

Segurança viária em rodovias inseridas em áreas urbanas



Cássio Leandro do Carmo

cassio.carmo@uftm.edu.br

Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, Brasil.

ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8993-7155>

Archimedes Azevedo Raia Junior

raiajr@ufscar.br

Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, Brasil.

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3209-9079>

Recibido: 10 de marzo de 2021. Aceptado: 18 de marzo de 2022.

RESUMO

Este artigo busca investigar a segurança viária em trechos urbanos de rodovias, por meio da verificação da prevalência das condições de infraestrutura rodoviária e socioeconômicas das áreas urbanas onde as rodovias estão inseridas, na ocorrência de vítimas graves e fatais em acidentes de trânsito. Para isto, as rodovias federais brasileiras foram segmentadas a cada dez quilômetros e os números de vítimas, de 2010 a 2014, contabilizados por trecho. Em 64 segmentos mais perigosos foram verificadas as condições de infraestrutura, com utilização da Pesquisa CNT de Rodovias. Apenas 20,4% destes segmentos apresentaram pavimento, geometria e sinalização em condições adequadas. Uma seleção aleatória de 118 trechos foi realizada entre aqueles onde houve vítimas e as classificações dos centros urbanos e das condições gerais da rodovia foram analisadas, segundo os critérios do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Confederação Nacional do Transporte (CNT). Foi encontrada uma maior relação do número de vítimas com trechos em condições regulares de infraestrutura viária, inseridos em centros urbanos com maior área de influência e alto Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM). Sinalização péssima, boa geometria e pavimento regular apresentaram maiores valores de Razão de Prevalência (RP), na análise desagregada dos fatores viários.

Palavras-chave: Segurança viária. Rodovias federais. Trechos urbanos. Aglomerações urbanas.

Road safety on highways in urban areas

ABSTRACT

This paper aims to investigate road safety on highways in urban areas, by verifying the prevalence of the conditions of road elements and socioeconomic in urban areas where highways are inserted in the occurrence of seriously injured or fatal victims in traffic accidents. For this, Brazilian federal highways were segmented every ten kilometers and the victims was counted, from 2010 to 2014. In sixty-four most dangerous segments were verified the infrastructure conditions, using the “Pesquisa CNT de Rodovias” (CNT Survey of Highways). Solely 20,4% of these segments presented pavement, geometry and road signaling in appropriate conditions. A random sample of 118 stretches was made among those where there were victims. Classification of the urban centers and the general conditions of the highway were found, according to the criteria of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) and the National Confederation of Transport (CNT). A primary relation was found between the number of victims and stretches with regular road infrastructure conditions inserted in urban centers with greater area of influence and high Municipal Human Development Index (MHDI). Poor road sign, good geometry and regular pavement showed higher values of the Prevalence Ratio (PR), in the disaggregated analysis of road factors.

Keywords: *Road safety. Federal highways. Urban stretches. Urban areas.*

Palabras clave: *Seguridad vial. Carreteras Federales. Trechos urbanos. Aglomeraciones urbanas.*

INTRODUÇÃO

Os acidentes de trânsito são um dos principais problemas de saúde pública em muitos países (UN, 2010). O incremento da segurança viária é um dos objetivos fundamentais de entidades de trânsito e governamentais na tentativa de mitigação do problema, principalmente nos países desenvolvidos. Nos países em desenvolvimento, porém, com a maior escassez de recursos e preocupados com problemas “mais urgentes”, a segurança viária, muitas vezes, torna-se um tema secundário. Recente relatório de segurança viária da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2018) mostra que o risco de mortes em acidentes de trânsito nos países com menores taxas de desenvolvimento é três vezes maior em relação aos países mais ricos. Foram 1,35 milhão de vítimas de acidentes de trânsito em todo o mundo, em 2016 (WHO, 2018). O objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11, da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, procura assegurar a disponibilidade de sistemas de transporte seguros, acessíveis, sustentáveis e a preços acessíveis a todos, com melhorias na segurança viária, até 2030. Também, o objetivo 3 estabelecia como meta, até 2020, a redução pela metade do número de mortes e lesões causadas pelo trânsito (UN, 2015). Esse objetivo foi renovado com a proclamação do período 2021-2030 como a Segunda Década de Ação para a Segurança no Trânsito (UN, 2020).

No Brasil, foram 38.651 óbitos em acidentes de trânsito, no ano de 2015 (MS, 2021), números que colocam o país entre aqueles com maior número de vítimas, juntamente com Estados Unidos, China, Índia, Indonésia e Nigéria, de acordo com as projeções da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2018). Dados mais recentes, para o ano de 2019, ainda apontam elevado número de vítimas fatais, 31.945, apesar dos esforços de segurança viária executados durante a Primeira Década de Ação para a Segurança no Trânsito 2011-2020.

Nos últimos anos, a quantidade de veículos motorizados aumentou rapidamente no Brasil, de 29.722.950 veículos, no ano de 2000, para 107.948.371, em dezembro de 2020 (SENATRAN, 2021). Tal aumento, entretanto, não foi acompanhado na mesma proporção pelo desenvolvimento da infraestrutura viária no Brasil. A falta de alternativas de transporte nas cidades prejudica a mobilidade urbana, provoca congestionamentos e o aumento da exposição ao trânsito. Essa maior exposição, em conjunto com outras causas, como por exemplo a velocidade excessiva e fatores comportamentais humanos, contribui para a ocorrência dos acidentes.

Rodovias brasileiras, antes construídas em áreas rurais, atravessam hoje inúmeras cidades e localidades que se espalharam às suas margens, e se constituem agora em “avenidas urbanas”. Cerca de metade dos acidentes nas rodovias sob a jurisdição federal acontece nestes trechos urbanos, proporção que se mantém quando se analisa quanto à gravidade, com mortos e feridos. Em 2014, como exemplo, dos 69.206 acidentes com mortos e feridos em rodovias federais, 34.810 foram em seus segmentos urbanos. De 2010 a 2014, 77.059 pessoas se vitimaram com gravidade ou morreram em acidentes de trânsito nos trechos urbanos das rodovias federais brasileiras (PRF, 2015).

Este artigo busca investigar os principais elementos que contribuem para os acidentes graves em rodovias inseridas em áreas urbanas. Procura verificar a contribuição das condições da infraestrutura viária e das características socioeconômicas das áreas urbanas onde as rodovias estão inseridas para a ocorrência de vítimas graves e fatais. Para isso, toma como estudo de caso as rodovias federais brasileiras, considerando todos os seus trechos urbanos, em todo o Brasil. São avaliadas as condições de infraestrutura viária dos trechos, em relação aos fatores viários sinalização, pavimento, geometria e estado geral da via, a classificação do centro urbano e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM).

O artigo é organizado da seguinte forma: após a introdução, para contextualização do tema, é feita uma revisão da literatura sobre acidentes de trânsito em trechos urbanos de rodovia, onde são discutidas algumas variáveis que podem contribuir para a ocorrência de acidentes. O método de pesquisa é então descrito, com a apresentação da Pesquisa CNT de Rodovias, da Confederação Nacional do Transporte, utilizada para a classificação das rodovias. O estudo para o caso nos trechos urbanos de rodovias federais brasileiras é depois introduzido. Primeiro, com uma avaliação dos trechos mais inseguros. Depois, para uma avaliação mais abrangente, realizado por meio de uma amostra para todos os trechos onde houve pelo menos uma vítima grave ou fatal. Por fim, são feitas as principais conclusões, discutindo as limitações e recomendações para próximas pesquisas.

REVISÃO DA LITERATURA

Ao longo das últimas décadas, o crescimento desordenado das cidades brasileiras tem provocado o aumento das aglomerações urbanas. Rodovias rurais, que antes ligavam cidades, foram envolvidas pela urbanização e se constituem na principal, mais rápida, e às vezes única forma de acesso a uma localidade. Trechos rodoviários de inserção urbana nas regiões metropolitanas brasileiras, por exemplo, constituem-se em importantes eixos estruturais, submetidos à dinâmica urbana e suburbana dessas áreas (Meneses, 2001). Contribui também para o problema o desenvolvimento urbano orientado para o automóvel, sem alternativas adequadas para outros modos de transportes. De acordo com Vasconcellos (1999), a fluidez e a velocidade foram colocadas como questões principais, enquanto a segurança viária foi negligenciada. Com a expansão

do sistema viário, áreas suburbanas foram atravessadas pelas rodovias sem dispositivos físicos e operacionais adequados.

Assim, mesmo com a redução das velocidades máximas permitidas nos trechos urbanos, cerca de metade dos acidentes nas rodovias federais brasileiras ocorre nestes segmentos, muitos com lesões graves e fatais.

Influência das condições da infraestrutura viária para a ocorrência dos acidentes

Características do projeto de uma rede rodoviária são, sem dúvida, relacionadas com sua segurança (ITF, 2016). Os defeitos na superfície de rolamento, o projeto geométrico inadequado e a sinalização deficiente estão entre os fatores de risco relacionados à via, associados à ocorrência de acidentes (Ferraz *et al.*, 2012). Dos fatores mais estudados para a redução de acidentes encontra-se a infraestrutura viária, principalmente nos aspectos relacionados à geometria, à sinalização e às condições de superfície, com ênfase na aderência pneu/pavimento sob condições climáticas adversas (Carvalho *et al.*, 2020).

Condições adversas do pavimento como presença de água, neve e gelo e de iluminação nos acessos, como ausência de luz e o ofuscamento, também influenciam para a ocorrência dos acidentes em *freeways* (Eustace *et al.*, 2015). Intervenção no pavimento para aumento da drenagem superficial, e conseqüente melhoria da oferta de atrito pelo emprego de mistura asfáltica do tipo *gap-graded*, obteve resultado positivo para a redução de acidentes em dois trechos experimentais da rodovia federal brasileira BR-116, no estudo conduzido por Carvalho *et al.* (2020). A manutenção de um pavimento por meio do recapeamento, contudo, não diminuiu significativamente o número de acidentes, possivelmente porque a velocidade é maior nos pavimentos novos do que nos antigos (Elvik *et al.*, 2015).

Para Elvik *et al.* (2015), melhorias sistemáticas na sinalização horizontal das rodovias têm grande efeito na redução dos acidentes. Combinações das várias medidas de sinalização horizontal parecem ter um impacto mais favorável sobre o número de acidentes do que medidas individuais introduzidas separadamente, o que se aplica, particularmente, à combinação de linhas de bordo, linhas divisórias centrais e balizadores em curvas. Segundo Salles *et al.* (2015), as pinturas de demarcações horizontais e as placas de sinalização vertical são o único meio de comunicação entre o condutor e a via, durante o período noturno, nas rodovias. A retrorefletividade das pinturas de demarcações horizontais permite a visibilidade da sinalização viária, impactando diretamente a segurança da via. Em estudo do tipo Antes e Depois conduzido por Bonatto *et al.* (2019), com a utilização dos métodos de comparação de grupos e a análise simples em trechos das rodovias BR-153 e BR-293, do grupo de estudo, e as BR-472 e BR-290, do grupo de controle, procurou-se avaliar a segurança viária em trechos que receberam o BR-LEGAL, programa que buscou fornecer uma melhor sinalização para as rodovias federais brasileiras. Constatou-se uma melhora nos diversos parâmetros analisados, entre eles número de acidentes, feridos e índice de severidade. Contudo, o número de mortes se manteve praticamente igual ao do período anterior à aplicação da nova sinalização.

Características geométricas inadequadas causam acidentes de tráfego, baixa eficiência e obsolescência precoce da rodovia, o que não deve ocorrer antes que os benefícios de sua construção justifiquem o investimento (Pimenta *et al.*, 2007). Para Elvik *et al.* (2015), acidentes em trechos viários não são apenas influenciados pelas condições locais, mas também pelas características de toda a extensão do trecho. Os condutores adaptam a velocidade e as expectativas decorrentes das características da via ao longo de todo o trecho. Assim, por exemplo, uma curva acentuada não é inesperada em um trecho

com muitas curvas fechadas, mas pode ser imprevista em um trecho retilíneo. Dessa forma, Elvik *et al.* (2015) concluem, com base em vários estudos, que a inconsistência geométrica parece ter um maior impacto no risco de acidentes do que as características isoladas de uma curva. No estado brasileiro do Rio Grande do Sul (RS), Andriola *et al.* (2019) identificaram os impactos dos parâmetros geométricos na frequência e severidade dos acidentes em curvas de rodovias de pista simples, em 225 quilômetros da rodovia BR-116. A declividade absoluta e a superelevação foram consistentemente associadas ao aumento da frequência e à redução da severidade dos acidentes, segundo Andriola *et al.* (2019).

Como o observado por Antas *et al.* (2010), a inexistência de acostamentos ou acostamentos com largura insuficiente prejudica a segurança da rodovia. Pesquisa realizada em *freeways* norte-americanas por Hallem *et al.* (2013) encontrou que um incremento em torno de 0,6 m da largura dos acostamentos externo e interno (de 3 para 3,6 metros, aproximadamente) reduz os acidentes em 10% e 33%.

De acordo com a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2018), em toda a extensão das rodovias federais brasileiras, para o ano de 2017, foi verificado que os acidentes com vítimas ocorreram com mais frequência em trechos com condições positivas de estado geral (ótimo ou bom), comparados aos trechos com avaliação negativa. Porém, a gravidade foi maior em trechos com avaliação negativa. Nos trechos onde o pavimento é “ótimo” ou “bom”, o risco de uma pessoa morrer é maior quando comparado aos trechos inadequados (regular, ruim ou péssimo). A classificação do estado dos trechos foi considerada de acordo com método proposto pela Pesquisa CNT de Rodovias.

Acidentes de trânsito em trechos urbanos de rodovias

Segundo Velloso e Jacques (2012), embora sejam classificadas como rurais, rodovias que atravessam áreas urbanas possuem características que são típicas de ruas e avenidas urbanas, tais como alto número de pontos de acesso e grande número de pedestres que caminham por seus acostamentos e as cruzam em qualquer ponto, condições que se assemelham ao ambiente urbano. Para Jiang e Peng (2012), há muitos problemas quando rodovias são usadas como vias urbanas, como a ausência de calçadas, poucas facilidades para travessias e a impossibilidade em atender o maior volume de tráfego e os vários modos de transportes, como pedestres, ciclistas e motociclistas.

A associação entre a atitude do pedestre e as características do meio ambiente da área urbana contribui para os atropelamentos (Velloso *et al.*, 2008; Velloso e Jacques, 2012). Ainda que as condições de infraestrutura viária estejam em bom ou ótimos padrões, segmentos rodoviários podem apresentar elevado número de acidentes envolvendo pedestres. Contribuem para a concentração de acidentes envolvendo pedestres as condições precárias das travessias (Lima *et al.*, 2008). De acordo com Silva Jr. e Ferreira (2008), baseados no trabalho em que foram analisados os impactos das rodovias em áreas urbanizadas na percepção dos pedestres da cidade de Uberlândia, no estado de Minas Gerais (MG), o risco de sofrer acidentes está muito identificado com a velocidade e o volume de veículos da rodovia.

No Brasil, Salvador e Goldner (2009) analisaram os tipos de acidentes de trânsito que ocorreram na BR-101, no trecho do estado de Santa Catarina (SC), em três segmentos da rodovia, inclusive os 23,5 quilômetros pertencentes à Grande Florianópolis, duplicados e localizados em áreas urbanizadas. Os dados de acidentes dos anos de 2004 e 2007, obtidos por Salvador e Goldner (2009), mostraram no trecho urbano um crescimento de 1.322 para 1.697 ocorrências nos anos verificados, aumento que pode estar relacionado ao crescimento no volume de tráfego. Schmitz e Goldner (2010a; 2010b) e Schmitz (2011) avaliaram segmentos críticos da BR-285, no estado do Rio Grande do Sul (RS)

e constataram que a maioria dos acidentes ocorridos nas áreas urbanas envolveu colisões e atropelamentos, principalmente nas interseções com as vias municipais. No estudo de Peña (2011), interseções em rodovias federais inseridas em meios urbanos implicaram em maiores taxas de acidentes em Santa Catarina (SC).

Na travessia urbana da BR-282, em Lajes (SC), Sousa *et al.* (2021) analisaram os acidentes de trânsito antes, durante e após as adequações. Por meio de análises estatísticas, foi notado um pequeno aumento no número de acidentes durante as obras. Também, todos os tipos de acidentes tiveram significativa redução após as melhorias nos trechos. Segundo os autores, essa diminuição pode justificar a implantação de melhorias similares em outras travessias urbanas consideradas críticas quanto aos acidentes de trânsito.

Conforme dados da Polícia Rodoviária Federal (PRF, 2015), pedestres representaram cerca de 13% das vítimas nos trechos urbanos de rodovias federais brasileiras inseridas na região Sul do Brasil, que engloba os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, entre os anos de 2010 a 2014. Entretanto, motociclistas foram as maiores vítimas (cerca de 43%), números que retratam a realidade brasileira de acidentes envolvendo motocicletas em rodovias federais inseridas em áreas urbanas. Em todo o país, quase metade das vítimas graves ou com lesões graves, entre 2010 e 2014, utilizava-se de motocicletas (PRF, 2015). De acordo com Soares *et al.* (2018), em um estudo para toda a extensão rodovia BR-101, de 2014 a 2016, as motocicletas (e motonetas) estiveram envolvidas em 13,81% dos acidentes, destacando-se como a modalidade de mais alta severidade, uma vez que apresentaram 24,61% das mortes e 42,58% dos feridos graves totais.

Em rodovias urbanas em Mashhad, Irã, enquanto o fluxo de veículos pesados não contribuiu para a acidentalidade, o incremento do volume de tráfego de táxis e motocicletas aumentou a probabilidade dos diversos tipos de acidentes de trânsito (Avati e Abbasi, 2011). Aumento e diminuição de velocidades, como as verificadas na entrada e saída de congestionamentos, apresentaram grandes riscos de acidentes na Autopista Central, na região metropolitana de Santiago, no Chile (González *et al.*, 2014).

Nos Estados Unidos, nas rodovias (*highways*) classificadas como *urban interstates*, houve 2.008 vítimas fatais no ano de 2013, número maior que naquelas classificadas como *rural interstates*, onde 1.992 foram vítimas dos acidentes de trânsito, de acordo com dados da *National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA, 2015)*. Kassu e Anderson (2019) investigaram os efeitos de algumas variáveis associadas com a geometria, o ambiente, idade e gênero dos motoristas na probabilidade das ocorrências de acidentes em *highways* urbanas e rurais no estado do Alabama. Acidentes leves e graves, em condições de pista seca e molhada, que ocorreram de 2010 a 2014 foram analisados. Os resultados mostraram que os principais determinantes comuns que influenciam as colisões, em condições de chuva ou de pista seca, são o Volume Diário Médio Anual, que aumenta a probabilidade de ocorrência de acidentes, e o Volume Diário Médio de Caminhões, cujo aumento contribui para a diminuição dos acidentes. Nos segmentos urbanos, houve uma probabilidade 33,1% maior de acidentes em comparação com os trechos rurais sob condições de pavimento seco.

O tipo de colisão, em rodovias que atravessam *Orange Count*, área localizada entre Los Angeles e San Diego, na Califórnia, está relacionado com a velocidade média do tráfego e com variações de velocidade nas faixas internas e da esquerda das rodovias. As colisões traseiras, por exemplo, são mais propensas a ocorrer com o pavimento seco e durante o dia, enquanto os acidentes que envolvem vários veículos, associados com manobras de mudanças de faixas, têm maior probabilidade de ocorrência em pistas molhadas. Com as condições ambientais e de iluminação sob controle, houve

evidências de que a severidade dos acidentes é influenciada mais pelo volume do que pela velocidade (Golob e Recker, 2003). A distância do local dos acidentes até a alça de acesso mais próxima, o volume de tráfego, a porcentagem de caminhões e tipo de veículo, o lado do impacto e a faixa etária dos motoristas estavam entre as variáveis significativas identificadas por Haleem e Gan (2013) para a severidade dos acidentes de tráfego, em 89 segmentos urbanos de *freeways* do estado americano da Flórida. Trechos de convergência à esquerda apresentam probabilidades de ocorrência de acidentes de trânsito muito maiores que para acessos laterais nas faixas de tráfego da direita na *freeway* I-75, que atravessa áreas urbanas em Dayton, Ohio (Eustace *et al.*, 2015).

MÉTODO

Para o desenvolvimento deste artigo, os dados de acidentes das rodovias foram disponibilizados pela Polícia Rodoviária Federal (PRF, 2015), para os anos de 2010 a 2014. Os dados estão atualmente em planilhas disponíveis no site oficial da Polícia Rodoviária Federal, em Dados Abertos – Acidentes (PRF, 2021). Essa base contém dados atualizados de acidentes, com a coleta *in loco* realizada pela própria PRF até o ano de 2016. A partir de 2017, os usuários envolvidos em ocorrências de determinados tipos passaram a preencher o cadastro, por meio da utilização da chamada Declaração de Acidente de Trânsito (DAT), desde que os acidentes preencham alguns critérios estabelecidos pela PRF, como, entre outros, não ter vitimado ninguém, nem mesmo levemente (Sousa *et al.*, 2021). A partir de 2017, também, o estado físico das vítimas passou a ser registrado como ileso, lesão leve ou grave e óbito; e a variável uso do solo passou a ser subdividida em “Sim” ou “Não”, ao invés da classificação como “Urbano” ou “Rural”.

Para esta pesquisa, as planilhas enviadas pelo Núcleo de Estatística da Polícia Rodoviária Federal (PRF) continham as informações por ocorrências, subdivididas por cada pessoa participante, dos anos de 2010 a 2014. Possuíam as seguintes variáveis: código da ocorrência, data, dia da semana, horário, unidade federativa, número da rodovia, quilômetro do acidente, município, causa e tipo do acidente, classificação (com ou sem vítimas), fase do dia, sentido da via, condição meteorológica, tipo de pista, traçado da via, código, tipo, marca e ano de fabricação dos veículos envolvidos, classificação do usuário envolvido (pedestre, condutor ou passageiro), estado físico (ileso, ferido leve, grave, morto) e uso do solo (urbano ou rural). A interpretação sobre a gravidade da lesão e o uso do solo eram critérios dos policiais responsáveis pelo registro da ocorrência.

Foram selecionadas, na planilha eletrônica, as vítimas “ferido grave” e “morto”, em uso do solo “urbano”. Os trechos urbanos onde estavam as 77.059 vítimas (feridos graves ou fatais) dos acidentes foram identificados e o número de vítimas distribuídos em segmentos de dez quilômetros, para toda a malha rodoviária brasileira, em uma nova planilha. Em um sistema de transportes seguro, os acidentes com vítimas graves ou fatais não deveriam ter acontecido e, por isso, todos trechos onde houve vítimas com tais gravidades foram considerados neste trabalho. Apesar de a extensão não ser por unidade de quilômetros, por tratar-se de uma avaliação que engloba segmentos urbanos rodoviários, trechos de dez quilômetros mostraram-se compatíveis com o objetivo proposto e com a Pesquisa CNT de Rodovias.

Após serem encontrados 3.178 trechos com vítimas, foram determinados os 64 segmentos urbanos mais críticos, em números absolutos de vítimas fatais ou gravemente feridas. Embora correspondessem a apenas 1% do total, nesses segmentos estavam 21.074 vítimas, quase 30% da totalidade. Foi verificada, em seguida, a classificação em relação ao estado geral e das características do pavimento, da sinalização e da geometria.

Tal análise foi feita por meio de consultas à Pesquisa CNT de Rodovias (CNT *et al.*, 2010; 2011; 2012; 2013; e 2014), para os anos de 2010, 2011, 2012, 2013 e 2014. Inicialmente, então, restringiu-se a pesquisa nos trechos mais perigosos. Em seguida, o estudo abordou todos os segmentos com vítimas, obtendo-se os resultados por meio de uma amostra aleatória.

Pesquisa CNT de Rodovias

A Confederação Nacional de Transportes pesquisa, há vinte anos, as condições da malha rodoviária brasileira, incluindo as rodovias federais. O método proposto pela Confederação Nacional do Transporte (CNT *et al.*, 2014) aborda os fatores viários pavimento, geometria da via e sinalização, em uma avaliação da rodovia, conforme a observação visual das características em segmentos com extensão de até dez quilômetros. As variáveis consideradas pela Pesquisa CNT de Rodovias, para a caracterização do pavimento, são as condições da superfície, a velocidade devido ao pavimento e o pavimento do acostamento. Em relação à sinalização, são avaliadas as variáveis sinalização horizontal, sinalização vertical e dispositivos auxiliares. Para a caracterização da geometria das vias, a pesquisa coleta as variáveis: tipo de rodovia, perfil de rodovia, faixa adicional de subida, pontes/viadutos, curvas perigosas e acostamento. Todas estas variáveis são subdivididas em categorias, e pontos críticos das unidades de pesquisa são também registrados. As variáveis recebem coeficientes de ponderação, medidas de similaridade entre a situação real, observada em campo, e a condição ideal. Obtém-se, então, as notas em relação a cada uma das características observadas em campo, para uma unidade de pesquisa, pela soma dos valores atribuídos às variáveis primárias e combinadas. Tanto as condições do estado geral das rodovias, quanto das variáveis analisadas, são classificadas como ótimo, bom, regular, ruim ou péssimo. Os resultados são divulgados em agrupamentos de unidades de pesquisa.

Na avaliação de 66.170 km rodovias federais brasileiras, em 2014, por exemplo, 41,4 % da extensão estavam em condições adequadas, ou seja, classificadas, quanto ao estado geral, como “Bom” ou “Ótimo”. De forma de desagregada, 57,7% da extensão estavam com o pavimento em boas ou ótimas condições, 42,5% com a sinalização e 23,8% com a geometria em condições adequadas (CNT *et al.*, 2014).

Ressalta-se que no método CNT para a classificação das rodovias tanto as rodovias de pista simples, como as duplicadas, em relevos planos ou montanhosas, podem ser classificadas em condições adequadas, ou seja, como “Ótimo” ou “Bom”, desde que apresentem adequadas condições de segurança e desempenho nos aspectos analisados (CNT *et al.*, 2014). A Pesquisa CNT de Rodovias não considera, contudo, entre as variáveis e categorias, a acidentalidade viária. Assim, mesmo trechos com alto número de acidentes e vítimas podem ser considerados bons ou ótimos. Como os resultados da pesquisa são divulgados de modo agregado, trechos com estado geral considerado “bom”, por exemplo, podem ter algum de seus fatores viários (geometria, pavimento e sinalização) classificado como “regular”, ou seja, em condições inadequadas.

Seleção dos segmentos

Na avaliação dos trechos mais perigosos, feita para 64 segmentos, em cinco anos, poder-se-iam obter 320 resultados (cinco resultados para cada trecho). Porém, como os resultados da pesquisa rodoviária são divulgados de forma agregada para as rodovias, em 50 das classificações não retratavam a característica do trecho analisado. Essa diferença foi observada por meio da consulta às tabelas, com as classificações generalizadas da rodovia para todo o estado, e aos mapas, onde estavam com os estados gerais mais detalhados. Considerou-se, para esses casos, apenas a classificação do estado geral, não

sendo possível se conhecer as condições das características da sinalização, da geometria e do pavimento. Com isso, houve no total 270 avaliações.

Devido ao elevado número de trechos urbanos onde houve pelo menos uma vítima, 3.178, para a avaliação das condições dos fatores viários nos trechos urbanos foram selecionados 118 segmentos de forma aleatória. Estatisticamente, com 93 trechos selecionados aleatoriamente já é possível afirmar que há 95% de probabilidade que os erros amostrais não ultrapassem 10%. Para esta seleção, foram desconsiderados quatro *outliers* extremos, valores discrepantes de vítimas do conjunto de dados. Esses segmentos estavam localizados nas cidades de Fortaleza (CE) com 972 vítimas, Serra (ES) com 732 vítimas, Belém (PA) com 728 vítimas e Cariacica (ES) com 713 vítimas. A seleção de um número maior propiciou que amostra fosse, ainda, estratificada proporcional.

Para a verificação da ocorrência dos acidentes de trânsito, o volume de tráfego e a consequente exposição ao trânsito são variáveis a serem consideradas, conforme ficou evidenciado na revisão da literatura. Entretanto, as rodovias federais brasileiras não contam ainda com sistemas de contagens volumétricas veiculares para toda a sua extensão. Optou-se, então, em se analisar as características dos ambientes onde as rodovias estavam inseridas, de acordo com critérios do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e com os Índices de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM).

Assim, a classificação dos centros urbanos onde estão situados os segmentos críticos foi considerada segundo o proposto pelo IBGE (2007), que leva em consideração a região de influência das cidades. As cidades são classificadas em cinco grandes níveis: a) Metrôpoles: 12 principais centros urbanos, que se caracterizam pelo grande porte, pelo forte relacionamento entre si e que possuem extensa área de influência direta. O grupo é composto por São Paulo (grande metrópole nacional), Rio de Janeiro e Brasília (metrópoles nacionais), e Manaus, Belém, Fortaleza, Recife, Salvador, Belo Horizonte, Curitiba, Goiânia e Porto Alegre (metrópoles); b) Capitais Regionais: grupo integrado por 70 centros urbanos, com capacidade de gestão imediatamente inferior à das metrópoles, sendo referidos como destino, para um conjunto de atividades, por um grande número de municípios; c) Centro Sub-Regional: composto por 169 centros com atividades de gestão menos complexas e área de atuação mais reduzida; d) Centro de Zona: formado por 556 cidades de menor porte e com influência restrita à sua área imediata; e e) Centro Local: compõem este grupo 4.473 cidades cuja área de atuação não extrapola os limites do seu município e com população predominantemente inferior a 10 mil habitantes. Algumas cidades, por fazerem parte de regiões metropolitanas (centros conurbados) foram hierarquizados segundo a classificação de nível mais alto, ou seja, metrópoles. Os Índices de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) para cada uma das localidades foram considerados de acordo com o Atlas Brasil (2013).

As condições do Estado geral e dos fatores viários da infraestrutura viária das rodovias, dos anos de 2010 a 2014 foram verificadas segundo os critérios da Confederação Nacional do Transporte. O método de avaliação proposto pela Confederação Nacional do Transporte aborda os elementos pavimento, geometria da via e sinalização (CNT, 2014). Então, as classificações foram numericamente padronizadas e uma média dos cinco anos encontrada.

Para cada um dos 118 trechos selecionados, foram verificadas as condições de infraestrutura nos anos de 2010 a 2014, em relação aos fatores viários: Sinalização, Geometria e Pavimentação, além do Estado Geral, de acordo com os critérios da Confederação Nacional do Transporte. Após a verificação das condições dos fatores viários, para os cinco anos (de 2010 a 2014), as classificações foram ponderadas de acordo com os critérios: PÉSSIMO = 1; RUIM = 2; REGULAR = 3; BOM = 4; e ÓTIMO = 5.

A média dos cinco anos foi calculada e a classificação para todo o período obtida, segundo os intervalos: menor que 1,5 igual a PÉSSIMO; de 1,5 (inclusive) até 2,5 igual a RUIM; de 2,5 (inclusive) até 3,5 igual a REGULAR; de 3,5 (inclusive) até 4,5 igual a BOM; maior ou igual a 4,5 igual a ÓTIMO. Após obtidas as classificações da amostra, o quadro com a classificação dos segmentos selecionados foi introduzido no programa estatístico SPSS25© e gerados os modelos da regressão de *Poisson* com função de ligação log.

Assim, a análise dos dados envolveu:

- 1 Segmentação das rodovias federais em trechos de dez quilômetros;
- 2 Contabilização do número de vítimas nos trechos urbanos de 2010 a 2014;
- 3 Seleção de 118 trechos onde houve pelo menos uma vítima;
- 4 Para cada um dos trechos foram encontrados:
 - a) Classificação do centro urbano onde estão inseridos, de acordo com o IBGE (2007);
 - b) IDHM, segundo o Atlas Brasil (2013);
 - c) Condições do estado geral e dos fatores viários da rodovia, conforme a Pesquisa CNT de Rodovias.

O Quadro 1 resume todos os dados obtidos.

Quadro 1. Trechos urbanos selecionados. Fonte: Elaboração própria.

Estado	Município	Classificação do centro	IDHM	Rodovia	km	Estado Geral	Vítimas
AL	São Sebastião	Centro local	0,549	BR 101	200 a 210	Regular	10
AM	Presidente Figueiredo	Centro local	0,647	BR 174	190 a 200	Ruim	2
AM	Manaus	Metrópole	0,737	BR 174	60 a 70	Ruim	3
BA	Arataca	Centro local	0,559	BR101	560 a 570	Regular	1
BA	Itabela	Centro local	0,599	BR101	760 a 770	Regular	1
BA	Antas	Centro local	0,592	BR110	100 a 110	Bom	1
BA	Itatim	Centro local	0,582	BR 116	500 a 510	Regular	2
BA	Ponto Novo	Centro local	0,580	BR 407	160 a 170	Bom	2
BA	Cristópolis	Centro local	0,614	BR 242	710 a 720	Regular	4
BA	Vitória da Conquista	Capital regional	0,678	BR 116	10 a 20	Regular	37
CE	Pedra Branca	Centro local	0,603	BR 020	150 a 160	Regular	2
CE	Russas	Centro de zona	0,674	BR 116	110 a 120	Regular	2
ES	Iúna	Centro local	0,666	BR 262	190 a 200	Regular	3
ES	Colatina	Centro sub-regional	0,746	BR 259	50 a 60	Regular	113
GO	Acreúna	Centro local	0,686	BR60	310 a 320	Bom	1
GO	Estrela do Norte	Centro local	0,707	BR153	120 a 130	Regular	1
GO	Caiapônia	Centro local	0,693	BR 158	150 a 160	Ruim	2
GO	Barro Alto	Centro local	0,742	BR 80	140 a 150	Regular	4
GO	Morrinhos	Centro de zona	0,734	BR 153	610 a 620	Bom	6
GO	Rialma	Centro local	0,727	BR 153	300 a 310	Bom	9
GO	Abadiânia	Centro local	0,689	BR 60	60 a 70	Bom	12
GO	Porangatu	Centro de zona	0,727	BR 153	70 a 80	Bom	17

Estado	Município	Classificação do centro	IDHM	Rodovia	km	Estado Geral	Vítimas
GO	Jataí	Centro de zona	0,757	BR 158	260 a 270	Ruim	31
MA	Estreito	Centro local	0,659	BR 226	590 a 600	Regular	1
MA	Rosário	Centro local	0,632	BR 402	10 a 20	Bom	1
MA	Governador Edison Lobão	Centro local	0,629	BR 010	230 a 240	Regular	8
MA	Riachão	Centro local	0,576	BR 230	470 a 480	Regular	9
MA	Imperatriz	Capital regional	0,731	BR010	250 a 260	Regular	291
MG	Simão Pereira	Centro local	0,638	BR 40	820 a 830	Bom	1
MG	Patos de Minas	Centro sub-regional	0,765	BR 365	10 a 20	Regular	2
MG	Salinas	Centro de zona	0,679	BR 251	310 a 320	Regular	4
MG	Governador Valadares	Capital regional	0,727	BR 116	390 a 400	Regular	6
MG	Engenheiro Caldas	Centro local	0,644	BR 116	450 a 460	Bom	11
MG	Poços de Caldas	Centro sub-regional	0,779	BR 146	520 a 530	Regular	12
MG	São Gonçalo do Rio Abaixo	Centro local	0,667	BR 381	380 a 390	Regular	19
MG	Governador Valadares	Capital regional	0,727	BR 116	400 a 410	Bom	20
MG	Montes Claros	Capital regional	0,770	BR 365	0 a 10	Regular	20
MG	Nova União	Centro local	0,662	BR 381	400 a 410	Regular	27
MG	Itaobim	Centro local	0,629	BR 116	110 a 120	Bom	37
MG	Três Marias	Centro local	0,752	BR 040	270 a 280	Regular	41
MG	Congonhas	Centro de zona	0,753	BR 040	600 a 610	Regular	43
MG	Paracatu	Centro de zona	0,744	BR 040	40 a 50	Regular	53
MS	Cassilândia	Centro de zona	0,727	BR 158	20 a 30	Regular	1
MS	Itaquiraí	Centro local	0,620	BR 163	60 a 70	Regular	2
MS	Corumbá	Centro de zona	0,700	BR 262	770 a 780	Regular	3
MS	Terenos	Centro local	0,658	BR 262	380 a 390	Bom	7
MT	Cáceres	Centro sub-regional	0,708	BR 174	0 a 10	Regular	2
MT	Barra do Garças	Centro sub-regional	0,748	BR 158	690 a 700	Regular	3
PA	Marabá	Capital regional	0,668	BR 153	0 a 10	Ruim	2
PA	Cachoeira do Piriá	Centro local	0,473	BR 316	270 a 280	Regular	2
PA	Ulianópolis	Centro local	0,604	BR 010	70 a 80	Ruim	3
PA	Marabá	Capital regional	0,668	BR 155	340 a 350	Péssimo	6
PA	Santa Maria do Pará	Centro local	0,598	BR 316	110 a 120	Regular	10
PB	Sobrado	Centro local	0,573	BR 230	60 a 70	Bom	2
PB	Santa Rita	Sem classificação	0,627	BR 101	60 a 70	Bom	3
PB	São João do Rio do Peixe	Centro de zona	0,608	BR 405	30 a 40	Regular	4
PE	Serra Talhada	Centro sub-regional	0,661	BR232	440 a 450	Regular	1
PE	Floresta	Centro de zona	0,626	BR 316	290 a 300	Regular	1
PE	Afrânio	Centro local	0,588	BR 407	10 a 20	Regular	1
PE	Caetés	Centro local	0,522	BR 424	70 a 80	Ruim	1

Estado	Município	Classificação do centro	IDHM	Rodovia	km	Estado Geral	Vítimas
PE	Petrolina	Capital regional	0,697	BR 428	170 a 180	Regular	2
PE	Arapirina	Centro sub-regional	0,602	BR 316	30 a 40	Regular	6
PE	Goiana	Centro de zona	0,651	BR 101	0 a 10	Regular	19
PE	Toritama	Centro local	0,618	BR 104	20 a 30	Regular	30
PI	Piracuruca	Centro de zona	0,596	BR 343	130 a 140	Bom	1
PI	Picos	Centro sub-regional	0,698	BR 020	370 a 380	Regular	3
PI	Francisco Santos	Centro local	0,608	BR 316	340 a 350	Bom	4
PI	Brasileira	Centro local	0,577	BR 343	160 a 170	Bom	4
PI	São João da Fronteira	Centro local	0,515	BR 222	0 a 10	Bom	5
PR	Mauá da Serra	Centro local	0,652	BR 376	300 a 310	Bom	1
PR	Ponta Grossa	Capital regional	0,763	BR 376	520 a 530	Bom	1
PR	Iretama	Centro local	0,665	BR 487	240 a 250	Regular	1
PR	Paulo Frontin	Centro local	0,708	BR 476	310 a 320	Regular	2
PR	Guarapuava	Centro sub-regional	0,731	BR 277	370 a 380	Bom	3
PR	Marilândia do Sul	Centro local	0,691	BR 376	260 a 270	Bom	3
PR	Campo Mourão	Centro sub-regional	0,757	BR 487	180 a 190	Regular	3
PR	Palmeira	Centro de zona	0,718	BR 277	180 a 190	Bom	5
PR	Cambará	Centro local	0,721	BR 369	20 a 30	Regular	5
PR	Lapa	Centro local	0,706	BR 476	200 a 210	Regular	7
PR	Teixeira Soares	Centro local	0,671	BR 277	210 a 220	Bom	9
PR	Flor da Serra do Sul	Centro local	0,682	BR 280	290 a 300	Regular	9
PR	General Carneiro	Centro local	0,652	BR 153	480 a 490	Regular	11
PR	Imbituva	Centro local	0,660	BR 373	220 a 230	Bom	18
PR	Cambará	Centro local	0,721	BR 369	10 a 20	Bom	24
PR	Céu Azul	Centro local	0,732	BR 277	630 a 640	Bom	39
PR	São José dos Pinhais	Metrópole	0,758	BR 376	620 a 630	Regular	54
PR	Colombo	Metrópole	0,733	BR 116	0 a 10	Bom	63
PR	Maringá	Capital regional	0,808	BR 376	170 a 180	Bom	357
RJ	Barra Mansa	Capital regional	0,729	BR 116	280 a 290	Bom	30
RJ	Três Rios	Centro de zona	0,725	BR 393	170 a 180	Bom	33
RJ	Nova Iguaçu	Metrópole	0,713	BR 465	20 a 30	Regular	37
RJ	Duque de Caxias	Metrópole	0,711	BR 040	120 a 130	Bom	164
RN	Fernando Pedroza	Centro local	0,597	BR 304	160 a 170	Bom	1
RN	Extremoz	Metrópole	0,660	BR101	60 a 70	Regular	8
RN	Caicó	Centro sub-regional	0,710	BR 427	90 a 100	Bom	18
RN	Natal	Capital regional	0,763	BR 101	70 a 80	Regular	48
RO	Ji-Paraná	Centro sub-regional	0,714	BR 364	360 a 370	Regular	2
RO	Porto Velho	Capital regional	0,736	BR 319	60 a 70	Regular	12
RO	Porto Velho	Capital regional	0,736	BR 364	690 a 700	Regular	36

Estado	Município	Classificação do centro	IDHM	Rodovia	km	Estado Geral	Vítimas
RO	Ji-Paraná	Centro sub-regional	0,714	BR 364	340 a 350	Regular	292
RS	Mato Castelhano	Centro local	0,727	BR 285	260 a 270	Bom	1
RS	Porto Xavier	Centro local	0,723	BR 392	710 a 720	Bom	1
RS	Itaqui	Centro de zona	0,713	BR 472	470 a 480	Bom	1
RS	Uruguaiana	Centro sub-regional	0,744	BR 472	530 a 540	Bom	1
RS	Barra do Ribeiro	Centro local	0,670	BR 116	330 a 340	Bom	7
RS	Porto Alegre	Metrópole	0,805	BR 116	270 a 280	Bom	8
RS	Canguçu	Centro local	0,650	BR 392	110 a 120	Bom	10
RS	Jaguarão	Centro local	0,707	BR 116	650 a 660	Bom	15
RS	Rio Grande	Capital regional	0,744	BR 392	10 a 20	Bom	44
SC	São Cristóvão do Sul	Centro local	0,665	BR 116	180 a 190	Bom	3
SC	Penha	Centro local	0,743	BR 101	100 a 110	Ótimo	63
SC	Joinville	Capital regional	0,809	BR 101	40 a 50	Ótimo	71
SP	Marília	Capital regional	0,798	BR 153	250 a 260	Bom	23
SP	Aparecida	Centro de zona	0,755	BR 116	70 a 80	Ótimo	29
SP	São José dos Campos	Capital regional	0,807	BR 116	150 a 160	Ótimo	115
TO	Nova Olinda	Centro local	0,631	BR 153	170 a 180	Regular	1
TO	Luzinópolis	Centro local	0,639	BR 230	70 a 80	Regular	1
TO	Aguiarnópolis	Centro local	0,657	BR 230	0 a 10	Regular	6

Dessa forma, para os 118 trechos, foi verificada a participação da classificação dos centros urbanos, do estado geral da rodovia e do IDHM no número de vítimas, obtidas com a utilização da Razão de Prevalência (RP).

Razão de Prevalência

Para a verificação da associação entre as variáveis e o número de vítimas, foi utilizado o modelo linear generalizado de *Poisson*. Modelo linear generalizado é uma extensão do modelo linear em que a distribuição da variável resposta não tem de ser Normal e sim uma distribuição exponencial (Alvarenga, 2015). Os modelos de regressão de *Poisson* são utilizados quando a variável resposta retrata uma contagem. Este tipo de modelo linear generalizado, que possui como função de ligação a função logarítmica, é muito empregado quando a variável aleatória é o número de ocorrências do evento em um intervalo de tempo ou outra unidade (Silva, 2006). A distribuição de *Poisson* é conhecida em engenharia de tráfego como uma distribuição de “contagem” e possui um significado físico de um número de eventos X ocorrendo em um intervalo de tempo especificado de duração T (Roess *et al.*, 2011).

A Razão de Prevalência (RP) é uma medida da prevalência de determinada condição de interesse no grupo de expostos a uma situação específica em relação ao grupo de não expostos. É utilizada, entre outros, em estudos sociais, demográficos e epidemiológicos, envolvendo também os acidentes com vítimas no trânsito. Curry *et al.* (2011), nos Estados Unidos, analisaram a prevalência dos erros de motoristas adolescentes, que resultaram em acidentes graves. Entre os erros mais observados estavam os de distração, perda de controle do automóvel e velocidade excessiva.

No Brasil, Magalhães *et al.* (2011) investigaram as relações entre acidente de trânsito e variáveis socioeconômicas e comportamentais por meio de razões de prevalência e análise de regressão múltipla de *Poisson* em ocorrências no município de Rio Branco, no estado do Acre (AC). Foram observadas RP mais elevadas para a ocorrência de acidentes de trânsito que envolveram homens, moradores da zona urbana, trabalhadores em atividade, não brancos, com menos de dois anos de estudo, que referiram consumo de bebida alcoólica e que dirigiram após o consumo elevado de bebida alcoólica, sendo esse grupo um alvo potencial de campanhas preventivas, segundo Magalhães *et al.* (2011). Lima e Cruz Júnior (2017) pesquisaram a associação entre a ocorrência de acidentes de trânsito e fatores demográficos e comportamentais para o Brasil. Por meio de modelos de regressão de *Poisson* foram estimadas razões de prevalência (RP). Entre os principais resultados, verificou-se uma interação estatisticamente significativa entre sexo e se o condutor dirigiu em algum dos dias em que consumiu bebida alcóolica: mulheres apresentaram um efeito maior desse hábito de beber e dirigir para a ocorrência de acidentes. Lima e Cruz Júnior (2017) ressaltam que a variável utilizada como fator comportamental no trânsito não possuía um período de referência definido e essa limitação deve ser considerada, uma vez que a variável dependente construída (ocorrência/não ocorrência de acidente de trânsito) dizia respeito aos 12 meses anteriores à data da entrevista realizada. Apenas a escolaridade do condutor, segundo os autores, não alcançou significância estatística.

Neste artigo, para cada uma das variáveis foi encontrada a Razão de Prevalência. Os resultados, tanto para os 64 segmentos mais críticos quanto para o quadro geral, baseado nos 118 trechos selecionados, constam na próxima seção.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Segmentos urbanos críticos das rodovias federais brasileiras

De todos os 3.178 segmentos onde houve pelo menos uma vítima com lesões graves ou fatal, os 64 trechos mais críticos, em números absolutos de vítimas, estão relacionados no Quadro 2.

Quadro 2. Trechos urbanos mais perigosos das rodovias federais brasileiras. Fonte: Elaboração própria, baseada em dados da PRF (2015).

Ordem	UF	Município	BR	km	Número de vítimas
1	CE	Fortaleza e Caucaia	222	0 a 10	972
2	ES	Serra	101	260 a 270	732
3	PA	Belém e Ananindeua	316	0 a 10	728
4	ES	Cariacica e Viana	262	0 a 10	713
5	SC	São José	101	200 a 210	680
6	SC	São José e Palhoça	101	210 a 220	484
7	CE	Fortaleza	116	0 a 10	482
8	GO	Goiânia e Aparecida de Goiânia	153	500 a 510	474
9	AL	Maceió	316	270 a 280	460
10	PB	João Pessoa	230	20 a 30	427
11	MG	Betim	381	490 a 500	402
12	PI	Teresina	316	0 a 10	392

Ordem	UF	Município	BR	km	Número de vítimas
13	ES	Linhares	101	140 a 150	378
14	MG	Contagem e Betim	381	480 a 490	364
15	PR	Maringá	376	170 a 180	357
16	MA	São Luís	135	0 a 10	330
17	GO	Valparaíso e Luziânia	040	0 a 10	329
18	ES	Serra	101	250 a 260	321
19	RO	Porto Velho	319	20 a 30	317
20	RN	Natal e Parnamirim	101	100 a 110	315
21	PA	Marituba, Dom Eliseu e Benevides	316	10 a 20	314
22	AL	Rio Largo e Maceió	104	90 a 100	313
23	PE	Recife e Jaboatão dos Guararapes	101	70 a 80	311
24	PI	Teresina	343	340 a 350	308
25	SP	Taboão da Serra, Itapeverica da Serra e Embu	116	270 a 280	305
26	SC	Biguaçu e São José	101	190 a 200	300
27	PR	Foz do Iguaçu	277	720 a 730	299
28	MG	Contagem	040	520 a 530	294
29	SC	São José e Florianópolis	282	0 a 10	293
30	SP	Guarulhos e São Paulo	116	220 a 230	292
31	RO	Ji-Paraná	364	340 a 350	292
32	MA	Imperatriz	010	250 a 260	291
33	CE	Fortaleza e Eusébio	116	10 a 20	290
34	PB	Bayex, João Pessoa e Santa Rita	230	30 a 40	286
35	AL	Maceió	316	280 a 290	285
36	PR	Curitiba	476	120 a 130	280
37	BA	Feira de Santana	324	510 a 520	276
38	SC	Blumenau e Indaial	470	60 a 70	275
39	PR	Cambé e Londrina	369	150 a 160	263
40	CE	Fortaleza e Maracanaú	020	10 a 20	261
41	PE	Igarassu e Abreu e Lima	101	40 a 50	261
42	RJ	Duque de Caxias	040	110 a 120	259
43	PE	Paulista, Recife, Jaboatão dos Guararapes e Cabo de Santo Agostinho	101	80 a 90	257
44	PB	Cabedelo, João Pessoa, Mamanguape e Bayeux	230	10 a 20	256
45	RN	Natal	101	90 a 100	252
46	RN	São Gonçalo do Amarante e Natal	101	80 a 90	247
47	PE	Recife	101	60 a 70	245
48	BA	Feira de Santana	116	420 a 430	243
49	PR	Maringá e Sarandi	376	180 a 190	236
50	ES	Cariacica e Viana	101	290 a 300	234
51	SP	Guarulhos	116	210 a 220	233
52	MG	Ribeirão das Neves e Contagem	040	510 a 520	232
53	PR	Curitiba e Fazenda Rio Grande	116	120 a 130	231

Ordem	UF	Município	BR	km	Número de vítimas
54	SC	Navegantes e Itajaí	101	110 a 120	227
55	SC	Blumenau	470	50 a 60	227
56	RS	São Leopoldo, Sapucaia e Esteio	116	240 a 250	221
57	PE	Abreu e Lima, Paulista, Igarassu e Recife	101	50 a 60	220
58	PR	Londrina e Ibiporã	369	140 a 150	219
59	SC	Guaramirim	280	50 a 60	218
60	RJ	São João de Meriti, Belford Roxo, Mesquita, Nova Iguaçu e Duque de Caxias	116	170 a 180	217
61	GO	Goiânia	060	160 a 170	215
62	RJ	Nova Iguaçu, Queimados e Seropédica	116	180 a 190	213
63	RS	Novo Hamburgo e São Leopoldo	116	250 a 260	213
64	PA	Castanhal	316	60 a 70	213

Foi verificada, para cada trecho, a avaliação dos fatores viários sinalização, geometria e pavimento, segundo a Pesquisa CNT de Rodovias. As classificações: ótimo, bom, regular, ruim e péssimo foram agrupadas, sendo apresentadas nas figuras do próximo tópico.

Avaliação das condições de infraestrutura viária dos trechos urbanos mais críticos

O estado geral dos trechos analisados, de acordo com a Pesquisa CNT de Rodovias, é apresentado na Figura 1.

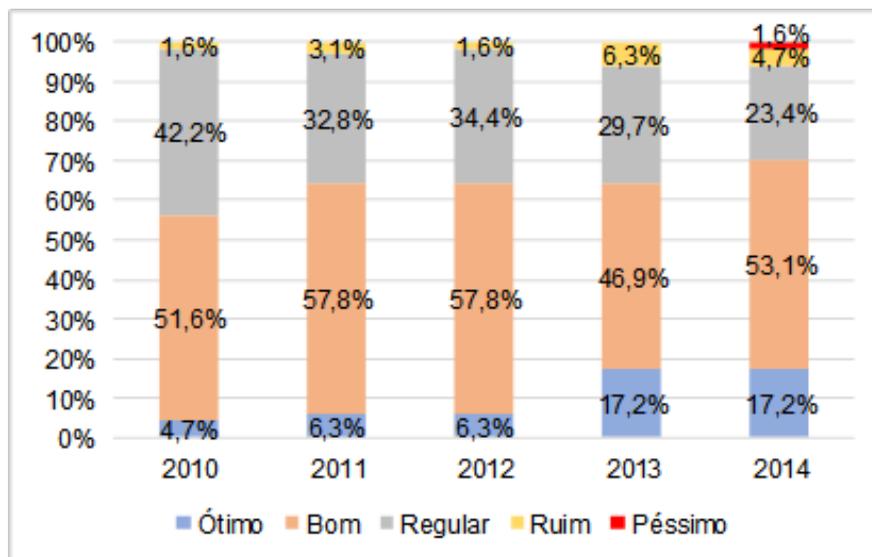


Figura 1. Estado geral dos sessenta e quatro trechos urbanos críticos. Fonte: Elaboração própria, baseada em dados de CNT, SEST e SENAT (2010, 2011, 2012, 2013, 2014).

Mais da metade dos trechos analisados foram classificados como “Bom” ou “Ótimo”. Tal classificação reflete, em muitos casos, a boa qualidade da pavimentação, conforme é apresentado na Figura 2.

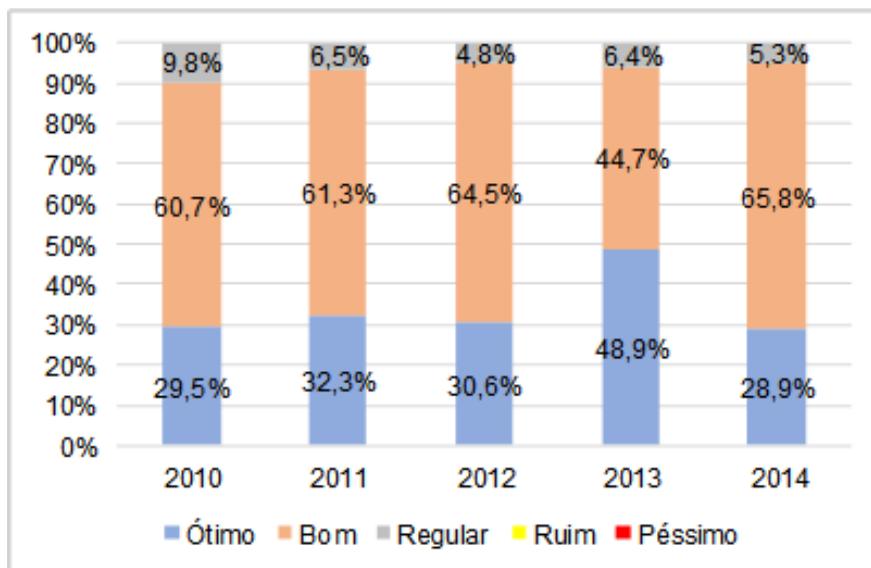


Figura 2. Qualidade da pavimentação nos trechos urbanos críticos das rodovias federais. Fonte: Elaboração própria, baseada em dados de CNT, SEST e SENAT (2010, 2011, 2012, 2013, 2014).

A classificação das características da geometria e da sinalização, porém, não manteve o padrão de qualidade do pavimento. Condições boas ou regulares, nos segmentos avaliados, foram encontradas na maior parte da avaliação da sinalização (Figura 3) e da geometria (Figura 4), que não obteve nenhum conceito ótimo. Condições adequadas (ótimo ou bom) de sinalização ou geometria estavam presentes em uma pequena parte dos segmentos analisados.

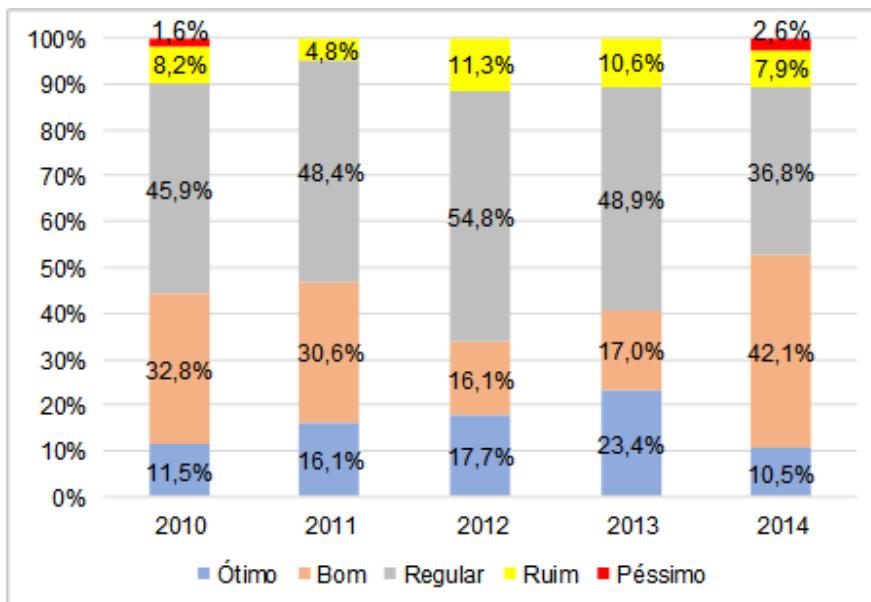


Figura 3. Qualidade da sinalização nos trechos urbanos críticos das rodovias federais. Fonte: Elaboração própria, baseada em dados de CNT, SEST e SENAT (2010, 2011, 2012, 2013, 2014).

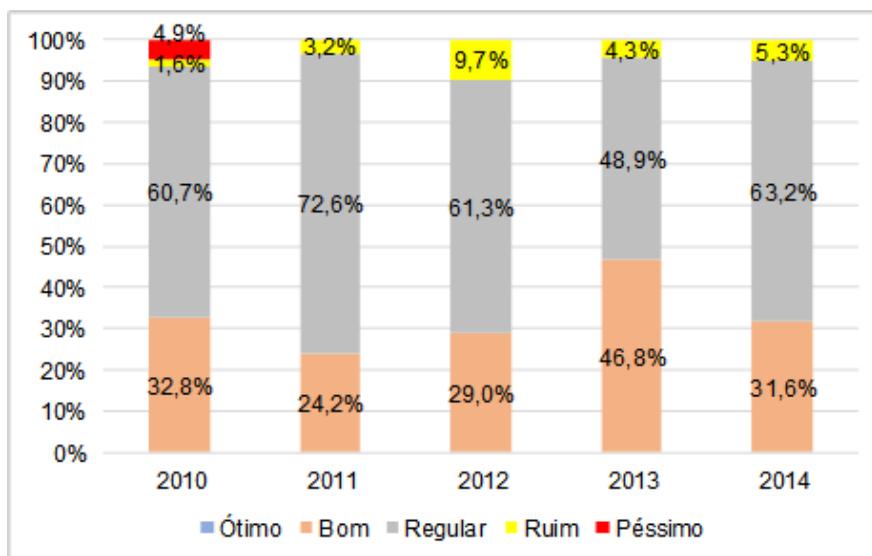


Figura 4. Qualidade da geometria nos trechos urbanos críticos das rodovias federais. Fonte: Elaboração própria, baseada em dados de CNT, SEST e SENAT (2010, 2011, 2012, 2013, 2014).

Observa-se que, em mais da metade dos 64 trechos urbanos mais críticos analisados, as rodovias podem ser caracterizadas como adequadas (boas ou ótimas), quando da análise de seu estado geral. Entretanto, quando se consideram todos os fatores viários em condições adequadas de infraestrutura (ou seja, pavimento, geometria e sinalização em boas ou ótimas condições), apenas em 20,4% dos casos os segmentos foram bem avaliados. Uma pequena parte dos trechos, 5,2%, apresentaram todos os fatores viários em condições inadequadas, ou seja, regulares, ruins ou péssimas.

A Figura 5 mostra, em porcentagem, a adequação das condições de infraestrutura, consideradas de forma desagregada.

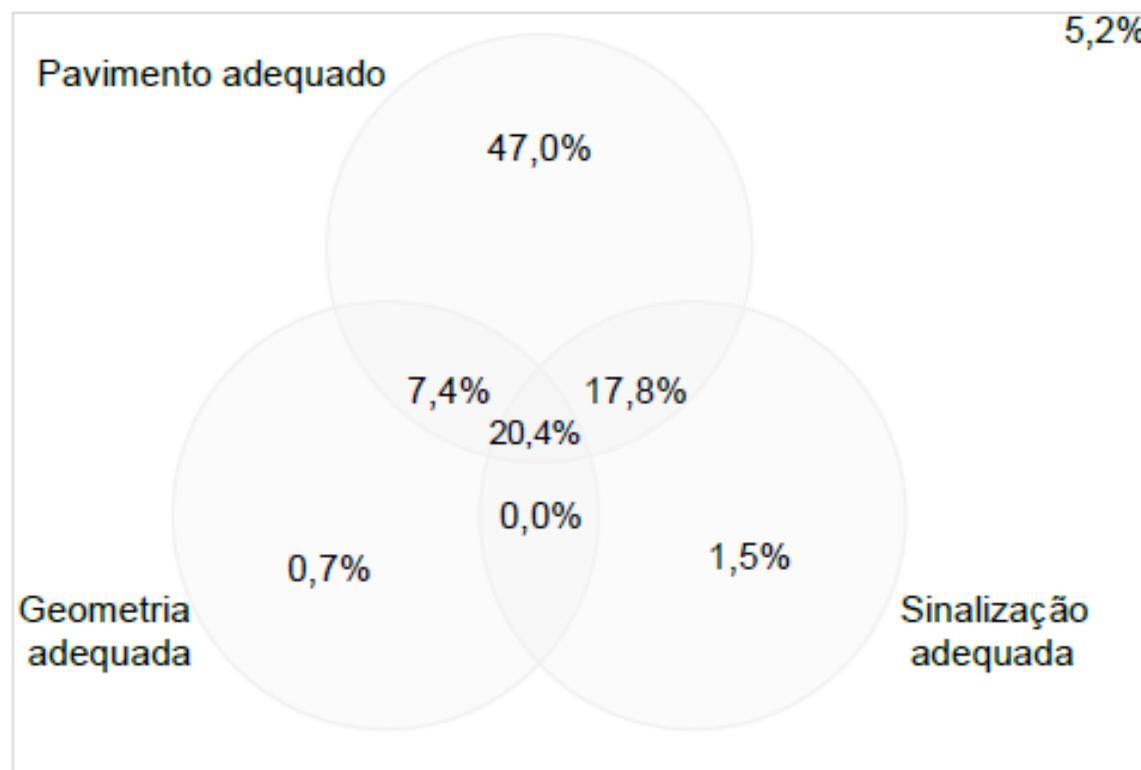


Figura 5. Adequação das condições de infraestrutura nos 64 segmentos pesquisados. Fonte: Elaboração própria, baseada em dados de CNT, SEST e SENAT (2010, 2011, 2012, 2013, 2014).

Característica comum entre todos os trechos é a proximidade com grandes centros urbanos, na região de influência de metrópoles ou de capitais regionais. Todos os 64 centros constituem grandes aglomerações urbanas, sendo caracterizados pelo tamanho e densidade da população, pelo grau de urbanização e coesão interna da área, dada pelos deslocamentos da população para trabalho e estudo (IBGE, 2007). Esses segmentos, então, estão inseridos em áreas com grande volume de tráfego, seja local ou de passagem, gerado pelas atividades econômicas e educacionais, dentre outras.

Para a avaliação do quadro geral e confronto de todos os trechos com vítimas, a seleção aleatória de 118 segmentos, entre 3.174 onde houve uma vítima, pelo menos, foi realizada. Foi introduzida, nesta análise, a contribuição dos centros urbanos e o IDHM na ocorrência do número de vítimas, conforme o Quadro 1. Com os dados qualitativos, foi possível verificar as variáveis com maior Razão de Prevalência (RP) na ocorrência de vítimas nos acidentes em trechos urbanos das rodovias federais, conforme os resultados apresentados nos próximos tópicos.

Segmentos urbanos críticos selecionados das rodovias federais brasileiras

Inicialmente, para uma melhor avaliação dos parâmetros abordados, os 118 trechos selecionados foram divididos em cinco grupos, de acordo com o número de vítimas: 1 vítima (24 segmentos), 2 e 3 vítimas (26), 4 a 9 vítimas (24), 10 a 30 (22) e acima de 31 vítimas (22 trechos). Desta forma, foi elaborada a Figura 6, que mostra a participação (em porcentagem) dos níveis em cada grupo e contém o número de centros urbanos correspondente a cada grupo. Nota-se, assim, uma maior participação dos centros urbanos com maior área de influência (metrópoles, capitais regionais e centros sub-regionais) nos trechos com mais de 31 vítimas.

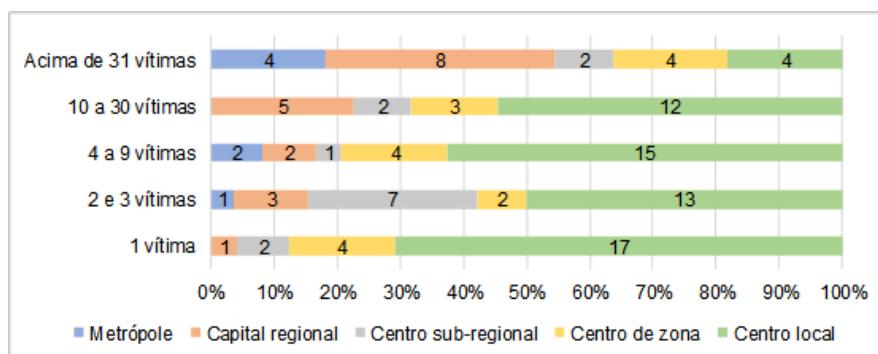


Figura 6. Participação dos centros urbanos no número de vítimas. Fonte: *Elaboração própria.*

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) leva em consideração a expectativa de vida, a escolaridade e a renda da população. A renda *per capita* mede a capacidade média de aquisição de bens e serviços por parte dos habitantes do município (Atlas Brasil, 2013). Apesar de ser um indicador geral dos municípios, a classificação do IDHM aponta níveis de desenvolvimento econômico e social que refletem no índice de motorização e no número de viagens, sejam geradas ou atraídas, contribuindo para a exposição ao tráfego em toda a área urbana.

Para verificação do IDHM, foram consideradas as faixas conforme o Atlas Brasil (2013): de 0 a 0,499, desenvolvimento humano municipal muito baixo; de 0,500 a 0,599, baixo; de 0,600 a 0,699, médio; de 0,700 a 0,799, alto; acima de 0,800, desenvolvimento humano municipal muito alto. Os trechos urbanos selecionados estão em centros urbanos com IDHM conforme o que consta na Figura 7.

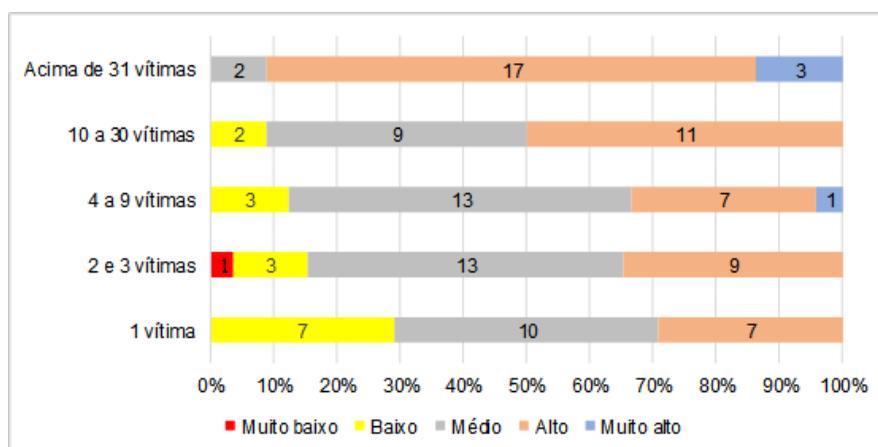


Figura 7. IDHM dos centros urbanos. Fonte: *Elaboração própria.*

Pela análise dos dados da Figura 7, é possível concluir que os segmentos urbanos com maior número de vítimas estão localizados em centros com alto desenvolvimento e, em sua maioria, com elevada motorização. O índice de motorização retrata, em grande medida, o nível de desenvolvimento econômico e social de um município ou região (Ferraz *et al.*, 2012). Nos trechos com menor número de vítimas, a participação dos municípios menos desenvolvidos é maior. A considerável porcentagem de centros urbanos mais desenvolvidos nestas faixas é explicada pelo fato de que o número de vítimas diminui conforme os segmentos vão se afastando das áreas centrais das maiores cidades.

Com relação às condições de infraestrutura viária dos trechos urbanos selecionados, a Pesquisa CNT de Rodovias identifica o Estado Geral das rodovias brasileiras de acordo com os fatores viários sinalização, geometria e pavimento, classificados em péssimo, ruim, regular, bom e ótimo (CNT, 2014). A Figura 8 mostra o envolvimento de cada uma das classificações com o número de vítimas. É possível constatar a elevada quantidade de vítimas em trechos em bom estado de conservação, classificados como bom ou ótimo. Contudo, mais da metade dos trechos estava em condições inadequadas, ou seja, condições regulares, ruim ou péssima.

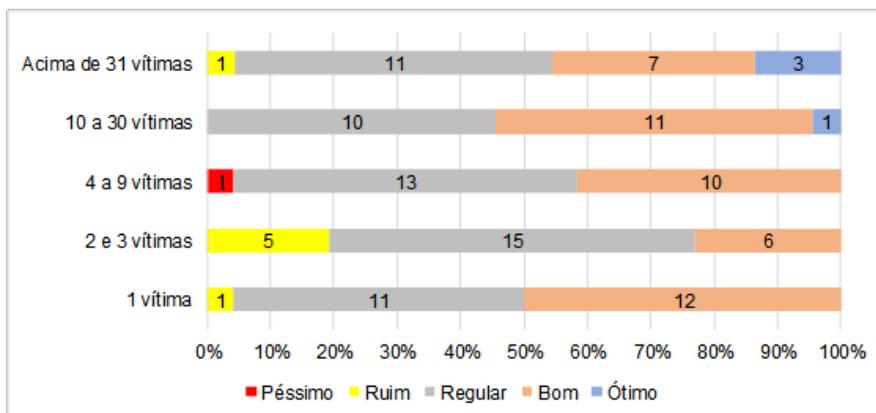


Figura 8. Relação entre a classificação viária e o número de vítimas. Fonte: Elaboração própria.

Razão de Prevalência (RP) das variáveis

Para a verificação da influência das variáveis no número de vítimas, o Quadro 1, com as classificações dos centros urbanos e viárias dos segmentos selecionados, foi introduzido no programa estatístico SPSS25© e gerados os modelos da regressão *Poisson* com função de ligação log.

No modelo de regressão de *Poisson* para as variáveis “Centro urbano”, “IDHM” e “Estado geral”, condições adequadas do estado geral (Bom e Ótimo) apresentaram Razão de Prevalência (RP) maior em relação ao estado geral “Ruim”. A classificação “Regular” obteve RP igual a 2,736, o maior valor. Os testes de *Omnibus* apontaram o modelo como significativo ($p < 0,001$) e o teste de efeito para as variáveis mostrou a associação entre a classificação dos Centros Urbanos, o IDHM e o Estado Geral com o número de vítimas ($p < 0,001$). No Quadro 3 podem ser observados os resultados do modelo.

Quadro 3. Estimativas dos parâmetros: Centro urbano, IDHM e Estado geral em relação ao número de vítimas. Fonte: Elaboração própria.

Parâmetro	Teste de hipótese			RP	95% Intervalo de Confiança de Wald para RP	
	Qui-quadrado de Wald	gl	Sig.		Inferior	Superior
[Modelo=Intercepto]	0,292	1	0,589	1,481	0,357	6,149
[Centro=Capital regional]	17,163	1	0,000	1,311	1,154	1,491
[Centro=Centro de zona]	63,613	1	0,000	0,495	0,416	0,588
[Centro=Centro local]	77,650	1	0,000	0,494	0,422	0,578
[Centro=Centro sub-regional]	5,849	1	0,016	0,829	0,713	0,965
[Centro=Metrópole]	.	.	.	1	.	.
[IDHM=Alto]	12,550	1	0,000	12,348	3,074	49,603
[IDHM=Baixo]	0,967	1	0,325	2,032	0,495	8,353
[IDHM=Médio]	3,359	1	0,067	3,672	0,914	14,759
[IDHM=Muito alto]	27,861	1	0,000	43,301	10,687	175,454
[IDHM=Muito baixo]	.	.	.	1	.	.
[Estado geral=Bom]	20,121	1	0,000	2,024	1,487	2,755
[Estado geral=Ótimo]	5,020	1	0,025	1,493	1,051	2,119
[Estado geral=Péssimo]	0,154	1	0,695	0,842	0,356	1,991
[Estado geral=Regular]	41,843	1	0,000	2,736	2,017	3,711
[Estado geral=Ruim]	.	.	.	1	.	.

Além do estado geral regular, centros regionais tiveram maior RP (igual a 1,3110, em relação às metrópoles) na classificação das áreas urbanas. Centros urbanos com alto e muito alto índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM) obtiveram expressivo valor de RP (iguais a 12,348 e 43,301, respectivamente). Assim, verifica-se a prevalência das vítimas em trechos urbanos de rodovias federais inseridos em maiores e mais desenvolvidos centros urbanos e onde o estado geral da rodovia é regular ou bom.

Também foi verificada a Razão de Prevalência (RP) das classificações dos elementos viários, de forma desagregada. Para a verificação da influência da qualidade dos fatores viários no número de vítimas, os dados completos dos 118 segmentos selecionados foram introduzidos no programa estatístico SPSS25© e gerados os modelos da regressão de *Poisson* com função de ligação log. O Quadro 4 apresenta alguns dos trechos selecionados e exemplifica as classificações obtidas.

Quadro 4. Exemplo de classificação dos trechos selecionados. Fonte: Elaboração própria, baseada em dados da PRF (2015) e CNT, SEST e SENAT (2010, 2011, 2012, 2013, 2014).

Trecho	Sinalização	Geometria	Pavimento	Estado Geral	Vítimas
1	Regular	Regular	Bom	Regular	1
2	Regular	Regular	Bom	Regular	1
3	Regular	Regular	Ótimo	Bom	1
4	Regular	Bom	Bom	Bom	1
5	Regular	Regular	Bom	Regular	1
:	:	:	:	:	:
111	Ótimo	Bom	Ótimo	Ótimo	63
112	Ótimo	Bom	Ótimo	Ótimo	71
113	Regular	Regular	Bom	Regular	113
114	Ótimo	Bom	Ótimo	Ótimo	115
115	Bom	Regular	Bom	Bom	164
116	Regular	Bom	Bom	Regular	291
117	Regular	Regular	Regular	Regular	292
118	Bom	Regular	Bom	Bom	357

As estimativas de parâmetros dos modelos podem ser observadas nos Quadros 5 e 6. Os testes de *Omnibus* apontaram os modelos como significativos ($p < 0,001$), e os testes de efeito mostraram que as variáveis: Estado Geral e Sinalização, Geometria e Pavimento estavam relacionadas com o número de vítimas ($p < 0,001$), em cada uma das análises.

No primeiro modelo, para o Estado Geral (Quadro 5), houve um alto valor da Razão de Prevalência (RP), igual a 11,057, para a classificação “Ótimo”, em relação ao estado geral “Ruim”. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de que números expressivos de vítimas terem acontecidos em trechos de rodovias em condições de conservação adequadas, conforme o observado nos tópicos anteriores. Na amostra aleatória, segmentos classificados como “ótimos” também estão relacionados com quantidades relevantes de vítimas (Figura 8). As classificações “Regular” e “Bom” obtiveram RP semelhantes. O estado geral “Péssimo” apresentado pelo modelo foi não significativo ($p = 0,915$, maior que 0,05).

Quadro 5. Estimativas de parâmetro para o Estado Geral em relação ao número de vítimas. Fonte: Elaboração própria.

Parâmetro	Teste de hipótese			RP	95% Intervalo de Confiança de Wald para RP	
	Qui-quadrado de Wald	gl	Sig.		Inferior	Superior
[Modelo=Intercepto]	148,688	1	0,000	6,286	4,678	8,447
[Estado Geral=Bom]	67,782	1	0,000	3,552	2,627	4,803
[Estado Geral=Ótimo]	219,364	1	0,000	11,057	8,045	15,196
[Estado Geral=Péssimo]	,011	1	0,915	0,955	0,407	2,240
[Estado Geral=Regular]	68,556	1	0,000	3,556	2,633	4,801
[Estado Geral=Ruim]	.	.	.	1	.	.

No segundo modelo, para os fatores viários Sinalização, Geometria e Pavimento (Quadro 6), houve maior Razão de Prevalência (RP = 6,008) para a sinalização “Péssimo” e

para a geometria “Bom” (razão de prevalência igual a 6,374). Observou-se também alta RP da sinalização “Ótimo” em relação à “Ruim”. Ressalta-se que, segundo o modelo, a geometria “Péssimo” possuiu uma RP menor em relação à geometria “Ruim”. Ou seja, enquanto melhores condições do estado geral tendem a estimular a desatenção e comportamentos mais arriscados dos motoristas, em trechos de rodovia com uma geometria pobre o cuidado talvez seja retomado.

Quadro 6. Estimativas de parâmetro para as variáveis Sinalização, Geometria e Pavimento em relação ao número de vítimas. Fonte: Elaboração própria.

Parâmetro	Teste de hipótese			RP	95% Intervalo de Confiança de Wald para RP	
	Qui-quadrado de Wald	gl	Sig.		Inferior	Superior
[Modelo=Intercepto]	8,293	1	0,004	3,001	1,420	6,339
[Sinalização=Bom]	83,482	1	0,000	2,818	2,256	3,519
[Sinalização=Ótimo]	105,778	1	0,000	3,710	2,890	4,763
[Sinalização=Péssimo]	7,877	1	0,005	6,008	1,718	21,015
[Sinalização=Regular]	14,495	1	0,000	1,521	1,226	1,888
[Sinalização=Ruim]	.	.	.	1	.	.
[Geometria=Bom]	273,399	1	0,000	6,374	5,117	7,939
[Geometria=Péssimo]	9,020	1	0,003	0,333	0,162	0,682
[Geometria=Regular]	192,522	1	0,000	3,900	3,218	4,727
[Geometria=Ruim]	.	.	.	1	.	.
[Pavimento=Bom]	0,025	1	0,874	1,066	0,485	2,342
[Pavimento=Ótimo]	2,495	1	0,114	0,527	0,238	1,167
[Pavimento=Péssimo]	.	.	.	1	.	.
[Pavimento=Regular]	4,339	1	0,037	2,304	1,051	5,054
[Pavimento=Ruim]	.	.	.	1	.	.

Quanto ao pavimento, os parâmetros “Bom” e “Ótimo” apresentaram “p” maior que 0,05 (0,874 e 0,114, respectivamente) no teste de significância (Sig.). O pavimento “Regular” apresentou Razão de Prevalência (RP) igual a 2,304. Assim, trechos urbanos de rodovias federais com péssima sinalização, boa geometria e pavimento regular apresentaram maiores valores de RP, de acordo com a regressão multivariada de *Poisson* desenvolvida.

CONCLUSÕES

Identificar os principais elementos que contribuem para a ocorrência de vítimas graves e fatais, em acidentes de trânsito em trechos rodoviários urbanos, foi o objetivo principal do trabalho. Para isto, foi proposta uma abordagem envolvendo rodovias federais brasileiras inseridas em áreas urbanas, e procurou-se verificar a contribuição das condições da infraestrutura viária e das características socioeconômicas das áreas urbanas onde as rodovias estão inseridas, para a ocorrência de vítimas graves e fatais.

O método utilizou, para a avaliação da qualidade dos trechos rodoviários, a classificação da Pesquisa CNT de Rodovias. As características dos ambientes onde as rodovias estavam inseridas foram analisadas de acordo com critérios do Instituto Brasileiro

de Geografia e Estatística (IBGE) e dos Índices de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM).

Segmentos mais perigosos concentraram-se, principalmente, em grandes centros urbanos, em cidades com bom desenvolvimento social e em rodovias com condições regulares de infraestrutura, variáveis que apresentaram também maiores valores de Razão de Prevalência (RP). Esses segmentos estão inseridos em áreas com grande volume de tráfego, seja local ou de passagem, gerados pelas atividades econômicas e educacionais. São áreas em grandes aglomerações urbanas, sendo caracterizadas pelo tamanho e densidade da população, pelo grau de urbanização e coesão interna da área, dada pelos deslocamentos da população para trabalho e estudo (IBGE, 2007). Contudo, mais da metade de todos os segmentos com menos de 30 vítimas estão em municípios classificados como centros locais e a maioria dos trechos em condições inadequadas, o que mostra a necessidade de adequação da infraestrutura viária nas rodovias que atravessam as cidades menores.

De uma forma geral, a maior parte dos trechos urbanos, onde houve elevado número de vítimas, possuía condições adequadas de infraestrutura em seu estado geral, incompatíveis com alto número de acidentes graves. Tal fato também havia sido constatado por Diesel (2005), mesmo após a duplicação da rodovia federal BR-101, em Santa Catarina (SC). Em alguns casos, segmentos classificados como ótimos também apresentaram grande acidentalidade, o que ficou evidenciado pela alta Razão de Prevalência (RP = 11,057) da classificação “ótima” do estado geral, conforme resultados apresentados no Quadro 5. Esses segmentos concentraram-se, principalmente, em grandes centros urbanos, o que sugere uma maior relação com outras variáveis, como volume e composição de tráfego. O envolvimento do volume de tráfego na contribuição para a ocorrência de acidentes de trânsito em rodovias federais também foi relatado por Salvador e Goldner (2009). Na composição de tráfego, destaca-se negativamente o grande envolvimento de motociclistas nos acidentes com maior severidade, conforme relataram Soares *et al.* (2018). Assim, o resultado aponta a necessidade de um aprofundamento específico para cada local, a fim de se descobrir mais precisamente outros fatores que contribuíram para os acidentes mais graves.

Apesar do estado geral da via considerado “bom” em alguns casos, uma das variáveis apresentava-se nos estados “regular”, “ruim” ou “péssimo”. Apenas 20,4% dos segmentos apresentaram condições adequadas no período analisado, ou seja, todos os fatores avaliados em “bom” ou “ótimo” estados de conservação. Falhas na infraestrutura viária em trechos urbanos de rodovias federais, com elevado número de vítimas, já haviam sido apontadas no trabalho de Lima *et al.* (2008).

Na análise da amostra realizada, com os fatores viários desagregados, trechos com péssima sinalização (RP = 6,008), boa geometria (RP = 6,374) e pavimento regular (RP = 2,304) apresentaram maior Razão de Prevalência (RP), ou seja, maior prevalência dessas classificações dos fatores viários em relação às demais avaliações, na ocorrência do número de vítimas em acidentes de trânsito em trechos urbanos das rodovias federais brasileiras. Essa má conservação da sinalização e do pavimento pode estar entre os fatores contribuintes dos acidentes com vítimas graves e fatais.

Dessa forma, os resultados do artigo mostram o potencial para melhorias da infraestrutura rodoviária urbana, principalmente em municípios menores. Destacam, também, a elevada acidentalidade, mesmo em rodovias em condições adequadas, principalmente naquelas situadas em grandes centros urbanos. Evidencia, então, a necessidade de medidas mais eficazes de controle de tráfego. Os modernos processos de gestão do trânsito propõem a responsabilidade de todos os elementos para a construção de um sistema seguro de transportes. Não é aceitável que pessoas morram ou fiquem gravemente

feridas como produtos da mobilidade. Tais incrementos são necessários para que o país possa alcançar melhores índices de segurança viária, compatíveis com as metas propostas pela Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.

Agradecimentos: Os autores agradecem à Polícia Rodoviária Federal brasileira pelo fornecimento dos dados de acidentes utilizados nesta pesquisa. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

BIBLIOGRAFIA

- » Alvarenga, A. M. T. (2015). *Modelos lineares generalizados: aplicação a dados de acidentes rodoviários*, 93 p, Dissertação (Mestrado em Gestão de Informação; Especialização em Gestão e Análise de Dados), Departamento de Estatística e Investigação Operacional, Faculdade de Ciências, da Universidade de Lisboa – Lisboa. Disponível em: <https://repositorio.ul.pt/handle/10451/22827>. Acesso em: 06 mar. 2021.
- » Andriola, C. L.; Torres, T. B.; Garcia, D. S. P. (2019). Influência dos parâmetros geométricos de rodovias na frequência e severidade de acidentes viários em curvas: o caso da BR 116. *Revista Transportes*, v. 27, n. 3, 1-14. <https://doi.org/10.14295/transportes.v27i3.1997>.
- » Antas, P. M.; Vieira, A.; Gonçalo, E. A.; Lopes, L. A. S. (2010). *Estradas: projeto geométrico e de terraplenagem*. 282p. Rio de Janeiro: Editora Interciência.
- » Atlas Brasil (2013). *Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013 – O índice de desenvolvimento humano municipal brasileiro*. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada e Fundação João Pinheiro. 96p. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/acervo/biblioteca>. Acesso em: 11 dez. 2021.
- » Ayati, E.; Abbasi, E. (2011). Investigation on the role of traffic volume in accidents on urban highways. *Journal of Safety Research* 42, 2011. p. 209-214. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2011.03.006>.
- » Bonatto, A. Z. E.; Nodari, C. T. Garcia, D. S. P. (2019). BR Legal: Sinalização e Segurança Viária. *Anais do XXXIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, Associação Nacional de Ensino e Pesquisa em Transportes, 2019. p. 3661-3672, Rio de Janeiro, Brasil. Disponível em: http://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019/Tr%C3%A1fego%20Urbano%20e%20Rodovi%C3%A1rio/Seguran%C3%A7a%20Vi%C3%A1ria%20IV/3_515_AC.pdf. Acesso em: 27 dez. 2021.
- » Carvalho, F. S.; Machado, C. A. S.; Bernucci, L. L. B. Análise da implementação de mistura asfáltica com granulometria do tipo descontínua para redução de acidentes em pista molhada. *Revista Transportes*, v. 28, n. 3, 137-151. <https://doi.org/10.14295/transportes.v28i3.1954>.
- » CNT, SEST, SENAT Confederação Nacional do Transporte, Serviço Social do Transporte, Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte. (2010). Pesquisa CNT de rodovias 2010: relatório gerencial. 273p. Brasília, DF. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/edicoes>. Acesso em: 9 dez. 2021.
- » CNT, SEST, SENAT Confederação Nacional do Transporte, Serviço Social do Transporte, Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte. (2011). Pesquisa CNT de rodovias 2011: relatório gerencial. 328p. Brasília, DF. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/edicoes>. Acesso em: 9 dez. 2021.
- » CNT, SEST, SENAT Confederação Nacional do Transporte, Serviço Social do Transporte, Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte. (2012). Pesquisa CNT de rodovias 2012: relatório gerencial. 408p. Brasília, DF. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/edicoes>. Acesso em: 9 dez. 2021.

- » CNT, SEST, SENAT Confederação Nacional do Transporte, Serviço Social do Transporte, Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte. (2013). Pesquisa CNT de rodovias 2013: relatório gerencial. 389p. Brasília, DF. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/edicoes>. Acesso em: 9 dez. 2021.
- » CNT, SEST, SENAT Confederação Nacional do Transporte, Serviço Social do Transporte, Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte. (2014). Pesquisa CNT de rodovias 2014: relatório gerencial. 388p. Brasília, DF. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/edicoes>. Acesso em: 9 dez. 2021.
- » CNT Confederação Nacional do Transporte. (2018). *Acidentes rodoviários e a infraestrutura*. Confederação Nacional do Transporte. 132p. Brasília, DF. Disponível em: <https://repositorio.itl.org.br/jspui/handle/123456789/170>. Acesso em: 08 mar. 2021.
- » Curry, A. E.; Hafetz, J.; Kallan, M. J.; Winston, F. K.; Durbin, D. R. (2011). Prevalence of teen driver errors leading to serious motor vehicle crashes. *Accident Analysis and Prevention* 43, Issue 4, 2011, 1285-1290. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.10.019>.
- » Diesel, L. E. (2005). *SIG na prevenção a acidentes de trânsito*. 2005. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Florianópolis, SC. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/102187>. Acesso em: 27 dez. 2021.
- » Elvik, R.; Høye, A.; Vaa, T., Sørensen, M. (2015). *O Manual de Medidas de Segurança Viária*. 1.071 p. Madri: Fundación MaPFRE.
- » Eustace, D.; Aylo, A.; Mergia, W. Y. (2015). Crash frequency analysis of left-side merging and diverging areas on urban freeways segments – A case study of I-75 through downtown Dayton, Ohio. *Transportation Research Part C*, 50, 2015. p. 78-85. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2014.07.007>.
- » Ferraz, A. C. P. “C”, Raia Jr., Bezerra, B. S., Bastos, J. T., Silva, K. C. R. (2012). *Segurança Viária*. 322p. São Carlos: Suprema Gráfica e Editora.
- » Golob, T. F.; Recker, W. W. (2003). Relationships Among Urban Freeway Accidents, Traffic Flow, Weather, and Lighting Conditions. *Journal of Transportation Engineering*, Vol. 129, N° 4, July 1, 2003. p. 342-352. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(2003\)129:4\(342\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(2003)129:4(342)).
- » González, C. N. Z.; Maldonado, J. C. H.; Campanella, L. I. R. (2014). Estimación de probabilidades de accidentes basada en estados de tráfico en autopistas urbanas. *Anais do XVIII Congresso Panamericano de Ingeniería de tránsito, transporte e logística – PANAM 2014*, Universidad de Cantabria, Santander, Espanha.
- » Haleem, K.; Gan, A. (2013). Effect of driver’s age and side of impact on crash severity along urban freeways: a mixed logit approach. *Journal of Safety Research* 46, 2013. p. 67-76. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2013.04.002>.
- » Haleem, K.; Gan, A.; Lu, J. (2013). Using multivariate adaptive regression splines (MARS) to develop crash modification factor for urban freeway interchange influence areas. *Accident Analysis and Prevention* 55, 2013. p. 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.02.018>.
- » IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2007). *Projeção da população do Brasil e das Unidades da Federação*. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/>. Acesso em: 26 dez. 2017.

- » IBGE. (2007). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Região de influência das cidades - 2007.
- » ITF International Transport Forum. (2016). *Zero Road Deaths and Serious Injuries: Leading a Paradigm Shift to a Safe System*. Paris: OECD Publishing.
- » Jiang, Y.; Peng, Q. (2012). *The Relationship Between Highways and Urban Roads in Urbanization*. CICTP2012. pp.99-104. <https://doi.org/10.1061/9780784412442.011>.
- » Kassu, A.; Anderson, M. (2019). Analysis of sever and non-sever traffic crashes on wet and dry highways. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives* 2. p. 1-8. <http://doi.org/10.1016/j.trip.2019.100043>.
- » Lima, I. M. O.; Figueiredo, J. C.; Morita, P. A.; Gold, P. (2008). *Fatores condicionantes da gravidade dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras*. Texto para discussão N° 1344, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, Brasília, Brasil. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=4916. Acesso em: 27 dez. 2021.
- » Lima, L. C.; Cruz Júnior, V. S. Fatores associados à ocorrência de acidentes de trânsito no Brasil em 2013. (2017). *Revista Latinoamericana De Población*, v. 11, n. 21, 167-180. <https://doi.org/10.31406/relap2017.v11.i2.n21.7>.
- » Magalhães, A. F.; Lopes, C. M.; Koifman, R. J., Muniz, P. T. (2011). Prevalência de acidentes de trânsito auto-referidos em Rio Branco, Acre. *Revista Saúde Pública* 2011, v. 45, n. 4, 738-744. <https://doi.org/10.1590/S0034-891020110005000031>.
- » Meneses, F. A. B. (2001). *Análise e Tratamento de Trechos Rodoviários Críticos em Ambientes de Grandes Centros Urbanos*. 251 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.
- » MS Ministério da Saúde. (2021). Datasus. MS/SVS/CGIAE - Sistema de Informações sobre Mortalidade – SIM. Disponível em: [http:// http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sim/cnv/obt1ouf.def](http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sim/cnv/obt1ouf.def). Acesso em: 29 nov. 2021.
- » NHTSA National Highway Traffic Safety Administration. (2015). *Traffic Safety Facts 2013*. National Center for Statistics and Analysis U.S. Department of Transportation. Washington, DC. Disponível em: <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/Pubs/812139.pdf>. Acesso em 07 nov. 2015.
- » Peña, C. C. (2011). *Análise da segurança viária em interseções nas rodovias federais de Santa Catarina*. 2011. 259 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/95814>. Acesso em: 27 dez. 2021.
- » Pimenta, C. R. T.; Silva, I.; Oliveira, M. P.; Segantine, P. C. L. (2017). *Projeto Geométrico de Rodovias*. 1ª edição. 327p. Rio de Janeiro: Elsevier.
- » PRF Polícia Rodoviária Federal. (2015). *Estatística de Acidentes nas Rodovias Federais*. Brasília, DF.
- » PRF Polícia Rodoviária Federal. (2021). *Acidentes*. Brasília, DF. Disponível em: <https://www.gov.br/prf/pt-br/acesso-a-informacao/dados-abertos/dados-abertos-acidentes>. Acesso em: 29 nov. 2021.
- » Roess, R. P.; Prassas, E. S.; McShane, W. R. (2011). *Traffic engineering*. 4th ed. Pearson.

- » Salles, L. S.; Pereira, D. S.; Teixeira, D. L. K.; Specht, L. P. (2015). Avaliação retrorrefletiva de pintura de demarcação horizontal: peculiaridades e considerações sobre a norma e os requisitos mínimos nacionais. *Revista Transportes*, v. 23, n. 3, 5-17. <https://doi.org/10.14295/transportes.v23i3.886>.
- » Salvador, D. M.; Goldner, L. G. (2009). Análise dos tipos de acidentes de trânsito nos trechos duplicado e não duplicado da BR-101 em Santa Catarina. In: *CONGRESSO BRASILEIRO DE RODOVIAS & CONCESSÕES 2009*, São Paulo. Rodovias e Concessões 2009, Associação Brasileira de Concessionárias de Rodovias, v1, p.1-12, São Paulo, Brasil.
- » Schmitz, A. (2011). *Proposta Metodológica baseada em GIS para análise de segmentos críticos de rodovia: estudo de caso na BR-285/RS*. 142 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/95657>. Acesso em: 27 dez. 2021.
- » Schmitz, A.; Goldner, L. G. (2010a). Proposta metodológica baseada em GIS para análise de segmentos críticos de rodovia – Estudo de caso na BR – 285. *Anais do XVIII Congresso Panamericano de Ingeniería de tránsito, transporte e logística – PANAM 2010*, Universidade Técnica de Lisboa, CESUR, IST, Lisboa, Portugal.
- » Schmitz, A.; Goldner, L. G. (2010b). Análise Espacial de Segmentos Críticos de Rodovia – Estudo de Caso BR-285 no Sul do Brasil. *Anais do IV Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável – PLURIS 2010*, Faro, Portugal.
- » SENATRAN Secretaria Nacional de Trânsito. (2021). *Frota de veículos*. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-denatran/estatisticas-frota-de-veiculos-senatran>. Acesso em: 29 nov. 2021.
- » Silva, C. M. F. P. (2006). Modelagem dos Acidentes de Trânsito com Vítimas no Município do Rio de Janeiro. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Biomédica) – Programas de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em: http://www.peb.ufrj.br/teses/Tese0028_2006_03_23.pdf. Acesso em: 27 dez. 2021.
- » Silva Jr., S. B.; Ferreira, M. A. G. (2008). Rodovias em áreas urbanizadas e seus impactos na percepção dos pedestres. *Revista Sociedade e Natureza*. v. 20, n.1, p. 221-237. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132008000100015>.
- » Soares, L. C.; Prado, H. A.; Balaniuk, R.; Ferneda, E.; De Bortoli, A. (2018). Caracterização de acidentes rodoviários e as ações governamentais para a redução de mortes e lesões no trânsito – Um estudo de dados da rodovia BR-101 no período de 2014 a 2016. *Revista Transporte y Territorio* 18, p. 182-220 (julio-diciembre 2018). <https://doi.org/10.34096/rtt.i19.5331>.
- » Sousa, L. R.; Zanella, R. A. R.; Konrath, A. C.; Nakamura, L. R.; Vargas, V. C. C. (2021). Adequações na BR-282/SC, travessia urbana de Lajes/SC: uma análise exploratória dos acidentes de trânsito antes, durante e após as obras. *Revista Transporte y Territorio* 24, p. 262-284 (enero-junior 2021). <https://doi.org/10.34096/rtt.i24.7936>.
- » UN. United Nations. (2010). *64/255. Improving global road safety*. Disponível em: http://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/255. Acesso em: 04 dez. 2021.

- » UN United Nations. (2015). *New Sustainable Development Agenda*. Disponível em: http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E. Acesso em: 22 de fev. 2017.
- » UN United Nations. (2020). *Improving global road safety: Resolution adopted by the General Assembly on 31 August 2020*. Disponível em: <https://undocs.org/en/A/RES/74/299>. Acesso em: 05 de mar. 2020.
- » Vasconcellos, E. A. (1999). Urban development and traffic accidents in Brazil. *Accident Analysis and Prevention* 31, 1999. p. 319 – 328. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(98\)00065-7](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(98)00065-7).
- » Velloso, M. S.; Jacques, M. A. P.; Lindau, L. A. (2008). Investigação dos fatores contribuintes de atropelamento de pedestres em rodovias inseridas em áreas urbanas. *Anais do XXII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, Associação Nacional de Ensino e Pesquisa em Transportes, 2008*. p. 1543-1554, Rio de Janeiro, Brasil.
- » Velloso, M. S.; Jacques, M. A. P. (2012). On-the-spot study of pedestrian crashes on Brazilian Federal District rural highways crossing urban areas. *Transportation Research Part F, 15: Traffic Psychology and Behaviour*, 2012. p.588-599. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2012.06.001>.
- » WHO World Health Organization. (2018). *Global status report on road safety 2018*. Genebra. Disponível em: https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/en/. Acessado em 01 nov. 2019.

Cássio Leandro do Carmo / cassio.carmo@uftm.edu.br

Doutor (2019) e Mestre (2013) em Engenharia Urbana pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Graduado em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo (1998). Professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), em Uberaba-MG. Tem experiência na área de Engenharia de Transportes, com ênfase em Segurança Viária.

Archimedes Azevedo Raia Junior / raiajr@ufscar.br

Engenheiro, mestre e doutor em Engenharia de Transportes. Professor Titular aposentado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos. Ex-Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Chefe do DECCiv. Coautor dos livros Segurança Viária, Segurança no Trânsito e Polos Geradores de Viagens orientados à Qualidade de Vida e Ambiental: Modelos e Taxas de Geração de Viagens.