades acima de 30 km/h (FIGURA 26) e 50 km/h (FIGURA 27).

FIGURA 26 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS COM VELOCIDADES ACIMA DE 30 KM/H



FONTE: O Autor (2024).

FIGURA 27 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS COM VELOCIDADES ACIMA DE 50 KM/H



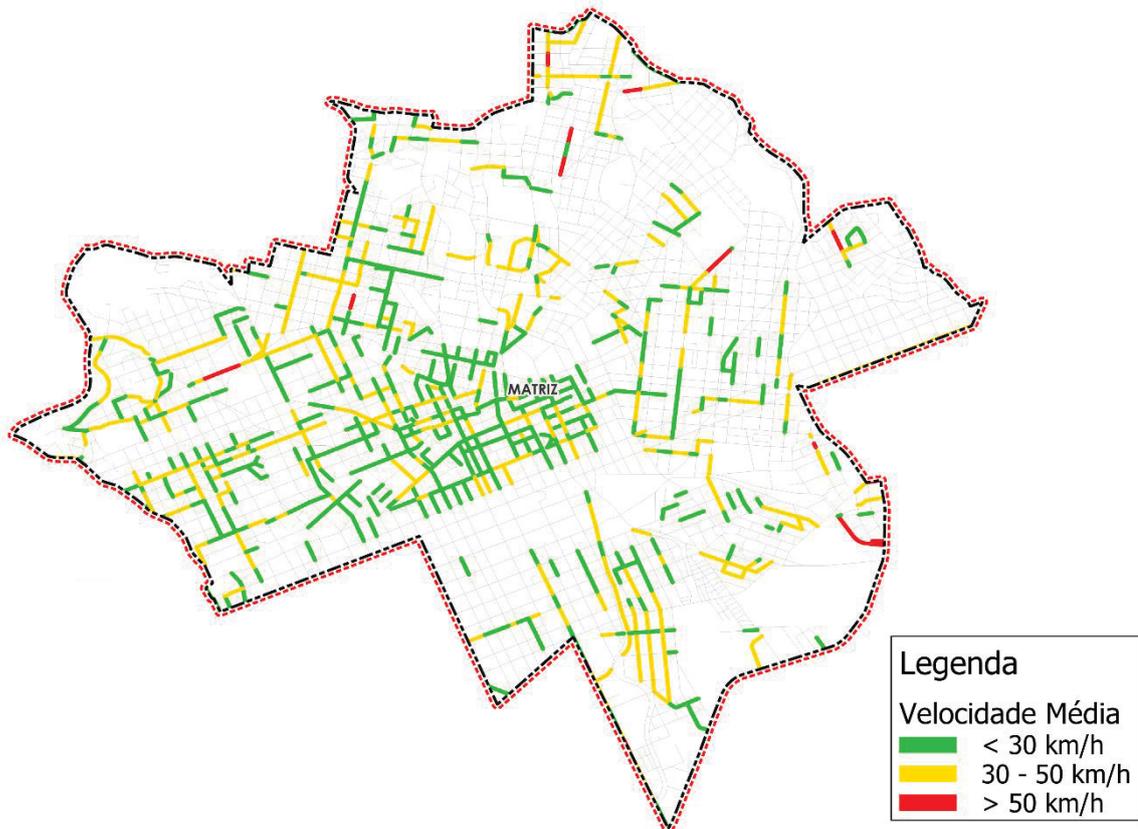
FONTE: O Autor (2024).

Os pontos com velocidades acima de 30 km/h foram observados distribuídos por toda a área analisada, com uma concentração maior de viagens com estas velocidades na região central. Os pontos com velocidades acima de 50 km/h foram observados mais distantes da área central da regional Matriz.

Embora estes gráficos levem em consideração a velocidade praticada, eles também levam em consideração a quantidade de viagens, sendo que quadras com mais viagens possuem um maior número de dados. Vias mais movimentadas, mas com poucas viagens praticando velocidades inseguras, são demonstradas da mesma forma que vias com menor movimento, mas que possuem apenas viagens inseguras.

Para analisar a velocidade média praticada na via, foram consideradas todos os pontos do *NDS-BR* selecionados para o estudo. A FIGURA 28 apresenta os valores para a velocidade média. É possível observar que a velocidade média se mantém baixa na área central, e quadras com velocidades médias mais elevadas mais distantes da área central.

FIGURA 28 – VELOCIDADE MÉDIA PRATICADA NAS VIAS ESTUDADAS

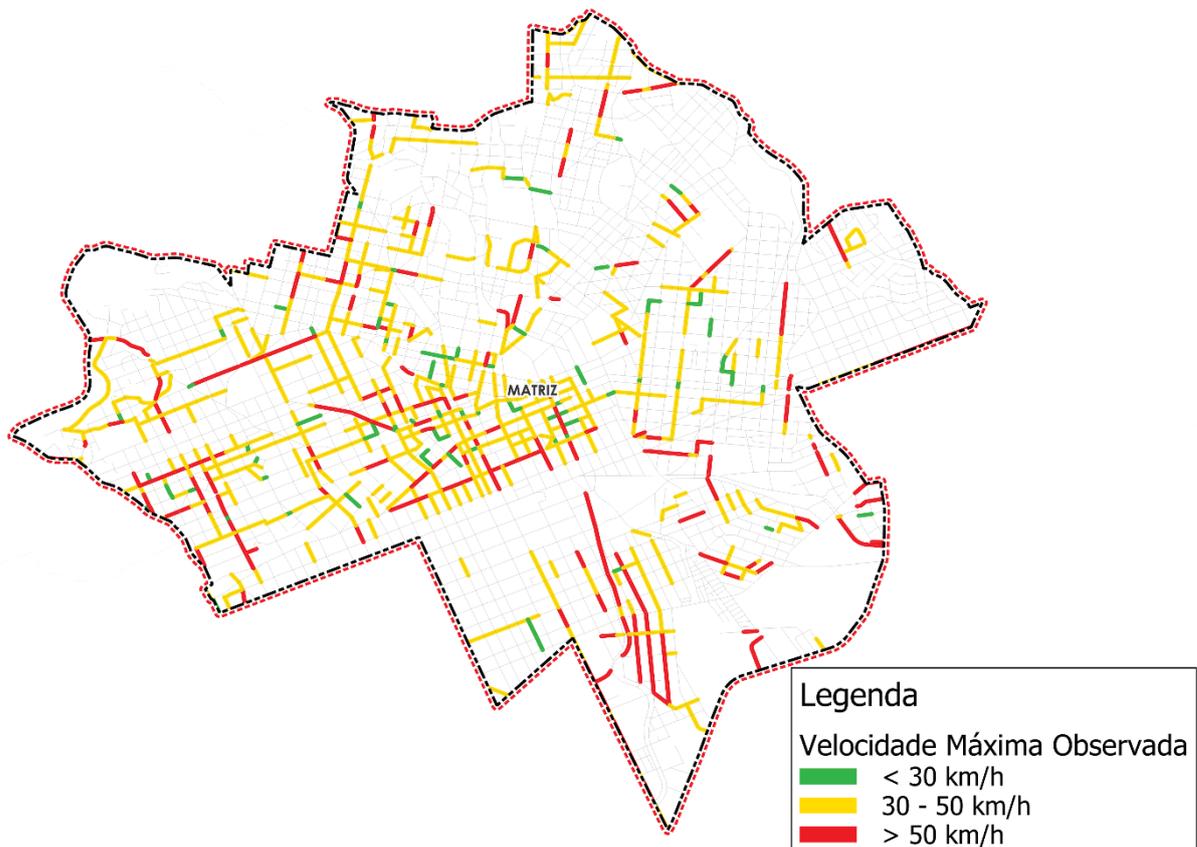


FONTE: O Autor (2024).

Além da velocidade média, outro dado importante de ser analisado são as velocidades máximas praticadas na via. Esta informação é feita com informações do ponto com maior velocidade na quadra onde estava inserido (FIGURA 29).

Poucas vias mantiveram uma velocidade abaixo de 30 km/h, mesmo na região central, onde se espera um maior número de vulneráveis. Várias quadras onde a velocidade média estava abaixo de 30 km/h, possuem velocidades praticadas acima de 50 km/h, mesmo na área central. Isso implica que mesmo com uma probabilidade menor de sinistros nestas vias com velocidade média reduzida, a gravidade resultante de um sinistro pode ser alta devido as velocidades máximas observadas.

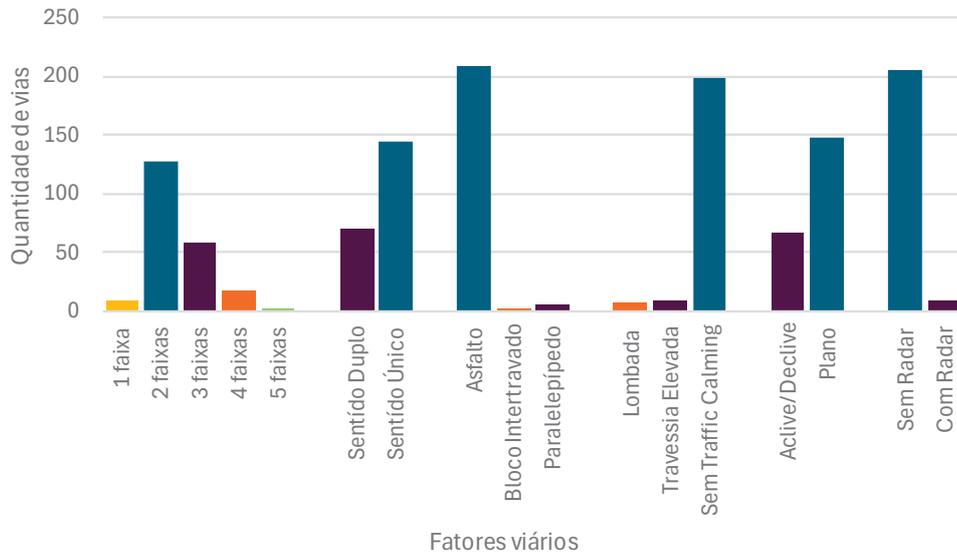
FIGURA 29 – VELOCIDADE MÁXIMA PRATICADA NAS VIAS ESTUDADAS



FONTE: O Autor (2024).

Velocidades acima de 50 km/h foram observadas em 204 quadras, sendo que as características mais recorrentes destas vias eram duas faixas (59,8%), em sentido único (67,3%), com pavimento asfáltico (97,2%), sem *traffic calming* (68,7%), planas (68,7%) e sem presença de radar (95,8%) (FIGURA 30).

FIGURA 30 – FATORES PRESENTES EM QUADRAS COM VELOCIDADES ACIMA DE 50 KM/H



FONTE: O Autor (2024).

4.3 RESULTADOS RELACIONADOS À ANÁLISE ESTATÍSTICA

A apresentação dos resultados relacionados à análise estatística será feita para cada grupo de fator estudado. Embora a análise regressão logística múltipla seja feita com todos os fatores simultaneamente, foram apresentados de maneira segregada para facilitar a compreensão de cada fator na escolha da velocidade.

Foram elaborados quatro modelos, cada um deles tendo a variável dependente igual a cada limite de velocidade: 20, 30, 40 e 50 km/h. A regressão logística binária modela a probabilidade de a variável dependente assumir um determinado valor, sendo este valor denominado como evento. Para este estudo, este evento é o condutor manter-se abaixo do valor de velocidade estipulado. Todos os valores resultantes do modelo podem ser verificados no Apêndice B.

4.3.1 Variável explicativa: Número de faixas

Para análise da relação do número de faixas com a velocidade praticada, tendo como categoria de referência a quantidade de 1 faixa, o modelo irá relacionar a alteração da variável independente (número de faixas) com a probabilidade de ocorrência do evento (permanência abaixo do limite de velocidade estabelecido para o modelo). Em outras palavras, se a razão de *odds* for superior a 1, isso indica que

mudança do valor referência para o valor analisado aumenta as chances de ele permanecer abaixo do limite estabelecido. De maneira simples, razões de *odds* com valores abaixo de 1 estão relacionadas ao aumento de velocidade. A TABELA 8 apresenta os resultados do modelo em desenvolvido no R para número de faixas como variável explicativa.

Os resultados do modelo foram estatisticamente significativos para a maioria dos casos, indicando que quanto maior o número de faixas, menor a probabilidade de estar abaixo da velocidade de referência. Em outras palavras, vias locais com duas ou mais faixas de tráfego estimulam o aumento da velocidade praticada.

Foi observado apenas um p-valor acima de 0,05, para análise de 5 faixas com uma velocidade limite de 50 km/h. Isso indica que esta relação não possui uma significância estatística.

TABELA 8 – RESULTADOS DO MODELO PARA NÚMERO DE FAIXAS (REFERÊNCIA: 1 FAIXA)

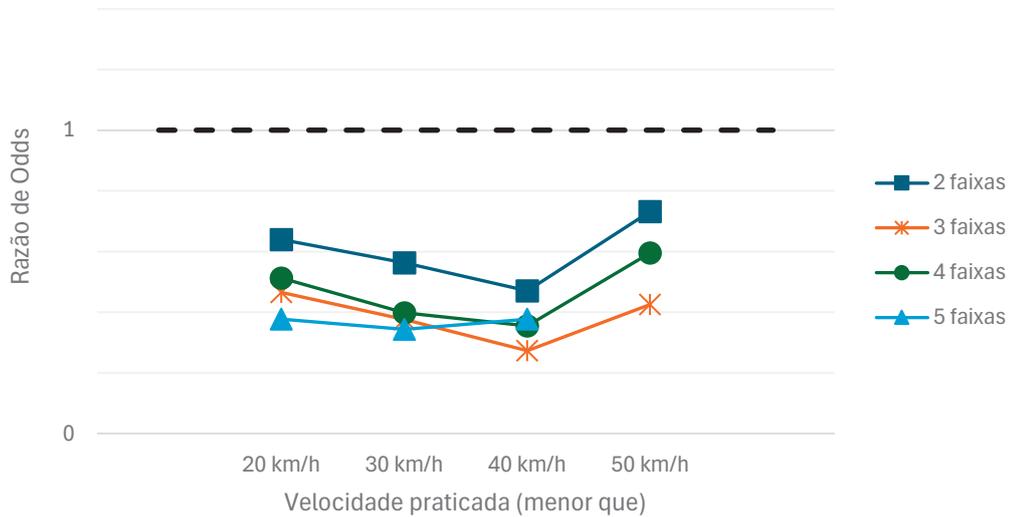
Variável explicativa	Variável resposta	Coefficiente β	Z	p-valor	Razão de odds	Limite Inferior	Limite Superior
2 faixas	20 km/h	-0,446	-10,696	0,000	0,64	0,59	0,69
	30 km/h	-0,575	-13,271	0,000	0,56	0,52	0,61
	40 km/h	-0,753	-10,622	0,000	0,47	0,41	0,54
	50 km/h	-0,312	-2,246	0,025	0,73	0,55	0,95
3 faixas	20 km/h	-0,766	-16,978	0,000	0,47	0,43	0,51
	30 km/h	-0,977	-21,398	0,000	0,38	0,34	0,41
	40 km/h	-1,296	-17,856	0,000	0,27	0,24	0,31
	50 km/h	-0,854	-6,054	0,000	0,43	0,32	0,56
4 faixas	20 km/h	-0,669	-13,300	0,000	0,51	0,46	0,57
	30 km/h	-0,921	-18,343	0,000	0,40	0,36	0,44
	40 km/h	-1,035	-13,095	0,000	0,36	0,30	0,41
	50 km/h	-0,518	-3,293	0,001	0,60	0,43	0,81
5 faixas	20 km/h	-0,976	-7,527	0,000	0,38	0,29	0,48
	30 km/h	-1,068	-9,677	0,000	0,34	0,28	0,43
	40 km/h	-0,976	-5,601	0,000	0,38	0,27	0,54
	50 km/h	0,059	0,113	0,910	1,06	0,43	3,53

FONTE: O Autor (2024).

A FIGURA 31 contém um resumo dos resultados estatisticamente significativos. Para duas, três e quatro faixas, a razão de *odds* tem um ponto mínimo para o limite de velocidade de 40 km/h. Isto significa que a maior probabilidade do condutor extrapolar o limite de velocidade estabelecido em função do aumento do número de faixas ocorre para 40 km/h, sendo que a probabilidade de se manterem no limite de 40 km/h é 59% menor ($1 - 0,41$) para duas faixas, 79% menor ($1 - 0,21$) para

três faixas e 73% menor (1 - 0,27) para quatro faixas em relação à existência de apenas uma faixa.

FIGURA 31 – RAZÃO DE ODDS PARA NÚMERO DE FAIXAS (REFERÊNCIA: 1 FAIXA)



FONTE: O Autor (2024).

4.3.2 Variável explicativa: Sentido da via

Para análise do impacto do sentido da via na escolha da velocidade, foram consideradas as vias com sentido duplo como categoria de referência.

Os valores do resultado do modelo da regressão logística apresentados na TABELA 9 apontam para um p-valor menor que 0,05, indicando significância estatística nas relações entre o tipo de sentido de fluxo dos veículos e a velocidade praticada.

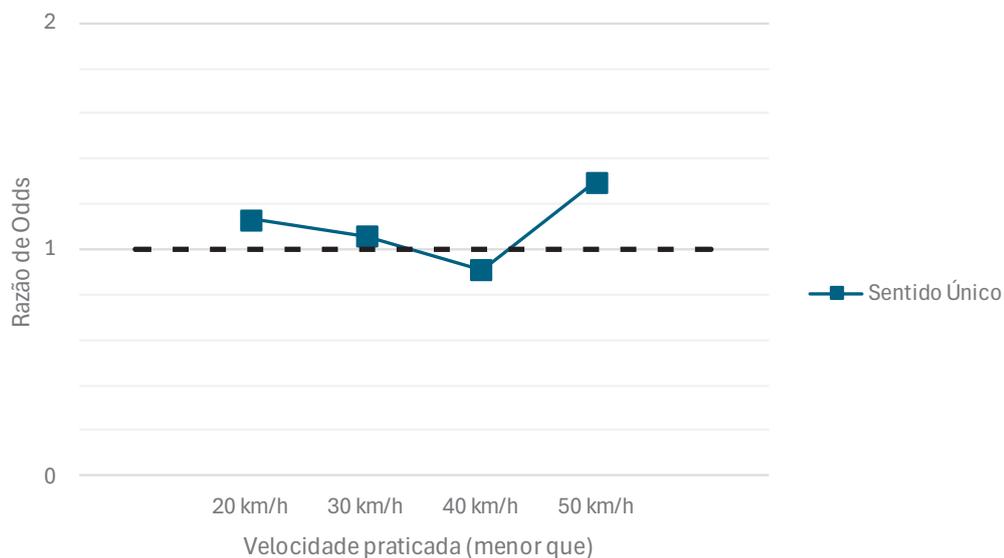
TABELA 9 – RESULTADOS DO MODELO PARA SENTIDO DA VIA (REFERÊNCIA: SENTIDO DUPLO)

Variável explicativa	Variável resposta	Coefficiente β	Z	p-valor	Razão de odds	Limite Inferior	Limite Superior
Sentido Único	20 km/h	0,125	3,993	0,000	1,13	1,07	1,21
Sentido Único	30 km/h	0,057	2,173	0,030	1,06	1,01	1,11
Sentido Único	40 km/h	-0,093	-2,875	0,004	0,91	0,86	0,97
Sentido Único	50 km/h	0,261	4,365	0,000	1,30	1,15	1,46

FONTE: O Autor (2024).

A FIGURA 32 contém um resumo dos resultados estatisticamente significativos. A razão de *odds* para os modelos indicaram que nas vias de sentido único a probabilidade de o condutor estar abaixo do valor de referência da velocidade é maior que em vias com sentido duplo. Esta afirmação pode ser feita para os limites de velocidades de 20, 30 e 50 km/h. Em outras palavras, em comparação com sentido duplo, a probabilidade de estar abaixo de 20 km/h é 13% maior para vias com sentido único, a probabilidade de estar abaixo de 30 km/h é 6% maior para vias com sentido único e a probabilidade de estar abaixo de 50 km/h é 30% maior para vias com sentido único. Porém, para a velocidade de 40 km/h foi observado o inverso, ou seja, a probabilidade de estar abaixo de 30 km/h é 9% menor para vias com sentido único.

FIGURA 32 – RAZÃO DE ODDS PARA SENTIDO DA VIA (REFERÊNCIA: SENTIDO DUPLO)



FONTE: O Autor (2024).

4.3.3 Variável explicativa: Tipo de pavimento

A TABELA 10 apresenta os resultados do modelo de regressão logística binária para o tipo de pavimento nas vias locais estudadas, tendo como categoria de referência o pavimento de asfalto.

TABELA 10 – RESULTADOS DO MODELO PARA TIPO DE PAVIMENTO (REFERÊNCIA: ASFALTO)

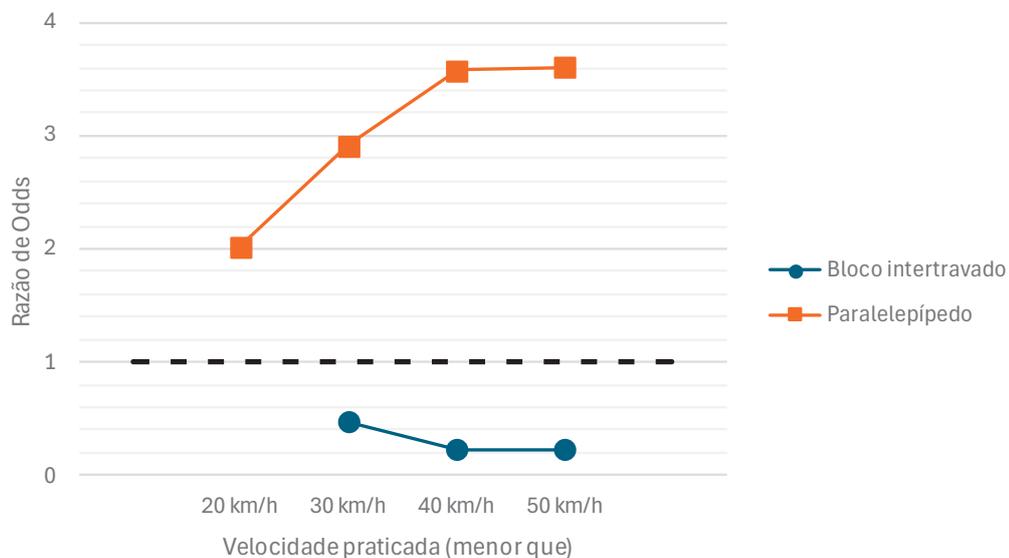
Variável explicativa	Variável resposta	Coefficiente β	Z	p-valor	Razão de odds	Limite Inferior	Limite Superior
Bloco intertravado	20 km/h	0,330	0,897	0,370	1,39	0,64	2,75
Bloco intertravado	30 km/h	-0,741	-2,100	0,036	0,48	0,23	0,93
Bloco intertravado	40 km/h	-1,471	-4,626	0,000	0,23	0,12	0,43
Bloco intertravado	50 km/h	-1,468	-4,096	0,000	0,23	0,12	0,49
Paralelepípedo	20 km/h	0,705	13,309	0,000	2,02	1,82	2,24
Paralelepípedo	30 km/h	1,068	17,251	0,000	2,91	2,58	3,29
Paralelepípedo	40 km/h	1,275	11,095	0,000	3,58	2,88	4,52
Paralelepípedo	50 km/h	1,282	4,877	0,000	3,61	2,24	6,31

FONTE: O Autor (2024).

Os resultados não foram estatisticamente significativos para a presença de blocos intertravados para a velocidade de referência de 20 km/h, para os demais limites e variáveis, a relação entre variável explicativa e variável resposta foi estatisticamente significativa ao nível de confiança de 95%.

Em comparação com pavimento asfáltico, a razão de *odds* para pavimento de paralelepípedo indicou uma grande probabilidade da ocorrência do evento, ou seja, não exceder o limite de velocidade estabelecido. Este aumento na probabilidade foi observado para todos os limites estudados, crescendo de 2,02 para 20 km/h até 3,61 para 50 km/h (FIGURA 33).

FIGURA 33 – RAZÃO DE ODDS PARA TIPO DE PAVIMENTO (REFERÊNCIA: ASFALTO)



FONTE: O Autor (2024).

Para a pavimentação de blocos de concreto intertravados o modelo indicou a diminuição na chance de ocorrência do evento, quando comparado com asfalto. Os valores abaixo de 1 para a razão de *odds* indicam que condutores praticam maiores velocidades nas vias com blocos intertravados estudadas (FIGURA 33).

4.3.4 Variável explicativa: *Traffic Calming*

Em relação a presença de *traffic calming*, as vias que fizeram parte do modelo foram classificadas como vias sem *traffic calming*, vias com lombada e vias com travessia elevada.

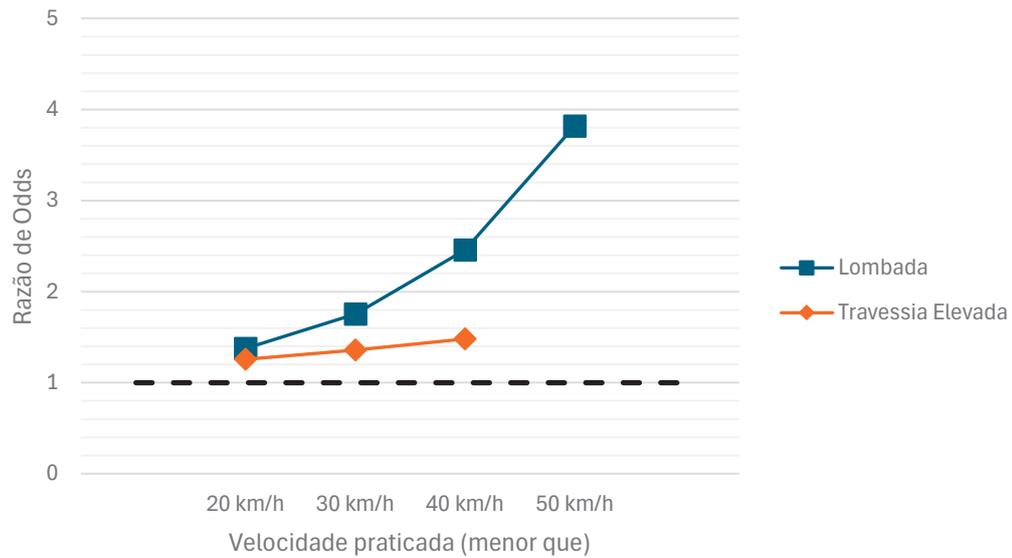
Para a criação modelo de regressão logística, foram consideradas as vias sem a presença de *traffic calming* como referência. Com isso foi verificado a probabilidade de a presença destes dispositivos afetarem na escolha de velocidade por parte do condutor. As duas variáveis apresentaram um p-valor menor que 0,05, com exceção da análise da travessia elevada de pedestres para a velocidade limite de 50 km/h, como pode ser observado na TABELA 11.

TABELA 11 – RESULTADOS DO MODELO PARA PRESENÇA DE *TRAFFIC CALMING* (REFERÊNCIA: NÃO)

Variável explicativa	Variável resposta	Coefficiente β	Z	p-valor	Razão de odds	Limite Inferior	Limite Superior
Lombada	20 km/h	0,318	4,549	0,000	1,37	1,20	1,57
Lombada	30 km/h	0,562	9,564	0,000	1,76	1,56	1,97
Lombada	40 km/h	0,899	11,398	0,000	2,46	2,11	2,88
Lombada	50 km/h	1,340	7,141	0,000	3,82	2,69	5,63
Travessia Elevada	20 km/h	0,228	5,277	0,000	1,26	1,15	1,37
Travessia Elevada	30 km/h	0,305	7,863	0,000	1,36	1,26	1,46
Travessia Elevada	40 km/h	0,392	7,570	0,000	1,48	1,34	1,64
Travessia Elevada	50 km/h	0,071	0,745	0,456	1,07	0,89	1,30

FONTE: O Autor (2024).

O modelo da regressão logística aponta que ambas as variáveis explicativas indicam maior probabilidade de ocorrência do evento, sendo que a variável lombadas apresenta maiores probabilidades do que a travessia elevada para todas as faixas de velocidade (FIGURA 34). A razão de *odds* indica que a presença de lombadas aumenta a probabilidade em 282% do condutor se manter abaixo do limite de 50 km/h, e para travessias elevadas este aumento é de 48% para a faixa de 40 km/h.

FIGURA 34 – RAZÃO DE ODDS PARA PRESENÇA DE *TRAFFIC CALMING* (REFERÊNCIA: NÃO)

FONTE: O Autor (2024).

4.3.5 Variável explicativa: Comprimento da via

A variável explicativa comprimento de via é a única variável contínua que faz parte dos fatores analisados neste estudo. Variáveis contínuas tem como referência a variação de uma unidade de medida. No caso deste estudo, os valores presentes na TABELA 12 são relativos ao aumento de um metro no comprimento da via.

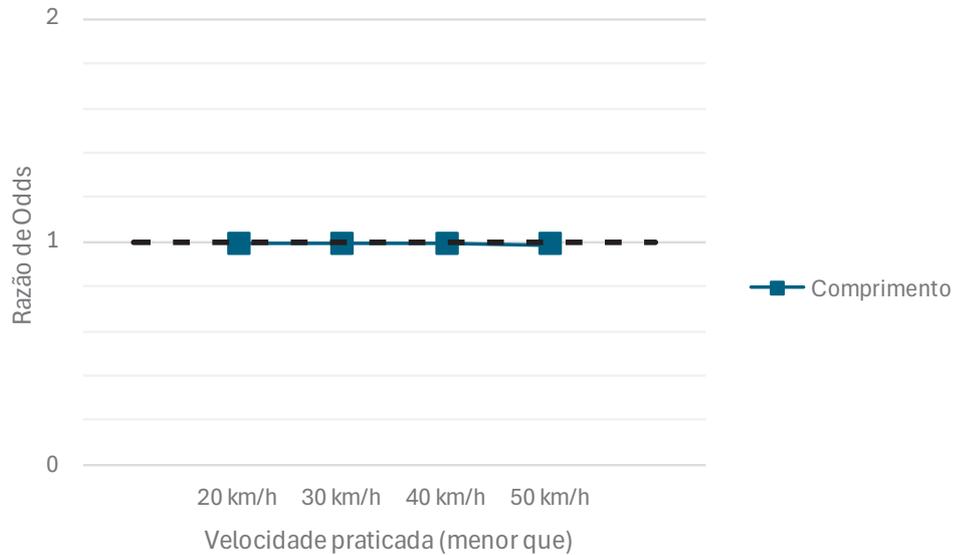
TABELA 12 – RESULTADOS DO MODELO PARA COMPRIMENTO DA VIA (REFERÊNCIA: UNIDADE DE COMPRIMENTO)

Variável explicativa	Variável resposta	Coefficiente β	Z	p-valor	Razão de odds	Limite Inferior	Limite Superior
Comprimento	20 km/h	-0,003	-17,498	0,000	1,00	1,00	1,00
Comprimento	30 km/h	-0,005	-31,472	0,000	0,99	0,99	1,00
Comprimento	40 km/h	-0,006	-34,798	0,000	0,99	0,99	0,99
Comprimento	50 km/h	-0,006	-28,482	0,000	0,99	0,99	0,99

FONTE: O Autor (2024).

Foram observados valores próximos à 1 para razão de *odds* para todos os limites de velocidade pesquisados, porém ainda abaixo de 1 (FIGURA 35), indicando que o aumento no tamanho da via diminui a probabilidade de se manterem abaixo da velocidade limite.

FIGURA 35 – RAZÃO DE ODDS PARA COMPRIMENTO DA VIA (REFERÊNCIA: UNIDADE DE COMPRIMENTO)

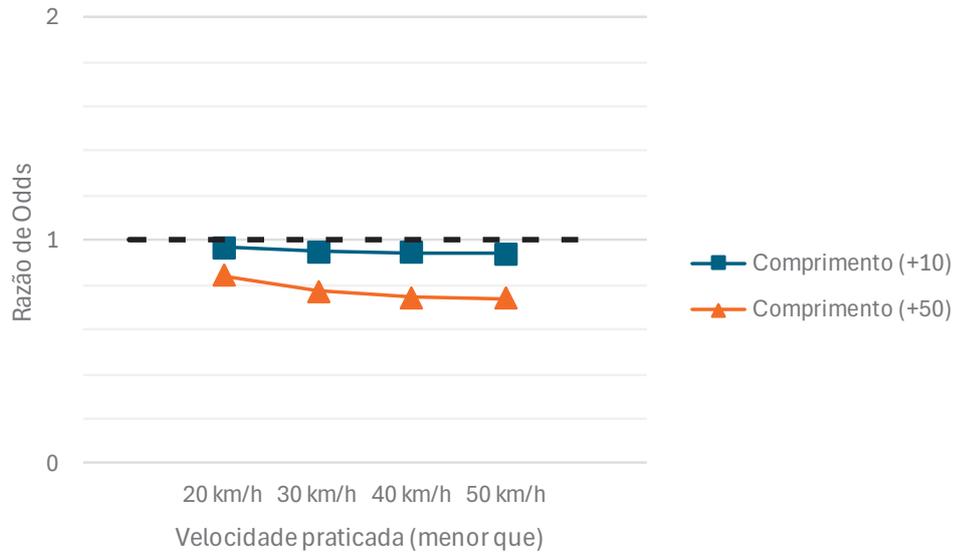


FONTE: O Autor (2024).

Embora de maneira sutil, o modelo apresentou diferenças nas razões de *odds* para cada variável resposta pesquisada. Na TABELA 12 foram apresentados valores com precisão de duas casas decimais, porém, como o comprimento da via se trata de uma variável contínua, pode-se calcular a probabilidade de o evento ocorrer após 10 unidades adicionais dessa variável, por isso uma precisão maior pode se fazer necessária. Os resultados dos modelos com maior precisão podem ser encontrados no Apêndice B.

Elevando as razões de *odds* para a décima potência, é obtido o valor para um acréscimo de 10 metros no comprimento da via. Elevando estes valores para a quinquagésima potência, é obtido o valor para um aumento de 50 metros no comprimento da via. Na FIGURA 36 é possível observar que o aumento do comprimento da via aumenta a probabilidade de o condutor exceder a velocidade de referência. Para o limite de 50 km/h um aumento de 10 unidades resultou em uma razão de *odds* de 0,94, para o aumento de 50 unidades a razão foi de 0,74.

FIGURA 36 – RAZÃO DE ODDS PARA AUMENTO DE 10 E DE 50 UNIDADES DE COMPRIMENTO



FONTE: O Autor (2024).

4.3.6 Variável explicativa: Radar

De maneira similar à presença de *traffic calming*, a análise do fator radar na escolha de velocidade do condutor partiu das vias sem a presença de controladores de velocidade como valor referência.

A TABELA 13 apresenta os resultados do modelo de regressão logística binária para a presença de radar.

TABELA 13 – RESULTADOS DO MODELO PARA PRESENÇA DE RADAR (REFERÊNCIA: SEM RADAR)

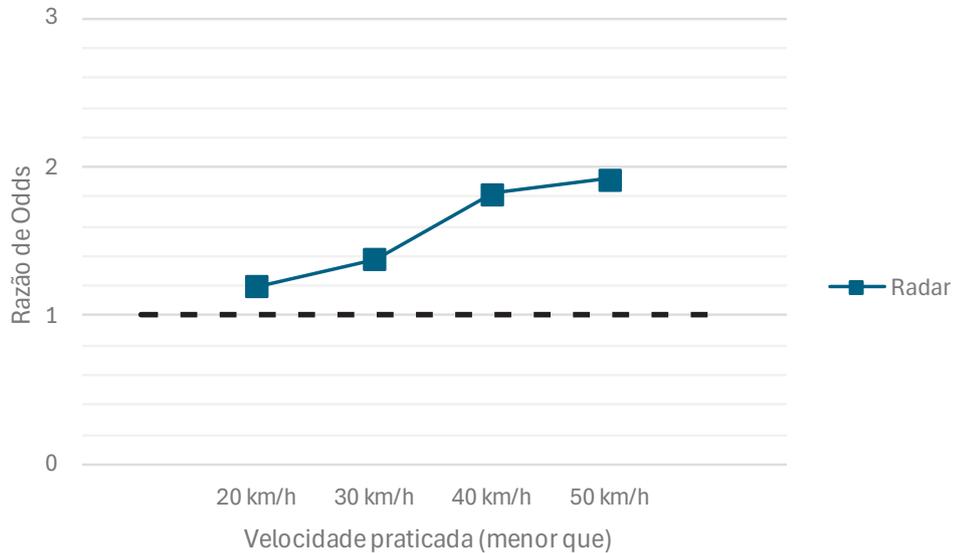
Variável explicativa	Variável resposta	Coefficiente β	Z	p-valor	Razão de odds	Limite Inferior	Limite Superior
Presença de radar	20 km/h	0,184	3,837	0,000	1,20	1,09	1,32
Presença de radar	30 km/h	0,323	7,541	0,000	1,38	1,27	1,50
Presença de radar	40 km/h	0,600	9,298	0,000	1,82	1,61	2,07
Presença de radar	50 km/h	0,653	4,236	0,000	1,92	1,44	2,64

FONTE: O Autor (2024).

Da mesma forma que observado com as variáveis de *traffic calming*, A presença de radar apresenta valores para a razão de odds superiores a 1, o que indica que a presença de radar, quando comparado com as vias sem esta fiscalização, são

mais propensas a terem velocidades praticadas mais baixas. A FIGURA 37 demonstra o crescimento do valor para razão de *odds* para faixas de velocidade mais altas.

FIGURA 37 – RAZÃO DE ODDS PARA PRESENÇA DE RADAR (REFERÊNCIA: SEM RADAR)



FONTE: O Autor (2024).

4.3.7 Variável explicativa: Sinalização

A TABELA 14 apresenta os resultados do modelo de regressão logística binária para os fatores relacionados à sinalização. A variável referência para este fator são as vias preferenciais, ou seja, as que não possuem sinalização de pare nem sinalização semafórica.

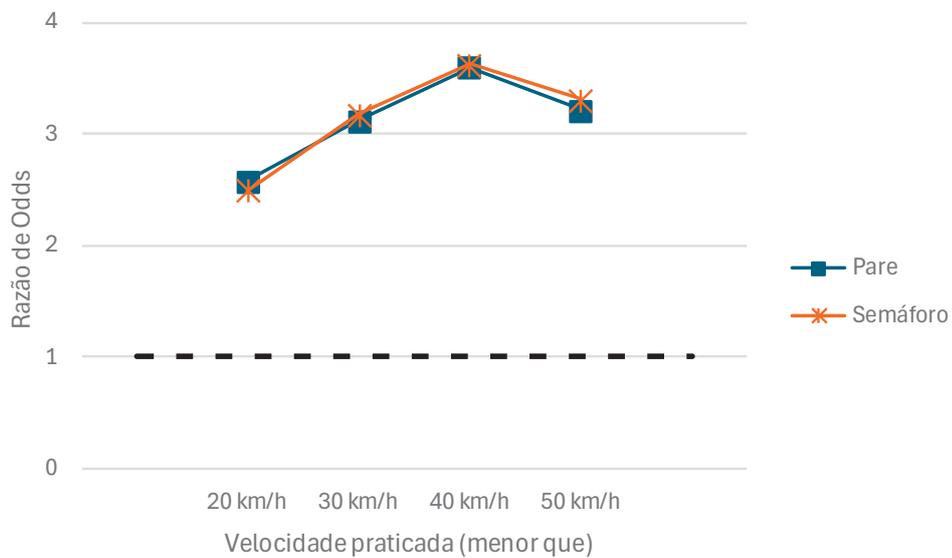
TABELA 14 – RESULTADOS DO MODELO PARA TIPO DE SINALIZAÇÃO (REFERÊNCIA: PREFERENCIAL)

Variável explicativa	Variável resposta	Coefficiente β	Z	p-valor	Razão de odds	Limite Inferior	Limite Superior
Pare	20 km/h	0,949	26,177	0,000	2,58	2,41	2,77
Pare	30 km/h	1,137	35,498	0,000	3,12	2,93	3,32
Pare	40 km/h	1,281	28,185	0,000	3,60	3,30	3,94
Pare	50 km/h	1,168	12,988	0,000	3,21	2,70	3,84
Semáforo	20 km/h	0,916	31,691	0,000	2,50	2,36	2,65
Semáforo	30 km/h	1,157	49,486	0,000	3,18	3,04	3,33
Semáforo	40 km/h	1,288	46,915	0,000	3,62	3,44	3,83
Semáforo	50 km/h	1,197	21,999	0,000	3,31	2,98	3,69

FONTE: O Autor (2024).

Para todos os casos os resultados foram estatisticamente significativos. A FIGURA 38 permite visualizar os valores para a razão de *odds* para as categorias Pare e Semáforo. Observa-se, portanto, que a presença de semáforo ou de sinalização de pare diminui a chance do condutor exceder a velocidade de referência, sendo que o valor máximo foi observado para a velocidade de 40 km/h, com um aumento de 262% para semáforos e 260% para sinalizações de Pare.

FIGURA 38 – RAZÃO DE ODDS PARA TIPO DE SINALIZAÇÃO (REFERÊNCIA: PREFERENCIAL)



FONTE: O Autor (2024).

4.3.8 Variável explicativa: Inclinação da via

Para análise do impacto da inclinação da via na escolha da velocidade, foram consideradas as vias planas como valor referência. Na TABELA 15 pode se verificar que para a variável declive possui um p-valor menor que o nível de significância. Porém, o mesmo não é observado para as vias em aclive, para as quais os resultados não foram estatisticamente significativos.

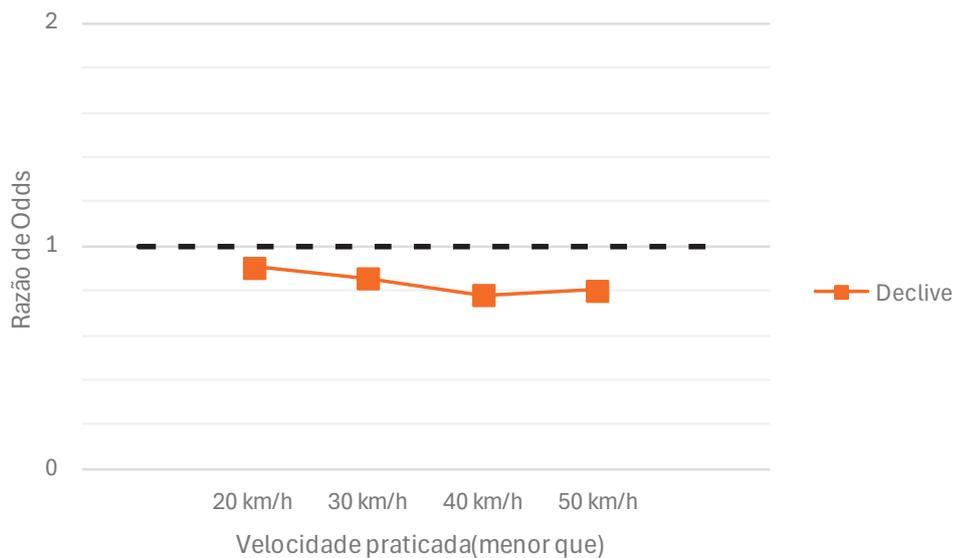
TABELA 15 – RESULTADOS DO MODELO PARA INCLINAÇÃO DA VIA (REFERÊNCIA: PLANO)

Variável explicativa	Variável resposta	Coefficiente β	Z	p-valor	Razão de odds	Limite Inferior	Limite Superior
Aclive	20 km/h	0,012	0,415	0,678	1,01	0,96	1,07
Aclive	30 km/h	-0,010	-0,402	0,688	0,99	0,94	1,04
Aclive	40 km/h	0,051	1,502	0,133	1,05	0,98	1,12
Aclive	50 km/h	0,106	1,565	0,118	1,11	0,97	1,27
Declive	20 km/h	-0,098	-3,092	0,002	0,91	0,85	0,96
Declive	30 km/h	-0,157	-5,801	0,000	0,85	0,81	0,90
Declive	40 km/h	-0,246	-7,427	0,000	0,78	0,73	0,83
Declive	50 km/h	-0,215	-3,374	0,001	0,81	0,71	0,91

FONTE: O Autor (2024).

Em relação às vias planas, os condutores que se deslocam por vias em declive apresentaram um aumento na velocidade. A razão de *odds* para estas vias apresentou valores mais baixos para o limite de velocidade de 40 km/h, com o valor de 0,78. Isto indica que vias em declive apresentam uma redução de 22% na probabilidade de a velocidade praticada ser menor que 40 km/h quando comparadas com vias planas. A FIGURA 39 apresenta a razão de *odds* para a variável explicativa inclinação da via. Como os valores para vias em aclive não obtiveram um valor significativamente estatístico, os valores para esta variável não foram demonstrados na figura.

FIGURA 39 – RAZÃO DE ODDS PARA INCLINAÇÃO DA VIA (REFERÊNCIA: PLANO)



FONTE: O Autor (2024).

5 DISCUSSÕES

O objetivo deste estudo foi o de verificar quais fatores viários presentes em vias locais possuem algum efeito na velocidade praticada.

Embora a prática de velocidades inseguras seja apontada como a fator principal no risco e na gravidade de sinistros viários, alguns fatores apresentados neste estudo podem possuir aumento de velocidade como efeito colateral de outra estratégia de segurança viária. Como exemplo, Ben-Bassat e David Shinar (2011) citam que pistas com maiores larguras oferecem maior sensação de segurança e espaço para corrigir erros, porém, essa sensação de segurança também reflete na velocidade praticada pelo condutor.

Para os fatores estudados, os seguintes padrões foram os mais observados: 94,1% têm revestimento asfáltico; 63,5% possuem duas faixas de circulação; 62,2% operam em sentido único; 92,4% não possuem nenhuma medida de *traffic calming*; 97,4% não possuem radares; 64,8% foram consideradas como planas; 46,9% das aproximações são tratadas como movimento preferencial, e; em relação ao comprimento da via o primeiro e terceiro quartil, os quais indicam a quantidade de 50% das feições, possuem valores de 93,1 e 152,6 metros, respectivamente.

Embora alguns dos valores apresentados na análise não sejam normalmente valores observados para vias locais, buscou-se manter o máximo possível das feições para análise. Como exemplo, um dos fatores verificados foi o número de faixas na via, optou-se por incluir as vias que possuíam quatro e cinco faixas de fluxo de veículos, mesmo considerando que apenas cinco feições com cinco faixas foram utilizadas pelas viagens do NDS-BR.

Para a seleção das vias analisadas no estudo, foi utilizada a classificação feita pela Prefeitura de Curitiba para as vias locais, sendo denominadas como Vias Normais pela legislação local (Curitiba, 2019). Porém algumas das vias classificadas desta forma não necessariamente operam como tal na prática. Vias que se distinguiam demasiadamente do conceito de vias locais, como vias com canteiro central e vias que fazem parte de viadutos, foram excluídas da análise.

Futuros estudos podem se utilizar do banco de dados levantados pela presente dissertação para restringir as análises para vias com parâmetros mais específicos, e com características mais similares a vias locais, como por exemplo, vias com uma ou duas faixas de rolamento.

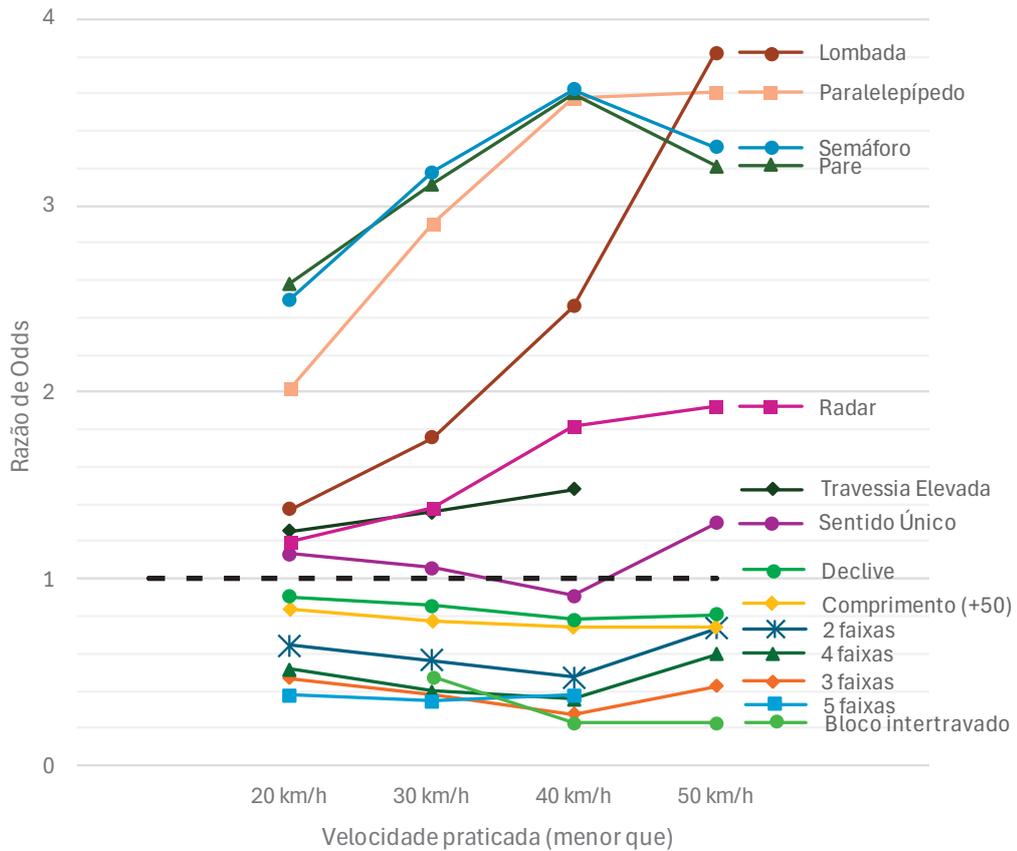
Em relação aos dados dos condutores, foram contabilizados 57.410 dos pontos levantados pelo *NDS-BR*, apenas 4,2% do total de aproximadamente 1,3 milhão de pontos do banco de dados até o momento do estudo naturalístico. Amancio (2021) ressalta o alto percentual de perdas que ocorrem em estudo naturalísticos para evitar a utilização de dados não desejáveis.

Estes dados indesejados são referentes as informações fora do recorte da área de estudo, ou seja, que não fizeram interseção com as vias normais inseridas dentro da regional Matriz. Também procurou-se remover os pontos que estavam inseridos no *buffer* base das vias, mas não estavam utilizando as vias (viagens de transposição), e os pontos com velocidade abaixo de 10,0 km/h

Esta seleção resultou em pontos com velocidades entre 10,0 e 90,6 km/h, embora estes pontos com velocidades mais elevadas fossem considerados como outliers e com baixa representatividade, apenas 39 pontos (0,07%). Sendo que 50% dos pontos estão na faixa de velocidade entre 20,6 e 37,3 km/h, considerando os valores do primeiro e terceiro quartil.

Para análise estatística, buscando relacionar a influência dos fatores das vias com velocidade praticada, os valores que apontaram maior probabilidade em se manter abaixo da velocidade de referência estabelecida foram os tipos de sinalização de pare e semafórica, presença de lombada, e pavimento de paralelepípedo. Por outro lado, as alterações que tiveram maiores probabilidades de excesso de velocidade em comparação com o valor de referência foram o aumento do número de faixas e revestimento de blocos intertravados. A FIGURA 40 apresenta um resumo da razão de *odds* para todos os valores dos fatores estudados.

FIGURA 40 – RAZÃO DE ODDS PARA AS VARIÁVEIS EXPLICATIVAS PESQUISADAS



FONTE: O Autor (2024).

5.1 COMPARAÇÃO COM A LITERATURA

O acréscimo do número de faixas para o fluxo de veículos apontou um aumento na probabilidade de excesso de velocidade para todas as quantidades de faixa, isso entra em concordância com o observado por Singh e Kathuria (2020) e Tiwari (2016), que mencionam que vias mais largas estão relacionadas a maiores velocidades. Fuhrman *et al.* (2023) também observou que vias com um maior número de faixas estavam associadas ao excesso de velocidade.

Neste estudo observou-se que o aumento do número de faixas aumenta a probabilidade de exceder a velocidade até o limite de 40 km/h, mas para o limite de 50 km/h, o valor da razão de *odds* diminuiu. Este valor ainda é abaixo de um, o que indica uma maior probabilidade de excesso de velocidade, mas não tão grande quanto para as demais faixas de velocidade. Isto pode estar relacionado com o limite de velocidade das vias locais, geralmente estabelecido em 40 ou 50 km/h, em que o condutor em faixas menores ainda busca uma velocidade desejada, sem estar inibido

pela possibilidade de cometer uma infração de trânsito. Esta “quebra de tendência” para o limite de 50 km/h também foi observada para outras variáveis explicativas.

Com isso, de um modo geral, o efeito do número de faixas como variável explicativa para a velocidade praticada foi maior para o caso de três faixas para a velocidade de referência de 40 km/h.

Quanto o sentido de fluxo dos veículos, uma maior probabilidade de se manterem abaixo do limite de velocidade foi observada para os limites de 20, 30 e 50 km/h, porém, para o limite de 40 km/h esta probabilidade se inverte, sendo que vias de sentido único tem uma maior probabilidade de apresentarem excesso de velocidade. Observa o mesmo comportamento de “quebra de tendência” para este fator, onde a razão de *odds* apresenta um decaimento até o limite de 50km/h, onde houve súbito aumento do indicador.

Este resultado indica que foram encontradas evidências que vias com sentido duplo tem uma maior probabilidade de excesso de velocidade, com exceção para a faixa de 40 km/h. Vias de sentido duplo com maiores velocidades também foram observadas por Eluru *et al.* (2013). Eboli, Forciniti e Mazzullaa (2020) também observaram que acidentes em vias de mão única eram menos graves, devido ao tipo de colisão que ocorrem nestas vias.

Pavimento de paralelepípedo apresentou uma alta probabilidade de se manter abaixo da velocidade de referência quando comparado com pavimento asfáltico, sendo o resultado condizente com o observado na literatura para um pavimento com maior irregularidade da superfície. Porém para o pavimento de blocos de concreto intertravados essa comparação resultou em valores que aumentam a probabilidade de excesso de velocidade nestas vias. Este resultado foi considerado contraditório devido a previsão que pavimentos com maior conforto para o condutor induzem maiores velocidades, como apresentado por Setyawana, Kusdiantorob e Syafi'i (2015) e Eluru *et al.* (2013), e segundo Ferreira, Peixoto e Monteiro (2023), pavimentos com blocos intertravados geram um maior desconforto sonoro.

A análise dos resultados referentes ao pavimento de blocos de concreto intertravados também deve considerar o tamanho da amostra. Foi constatado apenas duas feições com este tipo de pavimento, e apenas quatro viagens dos condutores participantes do *NDS-BR*. Este baixo valor pode ser responsável por uma falsa interpretação dos resultados, e sendo passível de erro amostral, sendo necessário maiores pesquisas para confirmação dos valores encontrados.

A presença de lombada e de travessia de pedestres, classificadas como medidas de *traffic calming*, apresentaram valores para razão de odds, acima de um. Este valor indica uma maior probabilidade de se manter abaixo da velocidade de referência. Estes resultados eram previstos, pelo fato de que este tipo de medida se trata das principais maneiras de reduzir a velocidade de veículos, aumentando a segurança viária (Tiwari; Mohan; Hydén, 2016; Distefano e Leonardi, 2019).

De maneira similar, a presença de radares indicou uma probabilidade em condutores se manterem abaixo da velocidade de referência, quando comparados com vias sem radar, corroborando com o observado na literatura (Monteiro e Bastos, 2024; Amancio, 2021; Oliveira *et al.*, 2015).

Porém, análises de Amancio (2021) e Oliveira *et al.* (2015) de trechos antes e depois de radares indicaram a presença do efeito de “*kangaroo jump*”, o qual indica aumento de velocidade após o trecho de influência do radar. Isto pode indicar que este tipo de estratégia, assim como a implantação de uma medida de *traffic calming*, se trata de uma estratégia pontual de redução de velocidade.

O comprimento da via foi outro fator que apresentou probabilidades maiores de induzir a prática de velocidades acima do valor de referência. Os resultados obtidos por Meyer (2020) e Furhman (2023) corroboram este resultado, indicando que vias com maiores comprimentos resultam em maiores velocidades.

Os resultados da sinalização indicaram que tanto a presença de pare como a presença de semáforo levaram a diminuição da probabilidade da prática de velocidades acima dos valores de referência. Kattana, Tayb e Acharjeec (2011), em seu estudo em zonas escolares também verificou essa diminuição dos valores de velocidade para aproximações com algum tipo de controle.

Porém, Szeliga (2022) verificou velocidades antes e depois de curvas e concluiu que cruzamentos com sinalização semaforica apresentaram velocidades mais elevadas. De maneira similar Monteiro e Bastos (2024) mostraram que, em vias arteriais, a presença de semáforo aumentava a probabilidade da prática do excesso de velocidade.

5.2 RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS

Tendo em vista o potencial dos fatores viários analisados como medidas de gestão de velocidades, esta seção contém recomendações práticas elaboradas para

a gestão de velocidades em vias locais a partir dos resultados do estudo. Para a elaboração das recomendações foram considerados os resultados utilizando a velocidade de referência de 30 km/h, de modo que valores acima dessa referência foram considerados como velocidades inseguras e, portanto, indesejadas em vias locais. O QUADRO 5 contém um resumo das recomendações práticas.

QUADRO 5 – RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS

Fator viário	Resultado (velocidade de referência de 30 km/h como velocidade segura)	Recomendação prática
Número de faixas	- Mais de uma faixa de tráfego reduz a probabilidade de praticar uma velocidade abaixo de 30 km/h em pelo menos 44%.	- Vias locais com mais de uma faixa de tráfego devem ser evitadas ou medidas adicionais de gestão de velocidades devem ser empregadas.
Tipo de pavimento	- Pavimento de paralelepípedo aumenta a probabilidade de praticar uma velocidade abaixo de 30 km/h em 191%.	- Vias de paralelepípedo são eficientes para diminuição da velocidade; - A substituição de pavimentos de paralelepípedo por asfalto pode levar ao aumento da velocidade, devendo ser complementada por outras medidas de gestão de velocidades em vias locais.
Medidas de <i>traffic calming</i>	- A presença de lombada na quadra aumenta a probabilidade de praticar uma velocidade abaixo de 30 km/h em 76%; - A presença de travessia elevada na quadra aumenta a probabilidade de praticar uma velocidade abaixo de 30 km/h em 36%.	- Lombadas e travessias elevadas são medidas efetivas de gestão de velocidades em vias locais.
Comprimento da via	- O aumento de 50 m no comprimento da via reduz a probabilidade de praticar uma velocidade abaixo de 30 km/h em 23%.	- Medidas de gestão de velocidades devem ser priorizadas em quadras longas.
Presença de radar	- A presença de radar aumenta a probabilidade de praticar uma velocidade abaixo de 30 km/h em 38%.	- Radares são medidas efetivas de gestão de velocidades em vias locais.
Sinalização	- Quadras com placa de pare apresentam probabilidade 212% maior da prática de uma velocidade abaixo de 30 km/h; - Quadras com semáforos apresentam probabilidade 218% maior da prática de uma velocidade abaixo de 30 km/h.	- Medidas de gestão de velocidades devem ser priorizadas em quadras de vias locais com preferência de passagem.

Fator viário	Resultado (velocidade de referência de 30 km/h como velocidade segura)	Recomendação prática
Inclinação da via	- Quadras em declive apresentam probabilidade 15% menor da prática de uma velocidade abaixo de 30 km/h.	- Medidas de gestão de velocidades devem ser priorizadas em quadras de vias locais em declive.

FONTE: O Autor (2024).

6 CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo analisar fatores viários em vias locais que podem ser determinantes para a escolha da velocidade pelo condutor, utilizando um banco de dados robusto e a função de regressão logística binomial para identificar as variáveis mais relevantes.

O resultado da análise estatística indicou que elementos considerados, como número de faixas, tipo de pavimento, tipo de controle na interseção possuem impacto significativo nas velocidades praticadas pelos condutores. Também foi verificada a correlação entre o comprimento da via e a tendência dos motoristas a excederem os limites de velocidade, reforçando a importância de intervenções específicas em vias mais longas. Em particular, medidas de *traffic calming*, como lombadas e travessias elevadas, e presença de radar mostraram-se eficazes na redução das velocidades, confirmando a importância dessas intervenções na segurança viária.

Embora radares e outras estratégias de *traffic calming* possam reduzir a velocidade dos veículos em pontos específicos, condutores podem voltar a acelerar após passar por essas zonas. Este tipo de análise não foi considerado nesta pesquisa e pesquisas futuras podem validar o tipo de comportamento do condutor e a necessidade de intervenções mais integradas e abrangentes em conjunto.

Com base nos resultados obtidos, também foram feitas recomendações práticas para gestores de trânsito, enfatizando a importância de um planejamento viário na gestão da velocidade que considere tanto os aspectos físicos das vias quanto operacionais.

Vias locais são definidas como vias com fluxo reduzido de veículos e com baixa velocidade, de modo a garantir o acesso à população local. O presente estudo analisou as vias classificadas como “Normais”, classificação essa que mais se aproxima da definição de vias locais na hierarquia de Curitiba. Porém, foi observado que algumas vias classificadas como Normais não apresentavam características de vias locais, com presença de canaletas centrais e número elevado de faixas. O estudo buscou abranger todas as vias classificadas como Normais, mas, pesquisas futuras podem se limitar em vias com características específicas de modo a verificar a gestão da velocidade de maneira mais focalizada no conceito de via local.

O estudo também foi limitado à regional Matriz, principalmente devido à extensa tarefa de coleta das informações viárias. Pesquisas futuras podem expandir

para demais regionais, aumentando o banco de dados necessário para as análises estatísticas.

Outra limitação do estudo foi a análise da largura das faixas de fluxo dos veículos, citadas como um fator viário importante para a escolha da velocidade. Porém, o processo de levantamento de dados não garantia uma precisão adequada das dimensões das faixas, por isso, a análise desta variável foi considerada em conjunto com a variável do número de faixas, devido a correlação entre as duas variáveis.

Correlacionando dados do estudo naturalístico realizado em Curitiba com informações da hierarquia viária municipal, foi possível verificar onde são praticadas velocidades consideradas inseguras e quais os fatores viários estudados poderiam influenciar nesta escolha. Porém, outros fatores são importantes na análise da velocidade praticada. Características do ambiente como hora do dia, iluminação, fluxo da via, clima, características de veículo, como potência e idade, e características do condutor, como gênero, idade e experiência podem influenciar na escolha da velocidade.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10697**: Pesquisa de sinistros de trânsito — Terminologia. Rio de Janeiro, 2014.
- ALMEIDA, R. L. F., BEZERRA FILHO, J. G., BRAGA, J. U., MAGALHÃES, F. B., MACEDO, M. C. M., & SILVA, K. A. (2013). Via, homem e veículo: fatores de risco associados à gravidade dos acidentes de trânsito. **Revista de Saúde Pública**, 47(4), 718-731. <https://doi.org/10.1590/S0034-8910.2013047003657>
- AMANCIO, E. C. (2021). **Influência de dispositivos de fiscalização eletrônica de velocidade no comportamento do condutor em cenário urbano** (Dissertação de Mestrado). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/27978>. (Acesso em 19/11/2023).
- BASTOS, J. T., DOS SANTOS, P. A. B., AMANCIO, E. C., GADDA, T. M. C., RAMALHO, J. A., KING, M. J., & OVIEDO-TRESPALACIOS, O. (2020). Naturalistic Driving Study in Brazil: An Analysis of Mobile Phone Use Behavior while Driving. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 17(17), 6412. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176412>
- BASTOS, J. T., SANTOS, P. A. B., AMANCIO, E. C., GADDA, T. M. C., RAMALHO, J. A., KING, M. J., & OVIEDO-TRESPALACIOS, O. (2021). Is organized carpooling safer? Speeding and distracted driving behaviors from a naturalistic driving study in Brazil. **Accident Analysis and Prevention**, 152, 105992. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.105992>
- BASTOS, J. T., BERNARDINIS, M. A. P., NERIS, D. F., SCHMITZ, A., GADDA, T. M. C., AMANCIO, E. C., & SANTOS, P. A. B. (2023). Estudo Naturalístico de Direção Brasileiro (NDS-BR): Da concepção aos primeiros resultados. **Anais do 37º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**. Santos – SP, 2023
- BEN-BASSAT, T., & SHINAR, D. (2011). Effect of shoulder width, guardrail and roadway geometry on driver perception and behavior. **Accident Analysis & Prevention**, 43(6), 2142-2152. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.06.004>
- BORGUEZANI, J. R.; SANTOS, P. A. B.; OSORIO, F. S.; & BASTOS, J. T. (2020) **Plataforma de coleta de dados naturalísticos de segurança viária**. Em: *Anais do 34º Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes* Fortaleza, ANPET.
- BRASIL (1997). Lei nº 9.503 de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. **Diário Oficial da União**. Brasília. 1997 Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9503compilado.htm. (Acesso em 19/11/2023).
- BRASIL (2018). Lei nº 13.614 de 11 de janeiro de 2018. Cria o Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito (PNATRANS) e acrescenta dispositivo à

Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997 (Código de Trânsito Brasileiro). **Diário Oficial da União** Brasília. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2015-2018/2018/lei/L13614.htm (Acesso em 19/11/2023).

BRASIL, MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA (2021). **Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito (PNATRANS)**.

BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE (2023) Estatísticas vitais: óbitos por causas externas. [S. I.]. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sim/cnv/ext10uf.def>

CARVALHO, C. H. R., & GUEDES, E. P. (2023). **Balanco da 1ª década de ação pela segurança no trânsito no Brasil e perspectivas para a 2ª década**. Nota Técnica, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea).

CORDEIRO, V. G. (2022) **Caracterização do excesso de velocidade em Curitiba a partir de dados naturalísticos**. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná.

CURITIBA (2019). **Lei nº 15.511** de 10 de outubro de 2019. Dispõe sobre o zoneamento, uso e ocupação do solo no Município de Curitiba e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9503compilado.htm (Acesso em 19/11/2023).

CURITIBA (2022). **Lei nº 16.054** de 15 de setembro de 2022. Altera o caput do art. 132 da Lei nº 15.511, de 10 de outubro de 2019, de Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo de 10 de outubro de 2019, modifica o mapa de Sistema Viário aprovado e relaciona as vias que tiveram as suas classificações alteradas. Disponível em: <http://leismunicipa.is/01c5e> (Acesso em 19/11/2023).

DAI, D. (2012) Identifying clusters and risk factors of injuries in pedestrian-vehicle crashes in a GIS environment. **Journal of Transport Geography**, v. 24, p. 206–214. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2012.02.005.

DINGUS, T. A., KLAUER, S. G., NEALE, V. L., PETERSEN, A., LEE, S. E., SUDWEEKS, J., PEREZ, M. A., HANKEY, J., RAMSEY, D., GUPTA, S., BUCHER, C., DOERZAPH, Z. R., JERMELAND, J., & KNIPLING, R. R. (2006). **The 100-Car Naturalistic Driving Study: Phase II – Results of the 100-Car Field Experiment**. U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration. Report No. DOT HS 810 593.

DINH, D. D., & KUBOTA, H. (2013). Drivers' perceptions regarding speeding and driving on urban residential streets with a 30 km/h speed limit. **IATSS Research**, 37(1), 30-38. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2012.12.001>

DISTEFANO, N., & LEONARDI, S. (2019). Evaluation of the Benefits of Traffic Calming on Vehicle Speed Reduction. **Civil Engineering and Architecture**, 7(4), 200-214. <https://doi.org/10.13189/cea.2019.070403>

DOZZA, M., FLANNAGAN, C. A. C., & SAYER, J. R. (2015). Real-world effects of using a phone while driving on lateral and longitudinal control of vehicles. **Journal of Safety Research**, 55, 81-87. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2015.09.005>

DUARTE, A. P., & MOURO, C. (2020). I Feel Safe Doing It! Prevalence, Risk Perception, and Motives for Risky Driving in Portugal. **Port J Public Health**, 37(1), 82-90. <https://doi.org/10.1159/000505998>

EBOLI, L., FORCINITI, C., & MAZZULLA, G. (2020). Factors influencing accident severity: an analysis by road accident type. **Transportation Research Procedia**, 47, 449-456. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.120>

ELLISON, A. B., & GREAVES, S. P. (2015). Speeding in urban environments: Are the time savings worth the risk? **Accident Analysis & Prevention**, 85, 72-82. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.09.003>

ELURU, N., CHAKOUR, V., CHAMBERLAIN, M., & MIRANDA-MORENO, L. F. (2013). Modeling vehicle operating speed on urban roads in Montreal: A panel mixed ordered probit fractional split model. **Accident Analysis & Prevention**, 59, 125-134. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.05.016>

ELVIK, R., CHRISTENSEN, P., & AMUNDSEN, A., (2004). **Speed and road accidents. An evaluation of the Power Model**. TØI report 740/2004. Institute of Transport Economics TOI, Oslo.

EUROPEAN TRANSPORT SAFETY COUNCIL. (1995). **Reducing traffic injuries resulting from excess and inappropriate speed**. ETSC. Disponível em: <http://archive.etsc.eu/documents/Reducing%20traffic%20injuries%20from%20excess%20and%20inappropriate%20speed.pdf>

FÁVERO, L. P., BELFIORE, P., SILVA, F. L., & CHAN, B. L. (2009). **Análise de dados: Modelagem multivariada para tomada de decisões**. Rio de Janeiro: Elsevier.

FERRAZ, A. C. P., BASTOS, J. T., RAIA JUNIOR, A. A., BEZERRA, B. S., SILVA, K. C. R., LAROCCA, A. P. C., & ROMÃO, M. N. P. V. (2023). **Segurança no Trânsito**. 3ª ed. Curitiba, PR: Ed. dos Autores.

FERREIRA, L. R.; PEIXOTO, N. G. M.; MONTEIRO, L. M. (2023) Comparação da eficiência acústica em três tipos de pavimentos na cidade de Fortaleza/CE. In: XVII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído; XIII Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/encac/article/view/3732>

FUHRMANN, L., AMANCIO, E. C., SANTOS, P. A. B., & BASTOS, J. T. (2023). Excesso de velocidade na Área Calma de Curitiba (PR): Análise dos fatores determinantes e estimativa da economia de tempo. **Anais do 37º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**. Santos – SP, 2023

GABANY, S. G.; PLUMMER, P. & GRIGG, P. (1997) Why drivers speed: The speeding perception inventory. **Journal of Safety Research**, v. 28, n. 1, p. 29–35. DOI: [10.1016/S0022-4375\(96\)00031-X](https://doi.org/10.1016/S0022-4375(96)00031-X)

HABIBOVIC, A., TIVESTEN, E., UCHIDA, N., BÄRGMAN, J., & LJUNG AUST, M. (2013). Driver behavior in car-to-pedestrian incidents: An application of the Driving Reliability and Error Analysis Method (DREAM). **Accident Analysis & Prevention**, 50, 554-565. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.05.034>

HOCHERMAN, I., HAKKERT, A. S., & BAR-ZIV, J. (1990). Safety of One-Way Urban Streets. *Safety Research: Accident Studies, Enforcement, EMS, Management, and Simulation 1990* **Transportation Research Record**, 1270, 22-27.

HYDEN, C. (2016). Urban Safety and Traffic Calming. In G. Tiwari & D. Mohan (Eds.), **Transport Planning & Traffic Safety: Making Cities, Roads, & Vehicles Safer** (pp. 263-281). CRC Press.

IPPUC – INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA (2023). *Plataforma GeoCuritiba*. Disponível em: <https://geocuritiba.ippuc.org.br/portal/apps/sites/#/geocuritiba> (Acesso em 20/11/2023).

KATTAN, L., TAY, R., & ACHARJEE, S. (2011). Managing speed at school and playground zones. **Accident Analysis & Prevention**, 43(6), 1887-1891. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.04.009>

KUBO, T. N. (2022) **Análise do uso do telefone celular ao volante com base em Estudo Naturalístico de Direção**. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná.

LIU J., HAINEN A., LI X., NIE Q., NAMBISAN S. (2019). Pedestrian injury severity in motor vehicle crashes: An integrated spatio-temporal modeling approach. **Accident Analysis and Prevention**, v. 132, n. August, p. 105272, 2019. DOI: [10.1016/j.aap.2019.105272](https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.105272)

MANGIAFICO, S.S. (2015). **An R Companion for the Handbook of Biological Statistics**, version 1.3.9, revised 2023.

MCDONALD, J.H. (2014). **Handbook of Biological Statistics**, 3rd ed. Sparky House Publishing, Baltimore, Maryland

MCLAUGHLIN, S. B. e HANKEY, J. M., (2015). Naturalistic Driving Study: Linking the Study Data to the Roadway Information Database Disponível em: <https://nap.nationalacademies.org/read/22200/chapter/1>

MEDINA, A. M. F., & TARKO, A. P. (2005). Speed Factors on Two-Lane Rural Highways in Free-Flow Conditions. *Transportation Research Record: Journal of the*

Transportation Research Board, 1912, 39-46. Disponível em:
<https://doi.org/10.3141/1912-06>

MEYER, L. F. V. (2020). **Velocidades médias e segurança viária em São Paulo: aplicações de dados do Uber Movement. Relatório Final**. São Paulo: Instituto Cordial, 2020.

MOHAN, D. (2016). Speed and its Effects on Road Traffic Crashes. In G. Tiwari & D. Mohan (Eds.), **Transport Planning & Traffic Safety: Making Cities, Roads, & Vehicles Safer** (pp. 127-133). CRC Press.

MONGIARDINI, M., STOKES, C. S., LEONE, P., MARCHESAN, C., PREMRL, J., VARSOS, P., GRZEBIETA, R. (2020). **Evaluate travel speeds and associated risk of casualty crashes through intersections in Australia using naturalistic driving data.**, in: Australasian Road Safety Conference, Melbourne.

MONTEIRO, A. S., & BASTOS, J. T. (2024). Análise da prática do excesso de velocidade em vias de trânsito rápido a partir de dados naturalísticos de direção. **Revista Transportes**, 32(1), e2910. DOI: 10.58922/transportes.v32i1.2910

NCSA, (2020) **Speeding 2018 data (Traffic Safety Facts)** (Report No. DOT HS 812 932). Washington, DC National Highway Traffic Safety Administration

NJORD, J., & K. STEUDLE (2015). Big data hit the road: The first year of use of the SHRP 2 safety databases. *TR News*, 300, pp. 3-8, November-December. **Transportation Research Board**, Washington, DC.

OECD – Organization for Economic Cooperation and Development, (2006). **Country reports on road safety performance: Australia**. Canberra.

OPAS - Organização Pan-Americana da Saúde (2012). **Gestão da velocidade: um manual de segurança viária para gestores e profissionais da área**. Brasília, DF.

ORTIGOSA, J., GAYAH, V. V., & MENENDEZ, M. (2017). Analysis of one-way and two-way street configurations on urban grid networks. **Transportmetrica B: Transport Dynamics**. <https://doi.org/10.1080/21680566.2017.1337528>

OSMF – OPENSTREETMAP FOUNDATION (2023), Curitiba. [s.l.] OpenStreetMap. Disponível em: <https://www.openstreetmap.org/search?query=Curitiba#map=11/-25.4941/-49.2867>. (Acesso em 03/11/2023).

PEREZ, M. A., SEARS, E., VALENTE, J. T., HUANG, W., & SUDWEEKS, J. (2021). Factors modifying the likelihood of speeding behaviors based on naturalistic driving data. **Accident Analysis & Prevention**, 159, 106267. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106267>

QUEIROZ, L. M. E OLIVEIRA, T. Z. (2022) **Estudo Naturalístico do Comportamentos dos Ciclistas no Trânsito**. Trabalho de Conclusão de Curso. Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná.

R CORE TEAM (2018). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em <https://www.R-project.org/>

RANKAVAT, S. & TIWARI, G. (2016). Pedestrians risk perception of traffic crash and built environment features. **Safety Science**, (Vol. 87, p. 1–7, 2016). Delhi, India. DOI:10.1016/j.ssci.2016.03.009

RICHARD, C. M., CAMPBELL, J. L., LICHTY, M. G., BROWN, J. L., CHRYSLER, S., LEE, J. D., BOYLE, L., & REAGLE, G. (2012). **Motivations for speeding, Volume I: Summary report** (Report No. DOT HS 811 658). National Highway Traffic Safety Administration. <https://nap.nationalacademies.org/read/22200/chapter/1>

RICHARD, C. M., LEE, J., ATKINS, R., & BROWN, J. L. (2020). Using SHRP2 naturalistic driving data to examine driver speeding behavior. **Journal of Safety Research**, 73, 271-281. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2020.03.008>

RICHARDS, D. C. (2010). **Relationship between Speed and Risk of Fatal Injury: Pedestrians and Car Occupants**. Department for Transport, London: Transport Research Laboratory.

SANTOS, P. A. B. (2022). **The impact of built environment on speeding behavior in Curitiba, Brazil** (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná). Universidade Federal do Paraná.

SARNO, C. C. B. (2016) **Benefícios Imediatos da Redução das Velocidades Máximas Permitidas - O caso das Marginais Tietê e Pinheiros**. Companhia de Engenharia de Tráfego. Nota Técnica NT 251, São Paulo. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/media/517275/nt251.pdf>>. (Acesso em 19/11/2023).

SETRAN - SECRETARIA MUNICIPAL DE DEFESA SOCIAL E TRÂNSITO DE CURITIBA (2023) – **Consulta da localização dos redutores e controladores de velocidade de Curitiba**. Disponível em: <https://transito.curitiba.pr.gov.br/fiscalizacaoeletronica>. (Acesso em 20/11/2023).

SETYAWAN, A., KUSDIANTORO, I., & SYAFI'I, S. (2015). The Effect of Pavement Condition on Vehicle Speeds and Motor Vehicles Emissions. **Procedia Engineering**, 125, 424-430. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.111>

SHEYKHFARD, A., HAGHIGHI, F., PAPADIMITRIOU, E., & VAN GELDER, P. (2021). **Analysis of the occurrence and severity of vehicle-pedestrian conflicts in marked and unmarked crosswalks through naturalistic driving study**. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, (Vol. 76, 178–192). DOI: [10.1016/j.trf.2020.11.008](https://doi.org/10.1016/j.trf.2020.11.008).

SHINAR, D. (2017). **Traffic Safety and Human Behavior** (2ª ed.). Emerald Publishing Limited.

SINGH, H., & KATHURIA, A. (2020). Analyzing driver behavior under naturalistic driving conditions: A review. **Accident Analysis & Prevention**, 150, 105908. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105908>

SUGUINOSHITA, M. C., VALEIXO, G. R. R., DOS SANTOS, P. A. B., & BASTOS, J. T. (2020). Fatores determinantes para o excesso de velocidade em vias arteriais urbanas. In **II Simpósio de Transportes Do Paraná**, (p. 63–74).

SZE, N. N. & WONG, S. C. (2007) Diagnostic analysis of the logistic model for pedestrian injury severity in traffic crashes. **Accident Analysis and Prevention**, (Vol. 39, n. 6, p. 1267–1278. DOI: [10.1016/j.aap.2007.03.017](https://doi.org/10.1016/j.aap.2007.03.017)).

SZELIGA, R. A. (2022). **Velocidade praticada em curvas horizontais em meio urbano: Uma análise baseada em dados naturalísticos** (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná). Universidade Federal do Paraná.

TIWARI, G. (2016). Urban Safety and Mobility. In G. Tiwari & D. Mohan (Eds.), **Transport Planning & Traffic Safety: Making Cities, Roads, & Vehicles Safer** (pp. 241-254). CRC Press.

TORRES, T. B., URIARTE, A. M. L., DEMORE, C. P., & NODARI, C. T. (2017). Prevalência de fatores associados à severidade dos acidentes em entorno de escolas. *Revista Transportes*, 25(3), 102-111. <https://doi.org/10.14295/transportes.v25i3.1331>

VAN NES, N., BÄRGMAN, J., CHRISTOPH, M. & VAN SCHAGEN, I. (2019). The potential of naturalistic driving for in-depth understanding of driver behavior: UDRIVE results and beyond. **Safety Science**, (Vol. 119, n. December, p. 11–20, 2019. Elsevier). DOI: [10.1016/j.ssci.2018.12.029](https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.12.029).

VAN SCHAGEN, I., WELSH, R., BACKER-GRØNDAHL, A., HOEDEMAEKER, M., LOTAN, T., MORRIS, A., SAGBERG & F., WINKELBAUER, M., (2011). **Towards a large scale European Naturalistic Driving Study: final report of PROLOGUE**. Prologue Deliverable D4.2. SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam, Países Baixos.

VELLOSO, M. S. (2014). **Estudo dos fatores intrínsecos e ambientais que afetam o comportamento do condutor em relação ao respeito à velocidade limite em vias urbanas** (Tese de Doutorado). Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia.

WANG, J. (2006). **Operating Speed Models for Low Speed Urban Environments Based on In-Vehicle GPS Data** (Tese de Doutorado). University of Maryland, College Park.

WEIJERMARS, W. & WEGMAN, F., (2011). Ten Years of Sustainable Safety in the Netherlands An Assessment. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. (2213. 1-8). DOI: [10.3141/2213-01](https://doi.org/10.3141/2213-01).

WORLD HEALTH ORGANIZATION. (2017). **Managing Speed**. World Health Organization. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/managing-speed>

WORLD HEALTH ORGANIZATION. (2018). **Global Status Report on Road Safety 2018**. World Health Organization. Disponível em:

<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/276462/9789241565684-eng.pdf>

WORLD HEALTH ORGANIZATION. (2021). **Plano Global: Década de Ação pela Segurança no Trânsito 2021-2030**. World Health Organization. Disponível em:

https://www.who.int/roadsafety/decade_of_action/plan/plan_english.pdf

WORLD HEALTH ORGANIZATION. (2023). **Speed management: A road safety manual for decision-makers and practitioners** (2^a ed.). World Health Organization.

Disponível em <https://www.who.int/publications/i/item/9789240061231>

WILLIAMS, A. F., KYRYCHENKO, S. Y., & RETTING, R. A. (2006). Characteristics of speeders. **Journal of Safety Research**, 37(3), 227-232.

<https://doi.org/10.1016/j.jsr.2006.04.001>

YOUNG, K. L., OSBORNE, R., KOPPEL, S., CHARLTON, J. L., GRZEBIETA, R., WILLIAMSON, A., HAWORTH, N., WOOLLEY, J., & SENSERRICK, T. (2019). What are Australian drivers doing behind the wheel?: An overview of secondary task data from the Australian Naturalistic Driving Study. **Journal of the Australasian College of Road Safety**, 30(1), 27-33.

APÊNDICE B – RESULTADOS DA REGRESSÃO LOGÍSTICA BINÁRIA

Neste apêndice estão apresentados os valores do modelo de regressão logística binomial. Estes resultados são apresentados para cada limite de velocidade estabelecido (20, 30, 40 e 50 km/h).

Os limites de velocidade se trata da variável resposta, sendo a resposta afirmativa para a modelagem é permanecer abaixo da velocidade estabelecida. Por isto são apresentados os resultados de quatro modelos, um para cada limite de velocidade.

Os códigos de significância apresentados nas tabelas seguem o seguinte padrão:

- *** indica que o valor-p é menor que 0,001 (significância muito alta);
- ** indica que o valor-p está entre 0,001 e 0,01 (significância alta)
- * indica que o valor-p está entre 0,01 e 0,05 (significância moderada)
- . indica que o valor-p está entre 0,05 e 0,1 (significância marginal)
- Um espaço em branco (' ') indica que o valor-p é maior que 0,1 (não significativo).

TABELA 16 – RESULTADOS DO MODELO PARA VELOCIDADE DE 20 KM/H

Variável explicativa	Valor	Coefficiente β	Erro Padrão	Z	p-valor	Razão de odds	Limite Inferior	Limite Superior	
-	Intercepto	-0,972718	0,065066	-14,950	< 2,00E-16	***	0,3780542	0,332727	0,429399
Número de faixas	1 faixa (Referência)	-	-	-	-	-	-	-	-
	2 faixas	-0,446373	0,041731	-10,696	< 2,00E-16	***	0,6399452	0,589751	0,694571
	3 faixas	-0,765630	0,045096	-16,978	< 2,00E-16	***	0,4650409	0,42574	0,508065
	4 faixas	-0,668635	0,050272	-13,300	< 2,00E-16	***	0,5124076	0,464339	0,565487
	5 faixas	-0,975517	0,129596	-7,527	5,18E-14	***	0,3769974	0,290921	0,483786
Sentido	Duplo (Referência)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Único	0,125053	0,031321	3,993	6,53E-05	***	1,1332085	1,065846	1,205084
Pavimento	Asfalto (Referência)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Blocos de concreto intertravado	0,329817	0,367848	0,897	0,369926		1,3907136	0,6418	2,754902
	Paralelepípedo	0,704519	0,052936	13,309	< 2,00E-16	***	2,0228724	1,823088	2,243565
Traffic Calming	Sem presença (Referência)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lombada	0,317760	0,069856	4,549	5,39E-06	***	1,3740464	1,196669	1,573742
	Travessia Elevada	0,227644	0,043141	5,277	1,31E-07	***	1,2556386	1,153335	1,365863
Comprimento	Unidade (Referência)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Metro	-0,003429	0,000196	-17,498	< 2,00E-16	***	0,9965765	0,996192	0,996958
Radar	Sem presença (Referência)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Presença de radar	0,184462	0,048079	3,837	0,000125	***	1,2025711	1,093795	1,320683
Sinalização	Preferencial (Referência)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pare	0,948858	0,036248	26,177	< 2,00E-16	***	2,5827574	2,405737	2,773063
	Semáforo	0,915978	0,028903	31,691	< 2,00E-16	***	2,4992179	2,361948	2,645316
Inclinação da via	Plano (Referência)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Acive	0,012277	0,029572	0,415	0,67803		1,0123526	0,955219	1,072627
	Declive	-0,098281	0,031784	-3,092	0,001987	**	0,9063941	0,851481	0,964467

FONTE: O Autor (2024).

TABELA 17 – RESULTADOS DO MODELO PARA VELOCIDADE DE 30 KM/H

Variável explicativa	Valor	Coefficiente β	Erro Padrão	Z	p-valor	Razão de odds	Limite Inferior	Limite Superior
-	Intercepto	0,6841769	0,0598907	11,424	< 2,00E-16 ***	1,9821397	1,762947	2,2294701
Número de faixas	1 faixa (Referência)	-	-	-	-	-	-	-
	2 faixas	-0,5751419	0,0433379	-13,271	< 2,00E-16 ***	0,562625	0,5166653	0,6123412
	3 faixas	-0,9770325	0,0456591	-21,398	< 2,00E-16 ***	0,3764265	0,3441061	0,4115546
	4 faixas	-0,9208818	0,0502042	-18,343	< 2,00E-16 ***	0,3981678	0,3607657	0,4392352
	5 faixas	-1,0678169	0,1103437	-9,677	< 2,00E-16 ***	0,3437582	0,2770239	0,4270468
Sentido	Duplo (Referência)	-	-	-	-	-	-	-
	Único	0,057062	0,0262548	2,173	0,0298 *	1,0587214	1,0056299	1,1146422
Pavimento	Asfalto (Referência)	-	-	-	-	-	-	-
	Blocos de concreto intertravado	-0,7411778	0,3529217	-2,1	0,0357 *	0,4765523	0,2296525	0,92607
	Paralelepípedo	1,068352	0,0619308	17,251	< 2,00E-16 ***	2,9105788	2,580547	3,289807
Traffic Calming	Sem presença (Referência)	-	-	-	-	-	-	-
	Lombada	0,562492	0,0588161	9,564	< 2,00E-16 ***	1,7550407	1,5640105	1,9696298
	Travessia Elevada	0,3048169	0,0387656	7,863	3,75E-15 ***	1,3563766	1,2572455	1,4635912
	Unidade (Referência)	-	-	-	-	-	-	-
Comprimento	Metro	-0,0051772	0,0001645	-31,472	< 2,00E-16 ***	0,9948362	0,9945142	0,9951557
	Sem presença (Referência)	-	-	-	-	-	-	-
Radar	Presença de radar	0,3233537	0,0428799	7,541	4,67E-14 ***	1,381754	1,2705691	1,5031584
	Preferencial (Referência)	-	-	-	-	-	-	-
Sinalização	Pare	1,1370326	0,0320311	35,498	< 2,00E-16 ***	3,1175036	2,9280523	3,3197862
	Semáforo	1,1567879	0,0233761	49,486	< 2,00E-16 ***	3,1797032	3,0375164	3,3290075
Inclinação da via	Plano (Referência)	-	-	-	-	-	-	-
	Active	-0,010438	0,0259663	-0,402	0,6877	0,9896163	0,9405264	1,0413031
	Declive	-0,1570481	0,0270728	-5,801	6,59E-09 ***	0,854663	0,8104925	0,9012372

FONTE: O Autor (2024).

TABELA 18 – RESULTADOS DO MODELO PARA VELOCIDADE DE 40 KM/H

Variável explicativa	Valor	Coefficiente β	Erro Padrão	Z	p-valor	Razão de odds	Limite Inferior	Limite Superior	
-	Intercepto	2,534631	0,0859183	29,5	< 2,00E-16	***	12,6117759	10,6722626	14,9470799
Número de faixas	1 faixa (Referência)	-	-	-	-	-	-	-	-
	2 faixas	-0,7530156	0,07089	-10,622	< 2,00E-16	***	0,4709442	0,4090847	0,5401875
	3 faixas	-1,2963449	0,0726008	-17,856	< 2,00E-16	***	0,2735297	0,2368151	0,3148109
	4 faixas	-1,0350008	0,0790353	-13,095	< 2,00E-16	***	0,3552261	0,3037899	0,4141574
	5 faixas	-0,9762926	0,1743144	-5,601	2,13E-08	***	0,3767051	0,2701662	0,5358269
Sentido	Duplo (Referência)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Único	-0,0930727	0,0323759	-2,875	0,00404	**	0,9111273	0,8550331	0,9707372
Pavimento	Asfalto (Referência)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Blocos de concreto intertravado	-1,4709812	0,3179706	-4,626	3,73E-06	***	0,2297	0,1216032	0,4255717
	Paralelepípedo	1,2753884	0,1149566	11,095	< 2,00E-16	***	3,5800916	2,876487	4,5172235
Traffic Calming	Sem presença (Referência)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lombada	0,8994422	0,0789092	11,398	< 2,00E-16	***	2,4582315	2,1101737	2,875453
	Travessia Elevada	0,3922785	0,0518225	7,57	3,74E-14	***	1,4803499	1,3385692	1,6401398
Comprimento	Unidade (Referência)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Metro	-0,0059133	0,0001699	-34,798	< 2,00E-16	***	0,9941042	0,9937716	0,9944338
Radar	Sem presença (Referência)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Presença de radar	0,6000167	0,0645294	9,298	< 2,00E-16	***	1,8221492	1,6083484	2,0714428
	Preferencial (Referência)	-	-	-	-	-	-	-	-
Sinalização	Pare	1,2813802	0,0454627	28,185	< 2,00E-16	***	3,6016073	3,2962506	3,9393545
	Semáforo	1,2877681	0,0274488	46,915	< 2,00E-16	***	3,6246875	3,4350459	3,8252756
Inclinação da via	Plano (Referência)	-	-	-	-	-	-	-	-
	Active	0,050529	0,0336505	1,502	0,13321		1,0518273	0,9848862	1,1237657
	Declive	-0,2458506	0,0331012	-7,427	1,11E-13	***	0,7820391	0,7330324	0,8345985

FONTE: O Autor (2024).

TABELA 19 – RESULTADOS DO MODELO PARA VELOCIDADE DE 50 KM/H

Variável explicativa	Valor	Coefficiente β	Erro Padrão	Z	p-valor	Razão de odds	Limite Inferior	Limite Superior
-	Intercepto	3,7870737	0,1594394	23,752	< 2,00E-16	***	44,1270816	60,7499021
Número de faixas	1 faixa (Referência)	-	-	-	-	-	-	-
	2 faixas	-0,3116881	0,1387746	-2,246	0,024704	*	0,7322099	0,5531009
	3 faixas	-0,8538904	0,141054	-6,054	1,42E-09	***	0,4257553	0,3202021
	4 faixas	-0,5181589	0,1573557	-3,293	0,000992	***	0,5956161	0,434788
	5 faixas	0,0591544	0,522365	0,113	0,909838		1,0609391	0,4306965
Sentido	Duplo (Referência)	-	-	-	-	-	-	-
	Único	0,2613083	0,0598579	4,365	1,27E-05	***	1,298628	1,1544903
Pavimento	Asfalto (Referência)	-	-	-	-	-	-	-
	Blocos de concreto intertravado	-1,4681855	0,3584611	-4,096	4,21E-05	***	0,2303431	0,1175503
	Paralelepípedo	1,2823684	0,2629686	4,877	1,08E-06	***	3,6051681	2,2360016
Traffic Calming	Sem presença (Referência)	-	-	-	-	-	-	-
	Lombada	1,3398258	0,1876341	7,141	9,29E-13	***	3,8183783	2,6909405
	Travessia Elevada	0,0706452	0,0948137	0,745	0,456215		1,0732004	0,8948862
Comprimento	Unidade (Referência)	-	-	-	-	-	-	-
	Metro	-0,0060981	0,0002141	-28,482	< 2,00E-16	***	0,9939205	0,9935036
	Sem presença (Referência)	-	-	-	-	-	-	-
Radar	Presença de radar	0,6534735	0,1542704	4,236	2,28E-05	***	1,9222061	1,4386108
	Preferencial (Referência)	-	-	-	-	-	-	-
Sinalização	Pare	1,1675669	0,0898933	12,988	< 2,00E-16	***	3,2141629	2,7018211
	Semáforo	1,1973436	0,0544267	21,999	< 2,00E-16	***	3,3113092	2,9769381
Inclinação da via	Plano (Referência)	-	-	-	-	-	-	-
	Active	0,105544	0,0674341	1,565	0,117549		1,111315	0,9748553
	Declive	-0,2154592	0,0638624	-3,374	0,000741	***	0,8061712	0,7120743

FONTE: O Autor (2024).