

MANUTENÇÃO DAS RODOVIAS E SEGURANÇA VIÁRIA:

Dados e evidências

Ministério dos Transportes

Secretaria-Executiva

Subsecretaria de Fomento e Planejamento



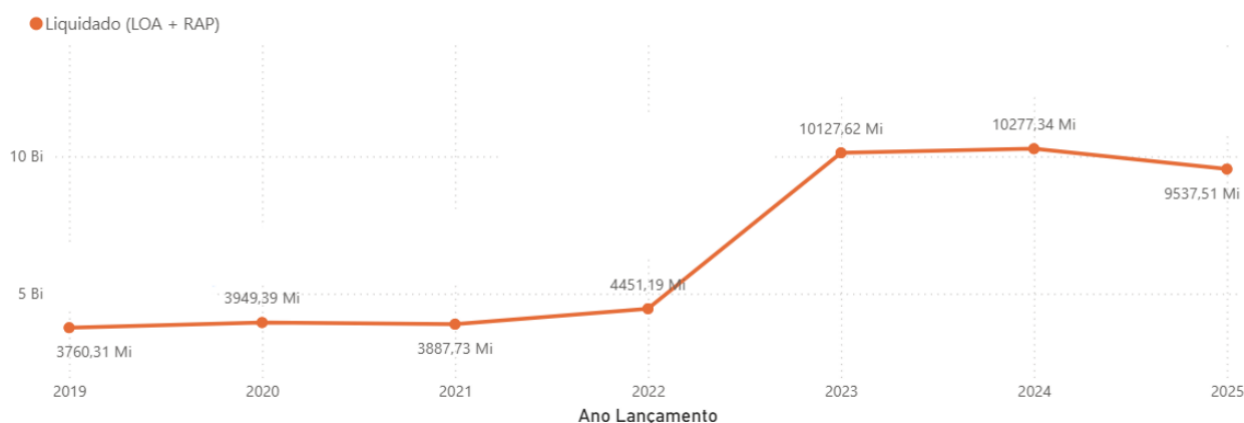
Maio 2026

Trata-se de análise técnica feita pela Subsecretaria de Fomento e Planejamento – SFPLAN em resposta à solicitação da Secretaria Nacional de Trânsito – SENATRAN, que demandou subsídios técnicos para averiguar a relação entre investimentos em conservação do pavimento das rodovias e a redução dos sinistros de trânsito. Esta nota técnica propõe-se a avaliar essa relação apresentando evidências a respeito do tema considerando a disponibilidade atual de dados.

Contexto

Nos últimos 3 anos (2023 a 2025), observa-se notável aumento no volume de recursos públicos destinados à manutenção das rodovias federais. O gráfico abaixo mostra que o volume de recursos efetivamente pagos pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) para manutenção das rodovias públicas federais saiu de uma média anual de R\$ 4,01 bilhões entre 2019 e 2022 para o patamar de R\$ 9,98 bilhões entre 2023 e 2025.

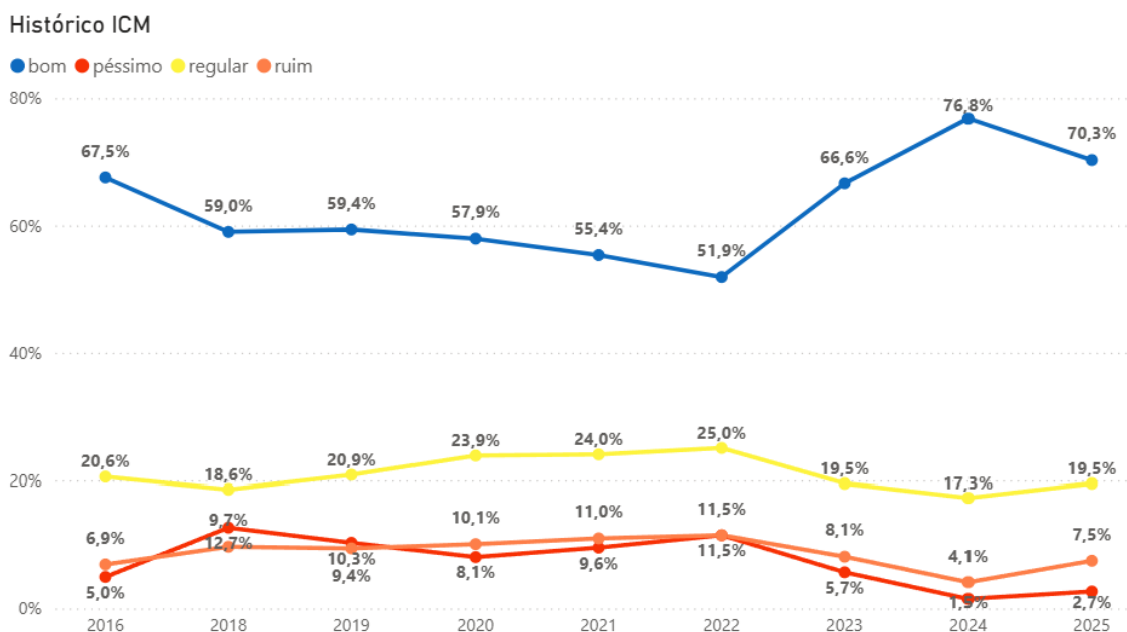
Gráfico 1. Execução do Orçamento Geral da União (OGU) pelo DNIT para manutenção das rodovias federais entre 2019 e 2025 (R\$ milhão)



Fonte: Painel do Departamento de Obras Públicas da Secretaria Nacional de Transporte Rodoviário, disponível [neste link](#).

Esses investimentos promovem a recuperação da infraestrutura rodoviária e melhoram a condição do pavimento. De fato, como apontado Despacho nº 645/2026/GAB-SENATRAN/SENATRAN, nesse mesmo período de alta nos investimentos públicos em manutenção rodoviária, a parcela da malha rodoviária classificada como "boa" pelo DNIT também atingiu altas históricas. Dados oficiais do chamado Índice de Condição da Manutenção (ICM) mostram que a proporção de rodovias em bom estado de conservação passou de 52% ao final de 2022 para 67% ao final de 2023. Essa trajetória de recuperação da malha rodoviária manteve-se em ascensão no exercício seguinte, alcançando a marca histórica de 77% da malha nacional em bom estado ao final de 2024.

Gráfico 2. Histórico do Índice de Condição da Manutenção (ICM) nas rodovias federais administrativas pelo DNIT (% da malha classificada em cada nível de ICM)



Fonte: Painel do Departamento de Obras Públicas da Secretaria Nacional de Transporte Rodoviário, disponível [neste link](#).

Essa evolução histórica nos investimentos públicos em manutenção rodoviária, com reflexo objetivo na qualidade das vias, é o que motivou a indagação da Secretaria Nacional de Trânsito (Senatran): há evidências de que a qualidade do pavimento influencia nos índices de segurança no trânsito? A melhoria observada na conservação das rodovias contribuiu para a redução de acidentes? Esta nota técnica analisa os dados disponíveis para tentar responder à pergunta colocada.


Fundamentos teóricos na literatura

A literatura aponta vários determinantes dos acidentes de trânsito, desde elementos relacionados à infraestrutura (geometria da via, pavimento, drenagem e sinalização) até fatores humanos e comportamentais (imprudência, sonolência e consumo de álcool). Apesar da multiplicidade de temas possíveis de serem estudados, esta nota técnica foca no fator específico relacionado à qualidade do pavimento -- sem prejuízo da realização de estudos posteriores sobre esses outros determinantes.

Na literatura, a melhoria do pavimento é associada à segurança viária (Lebaku et al., 2024; Li; Huang, 2014; Mkwata; Chong, 2022). O mecanismo que explica essa influência está atrelado à dinâmica de controle veicular: defeitos na via podem reduzir a aderência dos pneus e aumentar a instabilidade na condução, forçando o condutor a realizar manobras evasivas ou bruscas, além de facilitar a perda de controle por aquaplanagem (Li; Huang, 2014; Mkwata; Chong, 2022). A manutenção adequada da via mitiga essas falhas físicas da infraestrutura e, de forma geral, pode reduzir o volume global de acidentes.

De outro lado, a percepção de conforto gerado por pavimentos em estado “impecável” pode ter um efeito comportamental adverso, alterando a conduta dos motoristas ao induzir o excesso de velocidade (Chen *et al.*, 2017; Li et al., 2013), o que pode ser entendido como uma espécie de efeito de risco moral (*moral hazard*). Em particular, rodovias com baixo volume de tráfego e sem defeitos no pavimento têm o potencial de induzir esse fenômeno da compensação de risco (Wilde, 1982; Vaa, 2013). Nesse caso, com a ausência de estratégias para controle de velocidade, é possível que a letalidade e a quantidade de vítimas aumentem.

Nas rodovias de alto fluxo, a densidade de veículos mais elevada naturalmente restringe fisicamente as velocidades praticadas (Wang; Quddus; Ison, 2013), inibindo alterações comportamentais de excesso de velocidade e permitindo que as melhorias asfálticas se traduzam em benefícios diretos de redução de sinistros (Chen *et al.*, 2017; Chen *et al.*, 2019). Portanto, entende-se que o volume de tráfego na via atua como um fator moderador e condicionante da influência do pavimento sobre a segurança (Dickerson; Peirson; Vickerman, 2000).



Pelo exposto, percebe-se que a literatura não fornece uma resposta unânime à pergunta colocada pela Senatran: a relação entre o estado de conservação do pavimento e os índices de acidente de trânsito é complexa e o resultado agregado não é óbvio. O efeito dos investimentos em infraestrutura não é uniforme, variando, por exemplo, conforme características do tráfego na via.

Esta nota técnica contribui para a literatura ao analisar a questão a partir da realidade brasileira: usando os dados disponíveis para a malha rodoviária federal nos anos recentes, é possível compreender como o estado de conservação do pavimento influencia nos acidentes de trânsito no Brasil. Para garantir a robustez das análises, esta nota técnica empregou um modelo econométrico capaz de capturar as nuances dessa relação, dialogando com os achados da literatura mundial existente.


Dados



A qualidade do pavimento nas rodovias federais pode ser mensurada pelo Índice de Pavimentação – IP (principal componente do Índice de Condição da Manutenção - ICM).^[1] O IP mede a ocorrência de painéis (buracos), remendos e trincas, variando entre 0 e 100, sendo 0 o estado de melhor conservação do trecho. Ou seja, quanto menor o IP, melhor a condição do pavimento. Essa é a principal variável causal de interesse (também chamada de variável independente) adotada para as análises.

No que diz respeito à segurança no trânsito, esta nota técnica analisa os efeitos da variável causal na quantidade de acidentes e de pessoas envolvidas nos acidentes (vítimas, mortas ou feridas). Essas são as variáveis que representam os resultados de interesse para as análises (também chamadas de variáveis dependentes).

^[1] O Índice de Pavimentação – IP corresponde a 70% do valor final do Índice de Condição da Manutenção - ICM. O outro componente do ICM (responsável pelos 30% restantes) é o Índice de Conservação (IC), relacionado aos dispositivos de drenagem, sinalização vertical/horizontal e roçada. Para fins desta nota técnica, entende-se que o IP mensura de maneira mais direta os impactos dos investimentos em conservação do pavimento, sendo mais relevante para as análises aqui propostas.




Foram utilizadas as seguintes bases de dados:

- [Condição do Pavimento](#): informações coletadas pelo DNIT a respeito do estado de conservação do pavimento nas rodovias federais brasileiras sob sua administração, mensalmente atualizadas. Foram utilizadas as informações de ICM e IP para incorporação no modelo econométrico. Em razão da indisponibilidade de dados para anos anteriores, utilizou-se apenas os dados de 2022 a 2025.
- [Sinistros de Trânsito e Pessoas Envolvidas](#): portal de dados abertos da Polícia Rodoviária Federal que registra as ocorrências de eventos (não premeditados) que resultam em lesões ou danos, além de caracterizar as pessoas envolvidas. Foram utilizadas as informações de número de acidentes e de vítimas (mortos ou feridos) para incorporação no modelo econométrico.
- [Volume Diário Médio Anual \(VDMA\)](#): informações fornecidas anualmente pelo DNIT a respeito do volume de tráfego rodoviário a partir da coleta primária de dados de contagem (Plano Nacional de Contagem de Tráfego - PNCT) combinada com ferramentas de simulação de fluxo rodoviário. Considerando que a relação entre a qualidade do pavimento e os acidentes de trânsito varia conforme o volume de tráfego na via, os dados de VDMA foram incorporados ao modelo econométrico como variável de controle, para captura das complexidades apontadas pela literatura.

Estratégia empírica

Para estimar a relação específica entre as variáveis de interesse (IP das rodovias, de um lado, e o número de acidentes e de vítimas, de outro), utiliza-se a modelagem econométrica de Equações de Estimação Generalizadas (GEE) em formato de painel, que é um ferramental estatístico estruturado capaz de isolar a influência de uma variável e considerar características invariantes da via. Em particular, adota-se o modelo de regressão Binomial Negativa. A escolha por essa especificação econométrica se baseia no fato das variáveis dependentes (quantidade de sinistros e



de pessoas envolvidas nos sinistros) representarem dados discretos de contagem. Destaca-se que a literatura especializada no tema aponta com consistência que a regressão Binomial Negativa é adequada e robusta para modelagem de sinistralidade viária, já que trata a elevada dispersão tipicamente observada nos registros de acidentes de trânsito (Chen *et al.*, 2017; Lebaku *et al.*, 2024).

A análise econométrica foi feita a nível de trechos de rodovia federal agregados por Unidade da Federação (UF) e por ano. Ou seja, na base de dados principal utilizada para as análises, que possui uma amostra de 767 observações, cada observação representa um trecho i de uma rodovia federal dentro de uma UF no ano t , com o seu respectivo Índice de Pavimentação – IP, número de acidentes e de vítimas naquele ano. Assim, a base de dados contém, por exemplo, uma observação que representa o trecho da BR-163 dentro do estado do Pará no ano de 2023, com o IP médio observado e o número total de acidentes de trânsito ocorridos naquele ano para aquele trecho.

Esse agrupamento se justifica na premissa de que as características intrínsecas da via (como raio de curva, rampa máxima e outras propriedades geométricas associadas à infraestrutura original) permanecem constantes dentro dessa unidade de observação. Ao isolar essas constantes para cada rodovia em nível estadual, a modelagem passa a estimar e representar os índices de sinistralidade em função dos atributos que variam. Quanto à granularidade temporal, a unidade de análise em agregação anual mostra-se necessária para garantir a aplicação das informações de fluxo rodoviário (VDMA), que são disponibilizadas em periodicidade anual.

As variáveis independentes (X) consideradas na modelagem são:

- IP_{it} representa a média no ano t do índice representativo de defeitos e irregularidades no pavimento do trecho rodoviário i .
- $VDMA_{it}$ representa o fluxo de veículos médio, em um dia típico, no ano t no trecho rodoviário i .
- Interação entre IP e VDMA: permite que o impacto da condição do pavimento nos acidentes de trânsito possa variar conforme o volume de tráfego na rodovia, captando a premissa encontrada na literatura de que a relação entre qualidade da via e sinistralidade não é fixa, sendo estruturalmente condicionada pela dinâmica do fluxo. Na prática, é obtida pelo produto entre as variáveis IP e VDMA em cada unidade de análise.

- $SDICM_{it}$ representa o desvio-padrão do ICM, uma variável de controle que captura a heterogeneidade do estado de conservação do trecho rodoviário i dentro de uma mesma UF e durante os meses de um mesmo ano.
- $Comprimento_i$ representa o comprimento do trecho rodoviário i , permitindo que a extensão física da rodovia (exposição espacial) seja ponderada na contagem de sinistros.

Todas as variáveis contínuas do modelo foram ajustadas matematicamente (com aplicação de logaritmo) para que a intensidade da relação entre variáveis independentes (X) e dependentes (Y) seja interpretada em termos percentuais, gerando o que se chama de modelo de elasticidade constante. A principal vantagem dessa abordagem é que ela padroniza a leitura da segurança viária: o coeficiente do modelo passa a indicar a taxa de aumento ou redução percentual nos sinistros para cada 1% de variação no estado do pavimento ou no fluxo de veículos, permitindo comparar de forma proporcional rodovias de diferentes tamanhos e realidades.

Além disso, são incluídas variáveis categóricas relativas aos anos de 2023, 2024 e 2025 para isolar da análise as flutuações macroeconômicas ou choques externos anuais que afetam todos os trechos simultaneamente. Em termos técnicos, representam efeitos fixos de tempo.

A forma funcional do modelo é expressa por:

$$\ln(\mu_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(IP_{it}) + \beta_2 \ln(VDMA_{it}) + \beta_3 [\ln(IP_{it}) \times \ln(VDMA_{it})] + \beta_4 \ln(Comprimento_i) + \beta_5 \ln(SDICM_{it}) + \sum_{t=2023}^{2025} \delta t$$

Sendo que:

μ_{it} é o valor esperado da variável dependente (quantidade de sinistros ou vítimas) para o trecho rodoviário i no ano t .

β_0 é o intercepto do modelo (o valor constante quando todas as demais variáveis são zero).

β_1 a β_5 são coeficientes de inclinação (elasticidades) estimados para cada variável estrutural da via e do tráfego. Em especial, β_3 representa o termo de interação entre VDMA e IP, que é avaliado conjuntamente com β_1 para quantificar o efeito do pavimento sobre segurança viária considerando um determinado nível de tráfego.

δt são os coeficientes dos efeitos fixos de tempo, que controlam fatores externos específicos de cada ano em relação ao ano-base (2022).


Resultado geral: em média, a conservação do pavimento reduz os sinistros de trânsito

Conforme sugerido pela literatura, o estado do pavimento afeta de forma condicional a segurança viária, o que foi demonstrado pela significância estatística do termo de interação entre IP e VDMA. Ou seja, a influência da qualidade do pavimento na ocorrência de acidentes de trânsito e no número de vítimas depende do volume de tráfego de cada via. De maneira agregada, considerando o volume de tráfego médio das rodovias federais brasileiras, foi possível constatar que **o impacto global de uma melhoria no pavimento das rodovias é positivo para a segurança viária, ou seja, reduz o número de acidentes de trânsito e de vítimas (mortos ou feridos).**

Essa constatação se dá a partir da elasticidade média ponderada da malha, que foi estimada pelo modelo em +0,0473 para a quantidade de sinistros e +0,0589 para o número de pessoas envolvidas. Como a modelagem adota uma forma funcional estruturada em logaritmos, esses valores devem ser lidos como taxas de variação percentual. O sinal positivo apresenta uma relação diretamente proporcional no cenário agregado: **em média, para cada redução de 1% nas imperfeições das rodovias (queda no IP, o que representa uma melhoria física no asfalto), espera-se uma diminuição global de 0,0473% na frequência de acidentes e uma queda de 0,0589% no quantitativo de vítimas (mortos ou feridos) nas rodovias.** Esse resultado encontrado nos dados analisados reforça que, na média, melhorias no pavimento geram benefícios em termos de segurança viária.

Cenário contrafactual

Entre 2022 e 2025, o IP na malha rodoviária federal sob administração do DNIT foi reduzido em 37,9%, 18,9% e 9,3%, respectivamente, indicando melhorias substanciais na condição do pavimento das rodovias. Em 2025, o IP médio da malha alcançou o nível de 13,5, o que indica boa qualidade da malha, conforme classificação



institucional do DNIT. Como já mencionado, essa melhoria foi reflexo dos investimentos contínuos na malha rodoviária, que saíram de R\$ 4,45 bi em 2022 para volumes próximos de R\$ 10 bi nos anos subsequentes.

No que diz respeito aos acidentes de trânsito, conforme os dados coletados pela Polícia Rodoviária Federal, os sinistros na malha rodoviária federal apresentaram tendência de alta entre 2022 e 2024, seguida de uma retração no último ano da série. Em 2022, o anuário contabilizou 64.606 sinistros e 165.290 pessoas envolvidas. Esse volume apresentou crescimento contínuo nos ciclos seguintes, atingindo 67.766 ocorrências e 177.215 vítimas em 2023, e alcançando o maior patamar do período em 2024, com 73.156 acidentes e 189.998 envolvidos. Fatores como aumento no tráfego, potencialmente motivado pelo aumento de atividades socioeconômicas após a pandemia, afeta diretamente a ocorrência de sinistros de trânsito. Por fim, os dados de 2025 indicam uma reversão da escalada, encerrando o ano com o registro de 72.529 sinistros e 188.346 pessoas envolvidas.

Utilizando os resultados encontrados no modelo econométrico, é possível fazer um exercício contrafactual: qual teria sido o número de sinistros e de vítimas caso o nível de qualidade do asfalto tivesse permanecido estagnado, sem as melhorias registradas a partir de 2023?

A estimativa de sinistros evitados foi feita usando a elasticidade global calculada pelo modelo (redução de 0,0473% nos acidentes e de 0,0589% nas vítimas para cada 1% de melhoria na malha rodoviária). Esse cálculo contrafactual segue a lógica do chamado Fator de Modificação de Acidentes (CMF - Crash Modification Factor). Conforme disposto pelo Highway Safety Manual (HSM) da American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), o CMF é o parâmetro técnico e internacionalmente recomendado para avaliar a eficácia de intervenções na infraestrutura rodoviária, operando como um multiplicador que reflete a proporção de acidentes esperada após uma alteração física na via.

Como a evolução dos investimentos gerou quedas consecutivas no IP (redução de defeitos), o CMF resultante assumiu valores inferiores a 1,0, caracterizando um cenário de mitigação de risco. O volume de ocorrências contrafactuais (o cenário hipotético sem as melhorias asfálticas) foi então estimado dividindo-se os registros de acidentes efetivamente observados naquele ano pelo CMF correspondente. Por fim, a diferença absoluta entre a projeção contrafactual e a realidade observada representa o saldo de sinistros evitados e de vítimas poupadas em decorrência direta da melhoria do pavimento.

A análise do cenário contrafactual evidencia o êxito contínuo e sucessivo dos investimentos em pavimentação na preservação da segurança viária entre 2023 e 2025. Logo no primeiro ano de intervenções (2023), a expressiva recuperação inicial da malha foi responsável por evitar aproximadamente 1.545 sinistros e poupar 5.038 vítimas que teriam ocorrido na ausência das obras. Esse comportamento manteve-se consistente nos ciclos seguintes, com a estimativa de 731 acidentes e 2.363 vítimas evitadas em 2024, além de 336 sinistros e 1.086 vítimas poupadas em 2025, conforme sintetiza a tabela a seguir. **No total, em 3 anos, estima-se que o governo federal evitou 2.612 acidentes de trânsito e salvou 8.486 vítimas por meio de investimentos públicos na qualidade das rodovias.**


	2022 (ano base)	2023	2024	2025
IP médio	29,6	18,4	14,9	13,5
Variação IP (%)	-	-37,9	-18,9	-9,3

	2022 (ano base)	2023	2024	2025
Qtd. Sinistros	64.606	67.766	73.156	72.529
Qtd. Vítimas	165.290	177.215	189.998	188.346
Qtd. Sinistros Contrafactuais	-	69.311	73.887	72.865
Qtd. Vítimas Contrafactuais	-	182.253	192.361	189.432
CMF Sinistros	-	0,978	0,990	0,995
CMF Vítimas	-	0,972	0,988	0,994
Qtd. Sinistros Evitados	-	1.545	731	336
Qtd. Vítimas Evitadas	-	5.038	2.363	1.086
Redução de Sinistros (%)	-	2,2%	1,0%	0,5%
Redução de Vítimas (%)	-	2,8%	1,2%	0,6%

Análise custo-benefício

Utilizando o [estudo de referência](#) do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), que criou uma metodologia para estimação dos custos dos acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras, é possível calcular o prejuízo social evitado com a prevenção desses sinistros.^[2] Na composição do custo social de um acidente de trânsito, o estudo considera: (i) o impacto econômico da perda da força de trabalho (perda de produtividade e de capital humano, além do impacto no sistema de

^[2] O custo social dos acidentes de trânsito foi originalmente estimado pelo Ipea em 2006, em estudo realizado em colaboração com a Agência Nacional de Transportes Públicos (ANTP) e o Departamento Nacional de Trânsito (Denatran). Em 2015, os valores estimados foram atualizados pelo Ipea e pela Polícia Rodoviária Federal (PRF). Os valores atualizados estão disponíveis nesta publicação: <https://www.ipea.gov.br/atlasviolencia/arquivos/artigos/7018-td2565.pdf>




previdência social); (ii) os custos médico-hospitalares em toda a cadeia de atendimento à saúde (resgate pré-hospitalar, internações e reabilitação física e psicológica); (iii) o prejuízo patrimonial (danos ao veículo, à carga transportada e à infraestrutura viária); e (iv) os custos institucionais e administrativos relacionados à gestão da ocorrência (mobilização das forças de segurança e órgãos de trânsito, processos judiciais etc.).^[3] Em média, cada acidente de trânsito custa à sociedade brasileira R\$ 490.161,11.^[4] Utilizando essa métrica, **os acidentes evitados no período representaram uma economia social de R\$ 1,28 bilhões.**

Ressalta-se que esse valor representa apenas a externalidade social resultante da segurança no trânsito. A melhoria do pavimento das rodovias tem também um impacto direto na eficiência logística. Conforme apontado na [Pesquisa CNT de Rodovias](#), a deterioração das rodovias reduz a velocidade de operação do transporte e aumenta o tempo de viagem. Isso eleva os custos operacionais: aumenta o consumo de combustível, o tempo de ocupação dos motoristas e contribui para o desgaste dos veículos, exigindo trocas mais frequentes de pneus, peças e sistemas de freio. Como a matriz de transporte brasileira é hoje, majoritariamente, rodoviária, esse aumento do custo de transporte tem impacto direto para a competitividade dos produtos brasileiros e para a inflação do país, em razão do aumento dos preços das mercadorias para os consumidores. Tentando estimar esse prejuízo operacional, o mesmo estudo da CNT concluiu que **o pavimento em estado péssimo aumenta os custos para o transportador em até 91,5% em relação a um pavimento em excelente condição.**

Há, ainda, outra externalidade desse investimento que também precisa ser considerada: rodovias com buracos, trincas, afundamentos e remendos mal executados levam os condutores a realizar acelerações e frenagens desnecessárias. Isso causa grandes variações de rotações por minuto (RPM) do motor, acarretando o maior consumo de combustível e, conseqüentemente, o aumento das emissões de gases de efeito estufa. A [Pesquisa CNT de Rodovias](#) cita um estudo conduzido pela Universidade de São Paulo (USP) que estima que **o pavimento classificado como regular, ruim ou péssimo pode aumentar em até 5% o consumo de combustível dos veículos**, em comparação aos que utilizam rodovias de boa ou ótima qualidade, resultando em um prejuízo ambiental relevante.

^[3] Os componentes do custo social do acidente de trânsito estão descritos em detalhes no estudo original de 2006, disponível neste link: https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/educacao/publicacoes/custos_acidentes_transito.pdf

^[4] O custo médio do acidente de trânsito foi estimado pelo estudo em R\$ 261.689,00, a preços de dezembro de 2014 (pág. 14 do documento disponível [aqui](#)). Para utilização nesta nota técnica, o valor foi atualizado monetariamente pelo IPCA para preços de março de 2026.



Como apontado no Gráfico 2 desta nota técnica, em 2022 o percentual da malha rodoviária federal administrada pelo DNIT e classificada como péssima era de 11,5%. Os investimentos contínuos realizados nos últimos anos foram responsáveis por reduzir esse percentual para apenas 1,5% em 2024. Dessa forma, os prejuízos logísticos e ambientais mencionados acima foram reduzidos a uma mínima histórica, representando outros ganhos econômicos e sociais relevantes para além da segurança no trânsito.

Buscando quantificar os ganhos econômicos oriundos dos investimentos em infraestrutura de transportes, o DNIT realizou, em parceria com o Centro de Estudos em Infraestrutura do Instituto Brasileiro de Economia da Fundação Getúlio Vargas (FGV IBRE), um [estudo](#) que estima que o efeito multiplicador do investimento no setor de transportes é de 3,34. Ou seja, segundo esse estudo, a cada R\$ 1 milhão investidos em infraestrutura de transportes, tem-se um retorno de R\$ 3,34 milhões em produção na economia.^[5] Esse resultado captura os efeitos diretos e indiretos da logística na competitividade econômica, na geração de empregos e de renda, quantificando também a retroalimentação da renda dentro do sistema econômico. Dessa forma, estima-se que **o volume médio anual de quase R\$ 10 bilhões em investimentos de manutenção das rodovias nos últimos 3 anos pode ter sido responsável por aumentar a atividade econômica do país em mais de R\$ 33 bilhões ao ano.**

Por todo o exposto, fica claro que investir na melhoria das rodovias brasileiras é investir no futuro da economia do país, seja em razão da preservação do capital humano, seja pelo ganho na eficiência logística e na preservação ambiental.

Análise de heterogeneidade: os efeitos variam conforme o fluxo das rodovias

Conforme explicado na literatura, em rodovias de baixo fluxo, a percepção de conforto gerada por pavimentos em melhor estado pode induzir um efeito comportamental adverso que se traduz em excesso de velocidade, aumentando o risco de acidentes de trânsito e de vítimas. O modelo econométrico adotado nesta nota técnica permite quantificar esse efeito para o caso das rodovias federais brasileiras sob administração do DNIT. Na especificação analisada, a influência de IP sobre frequência de acidentes e vítimas é calculada fazendo, respectivamente:

^[5] Tabela 2 do Boletim da Infraestrutura (pág. 6). Junho 2025, 2ª Edição. DNIT e FGV Ibre. Disponível em: https://portalibre.fgv.br/sites/default/files/2025-07/2025-06_boletim-infraestrutura_edicao-02.pdf

$$e_{sinistros} = -0.7340 + 0.0869 \times \ln(\text{VDMA})$$

$$e_{pessoas} = -0.8208 + 0.0978 \times \ln(\text{VDMA})$$

As funções acima indicam que, quando o volume de veículos cresce, ele anula progressivamente a influência negativa que o pavimento bem conservado (isoladamente) pode gerar, revertendo o comportamento de risco. A partir dessas funções, é possível identificar matematicamente os valores de fluxo de veículos que dividem os cenários de risco comportamental e de benefício direto em termos de sinistralidade. Ou seja, é possível saber a partir de qual volume de tráfego a melhoria do pavimento passa a ter efeito líquido positivo sobre a segurança viária, reduzindo os acidentes de trânsito e o número de vítimas.

Conforme ilustrado nos gráficos abaixo, o volume de tráfego a partir do qual se observa a transição entre o impacto negativo e o impacto positivo é de aproximadamente 4.666 veículos/dia para a ocorrência de acidentes e 4.408 veículos/dia para o número de vítimas. De forma gráfica, podemos mostrar como o efeito da melhoria do pavimento na segurança viária (medido pelas elasticidades) muda conforme o volume de tráfego:

Gráfico 3. Impacto da melhoria do pavimento no número de acidentes de trânsito de acordo com o volume de tráfego da rodovia

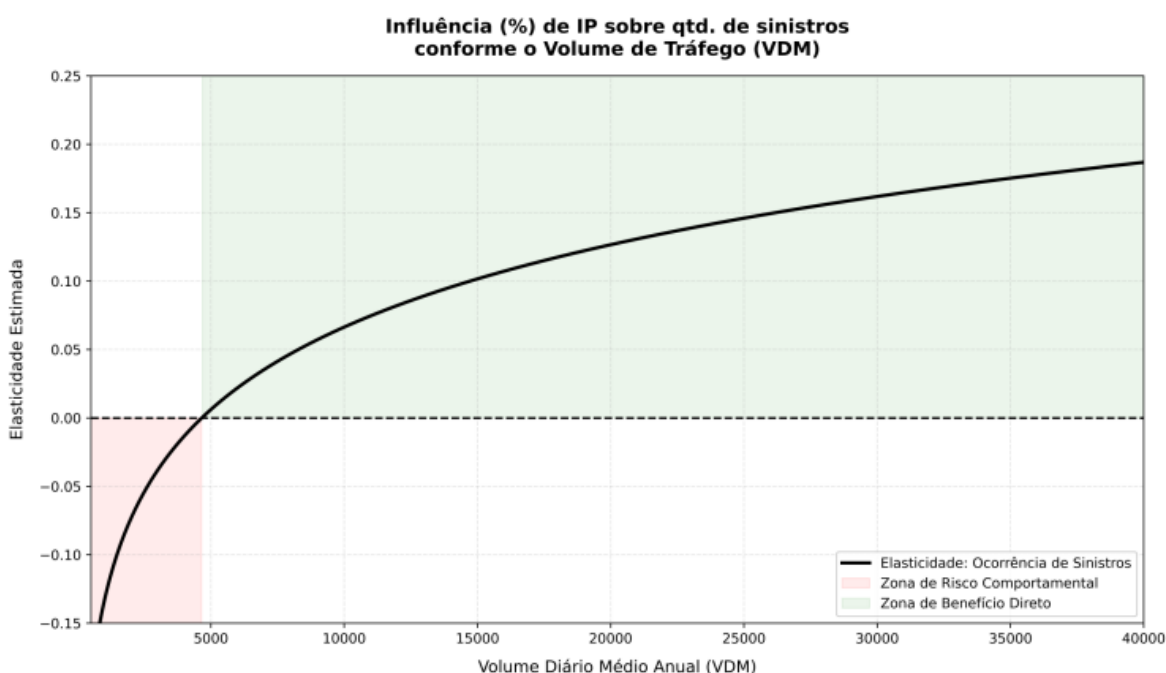
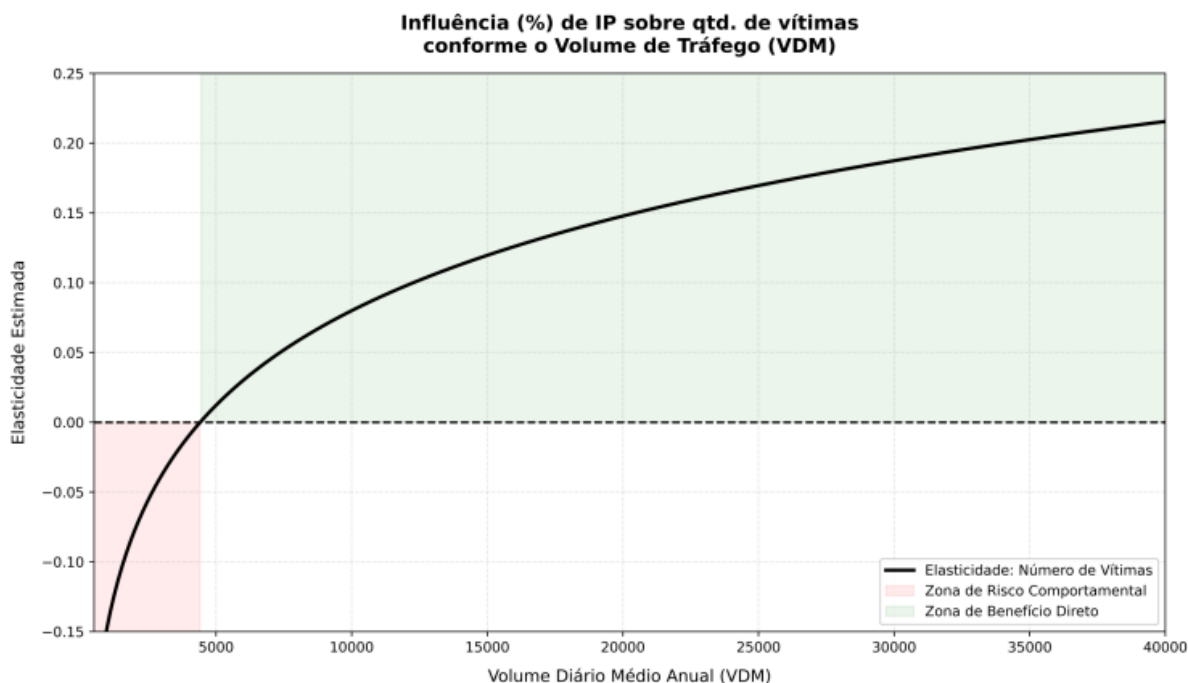


Gráfico 4. Impacto da melhoria do pavimento no número de vítimas no trânsito de acordo com o volume de tráfego da rodovia



O gráfico 3 mostra que o impacto da melhoria do pavimento no número de acidentes de trânsito é negativo para rodovias de mais baixo fluxo (área vermelha no gráfico), mas logo se torna positivo (área verde do gráfico) quando a rodovia atinge um determinado volume de tráfego mínimo (VDMA > 4.666 veículos/dia, sendo o comportamento observado em cerca de 50% da malha rodoviária federal sob administração do DNIT). Da mesma forma, o gráfico 4 mostra que o impacto da melhoria do pavimento no número de vítimas em acidentes de trânsito se torna positivo quando a rodovia ultrapassa o volume de tráfego de 4.408 veículos/dia.

Na prática, os gráficos demonstram que rodovias com fluxo baixo podem sofrer com a compensação de risco no comportamento do condutor. Em contrapartida, em rodovias cujo volume de tráfego supera o limiar, a própria densidade da frota impõe uma restrição física à velocidade praticada pelos condutores. No cenário de fluxo mais alto, o risco comportamental é neutralizado e a infraestrutura passa a beneficiar diretamente os usuários, o que reduz tanto a frequência das colisões quanto o número de vítimas.

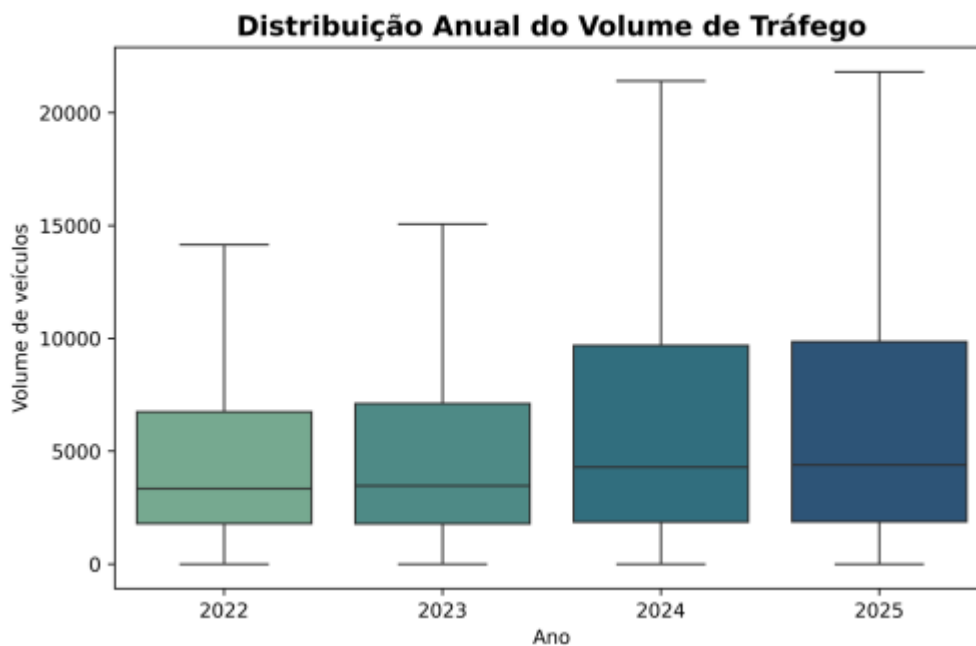
A constatação de que rodovias de mais baixo fluxo sofrem com o risco moral dos condutores diante de melhorias na infraestrutura tem implicações de

política pública: nesses casos, é recomendável que os investimentos em qualidade da via sejam acompanhados de um reforço das políticas de monitoramento e controle de velocidade.


De toda forma, como já mencionado no item 6 desta nota técnica, o efeito global da melhoria nas condições do pavimento é positivo para a segurança viária: considerando as características reais das vias federais do país no agregado, a elasticidade média ponderada da malha foi estimada pelo modelo em +0,0473 para a quantidade de sinistros e +0,0589 para o número de vítimas (mortos ou feridos). Em outras palavras, embora existam trechos de baixo fluxo que sofrem com a compensação de risco, o volume de veículos nos trechos arteriais ainda promove resultados que representam melhoria global da segurança viária, com resultados líquidos positivos para o sistema rodoviário.

Sobre o assunto, os dados divulgados no Plano Nacional de Contagem de Tráfego (PNCT) mostram que o fluxo de veículos em rodovias apresenta uma tendência de alta em toda a malha federal no período analisado (2022 a 2025). Parte significativa da malha migrou para faixas de fluxo mais intenso, especialmente quando se compara 2023 e 2024.

Gráfico 5. Distribuição de Volume Diário Médio Anual (VDMA) nas rodovias federais brasileiras



Como o tráfego nas rodovias federais brasileiras têm se intensificado ao longo dos anos, a relação entre a melhoria do pavimento e os índices de acidente de




trânsito tende a ser mais positiva do que negativa. Em outras palavras, para uma parcela cada vez maior da malha rodoviária brasileira, o investimento na qualidade do pavimento tem um impacto estritamente positivo em termos de segurança viária. Nesse sentido, o gráfico acima mostra que, de 2024 para 2025, o fluxo rodoviário aumentou, o que levaria a um aumento natural no número de acidentes de trânsito. No entanto, observou-se o contrário: 2024 foi marcado por 73.156 acidentes, com 189.998 envolvidos, enquanto 2025 registrou 72.529 sinistros e 188.346 pessoas envolvidas -- uma redução de quase 1% em ambos os indicadores. A melhoria contínua no pavimento das rodovias é um dos fatores que neutralizou o efeito do aumento de tráfego, gerando uma redução líquida nos acidentes de trânsito.

Conclusão

O modelo estabelece uma relação de sensibilidade média para a malha rodoviária em que cada 1% de melhoria na qualidade física do pavimento (redução do IP) é responsável pela redução de 0,0473% na quantidade de acidentes de trânsito e de 0,0589% no número de vítimas. Esse resultado indica que, no geral, **o investimento em infraestrutura rodoviária gera retorno social e externalidade positivas**, promovendo ganhos que vão além de eficiências operacionais logísticas e redução de custos de transportes.

O exercício contrafactual estima que **os investimentos públicos realizados entre 2023 e 2025 evitaram a ocorrência de 2.611 sinistros e pouparam 8.486 vítimas**. Sem o aporte de recursos que permitiu a redução do IP médio da malha para o patamar próximo de 13,5, o país teria enfrentado um agravamento severo nas estatísticas de trânsito, com um volume de vítimas 2,8% superior ao observado em 2023.

A influência do estado do pavimento sobre sinistralidade viária é condicionada pelo volume de tráfego, sendo que em 50% da malha a melhoria na pista pode promover o fenômeno de compensação de risco, onde a percepção de "conforto excessivo" proveniente do pavimento pode induzir excesso de velocidade e comportamentos de maior exposição ao risco de acidente. Nesses casos, recomenda-se que investimentos na melhoria do pavimento sejam acompanhados de políticas mais severas de monitoramento e controle de velocidade. Em segmentos com maior volume de tráfego, a própria densidade de veículos impõe uma restrição física à velocidade



operacional, o que neutraliza o viés comportamental do condutor e permite que a recuperação da pista se traduza integralmente em benefícios diretos sobre segurança.

Independentemente do cenário de fluxo, ressalta-se a importância global de investimentos contínuos em melhoria e manutenção dos pavimentos, que representam eficiências logísticas e atuam como medida de mitigação de externalidades sociais e econômicas negativas vinculadas aos acidentes de trânsito.