



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
ENGENHARIA CIVIL**

SEGURANÇA VIÁRIA NAS RODOVIAS BRASILEIRAS

**SÃO LUÍS – MA,
2025**



FILIPPE ASSEN DOS SANTOS

SEGURANÇA VIÁRIA NAS RODOVIAS BRASILEIRAS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Civil da Universidade Federal do
Maranhão como requisito parcial para
aprovação na disciplina Trabalho de
Conclusão de Curso sob orientação do
Prof. Dr. Paulo Cesar Queiroz.

**SÃO LUÍS – MA,
2025**

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Santos, Filipe Assen dos.

SEGURANÇA VIÁRIA NAS RODOVIAS BRASILEIRAS / Filipe
Assen dos Santos. - 2025.

54 f.

Orientador(a): Paulo César Queiroz.

Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do
Maranhão, Universidade Federal do Maranhão, 2025.

1. Segurança Viária. 2. Infraestrutura Rodoviária. 3.
Acidentes de Trânsito. I. Queiroz, Paulo César. II.
Título.



FILIPPE ASSEN DOS SANTOS

SEGURANÇA VIÁRIA NAS RODOVIAS BRASILEIRAS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Civil da Universidade Federal do
Maranhão como requisito parcial
obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Civil.

Aprovado em _____ de _____ de _____.

Banca Examinadora

(Paulo Cesar Queiroz – Orientador - UFMA).

(Ana Beatriz Pereira Segadilha dos Santos – Examinadora - UFMA).

(Priscila Maria Sousa Gonçalves Luz – Examinadora - UFMA)

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho representa a concretização de uma importante etapa da minha formação acadêmica, que não seria possível sem o apoio de pessoas fundamentais ao longo dessa jornada. Em primeiro lugar, agradeço a Deus, pela força e pela fé que me conduziram até aqui, permitindo que eu perseverasse diante dos desafios.

As minhas irmãs, Thais e Fernanda que me acompanham nessa longa trajetória e ajudaram a amenizar todo o processo

A minha namorada, Ludymilla, que eu conheci graças durante o curso e desde o começo me ajudou a seguir pelo caminho difícil que foi a graduação, escolhendo as cadeiras comigo e me ajudando a manter um período equilibrado

À minha mãe, Teresa Assen, pelo amor incondicional e pelo apoio quando eu me senti desmotivado em continuar o curso, não me deixando desistir desse sonho que vem desde criança.

Em especial a meu pai, Luis Magno, que infelizmente não me verá completar a graduação de maneira física, mas eu tenho certeza que segue me acompanhando de onde ele estiver. Ao senhor, meu muito obrigado e eu sigo tentando ser um homem tão bom quanto o senhor foi.

Expresso minha sincera gratidão ao meu orientador, Professor Paulo César que teve a paciência de permanecer comigo nesse período final do curso. Agradeço por cada orientação e principalmente pelo seu tempo dedicado.

Por fim, agradeço a todos os professores e colaboradores da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), por proporcionarem um ambiente de aprendizado inspirador e por transmitirem valores que levarei para a vida. Cada ensinamento foi valioso para a construção do meu conhecimento e desenvolvimento pessoal.

A todos, minha mais sincera gratidão.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASV – Auditoria de Segurança Viária

CET – Companhia de Engenharia de Tráfego

CNT – Confederação Nacional do Transporte

CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito

DENATRAN – Departamento Nacional de Trânsito

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

ISV – Inspeção de Segurança Viária

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

NRA – National Roads Authority

PGT – Polo Gerador de Tráfego

PGV – Polo Gerador de Viagens

PIARC – Permanent International Association of Road Congresses

PRF – Polícia Rodoviária Federal

SENATRAN – Secretaria Nacional de Trânsito

UNECE – United Nations Economic Commission for Europe

UFMA – Universidade Federal do Maranhão

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução dos acidentes (2020-2024)

Figura 2 – Ondulação ou Corrugação

Figura 3 – Afundamento

Figura 5 – Panelas ou Buracos

Figura 5 – Remendos asfálticos

Figura 6: Acidentes por Condição da Rodovia (dados simulados - PRF 2024)

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparação entre Auditoria de Segurança Viária (ASV) e Inspeção de Segurança Viária (ISV)

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tipos de Defeitos no Pavimento e seus Riscos

Tabela 2 – Barreiras e Dispositivos de Proteção

RESUMO

A segurança viária é um dos pilares fundamentais da mobilidade e da preservação da vida nas rodovias, sendo diretamente impactada pela qualidade da infraestrutura e pela efetividade das políticas públicas. Este trabalho analisou de forma crítica a relação entre as condições da infraestrutura viária das rodovias federais brasileiras e os índices de acidentes de trânsito, com ênfase nos aspectos de pavimentação, sinalização, geometria e dispositivos de segurança. A metodologia adotada envolveu revisão bibliográfica e documental, com base em dados disponibilizados por instituições como PRF, DNIT, CNT, além de literatura técnica especializada. A análise demonstrou que falhas estruturais recorrentes, ausência de manutenção preventiva e deficiência na realização de auditorias e inspeções viárias estão diretamente associadas ao aumento da sinistralidade nas rodovias. Conclui-se que a adoção de estratégias preventivas, aliada à implementação de auditorias técnicas e à melhoria da gestão pública, é essencial para a redução dos acidentes e promoção de um ambiente rodoviário mais seguro no Brasil.

Palavras-chave: Segurança Viária. Infraestrutura Rodoviária. Acidentes de Trânsito. Auditoria Viária. Políticas Públicas.

ABSTRACT

Roads are one of the fundamental pillars of mobility and preservation of life safety on highways, being directly impacted by the quality of infrastructure and the effectiveness of public policies. This work critically analyzes the relationship between the conditions of the road infrastructure of Brazilian federal highways and accident rates, with emphasis on aspects of paving, signage, geometry and safety devices. The methodology involves bibliographic and documentary review, based on data made available by institutions such as PRF, DNIT, CNT, in addition to specialized technical literature. The analysis demonstrated that recurring structural failures, lack of preventive maintenance and failure to carry out road audits and inspections are directly associated with the increase in accidents on highways. It is concluded that the adoption of preventive strategies, combined with the implementation of technical audits and the improvement of public management, is essential for reducing accidents and promoting a safer road environment in Brazil.

Keywords: Road Safety. Road Infrastructure. Traffic Accidents. Road Audit. Public Policies.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS.....	15
1.1.1 Objetivo Geral	15
1.1.2 Objetivos Específicos	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Acidentes de Trânsito e Segurança Viária Urbana.....	17
2.2 Polos Geradores de Viagens (PGVs).....	17
2.3 Auditoria de Segurança Viária (ASV) e Inspeção de Segurança Viária (ISV)	19
2.3.1 Checklists	20
2.4 Acessibilidade nas vias urbanas	21
2.5 Sinalização Vertical	23
2.6 Sinalização Horizontal	24
2.7 Defeitos na pavimentação asfáltica.....	26
2.7.1 Ondulação ou Corrugação	27
2.7.2 Afundamento	29
2.7.3 Panelas ou buracos	30
2.7.4 Remendos	31
2.8 Dispositivos de Proteção Viária.....	32
3 METODOLOGIA.....	38
3.1 Descrição das etapas.....	36
3.2 Coleta e Verificação de dados.....	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.1 Fragilidades na Gestão Preventiva da Segurança Viária brasileira	38
4.2 Importância da Engenharia e da Educação na Prevenção de Acidentes	39
4.3 Condições da Infraestrutura Viária e seus Impactos na Segurança Urbana	40
4.4 Desafios para implementação de auditorias	42
4.5 Contribuições Técnicas e Operacionais das AVSs e ISVs para a Segurança Viária Urbana.....	44
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

A segurança viária é um dos pilares fundamentais da mobilidade urbana e interurbana, sendo diretamente influenciada pela qualidade do sistema viário. Vias bem projetadas, pavimentadas de forma adequada, sinalizadas com clareza e dotadas de dispositivos de proteção física são determinantes para a redução de acidentes e a preservação de vidas. A infraestrutura rodoviária não apenas sustenta o transporte de pessoas e mercadorias, mas exerce papel decisivo na promoção de um ambiente seguro para todos os usuários, sejam motoristas, ciclistas ou pedestres (OMS, 2018; CNT, 2024).

Entretanto, no Brasil, a precariedade de muitos trechos rodoviários e urbanos evidencia a fragilidade das políticas públicas voltadas à conservação, fiscalização e engenharia de tráfego. A malha viária nacional, embora extensa, apresenta elevado índice de deterioração, com ocorrência recorrente de buracos, ondulações, sinalização deficiente e ausência de dispositivos de contenção de impactos. Esses fatores agravam a acidentalidade nas estradas e centros urbanos, em um país onde o transporte rodoviário responde por mais de 60% da movimentação de cargas e quase 90% do deslocamento de passageiros (CNT, 2024).

Dados da Polícia Rodoviária Federal (PRF) apontam que, apenas em 2024, foram registrados 73.121 acidentes em rodovias federais, resultando em mais de 84 mil feridos e 6.160 óbitos. A curva ascendente desses números – com crescimento de 10% em relação ao ano anterior – demonstra que o país tem enfrentado um retrocesso no que se refere à segurança viária, exigindo intervenções mais estruturais, preventivas e sustentadas por critérios técnicos rigorosos (PRF, 2024).

A ineficiência na gestão do espaço viário, somada à ausência de manutenção sistemática, compromete não apenas a fluidez e a eficiência do tráfego, mas também a integridade física dos usuários. Vias com geometria inadequada, pavimento deteriorado e sinalização ineficaz refletem não só falhas administrativas, mas também a carência de uma cultura de planejamento técnico voltada à segurança da mobilidade (VASCONCELLOS, 2021).

Diante desse cenário, torna-se relevante compreender de que modo a infraestrutura viária impacta os índices de sinistros nas rodovias federais. A presente pesquisa justifica-se pela necessidade de aprofundar a discussão sobre o papel da infraestrutura viária na segurança do trânsito, especialmente em um cenário de crescente número de acidentes nas rodovias federais brasileiras. Por meio de uma análise teórica, sustentada em dados

estatísticos, documentos técnicos e literatura especializada, o estudo busca evidenciar como falhas estruturais, deficiências na sinalização e ausência de manutenção impactam a acidentalidade. Ao estabelecer essas relações, pretende-se oferecer subsídios técnicos que possam orientar ações corretivas e preventivas no planejamento e na gestão das políticas públicas de transporte e mobilidade.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar de forma teórica como as condições da infraestrutura viária das rodovias federais brasileiras influenciam os índices de acidentalidade, com ênfase nos aspectos de pavimentação, sinalização, geometria e manutenção das vias.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Identificar os principais elementos da infraestrutura viária presentes nas rodovias federais brasileiras, com foco em dispositivos de segurança, pavimentação, sinalização e aspectos de acessibilidade.
- b) Discutir, a partir de revisão teórica e dados secundários, como falhas na infraestrutura – como ondulações, afundamentos, buracos e sinalização deficiente – impactam os índices de acidentalidade.
- c) Analisar a relação entre falhas estruturais nas vias (como buracos, ondulações, drenagem inadequada) e a incidência de acidentes de trânsito, buscando evidenciar padrões críticos.
- d) Destacar diretrizes técnicas e boas práticas de engenharia viária presentes na literatura, que podem contribuir para a melhoria da segurança nas rodovias federais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A segurança viária é um campo de estudo que tem ganhado relevância em função do aumento expressivo no número de acidentes registrados em rodovias brasileiras. A literatura especializada aponta que os acidentes de trânsito são resultantes de uma série de fatores combinados, entre eles as condições da via, comportamento dos condutores, sinalização ineficiente, entre outros (DUARTE, 2019; CARMO e RAIA JUNIOR, 2021).

Segundo Bernucci et al. (2022), a qualidade do pavimento é um dos aspectos fundamentais para a segurança do trânsito, pois defeitos como buracos, ondulações, afundamentos e remendos mal executados comprometem a estabilidade dos veículos e aumentam o risco de sinistros. Além disso, a ausência de drenagem adequada potencializa o acúmulo de água sobre o pavimento, o que reduz o atrito e favorece a ocorrência de aquaplanagens.

A sinalização viária, tanto vertical quanto horizontal, também é amplamente abordada como um fator determinante para a organização e fluidez do trânsito. Conforme o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2010) e o Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN, 2007), uma sinalização eficiente deve ser clara, padronizada, visível em qualquer condição de luminosidade e devidamente posicionada no campo de visão dos condutores. Sua função é orientar, regulamentar e advertir, reduzindo os riscos de erros humanos.

Outro aspecto importante é a presença (ou ausência) de dispositivos de segurança viária como barreiras de contenção (metálicas ou de concreto), atenuadores de impacto e áreas de escape, que têm como função minimizar os efeitos de colisões e saídas de pista, especialmente em trechos sinuosos ou com declividade acentuada. Esses elementos têm sido estudados como soluções de engenharia que salvam vidas ao impedir que acidentes evoluam para fatalidades (ABRAMO et al., 2022).

Segundo o Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN, 2001) e a Coordenadoria de Engenharia e Tráfego (CET, 1983), esses polos, quando não acompanhados de medidas mitigadoras, podem causar sobrecarga viária e aumentar os riscos de acidentes. As medidas podem incluir adaptações geométricas, sinalização e melhorias na acessibilidade.

Estudos como os da CNT (2024) e PRF (2024) evidenciam a concentração de sinistros em rodovias com pavimento deteriorado, sinalização deficiente e ausência de dispositivos de proteção. São dados que sustentam a importância de se investir em infraestrutura como medida eficaz de redução de acidentes e promoção da mobilidade segura e eficiente.

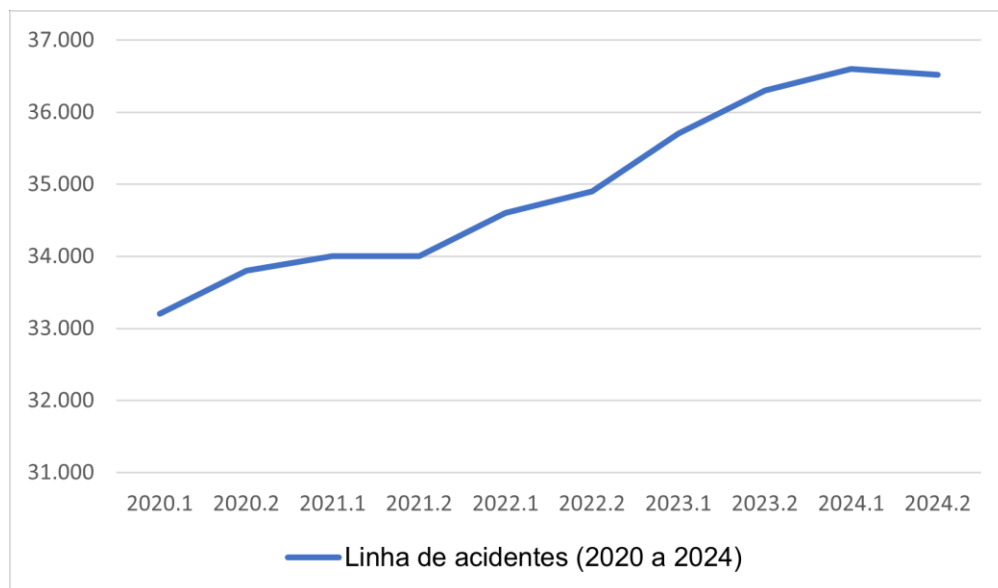
Diante do exposto, é perceptível que a segurança viária é um campo multidimensional, fortemente influenciado por fatores de engenharia, planejamento urbano, sinalização, manutenção e elementos ambientais. A seguir, serão detalhados esses aspectos de forma segmentada, com foco nos principais componentes da infraestrutura viária que impactam diretamente a ocorrência de acidentes, como as condições do pavimento, os sistemas de drenagem, a sinalização e os dispositivos de proteção. Com base nesses tópicos, será possível promover uma análise mais profunda e técnica sobre como a qualidade e a organização das vias influenciam na segurança dos usuários e na eficiência da mobilidade.

2.1 Acidentes de Trânsito e Segurança Viária Urbana

Os acidentes de trânsito são, em grande parte, eventos evitáveis, resultantes da interação entre falhas humanas, deficiências veiculares e inadequações da infraestrutura viária. No Brasil, a combinação desses fatores agrava a já crítica situação da segurança viária, sobretudo em áreas urbanas, onde a multiplicidade de modais e a densidade de circulação aumentam significativamente os riscos.

PRF e da CNT. Em 2024, os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro lideraram o número de ocorrências, com destaque para o aumento de 41% em SP e alarmantes 84% no RJ (CNT, 2024; PRF, 2024), evidenciando o crescimento dos sinistros em regiões de maior densidade populacional e econômica, como o Sudeste. As rodovias BR-116 e BR-101 apresentaram os maiores registros, destacando a urgência de melhorias estruturais e operacionais nesses trechos.

Abaixo, a Figura 1 ilustra a evolução do número de acidentes em rodovias federais brasileiras nos últimos cinco anos, destacando o crescimento observado desde 2020:

Figura 1: Evolução dos acidentes (2020-2024)

Fonte: Elaboração própria com base em dados da PRF (2024).

Ademais, a literatura evidencia que, para além das estatísticas, os acidentes configuram um grave problema de saúde pública e urbanismo. Conforme Vasconcelos (2021), nos países em desenvolvimento, os sinistros urbanos devem ser compreendidos também como uma externalidade ambiental, exigindo estratégias de mitigação que envolvam o ordenamento territorial, o transporte público e a educação viária.

Nodari (2003) aponta que os fatores causadores dos acidentes não ocorrem de forma isolada, sendo necessário adotar uma abordagem sistêmica que envolva a tríade da segurança viária: engenharia, fiscalização e educação. Dentro da engenharia, destacam-se os conceitos de “rodovias que perdoam” e “rodovias cuidadosas” (Hildebrand e Wilson, 1999), que mudaram a lógica de projeto das vias, incorporando elementos que reduzem as consequências dos erros humanos e previnem sinistros por meio de sinalização adequada, dispositivos de contenção, geometria viária segura e infraestrutura de drenagem eficiente.

A realidade brasileira, no entanto, ainda reflete um modelo centrado na correção posterior ao acidente, com pouca ênfase na prevenção estruturada. Dias (2014) propõe duas abordagens complementares para avaliação da segurança urbana: a corretiva, que se volta para pontos críticos já identificados, e a preventiva, que utiliza auditorias, inspeções e análises de conflito de tráfego para antecipar riscos. Essa última é amplamente utilizada em países com

baixos índices de acidentalidade, como Suécia e Austrália, e representa um caminho promissor para o contexto nacional.

O DNIT (2010) reforça a importância da análise de conflitos de tráfego como ferramenta técnica para mensurar situações de risco iminente, definindo-os como interações em que condutores ou pedestres precisam tomar decisões rápidas para evitar colisões. Ao observar esses padrões comportamentais, é possível identificar vulnerabilidades do sistema viário antes que estas se transformem em acidentes consumados.

Portanto, ao adotar uma perspectiva proativa e técnica, este trabalho insere-se na abordagem preventiva da segurança viária urbana, enfatizando a importância de se considerar os fatores estruturais como determinantes dos índices de acidentalidade. Essa postura é crucial para compreender a lógica que rege os sinistros urbanos e propor intervenções com base na engenharia viária, no comportamento do usuário e na eficiência da sinalização.

Além dos aspectos estruturais, outro fator que impacta diretamente a segurança nas rodovias e que será abordado no próximo tópico é a atuação dos Polos Geradores de Viagens, os quais, quando não integrados ao planejamento viário, podem agravar os conflitos de tráfego.

2.2 Polos Geradores de Viagens (PGVs)

Os Polos Geradores de Viagens (PGVs), ou Polos Geradores de Tráfego (PGTs), correspondem a empreendimentos de médio ou grande porte com elevado potencial de atrair deslocamentos diários, impactando diretamente o desempenho do sistema viário em seu entorno. Esses empreendimentos, ao provocarem concentração de fluxos em determinados horários e locais, podem comprometer a fluidez do tráfego, agravar problemas de acessibilidade e ampliar significativamente os riscos de acidentes, sobretudo em regiões já saturadas (SENATRAN, 2024).

De acordo com a Companhia de Engenharia de Tráfego (CET, 1983), os PGVs afetam não apenas a área de implantação, mas também o tecido urbano adjacente, desencadeando sobrecargas no tráfego local, aumento dos tempos de deslocamento e conflitos entre modos de transporte. A literatura técnica aponta que os impactos variam conforme o tipo e a magnitude do polo, sendo comum a geração de pontos críticos de conflito, como cruzamentos

sem tratamento geométrico adequado, ausência de áreas de embarque e desembarque e falhas na sinalização.

Portugal (2020) e Goldner (2021) propõem uma tipologia baseada tanto na natureza do empreendimento quanto na intensidade dos impactos gerados. Entre os exemplos mais comuns destacam-se shopping centers, hospitais, universidades, estádios, terminais rodoviários e grandes conjuntos habitacionais. Cada um desses equipamentos demanda um dimensionamento específico da infraestrutura viária e da capacidade de absorção dos fluxos induzidos, sob pena de comprometer não apenas a mobilidade, mas também a segurança de motoristas, ciclistas e pedestres.

A gestão desses polos demanda uma atuação integrada entre planejamento urbano, engenharia de tráfego e políticas públicas. A Secretaria Nacional de Trânsito (SENATRAN, 2024) recomenda a adoção de medidas mitigadoras, classificadas em internas (dentro do perímetro do empreendimento) e externas (no entorno viário), como forma de absorver os impactos gerados. As ações internas incluem a reconfiguração dos acessos, redistribuição de estacionamentos, definição de zonas seguras para pedestres e implantação de dispositivos de acessibilidade. Já as medidas externas abrangem desde alterações geométricas em vias públicas, instalação de sinalização (horizontal, vertical e semaforica), até ações de requalificação da infraestrutura do transporte coletivo e dispositivos de proteção viária.

Engenheiros de tráfego devem, portanto, participar ativamente da avaliação dos PGVs, por meio de estudos de impacto no tráfego (EITs) e simulações de fluxo, visando antecipar cenários de congestionamento e propor soluções compatíveis com os princípios da segurança viária. O foco não deve se restringir à mobilidade de veículos, mas sim incorporar uma abordagem multimodal que priorize a integridade dos usuários mais vulneráveis.

Deste modo, o planejamento e a regulação dos PGVs não podem ser vistos como mera exigência burocrática, mas como uma ferramenta estratégica de gestão urbana e de prevenção de acidentes, especialmente nas cidades brasileiras que enfrentam crescimento desordenado e infraestrutura viária defasada.

Dando continuidade, o trabalho apresenta a seguir a importância da Auditoria e da Inspeção de Segurança Viária, ferramentas fundamentais para o diagnóstico e prevenção de riscos relacionados à infraestrutura.

2.3 Auditoria de Segurança Viária (ASV) e Inspeção de Segurança Viária (ISV)

A Auditoria de Segurança Viária (ASV) e a Inspeção de Segurança Viária (ISV) são ferramentas técnicas empregadas para avaliar a segurança das vias sob diferentes perspectivas do ciclo de vida de uma rodovia. Ambas compartilham o objetivo de identificar riscos estruturais ou operacionais que possam comprometer a integridade dos usuários, propondo intervenções que favoreçam um tráfego mais seguro e eficiente (RIBEIRO & ANDRADE, 2022).

A ASV atua preventivamente, revisando projetos em diferentes estágios – desde a concepção até a pré-operação – com o intuito de antecipar problemas relacionados à geometria da via, à sinalização ou à visibilidade. Já a ISV é aplicada de forma contínua em rodovias em operação, com foco na detecção de falhas decorrentes de desgaste, manutenção inadequada ou mudanças no padrão de tráfego (UNECE, 2018; PIARC, 2017).

Embora ainda pouco institucionalizadas no Brasil, essas metodologias são amplamente utilizadas em países com baixos índices de acidentes, servindo como base para políticas públicas mais eficazes de segurança viária. Além disso, contribuem para decisões de engenharia mais assertivas, ao fornecerem dados empíricos que auxiliam na readequação da infraestrutura existente — incluindo o redesenho de interseções, a instalação de dispositivos de contenção e a revisão dos padrões de sinalização (NODARI, 2003; FRANÇOSO, 2019).

Sua aplicabilidade, portanto, está diretamente ligada ao objetivo deste estudo, na medida em que fornecem ferramentas que permitem avaliar tecnicamente as condições físicas das rodovias federais brasileiras e propor estratégias preventivas de mitigação de riscos.

Para ilustrar, o quadro abaixo apresenta a comparação entre as auditorias e inspeções de segurança viária, destacando suas principais diferenças:

Quadro 1: ASV x ISV

Critério	ASV (Auditoria)	ISV (Inspeção)
Objetivo	Identificar riscos antes da implantação	Detectar falhas em vias operacionais
Aplicação	Projetos novos ou modificações viárias	Vias já em operação
Fase do Projeto	Planejamento e pré-operação	Pós-implantação
Periodicidade	Pontual	Regular/periódica
Profissionais Envolvidos	Equipe externa e independente	Equipe técnica e operacional

Fonte: Elaboração própria com base em Austroads (2009), UNECE (2018), PIARC (2017) e Ribeiro (2019)

Tanto a ASV quanto a ISV devem ser conduzidas por equipes técnicas qualificadas, que possam realizar uma análise detalhada das características físicas e operacionais da rodovia. A atuação conjunta dessas duas abordagens contribui para a construção de um sistema viário mais seguro e eficiente, reduzindo riscos e prevenindo acidentes de forma contínua.

De forma gradual, tem-se incorporado ao processo o uso de checklists padronizados, que consistem em listas de verificação sistematizadas, voltadas à análise dos diversos aspectos do projeto viário. Tais instrumentos servem como guia de apoio metodológico, promovendo maior uniformidade entre as auditorias e auxiliando o auditor a examinar criteriosamente cada item relevante à segurança da via. Além de facilitar a condução da análise, os checklists funcionam como uma ferramenta de memória técnica, evitando omissões e contribuindo para a qualidade e a rastreabilidade do processo de auditoria (FRANÇOSO, 2019).

2.3.1 Checklists

Durante as vistorias de segurança viária, torna-se essencial observar uma ampla gama de elementos presentes no ambiente da via. Para garantir que nenhum aspecto relevante seja negligenciado, é comum o uso de listas de verificação que orientam a atuação da equipe

técnica no campo. Essas listas abrangem desde os elementos viário-ambientais em condições normais até situações específicas, como o período noturno ou a ocorrência de chuvas, neblina e outras condições climáticas adversas. Além disso, é importante registrar as características das áreas lindeiras, levando em conta sua quantidade, natureza e a forma como interagem com o ambiente viário (CARDOSO, 2021).

Segundo Schopf (2016), as listas de verificação são ferramentas que organizam os principais aspectos relacionados à segurança viária a serem observados durante a auditoria. Elas funcionam como um instrumento de apoio ao auditor, garantindo que todas as características relevantes da via sejam analisadas de maneira sistemática.

Contudo, conforme orientações da Austroads (2009), essas listas não devem ser citadas nem incluídas no relatório final da auditoria. Sua função é exclusivamente auxiliar o profissional no processo de avaliação, assegurando que as falhas ou deficiências observadas sejam adequadamente registradas e discutidas no documento oficial.

Atualmente, o Brasil ainda não conta com checklists padronizados e amplamente utilizados por seus órgãos viários. No entanto, diversas instituições internacionais já desenvolveram listas com essa finalidade, como o Instituto de Transporte do Reino Unido (IHT, 1996), a Austroads (2009), a RTA (1995), a Transfund New Zealand (1998), a University of New Brunswick no Canadá (HILDEBRAND e WILSON, 1999) e a Transportation Association of Canada (2001). Esses materiais servem como referência para orientar os auditores na identificação de riscos e na proposição de medidas preventivas em projetos de infraestrutura viária (CARDOSO, 2021).

A seguir, o foco recai sobre a acessibilidade nas vias urbanas, evidenciando a necessidade de garantir segurança e inclusão para todos os usuários, especialmente os mais vulneráveis.

2.4 Acessibilidade nas vias urbanas

O ambiente urbano é caracterizado pela convivência intensa entre diferentes tipos de usuários — pedestres, ciclistas, motoristas e motociclistas. Nesse contexto multifuncional, torna-se essencial considerar as necessidades dos usuários mais vulneráveis, especialmente

os pedestres, que requerem espaços adequados, seguros e acessíveis para o deslocamento diário.

A acessibilidade nas vias vai além da mera presença de calçadas; envolve o planejamento de percursos contínuos, nivelados e livres de obstáculos, com prioridade à mobilidade universal. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 9050:2020), calçada é a parte da via destinada prioritariamente ao trânsito de pedestres, normalmente separada e em nível distinto da pista de rolamento, podendo também comportar sinalização, vegetação e mobiliário urbano.

Essa norma estabelece que calçadas e áreas exclusivas para pedestres devem possuir revestimento com superfície regular, firme, estável e antiderrapante, mesmo em condições úmidas. Além disso, recomenda-se evitar padrões no piso que induzam à percepção de desníveis ou causem insegurança visual, como estampas com efeito tridimensional. É fundamental garantir uma faixa contínua e desobstruída de circulação, sem degraus ou barreiras que dificultem a mobilidade de pessoas com deficiência, idosos, crianças e usuários de cadeiras de rodas ou carrinhos.

De acordo com os parâmetros técnicos da Norma Brasileira Regulamentadora (NBR 9050:2020), a calçada pode ser organizada em três faixas funcionais, que têm como objetivo promover a segurança e a eficiência do espaço urbano:

a) Faixa de serviço: situada na borda externa da calçada, é destinada à instalação de elementos como postes, árvores, lixeiras e bancos. A largura mínima recomendada é de 0,70 metro, para que esses objetos não obstruam a circulação.

b) Faixa livre ou passeio: corresponde ao espaço reservado exclusivamente ao deslocamento de pedestres. Deve possuir largura mínima de 1,20 metro e altura livre de 2,10 metros, além de inclinação transversal inferior a 3%, garantindo fluidez e conforto.

c) Faixa de acesso: conecta o passeio aos lotes privados. Essa faixa só deve ser prevista quando a calçada possuir mais de 2,00 metros de largura e requer autorização do poder público local.

Outro ponto fundamental é o rebaixamento de calçadas, elemento essencial para a travessia segura de pedestres. Devem estar alinhados com a faixa de travessia e construídos com inclinação inferior a 5%, admitindo-se, em situações específicas, até 8,33%. A largura

ideal é de, no mínimo, 1,20 metro, sem comprometer a faixa livre de circulação. Onde houver declividade acentuada, recomenda-se a implantação de faixas de acomodação com largura entre 0,45 metro e 0,60 metro.

Assim, esses parâmetros promovem não somente a acessibilidade universal, como também a segurança dos deslocamentos em áreas urbanas. A negligência com esses aspectos pode aumentar significativamente o risco de acidentes, especialmente para pedestres com mobilidade reduzida. Com base nisso, o correto dimensionamento das calçadas, aliado à adequada sinalização, representa um dos pilares da engenharia urbana orientada à inclusão e à segurança viária.

2.5 Sinalização Vertical

A sinalização vertical, conforme definida pelo Manual de Sinalização Rodoviária do DNIT (2010), consiste no conjunto de placas e dispositivos instalados em posição vertical nas margens ou sobre a via, com a função de transmitir mensagens visuais aos usuários. Essas mensagens visam orientar, advertir, regulamentar ou educar, sendo fundamentais para a organização e segurança do trânsito, especialmente em rodovias com altos índices de acidentalidade.

Para ser eficaz, a sinalização deve estar posicionada dentro do campo visual dos condutores, com dimensões, formas, cores e símbolos padronizados. A legibilidade das mensagens deve ser compatível com a velocidade permitida na via, de modo a garantir o entendimento imediato e reduzir riscos associados à distração ou tomada de decisão tardia.

O Manual do DNIT (2010) classifica a sinalização vertical em três categorias principais:

- a) Sinalização de regulamentação: impõe normas de conduta, como proibições e obrigações (ex.: limite de velocidade, sentido proibido, parada obrigatória).
- b) Sinalização de advertência: alerta para situações de risco iminente ou condições adversas (ex.: curvas perigosas, interseções, declives, travessias de pedestres).
- c) Sinalização de indicação: oferece informações para orientação e localização, como destinos, distâncias, nomes de vias e serviços disponíveis.

Todavia, apesar da padronização normativa, a qualidade da sinalização nas rodovias brasileiras ainda é um desafio. De acordo com o Relatório CNT de Rodovias 2024, mais de 61% das vias avaliadas apresentaram problemas de sinalização, como placas danificadas, ausentes ou com visibilidade comprometida. Além disso, em 2023, segundo a PRF (2024), 21% dos acidentes registrados envolveram situações em que a sinalização deficiente foi identificada como fator contribuinte.

Esses dados revelam a importância de se estabelecer um sistema eficiente de manutenção preventiva da sinalização, com reposição periódica de placas, uso de materiais retrorrefletivos e eliminação de interferências visuais (como vegetação ou publicidade irregular). A má sinalização, além de aumentar o tempo de reação dos condutores, compromete a previsibilidade do tráfego e acentua a vulnerabilidade em trechos de risco.

Além disso, a ausência de sinalização adequada é um fator agravante em áreas próximas a PGVs, como escolas, hospitais e centros comerciais. Nesses pontos, a sobrecarga viária exige uma sinalização reforçada e estratégica para prevenir conflitos e proteger os usuários mais vulneráveis, especialmente pedestres.

Diante disso, a sinalização vertical não deve ser encarada como um mero item de mobiliário urbano, mas como parte fundamental da engenharia de tráfego. Sua correta implantação e manutenção são decisivas para reduzir a acidentalidade e promover um ambiente viário mais seguro e eficiente. A negligência nesse aspecto transforma falhas simples em riscos concretos à vida.

Complementando a discussão, a sinalização viária é abordada nos tópicos seguintes, considerando suas vertentes vertical e horizontal como instrumentos indispensáveis à organização e orientação do tráfego.

2.6 Sinalização Horizontal

A sinalização horizontal, conforme o Manual de Sinalização Rodoviária do DNIT (2010), é composta por marcas, símbolos e legendas aplicados diretamente sobre o pavimento, seguindo projeto específico, com a finalidade de promover segurança, conforto e organização no uso das vias por parte de todos os usuários. Tal sinalização tem o objetivo de orientar o

comportamento de motoristas e pedestres por meio de mensagens visuais contínuas, que indicam proibições, permissões, advertências e informações importantes para o deslocamento.

De acordo com o CONTRAN (2007), a sinalização horizontal tem como objetivo principal garantir a fluidez e a segurança do tráfego, promovendo a ordenação e canalização dos fluxos viários. Para isso, deve atender a funções essenciais, tais como:

- a) Ordenar e canalizar o tráfego, organizando o deslocamento dos veículos;
- b) Guiar os condutores conforme a geometria da via, considerando curvas, aclives, declives e travessias urbanas;
- c) Complementar e reforçar a sinalização vertical, criando um sistema integrado de comunicação viária;
- d) Regulamentar situações específicas previstas no Código de Trânsito Brasileiro, como a proibição de ultrapassagem em determinados trechos (Art. 203, V);
- e) Transmitir mensagens claras, objetivas e legíveis para que os usuários tenham tempo suficiente para compreender e agir;
- f) Atender a uma demanda real, evitando sinais redundantes ou confusos que possam prejudicar a atenção e segurança.

As marcas que compõem a sinalização horizontal obedecem a padrões rigorosos de forma e cor, conforme o CONTRAN (2007), podendo ser classificadas em:

- Linha contínua: marca ininterrupta que indica proibição de ultrapassagem ou mudança de faixa, especialmente em áreas críticas ou de risco elevado;
- Linha seccionada ou tracejada: formada por traços e espaços regulares, permite ultrapassagens e mudanças de faixa em locais seguros;
- Setas, símbolos e legendas: elementos gráficos aplicados sobre o pavimento que indicam direções obrigatórias, faixas exclusivas, travessias de pedestres e complementam a sinalização vertical.

Estudos indicam que a eficácia da sinalização horizontal está diretamente associada à redução da acidentalidade, especialmente em trechos urbanos com alto volume de tráfego e em rodovias que apresentam curvas e interseções críticas (NODARI, 2003; CARMO e RAIA JUNIOR, 2021). Dados do DNIT (2022) mostram que a ausência ou deterioração da

sinalização horizontal está correlacionada com o aumento de acidentes em até 25% nos segmentos analisados, evidenciando sua importância no sistema de segurança viária.

Além disso, a manutenção periódica da sinalização horizontal, com o uso de tintas refletivas e tecnologias que garantam visibilidade noturna, é crucial para a segurança, principalmente em condições adversas de luminosidade ou clima (ABRAMO et al., 2022). A sinalização apagada ou desgastada pode causar confusão e reações intempestivas, aumentando o risco de colisões e saídas de pista.

Em áreas próximas a PGVs e em vias urbanas, a sinalização horizontal adequada contribui para a organização dos fluxos, a delimitação das faixas de circulação e travessias seguras, especialmente para os usuários mais vulneráveis, como pedestres e ciclistas (SENATRAN, 2024).

Destarte, a sinalização horizontal, integrada à sinalização vertical e aos dispositivos de proteção viária, constitui uma ferramenta indispensável da engenharia de tráfego para a promoção da segurança viária, influenciando diretamente na redução da frequência e gravidade dos acidentes.

Nesta mesma perspectiva, em seguida faz-se pertinente discutir a influência dos defeitos de pavimentação sobre a segurança viária, detalhando patologias recorrentes que afetam a qualidade das vias e aumentam o risco de acidentes.

2.7 Defeitos na pavimentação asfáltica

A condição do pavimento viário exerce influência direta e significativa na segurança do tráfego. Irregularidades como afundamentos, ondulações, trincas e buracos comprometem a estabilidade dos veículos e podem provocar a perda do controle da direção, exigindo manobras evasivas que elevam o risco de colisões e outros tipos de acidentes (BERNUCCI et al., 2022).

O pavimento tem como função primordial assegurar uma superfície de rolamento segura, confortável e funcional, capaz de suportar as cargas do tráfego e resistir aos efeitos das variações climáticas, garantindo ainda aderência adequada entre os pneus e o pavimento. Isso contribui para a eficiência da frenagem e para a prevenção de derrapagens, principalmente em condições adversas (BERNUCCI et al., 2022).

Segundo o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006), a degradação do perfil longitudinal do pavimento ocorre progressivamente devido ao tráfego repetitivo, às condições climáticas e a falhas nos sistemas de drenagem. Essas deformações afetam diretamente a interação pneu-pavimento, resultando em maior desgaste dos veículos, desconforto aos usuários e aumento nos custos operacionais e de manutenção. Além disso, comprometem a segurança ao reduzir o controle direcional do veículo, especialmente em situações de chuva, quando a capacidade de escoamento superficial da água fica prejudicada.

Estudos realizados pela Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2024) indicam que aproximadamente 30% dos acidentes em rodovias federais brasileiras estão relacionados à má condição do pavimento, evidenciando a importância da manutenção preventiva e corretiva como medida eficaz para redução da acidentalidade.

Isto posto, a Tabela 1 resume os principais defeitos pavimentares e os riscos que eles representam para a segurança viária:

Tabela 1: Tipos de Defeitos no Pavimento e seus Riscos

Tipo de Defeito	Descrição	Risco Envolvido
Ondulação	Saliências e depressões na pista	Perda de controle veicular
Afundamento	Depressões permanentes no asfalto	Aquaplanagem e instabilidade
Panelas/Buracos	Cavidades profundas no revestimento	Ruptura de pneus, colisões
Remendos	Áreas remendadas com novo material	Desnível, desconforto e falhas futuras

Fonte: Elaboração própria com base em DNIT (2006) e Bernucci et al. (2022)

Sendo assim, a adequada manutenção e restauração dos pavimentos é fundamental para preservar as condições de trafegabilidade e minimizar os riscos de acidentes decorrentes de falhas estruturais ou superficiais da pista. Para fins deste estudo, serão destacados apenas os defeitos que apresentam maior potencial de comprometimento da segurança viária, conforme detalhamento nos próximos tópicos.

2.7.1 Ondulação ou Corrugação

A ondulação ou corrugação é uma deformação superficial caracterizada por uma sucessão de saliências e depressões transversais, permanentes e de natureza plástica, que se formam no revestimento asfáltico (DNIT, 2006). Essa patologia ocorre principalmente devido a rupturas por cisalhamento na estrutura do pavimento ou na interface entre o revestimento asfáltico e a camada de base, causadas pela repetição dos esforços dinâmicos provocados pelo tráfego, especialmente quando o material asfáltico apresenta baixa resistência ao cisalhamento. Conforme ilustra a Figura 2:

Figura 2: Ondulação ou Corrugação



Fonte: Vila Betume (2021),

As ondulações tendem a se desenvolver com maior frequência e intensidade em locais sujeitos a variações abruptas de velocidade dos veículos, como rampas, interseções, faixas de desaceleração e pontos de parada. Nessas áreas, as forças horizontais exercidas pelos pneus são mais intensas, o que acelera a deterioração do pavimento. Contudo, esse tipo de deformação pode ocorrer em qualquer trecho da via, sendo mais crítica nas trilhas de roda devido à concentração do tráfego nesses pontos (BERNUCCI et al., 2022).

Além de causar desconforto na condução, as ondulações impactam negativamente a segurança viária, pois alteram a interação pneu-pavimento. Isso pode resultar em instabilidade

do veículo, redução da aderência e dificuldades no controle direcional, riscos que se agravam em veículos menores ou quando há cargas elevadas (BERNUCCI et al., 2022). Essas condições aumentam a probabilidade de acidentes, sobretudo em trechos com tráfego intenso ou condições climáticas adversas.

2.7.2 Afundamento

O afundamento é uma deformação permanente no revestimento asfáltico caracterizada pela presença de depressões na superfície da pista, que podem ou não estar acompanhadas do solevamento das áreas adjacentes (DNIT, 2006). Este evento compromete o perfil longitudinal e transversal da via, afetando negativamente o desempenho funcional e estrutural do pavimento.

Segundo o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (2006), os afundamentos podem ser classificados conforme sua extensão em:

- Afundamentos locais, quando apresentam extensão de até 6 metros;
- Afundamentos em trilhas de roda, quando ocorrem de forma contínua e com extensão superior a esse limite, acompanhando as faixas de rodagem dos veículos.

Figura 3: Afundamento asfáltico



Fonte: G1 Globo (2025)

As principais causas desse tipo de falha incluem deficiências estruturais nas camadas inferiores do pavimento, como recalques diferenciais decorrentes de falhas no subleito, compactação inadequada, presença de materiais com baixa capacidade de suporte e acúmulo de umidade. A repetição das cargas veiculares sobre essas áreas fragilizadas acelera a progressão das deformações (CORSINI, 2019).

Do ponto de vista da segurança viária, os afundamentos representam riscos expressivos, pois comprometem a estabilidade dos veículos, prejudicam o escoamento superficial das águas pluviais e favorecem o acúmulo de lâminas d'água. São condições que acabam aumentando a probabilidade de aquaplanagem, especialmente em períodos de chuva intensa, elevando o potencial de acidentes (CORSINI, 2019).

2.7.3 Painelas ou Buracos

As painelas, também conhecidas como buracos, são falhas no pavimento caracterizadas por cavidades de dimensões e profundidades variadas que se formam na superfície do revestimento asfáltico (DNIT, 2006). Essas depressões geralmente surgem a partir da perda de material na camada superior do pavimento, como resultado de processos de deterioração progressiva, especialmente em áreas previamente enfraquecidas por outras patologias, como trincas, afundamentos ou falhas na drenagem.

Figura 4: Painelas ou Buracos



Fonte: PATOPAV (2014).

Do ponto de vista estrutural, as panelas comprometem a integridade do pavimento ao permitir a infiltração de água nas camadas inferiores da estrutura viária, acelerando significativamente o processo de degradação. Funcionalmente, essas cavidades aumentam a irregularidade do perfil longitudinal da via, diminuindo o conforto dos usuários, causando maior desgaste aos veículos e elevando os riscos de acidentes, principalmente em altas velocidades ou em condições de baixa visibilidade (DNIT, 2006).

As panelas tendem a se formar com maior frequência nas trilhas de roda, devido à maior concentração de cargas e esforços repetitivos nessas áreas. Quando não reparadas de forma rápida e adequada, podem evoluir rapidamente, exigindo intervenções de restauração mais complexas e onerosas, comprometendo a durabilidade da via e aumentando os custos operacionais do sistema viário (CORSINI, 2019).

2.7.4 Remendos

Os remendos correspondem a trechos do pavimento em que o revestimento original foi removido e substituído por outro material, que pode ser semelhante ou diferente do inicial (DNIT, 2006). Embora tenham como finalidade corrigir falhas localizadas, como panelas, trincas ou afundamentos, a presença frequente ou a execução inadequada desses remendos indica deficiência estrutural recorrente, evidenciando a perda do desempenho da estrutura original do pavimento. Conforme ilustrado na Figura 5:

Figura 5: Remendos asfálticos



Fonte: SideEtrans (2018).

Intervenções mal executadas podem causar descontinuidades no perfil da superfície de rolamento, aumentando a irregularidade longitudinal e, conseqüentemente, prejudicando o conforto dos usuários e comprometendo a estabilidade dos veículos. O DNIT (2006) destaca que remendos mal nivelados ou insuficientemente compactados são particularmente vulneráveis às ações das cargas intensas de tráfego, condições climáticas adversas e falhas construtivas, o que acelera sua deterioração.

Apesar de não serem considerados falhas estruturais isoladamente, os remendos passam a ser classificados como defeitos funcionais quando interferem na fluidez do tráfego, elevam o risco de acidentes ou prejudicam a drenagem superficial da via. A recorrência de remendos em áreas específicas pode indicar a necessidade de intervenções mais abrangentes, como restaurações estruturais completas, para assegurar a durabilidade e segurança da via (CARDOSO, 2021).

Além das patologias estruturais e funcionais do pavimento, a segurança no sistema viário também depende da presença de dispositivos físicos capazes de mitigar os efeitos dos acidentes quando estes são inevitáveis.

2.8 Dispositivos de Proteção Viária

A segurança viária não depende apenas da qualidade da pavimentação e da sinalização, mas também da presença de dispositivos físicos projetados para minimizar a severidade dos acidentes quando estes ocorrem. Esses elementos, conhecidos como dispositivos de contenção ou proteção viária, abrangem instrumentos como barreiras metálicas, barreiras de concreto, atenuadores de impacto, áreas de escape, defensas flexíveis, entre outros. Eles funcionam como medidas passivas de segurança, não impedindo a ocorrência do acidente, mas reduzindo seus efeitos e protegendo os ocupantes dos veículos e demais usuários da via.

Conforme apontado pela *Permanent International Association of Road Congresses* (PIARC, 2017), o uso adequado de barreiras físicas pode reduzir significativamente a letalidade em trechos críticos, como curvas acentuadas, margens de pontes e áreas com declives acentuados. Essas estruturas atuam como dispositivos de contenção para evitar

saídas de pista, colisões frontais e quedas em desníveis, sendo classificadas segundo o tipo de contenção e a capacidade de absorção de energia dos impactos.

No contexto brasileiro, as diretrizes para instalação desses dispositivos são estabelecidas por órgãos como o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT, 2010) e o CONTRAN (2007), baseando-se em normas técnicas, como a ABNT NBR 15486:2007. A escolha do dispositivo adequado depende das características geométricas da via, volume e tipo predominante de tráfego, bem como da análise de risco do trecho específico. Dessa forma, a implantação deve ser orientada por critérios técnicos rigorosos que assegurem não apenas a funcionalidade, mas também a integração harmoniosa com os demais elementos da infraestrutura viária.

Desta forma, a seguir, apresenta-se uma tabela com os principais dispositivos utilizados em rodovias e suas respectivas aplicações e efetividades.

Tabela 2: Barreiras e Dispositivos de Proteção

Dispositivo	Aplicação	Efetividade	Referência Normativa
Barreira de concreto (New Jersey)	Separação de fluxos opostos, proteção em curvas e viadutos	Alta contenção; evita invasão de faixa contrária e quedas	ABNT NBR 15486:2023; DNIT (2010)
Barreira metálica (<i>guard rail</i>)	Margens de rodovias, pontes, declives e áreas de escape	Boa contenção em colisões leves e moderadas; absorve impacto	CONTRAN (Res. 736/18); DNIT (2010)
Áreas de escape com brita	Final de descidas longas e trechos com perda de freio	Altíssima efetividade na parada de veículos desgovernados	CÂMARA et al. (2022); DNIT
Atuadores de impacto (atenuadores)	Início de barreiras, postes, barreiras fixas e obstáculos frontais	Absorvem energia do impacto; reduzem severidade de lesões	PIARC (2017); DNIT; NBR 15486:2007

Redutores de velocidade (lombadas, faixas elevadas)	Vias urbanas e travessias de pedestres	Alta eficácia em áreas escolares e residenciais	CONTRAN (Res. 600/16); NBR 9050:2020
Defensas flexíveis (cabos de aço tensionados)	Rodovias de alta velocidade com risco de saída de pista	Boa contenção com menor impacto secundário ao ocupante	PIARC (2017); UNECE (2018); DNIT

Fonte: Elaboração própria com base em DNIT (2010), PIARC (2017), CONTRAN (Resoluções 600/16 e 736/18), NBR 15486:2007 e CÂMARA et al. (2022)

A ausência ou instalação incorreta desses equipamentos pode comprometer a eficiência da proteção e, em alguns casos, aumentar a severidade dos acidentes. Por isso, é fundamental que os dispositivos sejam projetados e posicionados considerando o comportamento dinâmico dos veículos, a energia do impacto e as condições particulares da rodovia.

Estudos conduzidos pela *United Nations Economic Commission for Europe* (UNECE, 2018) e PIARC (2017) indicam que barreiras metálicas e de concreto, quando corretamente aplicadas, podem reduzir em até 50% o número de vítimas fatais decorrentes de colisões com objetos fixos. Contudo, a eficácia desses dispositivos está condicionada à realização de inspeções periódicas e manutenções adequadas, práticas que ainda enfrentam desafios em muitas rodovias brasileiras.

Além das barreiras tradicionais, os atenuadores de impacto e as áreas de escape têm se destacado pela capacidade de absorção da energia cinética dos veículos em movimento descontrolado, prevenindo acidentes graves em trechos com declives acentuados ou pontos de parada críticos. Conforme Câmara et al. (2022), áreas de escape com material britado, quando bem dimensionadas, têm conseguido deter caminhões desgovernados com alta eficácia, evitando colisões múltiplas e salvando vidas.

Outro dispositivo relevante são as defensas flexíveis, como os cabos de aço tensionados, cuja aplicação tem crescido em rodovias de alta velocidade. Esses equipamentos oferecem a vantagem de reduzir o impacto sentido pelos ocupantes do veículo e redirecionar

o veículo de forma controlada, impedindo a invasão da faixa contrária e reduzindo a gravidade dos acidentes.

Portanto, ampliar o uso de dispositivos de contenção, aliado a políticas consistentes de planejamento e manutenção contínua, constitui uma estratégia indispensável para a redução da gravidade dos acidentes. A incorporação sistemática dessas tecnologias no projeto e na operação da malha viária nacional representa um avanço essencial rumo a um sistema de transporte mais seguro e eficiente.

3 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa de abordagem qualitativa, de natureza exploratória, fundamentada no método de revisão bibliográfica e documental. A investigação foi conduzida por meio da análise crítica de obras científicas, artigos acadêmicos, publicações técnico-científicas e documentos oficiais produzidos principalmente entre os anos de 2019 e 2025, embora também tenham sido consideradas referências relevantes das décadas de 1980, 1990 e 2000.

As fontes analisadas foram obtidas em bases como a da Confederação Nacional do Transporte (CNT), Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), Polícia Rodoviária Federal (PRF), bem como em bibliotecas digitais e revistas técnico-científicas da área de engenharia civil e transporte.

A escolha por esse delineamento metodológico permitiu uma compreensão aprofundada sobre a relação entre a infraestrutura das rodovias federais brasileiras e a segurança viária, por meio da identificação de padrões, falhas recorrentes e diretrizes normativas vigentes que impactam diretamente os índices de acidentalidade.

3.1 Descrição das etapas

Para garantir um percurso metodológico coerente com os objetivos propostos, a pesquisa foi organizada em quatro etapas principais:

- a) Identificação de fontes oficiais e técnicas, onde será realizada a seleção de relatórios, manuais e estudos elaborados por órgãos públicos e entidades especializadas, como o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), Confederação Nacional do Transporte (CNT), Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Norma Brasileira Regulamentadora (NBR), Secretaria Nacional de Trânsito (SENATRAN) e Polícia Rodoviária Federal (PRF).
- b) Organização e análise dos dados obtidos, que consiste na sistematização das informações coletadas, de forma a integrá-las aos objetivos da pesquisa. Essa etapa envolveu o cruzamento entre dados técnicos e evidências bibliográficas, permitindo a

formulação de uma análise crítica e fundamentada sobre os principais problemas e desafios enfrentados no contexto das rodovias federais.

- c) Conclusões, abrangendo a formulação de reflexões críticas e proposição de soluções com base nos achados da pesquisa, considerando os aspectos mais relevantes relacionados à infraestrutura viária e à segurança no trânsito, com destaque para os elementos de engenharia rodoviária.

3.2 Coleta e verificação dos dados

A coleta dos dados foi realizada por meio de consultas a plataformas digitais, bibliotecas virtuais, bases de dados acadêmicas e portais institucionais de órgãos governamentais. Os critérios utilizados para a seleção das fontes incluíram:

- a) Atualidade: priorização de publicações dos últimos cinco anos;
- b) Confiabilidade: escolha de fontes reconhecidas pela comunidade científica ou por entidades governamentais;
- c) Relevância e coerência temática: alinhamento com os tópicos centrais do estudo.

Para assegurar a consistência das informações, os dados foram comparados entre diferentes fontes, permitindo a identificação de convergências e divergências, além de fortalecer a credibilidade dos resultados apresentados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Fragilidades na Gestão Preventiva da Segurança Viária brasileira

Apesar dos avanços técnicos e da vasta literatura que reconhece a importância da gestão preventiva na segurança viária, o Brasil ainda apresenta uma cultura institucional fortemente baseada em ações corretivas, ou seja, intervenções que ocorrem somente após a ocorrência de sinistros. Como apontado por Duarte (2019), as Auditorias de Segurança Viária (ASV) no contexto urbano brasileiro ainda não são adotadas como processos formais e permanentes pelas instituições gestoras do trânsito, sendo mais frequentes apenas em fases iniciais de licitação de projetos. Isso evidencia uma lacuna grave entre o conhecimento técnico disponível e sua efetiva aplicação na formulação de políticas públicas.

Essa predominância de medidas reativas está associada, em parte, à ausência de regulamentação nacional que institucionalize e torne obrigatória a realização de ASVs e ISVs nos projetos viários. A consequência disso é o aumento da exposição de usuários vulneráveis – pedestres, ciclistas, motociclistas e pessoas com deficiência – a situações de risco que poderiam ser previamente identificadas e evitadas com uma abordagem proativa (DUARTE, 2019; BERNUCCI et al., 2022).

Um levantamento realizado pela CNT (2024) mostra que cerca de 61% das rodovias brasileiras foram classificadas como regulares, ruins ou péssimas em critérios que envolvem pavimento, sinalização e geometria da via. Quando esse dado é confrontado com os registros de acidentalidade da PRF (2024), observa-se que a maioria dos acidentes ocorre exatamente em trechos com infraestrutura deficiente – um dado que reforça a hipótese de que falhas na gestão preventiva agrava o risco viário.

A literatura demonstra que países com menores índices de sinistros, como Canadá, Inglaterra, Dinamarca, Austrália e Nova Zelândia, adotam de forma sistemática a realização de auditorias viárias em diferentes estágios do ciclo de vida das vias urbanas e rodoviárias (BERNUCCI et al., 2022).

Além disso, Françoso (2019) destaca obstáculos específicos que dificultam a disseminação dessa cultura preventiva no Brasil, como a falta de auditores capacitados, a pouca utilização sistemática dos checklists disponíveis, como o proposto pelo DNIT (2018), os

custos operacionais envolvidos, a ausência de uma metodologia institucionalizada e o receio de aumento da responsabilidade legal dos gestores públicos. Tais fatores, juntos, criam um cenário de inércia que dificulta a implementação de práticas preventivas, mesmo diante de sua eficácia comprovada (RIBEIRO, 2020).

Portanto, a superação dessas fragilidades requer, sobretudo, uma mudança de paradigma na gestão da segurança viária, em que a prevenção seja incorporada como valor central e não como alternativa eventual. A capacitação de equipes técnicas e a produção de instrumentos metodológicos adaptados à realidade brasileira são passos fundamentais para consolidar uma política de segurança viária mais eficiente, técnica e responsável.

4.2 Importância da Engenharia e da Educação na Prevenção de Acidentes

A segurança viária é um campo de natureza complexa e multifatorial, que exige abordagens técnicas capazes de compreender a interação entre o comportamento humano, as características físicas da via e os elementos do ambiente urbano ou rodoviário. Nesse sentido, a atuação de equipes técnicas multidisciplinares tem se mostrado uma das estratégias mais eficazes para a identificação de riscos e proposição de soluções em diferentes fases do ciclo de vida da infraestrutura viária.

A literatura internacional destaca que análises técnicas independentes e isentas, conduzidas por profissionais que não estejam envolvidos diretamente nos projetos de concepção ou operação da via, tendem a alcançar maior precisão na identificação de falhas estruturais e operacionais, conforme a *National Roads Authority* (NRA, 2014). A imparcialidade permite um olhar mais crítico sobre vícios de projeto muitas vezes naturalizados, que acabam sendo perpetuados por falta de distanciamento técnico ou por pressões institucionais (CORSINI, 2019).

Para garantir essa abrangência, recomenda-se que as avaliações sejam realizadas por profissionais com formações complementares, especialmente nas áreas de engenharia de tráfego, transportes, projeto geométrico, segurança viária, sinalização, psicologia do trânsito e acessibilidade. Mota (2021) aponta que equipes compostas por dois a cinco especialistas conseguem oferecer análises mais aprofundadas, pois conseguem identificar riscos invisíveis a abordagens específicas.

Tais equipes técnicas são fundamentais para diagnosticar, por exemplo, trechos com geometrias inadequadas que favorecem o excesso de velocidade, ausência de visibilidade em cruzamentos, conflitos entre pedestres e veículos, e falhas em dispositivos de contenção. Além disso, sua atuação permite propor intervenções mais eficientes, como readequações de traçado, inclusão de redutores físicos, melhorias em rampas e calçadas, ou instalação de defensas e barreiras nos pontos críticos.

Instrumentos de apoio como listas de verificação também contribuem significativamente para a qualidade das análises. Embora não sejam documentos finais, esses checklists funcionam como guias sistemáticos que evitam omissões técnicas em avaliações complexas. Como observa Corsini (2019), quando bem elaboradas, essas listas permitem que o profissional mantenha a objetividade ao longo do processo de inspeção, respeitando critérios de segurança para todos os perfis de usuários — incluindo crianças, idosos, pessoas com deficiência e ciclistas.

Desta maneira, mais do que um procedimento normativo, a avaliação técnica multidisciplinar deve ser incorporada de forma sistemática ao planejamento, à operação e à requalificação da infraestrutura viária brasileira. Trata-se de uma prática cuja fortalece a capacidade preditiva das intervenções, reduzindo a probabilidade de sinistros e tornando os projetos mais responsivos às reais demandas de segurança dos usuários.

4.3 Condições da Infraestrutura Viária e seus Impactos na Segurança Urbana

A qualidade da infraestrutura viária desempenha papel central na segurança do tráfego urbano. Pavimentos em mau estado, sinalização inadequada ou inexistente, ausência de acessibilidade e falta de planejamento em relação ao entorno urbano contribuem diretamente para o aumento do risco de sinistros. Conforme aponta Senço (2023), a instabilidade provocada por deformações na pista, como afundamentos, ondulações ou buracos, compromete a dirigibilidade e a trajetória dos veículos, o que pode gerar perda de controle e colisões, sobretudo em áreas densamente urbanizadas.

O levantamento mais recente da CNT (2024) revela que 66% das vias urbanas avaliadas apresentavam problemas na pavimentação, enquanto 59% tinham sinalização deficiente. Quando confrontados com os dados da PRF (2024), nota-se que essas deficiências

estruturais coincidem com os trechos de maior incidência de acidentes, o que evidencia uma relação direta entre degradação da infraestrutura e aumento da acidentalidade urbana.

De acordo com o DNIT (2006), as irregularidades no perfil longitudinal das vias aumentam progressivamente com o tempo devido à ação combinada do tráfego e das intempéries. Essa degradação não apenas afeta o conforto dos usuários e a conservação dos veículos, como também reduz significativamente a aderência e a capacidade de frenagem, principalmente em dias chuvosos. A ausência de políticas efetivas de manutenção preventiva amplia ainda mais os riscos, transformando pequenos danos estruturais em potenciais pontos críticos de acidentes.

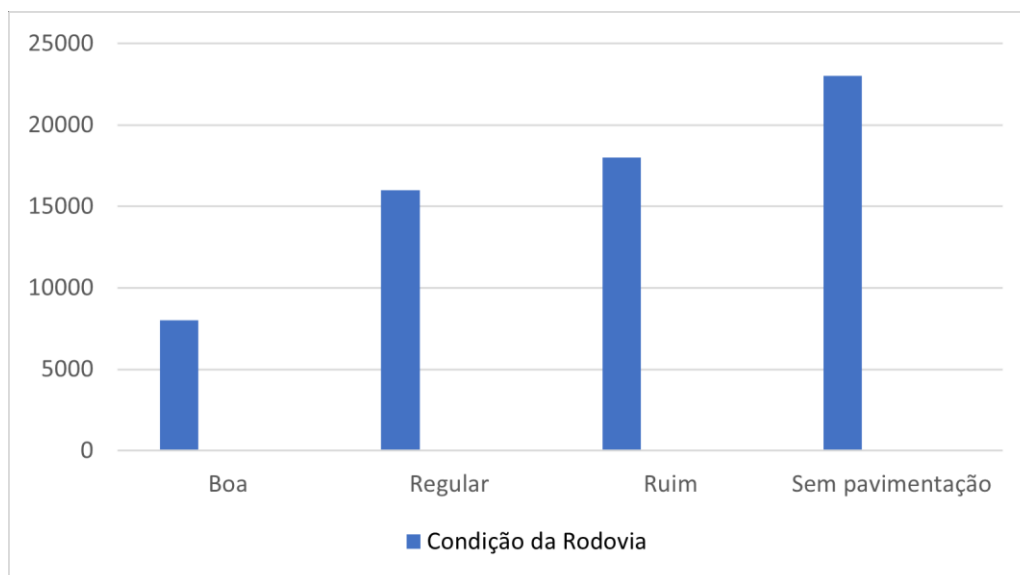
Além do pavimento, a sinalização — tanto vertical quanto horizontal — exerce função essencial na organização do fluxo e orientação dos usuários. O DNIT (2010) estabelece que placas e marcações devem atender a critérios rigorosos de visibilidade, legibilidade e padronização para cumprirem sua função informativa. Sinalizações apagadas, mal posicionadas ou com símbolos incoerentes comprometem a tomada de decisão dos condutores, especialmente em situações de baixa luminosidade ou condições climáticas adversas (CARMO e RAIA JUNIOR, 2021).

Outro elemento negligenciado em muitas cidades é a acessibilidade nas calçadas e áreas de circulação de pedestres. A norma ABNT NBR 9050:2020 define parâmetros técnicos para garantir o deslocamento seguro e autônomo de pessoas com deficiência, idosos e outros perfis vulneráveis. No entanto, como aponta Lee (2021), é comum encontrar vias urbanas com calçadas irregulares, desniveladas ou obstruídas por mobiliário urbano mal planejado — o que configura um fator de risco constante, sobretudo nas imediações de escolas, hospitais e terminais de transporte.

Em contextos com alta concentração de PGVs, como centros comerciais, universidades e hospitais, a ausência de infraestrutura adaptada agrava os riscos de sinistros. A SENATRAN (2024) destaca que os PGVs demandam intervenções específicas, como readequações geométricas, reforço na sinalização, faixas exclusivas e medidas de acalmamento do tráfego, a fim de equilibrar fluidez e segurança viária. Essas medidas precisam estar integradas a um planejamento urbano mais sensível às diversas formas de mobilidade (SOARES, 2022).

A Figura 6, abaixo, apresenta a relação entre a condição da rodovia e o número estimado de acidentes, conforme dados simulados com base em estatísticas da PRF (2024):

Figura 6: Acidentes por Condição da Rodovia (dados simulados - PRF 2024)



Fonte: Dados simulados com base em tendências apresentadas pela PRF (2024) e CNT (2024).

Isto posto, é evidente que a infraestrutura urbana não deve ser projetada pensando somente para os veículos, mas para todas as formas de deslocamento. Investir em pavimentação de qualidade, sinalização eficiente, calçadas acessíveis e requalificação de áreas críticas é uma medida estratégica de segurança pública. Tais investimentos representam não apenas melhorias físicas no ambiente urbano, mas também um avanço civilizatório na garantia do direito à mobilidade segura e inclusiva.

4.4 Desafios para implementação de auditorias

A adoção de estratégias preventivas na gestão da segurança viária enfrenta diversos entraves no contexto brasileiro, especialmente no ambiente urbano. Embora ferramentas como a ASV sejam reconhecidas internacionalmente como métodos eficazes para antecipar riscos e reduzir acidentes, sua presença nas políticas públicas de mobilidade do país ainda é marginal. O modelo predominante permanece fortemente calcado em ações reativas, voltadas para intervenções pontuais após a ocorrência de acidentes, o que reduz a eficácia do sistema como um todo (SCHOPF, 2016; NODARI, 2003).

De acordo com levantamento da CNT (2024), mais de 60% das vias urbanas brasileiras apresentam problemas estruturais graves. No entanto, apenas uma parcela ínfima dessas vias

passou por processos formais de avaliação preventiva com foco em segurança. Essa desconexão entre o diagnóstico da infraestrutura e a ausência de ação preventiva institucionalizada revela um ciclo de ineficiência: a precariedade é identificada, mas as intervenções só ocorrem após sinistros graves.

Françoso (2019) identifica cinco obstáculos centrais para a consolidação de uma cultura preventiva: a inexistência de listas de verificação adaptadas à realidade nacional, a escassez de profissionais capacitados, a ausência de normatização que torne as avaliações obrigatórias, os custos operacionais e o temor por parte de gestores quanto à responsabilização jurídica. Tais fatores contribuem para a estagnação de avanços técnicos já consolidados em outros países, como Alemanha, Dinamarca e Nova Zelândia, onde a avaliação sistemática da segurança viária é parte obrigatória de todas as fases do projeto e operação.

Esse contraste internacional é alarmante. Enquanto países europeus utilizam auditorias e análises técnicas para prevenir acidentes antes da inauguração de novas vias ou após modificações operacionais, o Brasil ainda responde tardiamente a ocorrências letais, muitas vezes por pressão social ou judicial. Como consequência, usuários vulneráveis – como pedestres, ciclistas e motociclistas – seguem expostos a ambientes urbanos inseguros e mal planejados.

A falta de independência técnica nas equipes responsáveis por avaliações de segurança também compromete a eficácia das análises. A literatura (NRA, 2014; Mascarenhas, 2020) recomenda que essas equipes sejam compostas por profissionais externos às fases de projeto e operação, garantindo imparcialidade na identificação de falhas críticas. No entanto, no cenário brasileiro, ainda é comum que as avaliações sejam conduzidas por equipes internas ou com vínculos institucionais diretos, o que compromete a credibilidade dos diagnósticos.

Portanto, mais do que um desafio técnico, a institucionalização de práticas preventivas em segurança viária no Brasil é um desafio de natureza política e organizacional. A superação dessas barreiras exige investimentos em capacitação, padronização de metodologias, responsabilização equilibrada dos gestores e, sobretudo, a reformulação da cultura de gestão de riscos. A partir do momento em que a prevenção deixar de ser percebida como custo e passar a ser vista como investimento estratégico, os benefícios em vidas salvas, redução de gastos com saúde e aumento da eficiência urbana serão inevitavelmente perceptíveis.

4.5 Contribuições Técnicas e Operacionais das ASVs e ISVs para a Segurança Viária Urbana

No contexto urbano, o enfrentamento dos elevados índices de acidentalidade exige mais do que soluções pontuais. Ele demanda a adoção de ferramentas técnicas capazes de identificar e corrigir vulnerabilidades estruturais antes que se convertam em fatores de risco. Dentre essas ferramentas, destacam-se as práticas de inspeção técnica e análise preventiva da infraestrutura viária, cuja aplicação tem se consolidado em países com baixos índices de mortes no trânsito (UNECE, 2018; PIARC, 2017).

Essas avaliações técnicas permitem a detecção sistemática de deficiências relacionadas à sinalização, à geometria da via, à pavimentação, à iluminação e à acessibilidade. Em ambientes urbanos complexos, como cruzamentos com múltiplas fases semaforizadas, faixas de pedestres mal posicionadas, ou pontos cegos em curvas acentuadas, a análise técnica detalhada pode gerar intervenções simples, mas com alto potencial de impacto, como o realinhamento de faixas, substituição de placas ou melhorias na visibilidade noturna (DNIT, 2010; SENATRAN, 2024).

A atuação multidisciplinar de engenheiros, urbanistas, especialistas em trânsito e acessibilidade é fundamental nesse processo. Como mostra Mota (2021), o envolvimento de profissionais com diferentes formações amplia a capacidade de leitura dos problemas e evita soluções unilaterais. A realização de vistorias em horários variados — incluindo períodos noturnos e sob condições climáticas adversas — proporciona uma visão mais realista do comportamento da via e das interações entre seus usuários.

Do ponto de vista operacional, os benefícios dessas análises são múltiplos. Ao identificar pontos críticos antes que sinistros aconteçam, gestores públicos podem priorizar intervenções de baixo custo, mas de alta efetividade. Um exemplo recorrente é o redesenho de travessias mal dimensionadas, a inserção de refúgios centrais para pedestres ou a realocação de paradas de ônibus, medidas que podem reduzir significativamente o risco de atropelamentos, especialmente em áreas com PGVs, a exemplo de escolas e hospitais (SOARES, 2022).

As experiências internacionais reforçam a importância de padronizar metodologias e criar protocolos operacionais baseados em evidências. Países como Austrália, Reino Unido e

Suécia estabeleceram diretrizes técnicas nacionais que obrigam a revisão periódica da infraestrutura viária urbana, com resultados expressivos na redução de sinistros graves. No Brasil, a ausência de normatização e a fragmentação entre os órgãos gestores dificultam a replicação dessas boas práticas, embora experiências locais já demonstrem que sua adoção é viável e benéfica.

Em suma, a incorporação sistemática de análises técnicas no ciclo de planejamento e manutenção da infraestrutura urbana representa uma estratégia de alto impacto para a redução da violência no trânsito. Ao substituir ações reativas por uma lógica preventiva, gestores públicos não apenas economizam recursos, como também promovem um ambiente urbano mais seguro, inclusivo e eficiente para todos os cidadãos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A segurança viária representa um dos maiores desafios da engenharia de transportes, especialmente em contextos urbanos marcados pela diversidade de usuários, pela complexidade da mobilidade e pela precariedade estrutural de boa parte da malha viária. Este estudo evidenciou a importância de se compreender a segurança viária não como um resultado exclusivo do comportamento dos condutores, mas como um fenômeno multifatorial, diretamente influenciado pelo projeto geométrico, pela qualidade do pavimento, pela sinalização, pela acessibilidade e pela gestão operacional da via.

Os resultados deste estudo evidenciam que a precariedade da infraestrutura viária brasileira, como pavimentos degradados, sinalização deficiente e ausência de dispositivos de segurança, está diretamente relacionada à elevada incidência de acidentes. Neste sentido, reforça-se a importância de políticas públicas que priorizem a manutenção técnica das vias e a adoção sistemática de auditorias de segurança viária como medidas preventivas essenciais.

Outro ponto central discutido foi a necessidade de se incorporar práticas preventivas no processo de gestão urbana. A prevenção, por meio de análises técnicas periódicas e diagnósticos especializados, permite antecipar riscos e propor intervenções mais eficazes e menos custosas. A atuação de equipes multidisciplinares, a realização de vistorias em diferentes condições operacionais e a adoção de padrões técnicos alinhados às características locais são estratégias com alto potencial de impacto, especialmente em áreas críticas como PGVs.

A segurança viária também passa, inevitavelmente, pela adoção de uma abordagem mais inclusiva e sensível às necessidades dos usuários mais vulneráveis: pedestres, ciclistas, idosos, pessoas com deficiência e crianças. A engenharia de transportes, nesse contexto, deve dialogar com os princípios da mobilidade urbana sustentável, propondo soluções que equilibrem fluidez, acessibilidade e proteção à vida.

Conclui-se, outrossim, que a construção de um sistema de transporte mais seguro, eficiente e humano não depende apenas de grandes investimentos, mas de uma mudança estratégica na forma de pensar, planejar e intervir sobre o espaço urbano. A engenharia viária contemporânea precisa superar a lógica corretiva e adotar uma postura proativa, com base em evidências, tecnologia e responsabilidade social, promovendo cidades mais resilientes e justas em sua mobilidade.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Mário Henrique Furtado. **Introdução à Pavimentação**. Paraná: Ufpr, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9050:2020 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 2020.

AUSTROADS. **Road safety audit**. Austrália: Austroads National Office, 2009.

BERNUCCI, L. B.; MOTTA, L. M. G.; CERATTI, J. A. P.; SOARES, J. B. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRÁS/ABEDA, 2022.

CARMO, C. L.; RAIA JUNIOR, A.A. **Segurança viária em trechos urbanos de rodovias federais no estado de São Paulo, Brasil**. Ed. Forense: São Paulo, 2021.

CÂMARA, Cláudio Roberto da Motta; SILVA, Rodrigo Peixoto; GAVA, Newton Walter. **Viabilidade econômica para implantação de área de escape**. Saraiva: Santa Catarina / São Paulo, 2022.

CARDOSO, J. L. **Inspeções de segurança rodoviária: manual técnico**. Lisboa: LNEC, ed. 15, 2021.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO (CET). **Manual de estudos de impacto de trânsito**. São Paulo, 1983.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES (CNT). **Dados sobre ocorrências de acidentes de trânsito no Brasil: relatório 2024**. Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/painel-acidente>>. Acesso em: 16 jun. 2025.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO (CONTRAN). **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito: Sinalização horizontal**. Brasília, v. IV, 2007.

CORSINI, Rodinei. **Selagem de trincas em pavimentos**, 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de sinalização rodoviária**. IPR Publ. 743. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, Rio de Janeiro, 2010.

DIAS, G. C. **Auditoria de segurança viária: uma contribuição para a avaliação da segurança dos pedestres nas travessias urbanas semaforizadas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana). Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos**. Rio de Janeiro, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Manual de Sinalização Rodoviária**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 2010.

DUARTE, Marina Souza. **Avaliação de um trecho da rodovia MG-223 utilizando a metodologia da CNT**. Monte Carmelo-MG, 2019.

FRANÇOSO, M. **Auditoria de segurança viária: fatores que cerceiam sua disseminação no Brasil**. Revista Transportes Públicos, 2019.

GOLDNER, L. G. **Análise da segurança viária em áreas escolares na ilha de Santa Catarina**. Santa Catarina, Vozes, ed. 13, (2021).

HILDEBRAND, E.; WILSON F. **Road Safety Audit Guidelines**. UNB Transportation Group, University of New Brunswick, Canada. 1999.

INSTITUTION OF HIGHWAYS AND TRANSPORTATION (IHT). **Guidelines for Road Safety Audit**. London: IHT, 1996.

LEE, S. H. **Introdução ao Projeto Geométrico de Rodovias**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2021.

MASCARENHAS, Rafael Ribeiro. **Os desafios da mobilidade urbana nas cidades em transição**. MG. Uberlândia, Minas Gerais, 2020.

MOTA, Gabriel Luan Paixão. **Técnicas de recuperação de patologias em pavimentos de asfalto**, 2021.

NODARI C. T. **Método de avaliação da segurança potencial de segmentos rodoviários de pista simples**. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção da UFRS. Porto Alegre, 2003. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/10183/3675>>. Acesso em: 17 jun. 2025.

NATIONAL ROADS AUTHORITY (NRA). **Road Safety Inspections Guidelines**. Dublin, Ireland, 2014.

Organização Mundial da Saúde (OMS). **Gestão da Segurança Viária: Manual da OMS para Tomadores de Decisão**. Genebra: OMS, 2018.

PERMANENT INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ROAD CONGRESSES (PIARC). **Road Safety Audit Guidelines for Safety Checks of New Roads Projects**. Paris, 2017.

POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL (PRF). **Estatísticas de acidentes de trânsito no Brasil – Relatório 2024**. [S.l.], 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/prf/pt-br>>. Acesso em: 16 jun. 2025.

PORTAL DO TRÂNSITO, MOBILIDADE & SUSTENTABILIDADE. **Número de mortes nas rodovias federais cresce 10% em 2024**. São Paulo: Portal do Trânsito, Mobilidade &

Sustentabilidade, 2024. Disponível em: <https://www.portaldotransito.com.br/noticias/fiscalizacao-e-legislacao/estatisticas/numero-de-mortes-nas-rodovias-federais-cresce-10-em-2024/>. Acesso em: 14 jun. 2025.

PORTUGAL, L. S. (org.). **Polos Geradores de Viagens orientados a qualidade de vida e ambiental: modelos e taxas de geração de viagens**. Rio de Janeiro: Inter ciência, 2020. 748 p.

POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL (PRF). **Estatísticas de acidentes de trânsito no Brasil – Relatório 2024**. Brasília, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/prf/pt-br>. Acesso em: 13 jun. 2025.

RIBEIRO, Geiza C. P.; MOREIRA, Ariane G. M.; JUNIOR, José M. V. **Dispositivos de contenção viária - um comparativo no brasil e em outros países**. Jaguariúna-SP, 2020.

RIBEIRO, R. L. **Procedimento para auditoria de segurança viária incluindo avaliações em ambientes virtuais**. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. 2019. Disponível em <https://repositorio.unb.br/handle/10482/38370>>. Acesso em: 18 jun. 2025.

RIBEIRO, R. L.; ANDRADE, M. **Uso de ambientes virtuais para vistorias técnicas em auditoria e inspeção de segurança viária: um estudo de caso em trecho rural de rodovia duplicada**. 2022. Disponível em: <<https://www.revistatransportes.org.br/anpet/article/view/2216>>. Acesso em: 18 jun. 2025.

SCHOPF, A. R. **Revisão de Segurança Viária: proposição de uma lista de verificação adaptada à realidade brasileira**. Porto Alegre: Saraiva, ed. 23, 2016.

SECRETARIA NACIONAL DE TRÂNSITO (SENATRAN). **Diretrizes para implantação e controle de Polos Geradores de Viagem: medidas mitigadoras internas e externas**. Brasília, DF: SENATRAN, 2024.

SENÇO, Wlastermiller. **MANUAL DE TÉCNICAS DE PAVIMENTAÇÃO**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2023.

SOARES, L. R. **Engenharia de Tráfego**. Rio de Janeiro: Almeida Neves - Editores LTDA, 2022.

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE (UNECE). **Road Safety Audit and Road Safety Inspection on the TEM network**, 2018.

WILSON, Fred. **Road Safety Audit Guidelines**. UNB Transportation Group, University of New Brunswick, 1999.

VASCONCELOS, G. C. **Auditoria de segurança viária: uma contribuição para a avaliação da segurança dos pedestres nas travessias urbanas semaforizadas**. Dissertação

(Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana). Universidade Federal da Bahia (UFBA), Salvador, 2021.