

SINISTROS COM PEDESTRES NAS RODOVIAS FEDERAIS BRASILEIRAS - ANÁLISE DOS FATORES DE RISCO

Evandro Rabelo Fleck
Letícia Schwabe Loewen
Andréa Cristina Konrath
Vera do Carmo Comparsi de Vargas
Lenise Grandó Goldner
Universidade Federal de Santa Catarina

Resumo: A cada ano, mais de 270 mil pedestres perdem a vida em rodovias no mundo e outras milhões de pessoas atropeladas são feridas ou permanentemente incapacitadas. Nas rodovias federais brasileiras são, em média, 850 mortes e 2.600 pedestres lesionados por ano. Para uma adequada proposição de melhorias na segurança dos pedestres, é necessário entender quais fatores de risco estão associados aos atropelamentos. Este trabalho se propõe a analisar, sob o prisma estatístico, os sinistros nas rodovias federais brasileiras que envolveram pedestres com lesão leve, grave ou fatal. O estudo identificou que, na última década, houve redução de 49% nos sinistros envolvendo pedestres e redução de 50% dos óbitos. Homens adultos entre 20 e 59 anos representam a maioria (51%) dos pedestres lesionados ou mortos. Cerca de 63% dos atropelamentos aconteceram em rodovias de característica urbana, sendo a hora de maior ocorrência entre 18h e 19h. Em 2020, pela primeira vez desde 2007, a proporção de pedestres envolvidos nos sinistros em rodovias de pista dupla (45%) superou as ocorrências em pista simples (44%), uma justificativa seria pelo incremento da malha de pista dupla no país, que na última década aumentou em 2.609 km (58%). Constatou-se que o uso do solo e o período em que o sinistro ocorre são as variáveis mais relevantes quanto à severidade e número de fatalidades, dentre as relações estabelecidas no trabalho.

Palavras-Chave: Segurança rodoviária. Sinistro de trânsito. Atropelamento. Análise estatística.

Abstract: Each year, more than 270,000 pedestrians are killed on highways around the world and millions more are injured or permanently disabled. On Brazilian federal highways, there are, on average, 850 deaths and 2,600 pedestrian injuries per year. For an adequate proposition of improvements in pedestrian safety, it is necessary to understand which risk factors are associated with pedestrian collisions. This work proposes to analyze, from a statistical point of view, the accidents on Brazilian federal highways that involved pedestrians with light, serious or fatal injuries. The study identified that, in the last decade, there was a 49% reduction in accidents involving pedestrians and a 50% reduction in deaths. Adult males between the ages of 20 and 59 account for the majority (51%) of pedestrians injured or killed. About 63% of pedestrian accidents took place on urban highways, with the highest occurrence between 6:00 pm and 7:00 pm. In 2020, for the first time since 2007, the proportion of pedestrians involved in accidents on dual-lane highways (45%) exceeded the number of incidents on single-lane highways (44%). In the last decade it has increased by 2,609 km (+58%). It was found that land use and the period in which the accident occurs are the most relevant variables in terms of severity and number of fatalities, among the relationships established in this work.

Keywords: Road safety. Crash. Pedestrian fatalities. Statistical analysis.

1. INTRODUÇÃO

Os pedestres estão entre os usuários mais vulneráveis da estrada, com riscos maiores de sofrer ferimentos graves e vir a óbito do que os motoristas. Este problema é especialmente urgente em áreas urbanas com uma população densa, onde caminhar é indispensável para garantir mobilidade e acessibilidade adequadas para a maioria dos residentes (Dong et al., 2020). Embora a problemática esteja frequentemente associada aos centros urbanos, os números também são alarmantes nas rodovias. Pesquisas indicam um risco maior de morte de pedestres nas rodovias federais brasileiras, quando comparado à ciclistas, ocupantes de motocicleta e automóveis. Tal diagnóstico está ligado à exposição do pedestre, que não possui, por exemplo, a proteção propiciada pela estrutura metálica dos veículos (Junior *et al.*, 2016).

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) (2018), são registrados 1,35 milhão de óbitos, por ano, no trânsito e cerca de 50 milhões de feridos graves. Do total de óbitos, 54% envolvem usuários vulneráveis das vias (pedestres, ciclistas e motociclistas). O levantamento aponta que, em 2016, as mortes de pedestres corresponderam em média a 23% de todas as fatalidades em sinistros de trânsito no mundo. No Brasil, o país ocupa a terceira posição em número de mortes em sinistros de trânsito, superado apenas por Índia e China (OMS, 2018). Dados compilados pelo Observatório Nacional de Segurança Viária, juntamente com a Universidade Federal do Paraná, apontou um percentual de 18% óbitos de pedestres, em 2018, cerca de 6.000 pessoas (Bastos *et al.*, 2020).

Alinhado com a necessidade de se buscar meios para reduzir o número de óbitos no trânsito, foi lançada, em 2011, na conferência da OMS, a “Década de Ação pela Segurança no Trânsito 2011 - 2020”, ou DAST como ficou conhecida no Brasil, com o objetivo incontestável, de reduzir em 50% as vítimas fatais e os feridos no trânsito (Bastos *et al.*, 2020). Passado este primeiro período, já fora lançada a “Segunda Década de Ação para a Segurança no Trânsito 2021-2030” (OMS, 2020), atestando, portanto, a importância que a análise estatística dos dados de sinistros tem tido ao redor do mundo.

Cumprе esclarecer que embora a meta de redução não se refira exclusivamente aos sinistros com pedestres, e mais ainda, nomeadamente em rodovias federais, é conveniente estudá-los, uma vez que, envolvem maior energia (maior velocidade), apresentam maior letalidade do que os acidentes urbanos (Carvalho, 2015). Em outras palavras, comparando com outros tipos de vias, os acidentes em rodovias são frequentemente mais fatais. Da mesma forma, sinistros do tipo atropelamento são mais severos quando comparados às demais ocorrências, além da maior vulnerabilidade do pedestre na hierarquia viária.

Ante o exposto, o presente trabalho se propõe a analisar o número de mortos, feridos graves e feridos leves por sinistros envolvendo pedestres nas rodovias federais brasileiras, assim como as características em que esses eventos ocorrem.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Um sistema seguro de trânsito é formado ao considerar a susceptibilidade de ocorrência de lesões graves, no qual, os pedestres são os mais vulneráveis (Silva *et al.*, 2020). Conforme Shinar (2017), o aumento da probabilidade de sofrer lesões mais severas por parte dos pedestres está associado a dois fatores principais: primeiro, a inexistência de barreira física de proteção entre o tráfego e os pedestres, e segundo, a massa significativamente menor dos

indivíduos em relação aos veículos automotores. Estas características são notadamente agravadas em rodovias, uma vez que as velocidades praticadas são superiores ao meio urbano.

Outro fator importante, é a relação entre velocidade de impacto numa colisão e risco de lesões fatais em pedestres já foi amplamente estudada e mostrou uma correlação positiva entre o aumento do risco com a velocidade. A avaliação de Hussainet *et al.* (2019) evidenciou ainda que o aumento estimado em 1 km/h da velocidade de impacto aumenta as chances de morte de um pedestre, em média, 11%.

No tocante às características do local em que os atropelamentos de pedestres ocorrem, se rural ou urbano, há grande variação de um país para outro. Embora em países de alta renda os atropelamentos ocorram mais em áreas urbanas do que em áreas rurais, o oposto é verdadeiro em alguns países de baixa e média renda. Cerca de 70% de todas as mortes de pedestres na União Europeia e 76% nos Estados Unidos ocorrem em áreas urbanas. Em contraste, um estudo com estudantes universitários no Cairo, Egito, descobriu que os participantes que residiam em áreas rurais eram significativamente mais propensos a sofrer ferimentos em atropelamentos do que aqueles que residiam em áreas urbanas (OMS, 2013).

No Brasil, o trabalho de Silva *et al.* (2020), ao aplicar modelos categóricos para análise exploratória dos níveis de agregação da severidade de sinistros com pedestres, concluiu que um acidente em uma via estadual ou federal apresenta três vezes mais chances de resultar em óbito do pedestre, em comparação com ocorrências em vias municipais. Já o estudo de Lobato (2018), utilizou-se de critérios como a análise da taxa de acidentes e da taxa de severidade dos acidentes, além de medidas estatísticas descritivas, teste de Wilcoxon e dos Mínimos Quadrados Ordinários, para analisar a evolução dos acidentes nas rodovias federais concedidas, e dentre as conclusões, pôde constatar que à medida que o número de veículos pesados em relação aos leves aumenta, há uma diminuição em ambas as taxas, de acidentes e de severidade. Ambos os trabalhos reforçam a importância da análise estatística para se chegar a resultados consistentes.

No presente estudo, optou-se pela análise exploratória dos dados de sinistros como etapa antecedente às análises estatísticas, em que se aplicou o Teste de Associação Qui-Quadrado para verificar a existência de relação entre variáveis qualitativas associadas à severidade em sinistros com pedestres nas rodovias federais brasileiras.

3. METODOLOGIA

Os dados utilizados na pesquisa são provenientes da base da Polícia Rodoviária Federal PRF (2021), com registros a partir de 2007. Até junho de 2015 o apontamento do sinistro era realizado pelo próprio policial por meio do sistema BR-Brasil. Desde então, passou a ser disponibilizado o sistema de Declaração de Acidente de Trânsito (DAT) para registro online pelos próprios usuários envolvidos em sinistros, e não mais atendidos presencialmente pela PRF. Exceto em sinistros relevantes, com envolvimento de feridos e óbitos, que o policial continua a preencher o Boletim de Acidente de Trânsito (PRF, 2020). Em função dessa alteração na forma de cadastro dos sinistros com envolvimento de ilesos, decidiu-se por retirar 1.202 registros de pedestres ilesos da base e das análises realizadas no estudo, devido à possível existência de subnotificação a partir de 2015.

Cabe pontuar uma limitação associada ao número de óbitos conexos ao acidente, em que a PRF contabiliza apenas os números que aconteceram no local do sinistro, ou seja, não há um acompanhamento do estado da vítima e possíveis complicações decorrentes das lesões sofridas em momento posterior à ocorrência. Contudo, considerando que os limites de

velocidade nas rodovias federais são mais elevados do que em vias urbanas, os acidentes tendem a ser mais graves, e por isso, avalia-se que o sub-registro dos dados é mais baixo em rodovias do que em outras vias (Barroso Junior *et al.*, 2016).

Ante o exposto, foram extraídos do site da PRF os registros agregados por pessoa envolvida em cada sinistro, por ano, de 2007 a 2020. Essa agregação permite distinguir, entre todos os envolvidos, aqueles que foram cadastrados como pedestres e, assim, sua melhor caracterização. Também permite contabilizar não somente os pedestres vítimas de sinistros do tipo atropelamento, mas também outros que foram envolvidos em capotamentos, saídas de pista, entre outros. Tais sinistros, embora não dependam de um pedestre para que ocorra, podem afetar indivíduos que estejam no local no momento do evento. Os campos indicados nos registros da base como “ignorado”, “não informado” ou deixados em branco, foram excluídos, por serem indicativos de possíveis erros no preenchimento. Portanto, o total de envolvidos em sinistros com pedestres passou inicialmente de 65.735 indivíduos para 47.851.

Em seguida, buscou-se identificar as principais características associadas à ocorrência dos sinistros envolvendo os pedestres e potenciais elementos que agravam a severidade das lesões. Para isso foi empregado o teste estatístico de associação Qui-Quadrado, que permite avaliar a significância da associação entre duas variáveis qualitativas (Barbetta, 2014).

Foram selecionadas as principais variáveis associadas à severidade das lesões sofridas pelos pedestres (Tabela 1), formuladas as hipóteses de pesquisa e avaliadas no Teste de Associação Qui-Quadrado. A variável principal, grau de severidade das lesões, foi dividida entre feridos leves, feridos graves e óbitos, conforme classificação registrada no banco de dados da PRF. Posteriormente, a variável principal foi testada com outras variáveis da dinâmica no momento da ocorrência do sinistro, como as associadas diretamente ao pedestre (faixa etária e sexo), atreladas ao local do sinistro (tipo de uso do solo, traçado e pista) ou atributos específicos do momento da ocorrência (dia da semana e horário). Em seguida, selecionou-se como variável principal a severidade “óbito” e testada com as mesmas variáveis verificadas.

Tabela 1 - Variáveis submetidas ao teste de associação em relação ao “grau de severidade” e “fatalidade”

Fatores de Associação	Variável	Categorias
Pedestre	Faixa etária	- Jovem (0 a 19 anos) - Adulto jovem (20 a 39 anos) - Adulto (40 a 59 anos) - Idoso (60 anos ou mais)
	Sexo	Masculino / Feminino
Tempo	Horário	- Pico manhã (07:00 - 09:59) - Pico tarde (17:00 - 19:59) - Noite (20:00 - 06:59)
	Dia da semana	Dia de Semana / Final de semana
Ambiental ou via	Uso do solo	Urbano / Rural
	Traçado da rodovia	Curva / Rural / Interseção
	Tipo de pista	Pista simples / Pista dupla / Pista múltipla

Fonte: os autores

Para o Teste de Associação Qui-Quadrado, adotou-se o nível de significância igual a 5% ($\alpha = 0,05$). Tal parâmetro representa o risco tolerável do erro de rejeitar a hipótese nula, quando esta é verdadeira (Barbetta, 2014). Foram testadas a hipótese nula (H_0), em que não há associação entre as variáveis principais e as variáveis verificadas, e a hipótese alternativa (H_1), onde há associação entre as variáveis.

O critério para rejeição da hipótese nula (H_0) depende do resultado da probabilidade (p-valor) ser inferior ao nível de significância ($\alpha = 0,05$). Assim, para as variáveis onde rejeitou-se a hipótese nula, consequentemente, provou-se associação estatística. Caso contrário ($p > \alpha$) aceita-se H_0 e infere-se que os dados não mostram evidência para afirmar H_1 .

Assim, para as variáveis onde rejeitou-se a hipótese nula e, consequentemente, provou-se associação estatística, foi realizado o teste de contingência modificado, que permite quantificar a associação (grau de dependência) entre duas variáveis qualitativas. O Coeficiente de Contingência Modificado (C^*) varia de zero (completa independência) até 1 (associação perfeita). Após a obtenção dos valores de χ^2 , o coeficiente é calculado, conforme a equação (1). Quanto maior o coeficiente, mais forte é o grau de associação entre as variáveis, respeitando o seguinte critério: fraco ($0 < C^* < 0,3$), moderado ($0,3 \leq C^* < 0,7$) e forte ($0,7 \leq C^*$) (Santos e Furtado, 2021).

$$C^* = \sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2 + N}} \sqrt{\frac{k}{k-1}} \quad (1)$$

Em que, χ^2 é a estatística Qui-Quadrado, calculada a partir das frequências observadas e esperadas a partir da tabela de contingências; N é o total de observações da tabela de contingência e k é o menor valor entre o número de linhas e colunas da tabela de contingência. Os procedimentos computacionais foram realizados no software R (R Core Team, 2022).

4. RESULTADOS E ANÁLISES

Neste tópico são apresentados os resultados da caracterização e análise dos sinistros envolvendo pedestres, os resultados estatísticos obtidos nos testes de associação Qui-Quadrado e seu grau de associação entre as variáveis principais e as variáveis verificadas.

4.1. EVOLUÇÃO DOS SINISTROS COM PEDESTRES

De 2007 a 2020, foram registrados 45.043 sinistros com pedestres na base da PRF, equivalente a 3.217 sinistros por ano, em média. Quando comparados os sinistros em 2010 e 2020, verifica-se uma redução de 49%. Com exceção de 2017 e 2019, os sinistros sofreram quedas todos os anos, conforme Tabela 2. A relação dessa redução com as ações da Décadas de Ação pela Segurança no Trânsito (DAST) deve ser melhor estudada. Ainda, é prudente considerar que os sinistros em 2020 podem estar subestimados em função da pandemia do COVID, onde ocorreu restrição na circulação das pessoas.

Tabela 2 - Número de sinistros e de pedestres envolvidos por grau de severidade da lesão

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Sinistros														
Total	3.420	3.601	3.724	4.205	4.021	3.632	3.402	3.179	2.819	2.673	2.926	2.628	2.666	2.147
Variação %		5,3	3,4	12,9	-4,4	-9,7	-6,3	-6,5	-11,3	-5,2	9,5	-10,2	1,4	-19,5
Pedestres envolvidos em sinistros														
F. leve	1.169	1.202	1.226	1.525	1.451	1.303	1.227	1.136	1.002	989	1.290	1.206	1.055	806
F. grave	1.570	1.685	1.757	1.786	1.692	1.521	1.400	1.336	1.236	1.095	1.084	1.040	1.073	856
Óbitos	990	931	993	1.183	1.124	1.029	959	881	777	730	736	621	691	588
Total	3.729	3.818	3.976	4.494	4.267	3.853	3.586	3.353	3.015	2.814	3.110	2.767	2.819	2.250
Variação %		2,4	4,1	13,0	-5,0	-9,7	-6,9	-6,5	-10,1	-6,7	10,5	-11,0	1,9	-20,2

Fonte: Base de dados da PRF e elaborado pelos autores.

No mesmo período, 47.851 pedestres se envolveram em sinistros nas rodovias federais, numa média anual de 3.418 pedestres. O máximo de pedestres sinistrados ocorreu em 2010, com 4.494 indivíduos, e o mínimo em 2020, com 2.250 pedestres, conforme ilustra a Tabela 2. Quando comparados os anos de 2010 e 2020, a redução de pedestres envolvidos em sinistros é de 50%. Comparando-se os anos de 2010 e 2019, último ano antes do início dos efeitos da pandemia do COVID, a redução é inferior, cerca de 37%. A partir de 2010, a variação anual média foi de -6,4% no número de pedestres envolvidos em sinistros, com lesão ou óbito.

A Tabela 2 apresenta ainda a distribuição dos pedestres envolvidos em sinistros por grau de severidade da lesão (feridos leves, feridos graves e óbitos). Entre 2010 a 2020, houve redução no número de pedestres envolvidos em sinistros em todos os níveis de grau de severidade, chegando a -47,1% em feridos leves, -52,1% em feridos graves e -50,3% em óbitos.

Mesmo diante das reduções observadas nos números de sinistros e de envolvidos, nenhuma vida perdida no trânsito é aceitável, e por isso, a compreensão de certas características em que esses eventos ocorrem é fundamental para promover a continuidade das diminuições nos números de feridos graves e vítimas fatais.

4.2 CARACTERÍSTICAS DOS SINISTROS COM PEDESTRES

Estudando a faixa etária dos pedestres lesionados ou fatalmente atingidos nos sinistros, observou-se que, em média, jovens representam 13,5%, adultos jovens são 35,7%, adultos 33,7% e idosos são 17,1%. A Figura 1 apresenta a evolução, desde 2007, do total de pedestres por faixa etária envolvidos em sinistros nas rodovias federais.

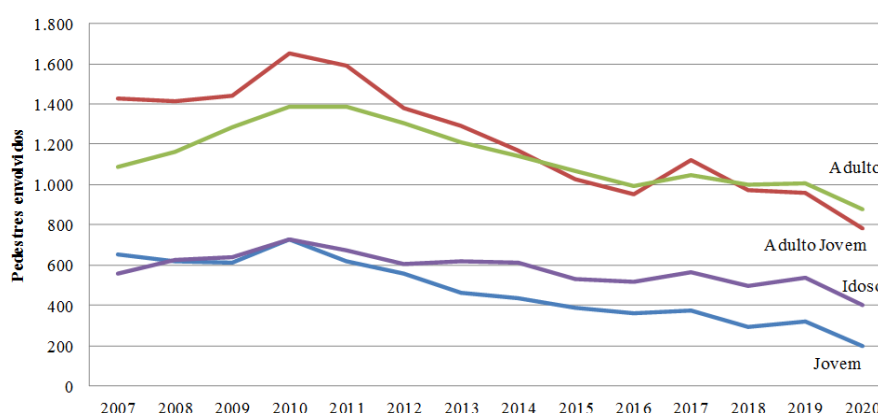


Figura 1 - Evolução do total de pedestres envolvidos em sinistro por faixa etária

Fonte: Base de dados da PRF e elaborado pelos autores.

Ao separar os pedestres envolvidos por faixa etária e por grau de severidade da lesão, nota-se que a população adulta é a que apresenta o maior número absoluto de lesões graves e fatais (Tabela 3). No entanto, os idosos apresentam uma maior chance de sofrer lesões graves e vir a óbito, quando avaliada a distribuição percentual de cada faixa etária.

Tabela 3 - Número de pedestres envolvidos e distribuição percentual por faixa etária e severidade

Faixa Etária	Feridos Leves	Feridos Graves	Óbitos	Total
Jovem	2.921 (44,1%)	2.649 (40,0%)	1.050 (15,9%)	6.620 (13,8%)
Adulto Jovem	6.291 (36,6%)	6.800 (39,6%)	4.084 (23,8%)	17.175 (35,9%)
Adulto	5.122 (32,1%)	6.265 (39,3%)	4.568 (28,6%)	15.955 (33,3%)
Idoso	2.153 (26,6%)	3.417 (42,2%)	2.531 (31,2%)	8.101 (16,9%)
Total	16.487 (34,4%)	19.131 (40%)	12.233 (25,6%)	47.851 (100%)

Fonte: Base de dados da PRF e elaborado pelos autores.

Com relação ao gênero dos pedestres lesionados ou fatalmente atingidos nos sinistros, observou-se que não há mudança significativa na participação de homens e mulheres, entre 2007 a 2020. Os homens representaram em média 72% dos envolvidos, chegando no máximo a 76,3%, em 2020, e no mínimo a 70,1%, em 2008. Esse patamar se replica nas faixas etárias idoso, adulto e adulto jovem, sendo mais equilibrada nos jovens, conforme ilustra a Figura 2.

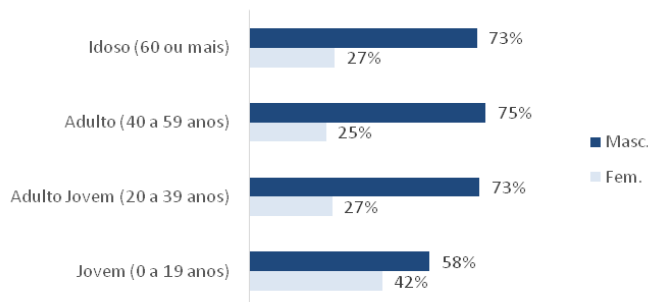


Figura 2 - Distribuição percentual do gênero dos pedestres envolvidos em sinistros por faixa etária
Fonte: Base de dados da PRF e elaborado pelos autores.

Em seguida, passou-se a avaliar os fatores temporais dos sinistros, com enfoque nos dias da semana e na hora das ocorrências. O pico, para todos os anos, ocorreu nas sextas-feiras e aos finais de semana, na comparação em linha, conforme observa-se na Tabela 4.

Tabela 4 - Evolução da distribuição de pedestres envolvidos em sinistros por dia da semana

Ano	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	DOM
2007	13,1%	13,5%	11,0%	11,8%	15,8%	17,5%	17,2%
2008	12,1%	13,1%	12,4%	12,2%	16,4%	16,3%	17,5%
2009	12,4%	11,9%	12,4%	12,5%	16,3%	17,4%	17,1%
2010	13,1%	12,2%	12,4%	12,9%	15,1%	17,9%	16,4%
2011	12,2%	11,6%	13,1%	13,1%	15,7%	17,6%	16,7%
2012	13,0%	11,6%	12,8%	12,7%	16,2%	18,3%	15,3%
2013	12,9%	12,5%	13,2%	12,7%	16,1%	15,9%	16,6%
2014	13,2%	12,7%	12,2%	13,5%	17,0%	16,0%	15,4%
2015	12,4%	11,9%	12,8%	13,4%	16,6%	17,4%	15,5%
2016	13,7%	11,8%	12,2%	13,2%	16,0%	16,3%	16,8%
2017	12,5%	11,9%	13,9%	12,6%	15,8%	17,4%	15,8%
2018	11,9%	13,6%	13,6%	14,0%	17,1%	14,9%	14,9%
2019	13,6%	12,8%	12,6%	12,0%	15,8%	17,5%	15,7%
2020	13,9%	12,8%	12,5%	12,8%	16,3%	16,2%	15,4%
Média	12,9%	12,4%	12,7%	12,8%	16,2%	16,9%	16,2%

Fonte: Base de dados da PRF e elaborado pelos autores.

Com relação ao horário das ocorrências, observou-se, conforme apresentado na Tabela 5, que o maior número de pedestres envolvidos em sinistros e que sofrem lesões ou vão a óbito ocorre entre 18h e 20h. Essas três horas concentram 20,8% de todos os pedestres que se envolvem em sinistros. Entre 23h e 5h, a proporção de ocorrências é pequena para qualquer tipo de severidade de lesão.

Tabela 5 - Distribuição percentual de pedestres envolvidos em sinistros por grau de severidade (em %)

Hora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
F. Leves	0,5	0,3	0,3	0,3	0,4	0,6	1,1	1,8	1,5	1,2	1,3	1,4	1,3	1,3	1,4	1,5	1,8	2,6	4,2	3,3	2,1	1,8	1,4	0,8
F. Graves	0,8	0,5	0,4	0,4	0,6	0,8	1,2	1,5	1,4	1,3	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,6	1,9	2,9	5,2	4,1	3,1	2,5	1,7	1,2
Óbitos	0,8	0,6	0,5	0,5	0,8	0,9	0,8	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	1,1	3,3	3,2	2,6	2,0	1,6	1,1

Fonte: Base de dados da PRF e elaborado pelos autores.

Avaliando os dados por hora entre os dias da semana, constatou-se que durante a madrugada (00h e 06h) estão os horários de menor incidência de sinistros envolvendo

pedestres. No período matutino, o pico acontece às 7h ao longo da semana, e é bem distribuído nos finais de semana. No período da tarde, o pico ocorre às 18h, conforme Tabela 6.

Tabela 6 - Distribuição percentual de pedestres envolvidos em sinistros por hora do dia (em %)

Dia	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
SEG	2,6%	1,5%	1,2%	1,2%	1,4%	2,5%	4,1%	5,5%	4,4%	3,5%	3,9%	4,3%	3,9%	4,0%	3,6%	3,7%	4,4%	7,9%	12,4%	9,5%	6,5%	5,2%	3,3%	2,3%
TER	1,4%	0,9%	0,7%	0,9%	1,0%	2,1%	3,2%	5,7%	4,5%	3,2%	3,7%	4,0%	4,1%	4,0%	4,1%	4,0%	4,2%	7,6%	12,2%	9,3%	6,5%	5,9%	4,2%	2,5%
QUA	1,1%	1,0%	0,7%	0,5%	1,0%	2,0%	3,5%	4,9%	4,1%	3,6%	3,4%	4,0%	3,7%	3,3%	4,2%	3,8%	4,8%	7,7%	13,7%	10,3%	6,2%	5,6%	4,4%	2,5%
QUI	1,7%	1,1%	1,1%	0,6%	1,4%	1,8%	3,7%	5,2%	4,4%	3,5%	3,2%	3,5%	3,4%	3,6%	3,7%	4,2%	4,3%	6,7%	13,2%	9,5%	7,3%	5,5%	4,6%	2,8%
SEX	1,3%	0,8%	0,9%	0,8%	1,0%	1,7%	3,0%	4,1%	3,5%	3,2%	2,9%	3,1%	3,1%	3,1%	3,5%	3,5%	5,1%	7,0%	13,2%	10,8%	8,3%	6,8%	5,4%	4,0%
SAB	2,6%	2,0%	1,8%	1,6%	2,6%	2,4%	2,6%	2,4%	2,7%	2,9%	2,9%	3,2%	3,0%	3,1%	3,5%	3,7%	3,8%	4,7%	11,4%	11,1%	9,3%	6,7%	5,4%	4,5%
DOM	3,8%	2,5%	2,2%	2,8%	3,5%	3,2%	2,2%	1,5%	1,4%	1,7%	1,9%	2,1%	2,0%	2,2%	2,8%	3,4%	4,5%	5,7%	13,5%	12,6%	9,2%	7,3%	5,2%	2,9%

Fonte: Base de dados da PRF e elaborado pelos autores.

Quanto aos fatores inerentes à via, tais como o uso do solo do entorno e o tipo de pista, constatou-se que a maioria dos sinistros que envolveram pedestres, lesionados ou fatalmente atingidos, ocorreu em rodovias de característica urbana, com valores que variam de 63%, em 2020, a 73%, em 2010, conforme ilustra a Figura 3. Em rodovias rurais, os percentuais saíram de 27%, em 2010, a 37%, em 2020, sendo a média igual a 31%. Embora os sinistros aconteçam majoritariamente em meio urbano, levanta-se a hipótese de que os ocorridos em meio rural, em função das características do meio, sejam mais letais. Tal avaliação foi realizada na seção seguinte, por teste de hipóteses.

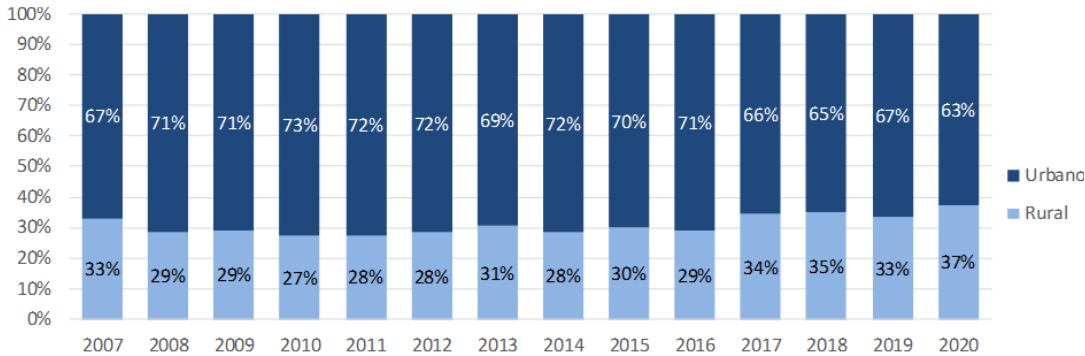


Figura 3 - Evolução da distribuição de pedestres envolvidos em sinistros por uso do solo da ocorrência

Fonte: Base de dados da PRF e elaborado pelos autores.

Com relação ao tipo de pista no local do sinistro, constatou-se uma mudança sensível entre 2007 e 2020, conforme ilustra a Figura 4. Percebe-se que, pela primeira vez desde 2007, em 2020 a proporção de pedestres, lesionados ou que vieram a óbito, envolvidos em sinistros em rodovias do tipo pista dupla (45%) superou as ocorrências em pista simples (44%). Já em faixas múltiplas, a concentração de vítimas é consideravelmente inferior.

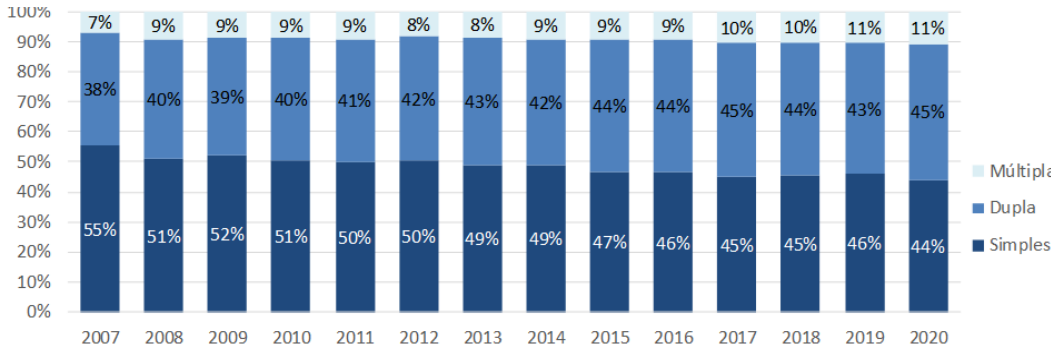


Figura 4 - Evolução da distribuição de pedestres envolvidos em sinistros por tipo de pista da ocorrência

Fonte: Base de dados da PRF e elaborado pelos autores.

Uma justificativa para o maior número de sinistros em rodovias duplicadas, seria devido ao aumento dessa malha no país, que na última década ganhou 2.609 km (+58%), passando de 4.516 km, em 2010, para 7.125 km, em 2020, conforme Tabela 7.

Tabela 7 - Evolução da extensão (em km) da malha rodoviária federal DUPLICADA

Tipo	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Dupla	4.516	5.138	5.183	5.202	5.593	6.221	6.351	6.407	6.931	7.072	7.125

Fonte: Sistema Nacional de Viação (SNV) - DNIT.

4.3 TESTE DE ASSOCIAÇÃO DE VARIÁVEIS

Os resultados obtidos nos testes de associação das variáveis verificadas em relação ao grau de severidade encontram-se expressos na Tabela 8, junto às variáveis verificadas, os graus de liberdade, os valores de χ^2 e p-valores obtidos, a comparação com o parâmetro α (0,05) e a conclusão quanto ao aceite ou rejeição da hipótese nula H_0 . Para os casos da hipótese nula ser rejeitada, calculou-se o coeficiente de contingência (C^*) e obtido o grau de associação.

Tabela 8 - Resultados dos testes de associação das variáveis em relação ao grau de severidade

Variável	Grau de liberdade	χ^2	p-valor	p< α (0,05)	Decisão	C^*	Grau de Associação
Faixa etária	4	813,3	$2,2e^{-16}$	sim	Rejeita-se H_0	0,15	Fraco
Sexo	2 (M/F)	568,8	$2,2e^{-16}$	sim	Rejeita-se H_0	0,15	Fraco
Pico manhã (07:00 - 09:59)	2 (s/n)	362,4	$2,2e^{-16}$	sim	Rejeita-se H_0	0,12	Fraco
Pico tarde (17:00 - 19:59)	2 (s/n)	7,9	0,02	sim	Rejeita-se H_0	0,02	Fraco
Noite (20:00 - 06:59)	2 (s/n)	1.314,8	$2,2e^{-16}$	sim	Rejeita-se H_0	0,23	Fraco
Dia da semana	2 (S/F)	220,3	$2,2e^{-16}$	sim	Rejeita-se H_0	0,10	Fraco
Uso do solo	2 (U/R)	1.477,4	$2,2e^{-16}$	sim	Rejeita-se H_0	0,24	Fraco
Traçado em curva	2 (s/n)	32,8	$7,3e^{-8}$	sim	Rejeita-se H_0	0,04	Fraco
Traçado em reta	2 (s/n)	24,4	$5,1e^{-6}$	sim	Rejeita-se H_0	0,03	Fraco
Interseção	2 (s/n)	291,5	$2,2e^{-16}$	sim	Rejeita-se H_0	0,11	Fraco
Tipo de Pista	3 (D/S/M)	81,4	$2,2e^{-16}$	sim	Rejeita-se H_0	0,05	Fraco
Pista simples	2 (s/n)	1,5	0,46	não	Aceita-se H_0	-	-
Pista dupla	2 (s/n)	29,0	$4,9e^{-7}$	sim	Rejeita-se H_0	0,03	Fraco
Pista múltipla	2 (s/n)	70,1	$5,9e^{-16}$	sim	Rejeita-se H_0	0,05	Fraco

Fonte: elaborado pelos autores.

Em resumo, conclui-se que apenas a associação da variável grau de severidade com pista simples não pode ser provada estatisticamente, sendo que em todas as demais há dependência das variáveis verificadas com o grau de severidade das lesões sofridas pelos pedestres. Porém, ao realizar o teste de contingência modificado, com o intuito de observar o grau de associação entre as variáveis, verificou-se que todas as associações são classificadas como de grau fraco. Não sendo, portanto, observadas associações de grau moderado ou forte para estas variáveis verificadas em relação à severidade das lesões.

Com relação aos resultados obtidos nos testes de associação das variáveis verificadas para a fatalidade (óbitos), apresentados na Tabela 9, verificou-se que apenas nas variáveis pico da tarde e pista simples não houve associação estatística. Para as demais variáveis, comprovou-se estatisticamente que há associação significativa com a fatalidade nos sinistros. Porém, ao realizar o teste de contingência modificado, não se verificou nenhum grau de associação moderado ou forte, o que resultou numa associação fraca entre as variáveis.

Tabela 9 - Resultados dos testes de associação das variáveis em relação à fatalidade

Variável	Grau de liberdade	χ^2	p-valor	$p < \alpha$ (0,05)	Decisão	C*	Grau de Associação
Jovem (0 a 19 anos)	2 (s/n)	380,2	$2,2e^{-16}$	sim	Rejeita-se H_0	0,13	Fraco
Adulto jovem (20 a 39 anos)	2 (s/n)	44,9	$2,1e^{-11}$	sim	Rejeita-se H_0	0,04	Fraco
Adulto (40 a 59 anos)	2 (s/n)	118,2	$2,2e^{-16}$	sim	Rejeita-se H_0	0,07	Fraco
Idoso (60 ou mais)	2 (s/n)	165,2	$2,2e^{-16}$	sim	Rejeita-se H_0	0,08	Fraco
Sexo	2 (M/F)	441,2	$2,2e^{-16}$	sim	Rejeita-se H_0	0,14	Fraco
Pico manhã (07:00 - 09:59)	2 (s/n)	277,2	$2,2e^{-16}$	sim	Rejeita-se H_0	0,11	Fraco
Pico tarde (17:00 - 19:59)	2 (s/n)	1,6	0,21	não	Aceita-se H_0		
Noite (20:00 - 06:59)	2 (s/n)	1.224,6	$2,2e^{-16}$	sim	Rejeita-se H_0	0,22	Fraco
Dia da semana	2 (S/F)	175,4	$2,2e^{-16}$	sim	Rejeita-se H_0	0,09	Fraco
Uso do solo	2 (U/R)	1.409,6	$2,2e^{-16}$	sim	Rejeita-se H_0	0,24	Fraco
Traçado em curva	2 (s/n)	5,8	0,015	sim	Rejeita-se H_0	0,02	Fraco
Traçado em reta	2 (s/n)	24,4	$7,9e^{-7}$	sim	Rejeita-se H_0	0,03	Fraco
Interseção	2 (s/n)	211,2	$2,2e^{-16}$	sim	Rejeita-se H_0	0,09	Fraco
Tipo de Pista	3	80,0	$2,2e^{-16}$	sim	Rejeita-se H_0	0,05	Fraco
Pista simples	2 (s/n)	0,23	0,63	não	Aceita-se H_0	-	-
Pista dupla	2 (s/n)	28,4	$9,6e^{-8}$	sim	Rejeita-se H_0	0,03	Fraco
Pista múltipla	2 (s/n)	69,6	$2,2e^{-16}$	sim	Rejeita-se H_0	0,05	Fraco

Fonte: elaborado pelos autores.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na avaliação das três categorias, pedestre envolvido, local e momento do sinistro, verificou-se, por meio da análise exploratória, dos Testes de Associação Qui-Quadrado e do teste de contingência modificado, que:

- Houve redução de 49% nos sinistros envolvendo pedestres nas rodovias federais brasileiras ao longo da última década (2010 a 2020) assim como redução de 50% dos óbitos de pedestres. A partir de 2010, a variação anual média foi de -6,4% no número de pedestres, lesionados ou mortos, envolvidos em sinistros.
- Homens adultos, entre 20 e 59 anos, representam a maioria dos pedestres envolvidos nos sinistros, correspondendo a 51%. Quando incluídas as mulheres, os adultos passaram a representar 63%.
- Entre 2007 e 2020, não houve mudança significativa na participação de pedestres homens (72%) ou mulheres (28%) envolvidos em sinistros. Mesmo entre as faixas etárias analisadas essa proporção se manteve entre adultos e idosos, com exceção dos jovens em que homens são 58% e mulheres 42%.
- Apesar da população adulta apresentar o maior número absoluto de lesões graves e fatais, os idosos tiveram a maior proporção de óbitos, quando avaliada a distribuição percentual de cada faixa etária.
- Em todos os anos avaliados, o pico de sinistros envolvendo pedestres ocorreu nas sextas-feiras e nos finais de semana. Nesses três dias se concentraram, em média, 49% dos sinistros.

- Em todos os dias da semana, a hora pico de sinistros envolvendo pedestres, com lesão ou óbitos, foi entre 18h e 19h. E em cinco horas do dia, entre 17h e 22h, houve a concentração de 44% desses sinistros.
- Entre 06h e 17h, em dias de semana, a proporção de pedestres lesionados ou mortos se manteve estável e na madrugada (00h e 06h) foi o horário de menor incidência de sinistros com pedestres.
- Desde 2007 até 2020, em média, 63% dos sinistros que envolveram pedestres, lesionados ou fatalmente atingidos, ocorreram em rodovias com característica urbana.
- Em 2020, pela primeira vez desde 2007, a proporção de pedestres, lesionados ou que vieram a óbito, envolvidos em sinistros em rodovias do tipo pista dupla (45%) superou as ocorrências em pista simples (44%). Uma justificativa para isso seria o aumento da malha de pista dupla em operação no país, que na última década ganhou 2.609 km (+58%), passando de 4.516 km, em 2010, para 7.125 km, em 2020.
- A depender da faixa etária, a proporção de lesões graves e fatalidades são significativamente distintas. Entre idosos, a proporção de ferimentos graves e óbito é superior às demais.
- Não foi possível comprovar estatisticamente a relação entre o grau de severidade da lesão e a ocorrência em pista simples, diferente do que acontece para pistas duplas e múltiplas, em que é possível provar essa relação.
- Há relação entre o grau de gravidade da lesão e o horário e dia da semana em que ocorrem.

Em todas as relações de variáveis qualitativas avaliadas para o qual a decisão rejeitou H_0 e, portanto, avaliou-se o grau de associação, os coeficientes resultantes denotam um grau fraco de associação entre essas variáveis, embora sejam estatisticamente significativas. As características de maior relevância quanto à severidade do sinistro foram, em ordem, o uso do solo e a ocorrência em período noturno (20:00 - 06:59), semelhante ao resultado obtido quando avaliado em relação às fatalidades.

Ante o exposto, este trabalho atingiu seus objetivos no que tange a avaliação das características e associações entre variáveis dos sinistros envolvendo pedestres. Alguns aspectos não avaliados no estudo e que são sugestões para ampliar os resultados são a consideração do volume de tráfego e sua evolução ao longo do período, além de alterações na geometria da via, que tenham impactado em aumento de capacidade.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBETTA, Pedro Alberto. **Estatística Aplicada às Ciências Sociais**. 9ª ed., Florianópolis: Editora da UFSC, 2014.

BASTOS, J. T.; GARONCE, F. Desempenho Brasileiro na Década de Ação pela Segurança no Trânsito. 2020.

CARVALHO, C. H. R. Acidentes de transportes terrestres no Brasil: uma tragédia anunciada. **Revista Desafios do Desenvolvimento - IPEA**, Brasília, Ano 12, n.85, p. 53, 2015.

DONG, N.; MENG, F.; ZHANG, J.; WONG, S. C.; XU, P. Towards activity-based exposure measures in spatial analysis of pedestrian–motor vehicle crashes. **Accident Analysis and Prevention**. v.148, 2020.

HUSSAIN, Q.; FENG, H.; GRZEBIETA, R.; BRIJS, T.; OLIVIER, J. The relationship between impact speed and the probability of pedestrian fatality during a vehicle-pedestrian crash: A systematic review and meta- analysis. **Accident Analysis and Prevention**, v.129, p. 241-249, 2019.

JUNIOR, G. T. B.; BERTHO, A. C. S.; VEIGA, A. C. A letalidade dos acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v.36, p. 1-22, 2019.

LOBATO, Cláudio Renê Valadares. **Análise dos Acidentes nas Rodovias Federais no Brasil**. Dissertação (Mestrado) Geotecnia e Transportes. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Pedestrian safety: a road safety manual for decision-makers and practitioners**. Geneva: World Health Organization. 2013.

_____. **Global status report on road safety**. Geneva: World Health Organization. 2018.

_____. **Stockholm Declaration. Third Global Ministerial Conference on Road Safety: Achieving Global Goals 2030**. Estocolmo, Suécia: World Health Organization. 2020.

POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL. Declaração de Acidente de Trânsito - DAT. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/prf/pt-br/servicos/acidentes/declaracao-de-acidente-de-transito>. Acesso em: 31 ago.2022.

_____. Dados Abertos. 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/prf/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos>. Acesso em: 31 ago.2022.

R CORE TEAM. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. 2022.

SANTOS, Guilherme P.; FURTADO, Igor G. Associação de Variáveis Qualitativas em Acidentes na Rodovia BR-101: o Trecho de Santa Catarina. In.: 35º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte (ANPET), 2021, 100% Digital. **Anais**.

SHINAR, David. **Traffic Safety and Human Behavior**. 2ª ed., Beersheba: Emerald Publishing Limited, 2017.

SILVA, Mateus N.; CUNTO, Flávio J. C.; GOMES, Marcos J. T. L. Modelos Categóricos Aplicados à Análise Exploratória dos Níveis de Agregação da Severidade de Acidentes com Pedestres em Áreas Urbanas. In: 34º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte (ANPET), 2020, 100% Digital. **Anais**.