

Associação de variáveis qualitativas em acidentes na rodovia BR-101: o trecho de Santa Catarina

Association of qualitative variables in accidents on the BR-101 highway: the Santa Catarina section

DOI: 10.34117/bjdv8n5-310

Recebimento dos originais: 21/03/2022

Aceitação para publicação: 29/04/2022

Guilherme Peres dos Santos

Mestrando pela Universidade Federal de Santa Catarina, Engenharia Civil
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial
Instituição: Universidade Federal de Santa Catarina
Endereço: Rodovia Dourados/Itahum, km 12 – UFGD Unidade II – FAEN
Dourados-MS
E-mail: ps.guilherme@posgrad.ufsc.br

Igor Gomes Furtado

Mestrando pela Universidade Federal de Santa Catarina, Engenharia Civil
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial
Instituição: Universidade Federal de Santa Catarina
Endereço: Rua Felipe Neri, 267 – Bairro auxiliadora, Porto Alegre - RS
E-mail: igor.g.furtado@posgrad.ufsc.br

RESUMO

Este estudo tem como objetivo identificar possíveis graus de associação entre diversas variáveis e à severidade dos acidentes ocorridos na Rodovia BR-101 no estado de Santa Catarina ao longo de 2019, através de dados abertos da Polícia Rodoviária Federal (PRF). A metodologia adotada consistiu no teste de Qui-quadrado (χ^2), utilizada para estabelecer potencial relação entre variáveis qualitativas, seguido do teste de contingência para verificar o grau de associação entre elas. Como resultado, foram identificadas correlações com fraco grau de associação entre fatores investigados nos registros de acidentes para o trecho analisado. Dentre as considerações finais destacam-se a necessidade de maior atenção quanto às condições de trafegabilidade na via selecionada, junto a uma melhoria na fiscalização e sinalização para maior segurança nas viagens. Quanto aos motoristas, políticas de educação no trânsito, bem como medidas corretivas através de monitoramento por radares, por exemplo, podem incentivar a direção defensiva e, conseqüentemente, a redução de acidentes.

Palavras-chave: acidentes rodoviários, grau de severidade, br-101, qui-quadrado.

ABSTRACT

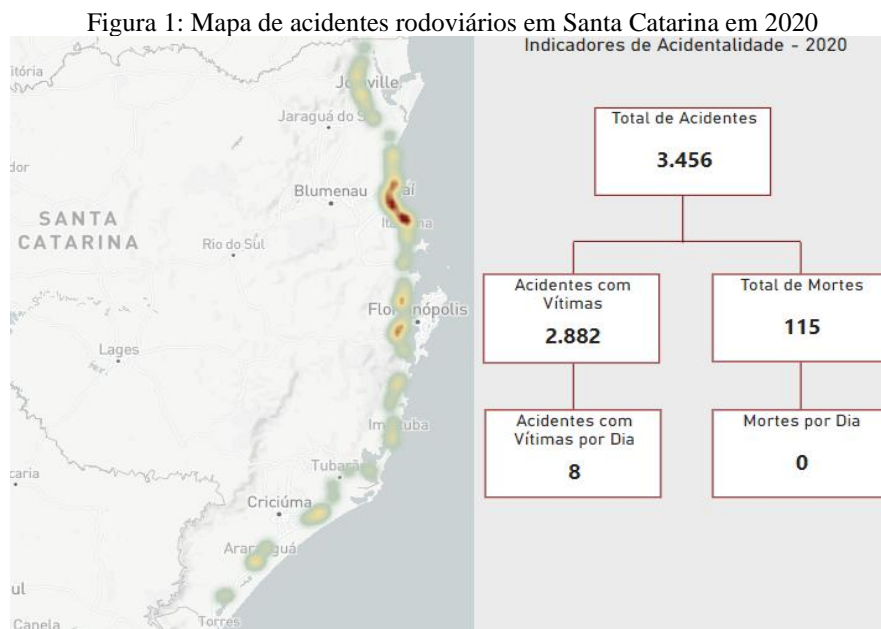
This study aims to identify potential association degrees of several variables to the severity of accidents occurring within BR-101 Highway in Santa Catarina state during 2019, in order to correlate them to specific variables obtained by open data source from Federal Highway Police (FHP). The adopted methodology consisted in Chi-square test (χ^2), used to establish potential linkage between qualitative variables, followed by contingency test to verify the association degree between them. As a result, it was

identified weak correlation degrees of association to factors under study on recorded accidents for the analyzed segment. Among final discussion, there is a need for more attention about traffic conditions within the selected highway, additionally to surveillance and sign improvement to increase travel safety. About the drivers, traffic education policies, as well as corrective measures through radar surveillance systems, for example, may encourage defensive driving and, hence, the accident reduction.

Keywords: highway accidents, severity degree, br-101, chi-square.

1 INTRODUÇÃO

No ano de 2020 foram registrados 63.447 acidentes e 5.287 óbitos nas rodovias federais brasileiras, cujo custo estimado ultrapassou os 10 bilhões de reais. Dentre as rodovias federais, aquela que concentrou a maior quantidade de acidentes foi a BR-101, rodovia longitudinal brasileira que percorre o litoral de 12 estados brasileiros, contabilizando 10.525 ocorrências, sendo 8.715 com vítimas fatais ou não, além de ser a segunda em número de mortes, com um total de 627 casos fatais (CNT, 2020). A Figura 1 ilustra o mapa de acidentes com vítimas fatais ocorridos no estado de Santa Catarina em 2020, sendo novamente a BR-101 aquela que apresentou maior ocorrência de acidentes.



O item 2.1 da NBR 10697 (2020) define sinistro de trânsito como todo evento que resulte em dano ao veículo, bem como às pessoas, animais ou cargas presentes no mesmo. Inclui também a possibilidade de danos materiais ou prejuízos ao trânsito, à via ou ao

meio ambiente. A norma também classifica os sinistros como: sem vítima, com vítima não fatal ou com vítima fatal. Já Bonneson (2010), acidente rodoviário é um conjunto de eventos que resultam em algum tipo de dano e que envolve, ao menos, um veículo rodoviário motorizado. Além disso, afirma que acidentes rodoviários são eventos aleatórios, já que a sua ocorrência se dá em função de um conjunto de ações, que podem ser desencadeadas por diversas variáveis, controláveis ou não. Tais variáveis podem ser divididas em três categorias gerais: Variáveis Humanas, Variáveis relativas aos Veículos e Variáveis relativas às Rodovias e ao Ambiente. Na primeira categoria, podem ser enquadradas características do condutor, como idade, habilidade, experiência e sobriedade. Sobre o veículo, pode-se observar a sua classe e o seu estado de manutenção. Por fim, condições geométricas e de manutenção da via, além de fatores climáticos podem ser enquadrados na última categoria.

Assim, a análise estatística de dados de acidentes rodoviários é realizada com frequência na comunidade acadêmica e profissional, auxiliando a compreensão de tais eventos. Algumas de suas aplicações são elencadas por Roess *et al.* (2010), como a identificação de locais com alto número de acidentes, a avaliação de variáveis contribuintes, o desenvolvimento de medidas preventivas e análises estatísticas gerais que possibilitem a identificação de tendências. Com isso, o presente artigo tem como objetivo a realização de testes estatísticos de associação entre variáveis qualitativas, presentes no banco de dados da Polícia Rodoviária Federal (PRF, 2021) de acidentes rodoviários no trecho da Rodovia BR-101 correspondente ao estado de Santa Catarina.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 FATOR HUMANO

Historicamente, atribui-se ao fator humano, uma maior importância na participação de acidentes rodoviários em detrimento de fatores do veículo e ambiente ou da rodovia. Não por acaso, o desempenho e o comportamento humano são frequentemente estudados no meio acadêmico. Enquanto o primeiro refere-se à capacidade do condutor, o segundo está ligado às decisões tomadas pelo mesmo e responde por grande parte dos acidentes (Bottesini e Nodari, 2011). Neste contexto, diversas pesquisas avaliam a influência de determinadas características do comportamento humano na geração de acidentes. Kuniyoshi *et al.* (2020) avaliam o impacto da idade na atenção e percepção dos condutores por meio de simuladores de direção. A situação da licença dos envolvidos também é relevante, sendo a taxa de lesão

e fatalidade superior em vítimas com licença expirada, condicional ou sem licença quando comparadas aos condutores com licença regular (Pakgothar *et al.*, 2011).

Durães *et al.* (2019) analisaram o efeito na direção para diferentes taxas de álcool no sangue do condutor. Ainda relacionado à imprudência dos condutores, a intoxicação por substâncias psicoativas pode agravar as lesões em acidentes, como foi constatado no estudo de caso de Ristic *et al.* (2013). Dentre outras condições muito específicas, pode-se citar também a nacionalidade de vítimas em regiões fora de seu respectivo país. Esta característica pode estar atrelada aos tipos de infração de trânsito, dadas as diferenças na legislação de um local para outro (Yoh *et al.*, 2017). Já um exemplo de pesquisa relacionada ao desempenho humano é apresentado por Bonatto *et al.* (2019), envolvendo uma análise comparativa da distração na direção entre condutores regulares e policiais.

2.2 FATORES AMBIENTAIS E CARACTERÍSTICAS DA VIA

Após o fator humano, fatores relacionados ao ambiente ou a rodovia são os mais associados à ocorrência de acidentes. Salvador e Goldner (2009) buscaram compreender a influência da constituição física e do meio em que a rodovia está inserida nas características dos acidentes que nela ocorrem. Características combinadas como a geometria, estado de conservação da pista, tipos de veículos e velocidade média são determinantes na frequência de ocorrência de acidentes (Guerrero-Barbosa *et al.*, 2015). Neste sentido, Almeida *et al.* (2013) observaram o impacto na geração de acidentes de algumas variáveis envolvendo a via, como jurisdição, pavimentação, posição da quadra, tipos de sinalização e condições de iluminação. Vias de jurisdição federal apresentaram maior propensão à ocorrência de acidentes graves devido à maior permissão de velocidade, enquanto velocidades menores reduzem os riscos de acidentes mais graves em vias municipais. O mesmo fenômeno quanto à jurisdição da via foi verificado por Kakkar *et al.* (2014). Porém, apenas a velocidade da via não permite a generalização, pois as vias urbanas apresentam maior volume concentrado de veículos congestionados, o que aumenta o risco de acidentes em zonas de engarrafamento, como apontam Yeo *et al.* (2013).

Além da velocidade, Andriola *et al.* (2019) identificaram o impacto de outros parâmetros geométricos na frequência e severidade dos acidentes viários em curvas da BR-116 no Rio Grande do Sul, como a declividade e a superelevação. Ainda no estado, Fermino *et al.* (2017) concluíram que houve uma redução da taxa de acidentes após a expansão da via, por meio da obra de implantação da quarta faixa de rolamento na BR-

290/RS. Já Pereira *et al.* (2012) analisaram a aderência pneu-pavimento nos principais trechos de ocorrência de acidentes nas estradas pernambucanas e paraibanas. Os fenômenos em pontos críticos da via quanto ao seu desempenho de segurança, nos quais a ocorrência de acidentes é relativamente maior que nos demais segmentos, também são fatores chave no que diz respeito às características da via na causa de acidentes (Prieto *et al.*, 2014).

Nesta categoria de fatores, enquadra-se, também, a interferência das condições meteorológicas na segurança das vias, afinal, sob condições climáticas adversas, os condutores podem apresentar comportamento divergente daquele observado em condições favoráveis, o que aumenta os riscos de acidentes para tais situações (Chu *et al.*, 2019). Por exemplo, Caleffi *et al.*, (2016) apontam uma redução de velocidade de 10km/h em períodos de chuva. Além disso, o risco de aquaplanagem, também apresenta efeitos consideráveis para a severidade dos acidentes rodoviários (Lee *et al.*, 2018). Por isso, Silva *et al.* (2020) exploraram a existência de correlação entre a ocorrência de acidentes e a precipitação diária em trecho da rodovia BR-376 no Paraná. De forma semelhante, Ferreira *et al.* (2017) analisaram o impacto das condições meteorológicas, em especial, a precipitação diária e a temperatura, em acidentes em ambiente urbano da cidade do Porto, em Portugal. Os fatores ambientais, como no caso do clima, podem ser caracterizados com o objetivo de estabelecer modelos de previsão sob condições meteorológicas extremas, a fim de apontar localidades que demandem maior necessidade de planejamento para reduzir acidentes, além de auxiliar na agilização de resposta dos serviços de emergência (Medina *et al.*, 2016).

2.3 FATORES RELACIONADOS AO VEÍCULO E AO TEMPO

Quanto aos fatores relativos ao veículo são os menos apontados como principais causadores de acidentes. No entanto, estes devem garantir um sistema de segurança em boas condições, visto que a utilização de cinto de segurança e acionamento de *airbags* (ou não), somado à variação da velocidade estão intimamente relacionados à gravidade do acidente (Ju e Sohn, 2011). Lin e Fan (2021) ressaltam que a classe de veículos pode ter grande influência no grau de severidade das lesões em acidentes, com o foco no caso das bicicletas, cujo menor porte em relação a outros meios de transporte rodoviários as tornam mais vulneráveis.

Por fim, em se tratando de análise de acidentes na Rodovia BR-101, especificamente, cita-se o trabalho de Soares *et al.* (2018), com o qual o presente trabalho

tem a adoção de algumas variáveis em comum, além do banco de dados da PRF para acidentes agrupados por ocorrência. Dentre elas podemos citar o horário, causa do acidente, grau de severidade, entre outros. Variáveis de tempo como dia da semana e horário também são observados em alguns estudos, como o de Almeida *et al.* (2013), além de outros autores citados a seguir com maior grau de detalhes.

2.4 APLICAÇÕES DO MÉTODO QUI-QUADRADO NA ANÁLISE DE VARIÁVEIS

Este modelo estatístico se mostra muito apropriado para determinadas associações de fatores relacionados a acidentes de trânsito. Rosenbloom (2009) utilizou o teste de qui-quadrado para averiguar o comportamento de pedestres em cruzamentos semaforizados nas fases verde e vermelha. Além da semaforização, Goh *et al.* (2012) consideraram a velocidade de travessia dos pedestres, adotando para isso o mesmo método de teste. Em estudo voltado especificamente ao envolvimento de idosos em acidentes de trânsito, Etehad *et al.* (2015) também testaram a influência de variáveis como classificação da via, histórico de acidentes dos envolvidos, modo de transporte, veículo de socorro, laudo médico, necessidade de admissão em UTI e ocorrência de mortes ou não. Há casos em que múltiplos fatores temporais podem representar grandes impactos no número de acidentes. Bayan *et al.* (2013) levantaram o perfil de acidentes não graves de trânsito na cidade de Pimpri Chinchwad, Índia. O dia da semana se mostrou significativo quanto aos acidentes, sendo domingo o dia de maior ocorrência. O horário entre as 20:00 e 00:00 também registrou o maior número de acidentes. Os homens também compuseram a maior parcela de vítimas (83,5%), sendo a faixa etária entre 25 e 34 anos a de maior ocorrência. Guler (2013) levantou cinco hipóteses sobre variáveis temporais, sendo elas: hora do dia, dia da semana, mês, estação do ano e período do dia (iluminação). Apenas no dia da semana não se mostrou uma variável significativa no número de acidentes.

Mandacarú *et al.* (2018) identificaram alguns fatores associados às mortes e ferimentos graves em vítimas de acidentes de trânsito na cidade de Goiânia. Quanto aos dias da semana, nenhum apresentou concentração significativa em detrimento aos demais. As ocorrências observadas apontaram para uma maior frequência de acidentes em indivíduos do sexo masculino, os quais respondem por cerca de 70% para o total dos envolvidos, vítimas de lesões graves e também de óbitos. Observou-se também uma maior frequência de vítimas com idades entre 18 e 29 anos, para as três situações observadas. Os veículos de maior envolvimento eram motocicletas e a condição mais recorrente dos envolvidos era de condutor do veículo no momento do acidente. Karacasu e Er (2011)

testaram a interferência dos tipos de infração no trânsito, classificadas pelos autores em principais ou secundárias, considerando apenas casos em que houve lesões ou mortes, em Eskisehir, na Turquia. Identificou-se maior envolvimento de homens em acidentes, sendo a violação da preferência de passagem em interseções a infração principal de maior ocorrência entre o gênero masculino, e batidas na traseira de outros veículos a de maior ocorrência entre o gênero feminino. Ambos os grupos cometeram majoritariamente infrações secundárias de falha na redução de velocidade em interseções, curvas, túneis, faixas de pedestre, passagens de nível entre outras. Tanto infrações principais como secundárias foram cometidas majoritariamente por indivíduos com idade entre 21 e 30 anos e minoritariamente por pessoas de 71 anos ou mais. Os autores supracitados, bem como outros, estão presentes na Tabela 1, na qual também estão indicadas as variáveis analisadas pelos mesmos e o respectivo método.

Tabela 1: Modelos de associação entre acidentes de trânsito variáveis relevantes

Autor(es)	Variáveis consideradas	Metodologia
Pakgothar <i>et al.</i> (2011)	Cinto de segurança; Licença de condução; Severidade do acidente.	Árvore de Regressão; Regressão Logística; Banco de dados: Base de Dados de Acidentes de Trânsito da Polícia do Irã.
Ristic <i>et al.</i> (2013)	Sexo; Faixa etária; Sobriedade (concentração de álcool no sangue); Severidade das lesões (região do corpo).	Teste do qui-quadrado (χ^2); Teste t-Student; Banco de dados: Departamento de Emergência Centro de Saúde de Kraljevo.
Chu <i>et al.</i> (2019)	Sexo; Faixa etária; Quilometragem desde a aquisição da licença de condução; Número de envolvimento em acidentes.	Teste do qui-quadrado (χ^2); Análise Fatorial Confirmatória; Índice de Adequação; Índice de Ajuste Comparativo; Índice de Ajuste Normalizado; Índice de Adequação Ajustado; Banco de dados: Coleta de dados de campo por questionários.
Rosenbloom (2009)	Sexo; Faixa etária; Número de veículos no cruzamento; Duração dos sinais verde e vermelho; Fase do sinal no momento da chegada do pedestre.	Teste do qui-quadrado (χ^2); Regressão Logística; Banco de dados: Rosenbloom <i>et al.</i> (2004).
Goh <i>et al.</i> (2012)	Sexo; Faixa etária; Velocidade de travessia; Cruzamento sinalizado ou não; Período do dia (dia ou noite); Iluminação; Etnia.	Teste do qui-quadrado (χ^2); Coleta de dados de campo; Entrevistas.
Etehad <i>et al.</i> (2015)	Sexo; Horário; Classificação da via; Histórico de envolvimento em acidentes; Modo de transporte; Veículo de socorro; Laudo médico; Necessidade de admissão em UTI; Ocorrência ou não de mortes	Teste do qui-quadrado (χ^2); Banco de dados: Sistema de Informações Hospitalares (SIH); Serviço de Emergência Médica (SEM).
Bayan <i>et al.</i> (2013)	Sexo; Faixa etária; Índices socioeconômicos; Horário; Dia da semana; Tipo de via; Parte	Teste do qui-quadrado (χ^2); Banco de dados: Hospital Municipal Pimpri Chinchwad Corporation (PCMC); Centro

	do corpo lesionada; Percepção de fatores causais pelas vítimas; Entrada nos hospitais.	Hospitalar e de Pesquisa da Universidade de Medicina.
Guler (2013)	Horário; Dia da semana, Mês; Estação do ano; Período do dia (iluminação)	Teste do qui-quadrado (χ^2); Banco de dados: Departamento de Polícia da Província de Osmaniye.
Karacasu e Er (2011)	Gênero; Faixa etária; Infrações principais; Infrações secundárias.	Teste do qui-quadrado (χ^2); Banco de dados: Departamento de Polícia.
Mandacarú <i>et al.</i> (2018)	Sexo; Faixa etária; Modo de transporte; Condição da vítima; Dia da semana; Horário de ocorrência.	Banco de dados: Sistema de Informações de Mortalidade (SIM); Sistema de Informações Hospitalares (SIH/SUS); Departamento de Trânsito (DETRAN); Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU).
Almeida <i>et al.</i> (2013)	Características sociodemográficas (gênero, idade, situação civil, escolaridade, tempo e adequação da habilitação, etc); Via (jurisdição, pavimentação, posição da quadra, tipo de sinalização, iluminação); Veículos (tipo, número de envolvidos, idade da frota; Condição de tempo (ano, horário e semana).	Estudo de coorte; Banco de dados: Sistema de Informações de Acidentes de Trânsito do Município de Fortaleza (SIAT-FOR); Departamento de Trânsito (DETRAN); Sistema de Informações de Mortalidade (SIM); Sistema de Informações Hospitalares (SIH); Secretaria Estadual de Saúde do Ceará (SESA).
Yoh <i>et al.</i> (2017)	Nacionalidade; Modo de transporte dos envolvidos; Infrações de trânsito; Tipos de acidente.	Teste qui-quadrado (χ^2); Coeficiente de especialização; Regressão múltipla; Banco de dados: Agência Nacional de Polícia (NPA).
Prieto, Gómez-Déniz e Sarabia (2014)	Trechos perigosos (críticos); Região (urbana, rural ou de transição); Classificação da via; Número de veículos envolvidos; Fatalidades.	Distribuição de Pareto; Distribuição de Lomax; Banco de dados: Diretório Geral de Trânsito (DGT).

3 METODOLOGIA

A associação entre variáveis qualitativas compreende o resumo dos dados disponíveis em Tabelas de Dupla Entrada, também conhecidas como Tabelas de Contingência, em que se conhece as frequências absolutas ou contagens de indivíduos que pertencem simultaneamente a categorias de ambas as variáveis. A distribuição qui-quadrado (χ^2) tem muitas aplicações estatísticas, de forma que se utiliza de tabelas para obtenção das probabilidades (Morettin e Bussab, 2010). Sua distribuição é dada pela Equação 1, não apresentando qualquer eixo de simetria e sendo definida sob o domínio real não negativo $[0, \infty)$. Ademais, a distribuição χ^2 depende de um único parâmetro, v , que representa o tamanho do conjunto amostral ou grau de liberdade (Schwaab e Pinto, 2007).

$$f(\chi^2) = \frac{1}{2^{\frac{\nu}{2}} \Gamma\left(\frac{\nu}{2}\right)} (\chi^2)^{\left[\frac{\nu}{2}-1\right]} e^{-\left(\frac{\chi^2}{2}\right)} \quad (1)$$

Thomopoulos (2013) também descreve as equações da média esperada para a distribuição qui-quadrado e sua respectiva variância em função do grau de liberdade.

$$E(\chi^2) = \nu \quad (2)$$

$$V(\chi^2) = 2\nu \quad (3)$$

Admitindo-se as variáveis aleatórias $X = [a_1, a_2, \dots, a_h]$ e $Y = [b_1, b_2, \dots, b_k]$, utiliza-se uma tabela de contingência que possibilita os testes de independência a partir de duas hipóteses: X e Y são independentes (H_0) ou há associação entre X e Y. A composição da tabela se dá então pelo número de observações de possível associação entre os valores de X e Y, como ilustra a Figura 2 (Pinheiro *et al.*, 2012).

Figura 2: Tabela de contingência das variáveis X e Y

Valores de X	Valores de Y					Total
	b_1	...	b_k	...	b_K	
a_1	n_{11}	...	n_{1k}	...	n_{1K}	$n_{.1}$
\vdots	\vdots		\vdots		\vdots	\vdots
a_h	n_{h1}	...	n_{hk}	...	n_{hK}	$n_{h.}$
\vdots	\vdots		\vdots		\vdots	\vdots
a_H	n_{H1}	...	n_{Hk}	...	n_{HK}	$n_{H.}$
Total	$n_{.1}$...	$n_{.k}$...	$n_{.K}$	n

$$n = \sum_h \sum_k n_{hk} = \sum_h n_{h.} = \sum_k n_{.k} \quad (4)$$

Em que n_{hk} : número de observações em que $X = a_h$ e $Y = b_k, \forall (h, k)$

$$n_{h.} = n_{h1} + \dots + n_{hK}, \forall h = 1, \dots, H$$

$$n_{.k} = n_{1k} + \dots + n_{HK}, \forall k = 1, \dots, K$$

Testa-se então:

$$H_0: P[X = a_h, Y = b_k] = P[X = a_h] \cdot P[Y = b_k], \quad \text{para todo } h \text{ e todo } k \quad (5)$$

$$H_1: P[X = a_h, Y = b_k] \neq P[X = a_h] \cdot P[Y = b_k], \quad \text{para algum par } (h, k) \quad (6)$$

Determina-se então a Estatística de Teste pela Equação (7):

$$\chi^2 = \sum_{h=1}^H \sum_{k=1}^K \frac{(n_{hk} - e_{hk})^2}{e_{hk}} \quad (7)$$

$$e_{hk} = \frac{n_{h \cdot} \cdot n_{\cdot k}}{n} \quad (8)$$

Salienta-se que o boletim de acidentes descreve a causa específica do acidente, ficando a critério dos autores o seu enquadramento em categorias de aspecto mais geral. Como exemplo, cita-se “condutor dormindo” e “ingestão de álcool” como exemplo de causas enquadradas em fatores humanos, “defeito mecânico” e “defeito ou não acionamento do sistema de iluminação/sinalização” em fatores relativos ao veículo e “pista escorregadia” e “animal na pista” em fatores relativos ao ambiente ou via. No total, foram agrupadas 28 causas para a categoria fatores humanos, seguidas de 5 causas para fatores relativos ao veículo e 25 causas para fatores relativos ao ambiente ou via. Além disso, a variável “Causa do acidente” foi classificada exclusivamente como um novo parâmetro de comparação, englobando fatores humano, do veículo e ambiental ou da via como causa determinante. Além dos três fatores citados no item 2, foram considerados também fatores temporais, neste caso, o horário de ocorrência e o dia da semana. Para tal, foi necessário o agrupamento das variáveis encontradas nos boletins da PRF em um número menor de classes, conforme indica a Tabela 2.

Tabela 2: Variáveis submetidas aos testes de associação ao grau de severidade

Fator de associação	Variável submetida ao teste
Causa do acidente	-
Tempo	Dia da semana Horário
Humano	Idade do condutor Sexo do condutor
Veículo	Ano do veículo Classe do veículo
Ambiental	Condições meteorológicas

Assim, a variável principal, Grau de Severidade, dividida em Vítimas Fatais, Vítimas Feridas ou Sem Vítimas, foi associada as variáveis enquadradas aos fatores de causa (Causa do acidente), de tempo (Horário e Dia da Semana do acidente), fatores humanos (Idade e Sexo do Condutor), fatores relativos ao veículo (Ano e Classe do Veículo) e fatores de ambiente ou via (Condição Meteorológica). A análise de correlação

consistiu na realização de dois testes estatísticos, sendo, o primeiro, um teste de associação de variáveis qualitativas (teste do qui-quadrado) e o segundo, para aquelas variáveis em que se comprovou associação estatística, o teste de coeficientes de contingência (teste de Coeficiente de Contingência Modificado). Também se destaca que a classificação de ocorrências como “Sem vítimas” se faz necessária devido ao fato de que, apenas a inclusão de boletins constando vítimas não fatais e fatais pode levar ao entendimento de possíveis subnotificações, devendo explicitar as ocorrências em que não há casos de lesões nos envolvidos, sendo esse um parâmetro de menor severidade.

Os dados submetidos à análise foram obtidos do portal aberto da Polícia Rodoviária Federal (PRF, 2021), com registros disponíveis até o mês de agosto de 2021, sendo tratados através do *software* SigmaPlot 12.0®, utilizando a função de teste de qui-quadrado do programa. O nível de confiança adotado para análise foi de 95% ($1 - \alpha$) para as seguintes hipóteses:

- H_0 : não há associação entre as variáveis principais e as variáveis verificadas;
- H_1 : há associação entre as variáveis principais e as variáveis verificadas.

Para rejeitar a hipótese nula, deve-se obter um p-valor inferior ao nível de significância ($\alpha = 5\%$). Assim, para as variáveis onde rejeitou-se a hipótese nula e, conseqüentemente, provou-se associação estatística, foi realizado o teste de contingência modificado (C^*). Este, representa o grau de associação entre as variáveis (Equação 9) após obtenção dos valores de χ^2 , de modo que 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 ($0,7 \leq C^*$).

$$C^* = \sqrt{\frac{\chi^2}{\chi^2 + N}} \sqrt{\frac{k}{k - 1}} \quad (9)$$

Em que N : número total de observações da tabela de contingência
 k : menor valor entre o número de linhas e o número de colunas da respectiva tabela de contingência.

4 RESULTADOS

Os resultados obtidos com os testes encontram-se expressos na Tabela 3, onde são indicadas as variáveis verificadas, o valor de χ^2 , os graus de liberdade (GL), os p-valores

obtidos, a comparação com o parâmetro α (0,05) e a conclusão quanto ao aceite ou rejeição da hipótese nula H_0 .

Tabela 3: Hipóteses de associação das variáveis à severidade

Variável	χ^2	GL	p-valor	$p < \alpha$ (0,05)	Conclusão
Causa do acidente	60,435	4	< 0,001	Sim	Rejeita-se H_0
Horário	18,267	6	0,006	Sim	Rejeita-se H_0
Dia da semana	7,747	12	0,805	Não	Aceita-se H_0
Idade do condutor	182,607	12	< 0,001	Sim	Rejeita-se H_0
Sexo do condutor	32,173	2	< 0,001	Sim	Rejeita-se H_0
Ano do veículo	35,198	6	< 0,001	Sim	Rejeita-se H_0
Classe do veículo	1801,644	12	< 0,001	Sim	Rejeita-se H_0
Condição meteorológica	1,152	2	0,562	Não	Aceita-se H_0

Assim, é possível observar que apenas as associações da variável “Grau de severidade” com “Dia da semana” e “Condição meteorológica” não podem ser provadas estatisticamente, sendo, em todas as demais associações testadas, a hipótese alternativa aceita, podendo-se, então, realizar o teste de contingência modificado a fim de se observar o grau de associação entre as variáveis. No entanto, conforme expresso na Tabela 4, apenas uma associação de variáveis resultou em um coeficiente C^* superior a 0,3, podendo, portanto, ser classificado em uma associação de grau moderado. Todas as demais, resultaram em associações de grau fraco, não se observando, então, em nenhum dos testes, uma associação de grau forte, o que resultaria em um coeficiente de contingência C^* superior a 0,7.

Tabela 4: Grau de associação das variáveis pelo Coef. de Contingência Modificado (C^*)

Fator	Variáveis	Associação	C^*	Grau de associação
Causa	Severidade x Causa do acidente	Sim	0,129	Fraco
Tempo	Severidade x Horário	Sim	0,071	Fraco
	Severidade x Dia da semana	Não	-	-
Humano	Severidade x Idade do condutor	Sim	0,248	Fraco
	Severidade x Sexo do condutor	Sim	0,121	Fraco
Veículo	Severidade x Ano do veículo	Sim	0,101	Fraco
	Severidade x Classe do veículo	Sim	0,614	Moderado
Ambiental ou via	Severidade x Condição meteorológica	Não	-	-

5 CONCLUSÃO

Considerando que diversos fatores estão associados à ocorrência de acidentes, este trabalho avaliou prováveis correlações e seus respectivos graus de associação entre a severidade de acidentes na BR-101 em Santa Catarina e características individuais dos registros realizados. Os acidentes rodoviários podem se dar por diversos fatores, havendo diferentes graus de associação entre as variáveis observadas. De acordo com as análises, a classe do veículo é a variável qualitativa de maior relevância no que diz respeito à

severidade dos acidentes. Outras variáveis, apesar de serem estatisticamente significativas, apresentaram fraco grau de associação com a variável principal. Duas variáveis se mostraram irrelevantes em relação ao objeto de estudo, sendo o caso do dia da semana e as condições meteorológicas em que os acidentes ocorrem.

É essencial destacar que outros fatores podem impactar diretamente na ocorrência de acidentes, como o volume de tráfego nas vias e sua capacidade prevista, não tendo sido levantadas suas possíveis relações com o grau de severidade. A adoção desta variável não se mostrou viável devido ao fato de nenhum posto de contagem ter sido disponibilizado para o ano de 2021 ao longo da BR-101 no estado de Santa Catarina pelo Plano Nacional de Contagem de Tráfego. Desta forma, são necessários mecanismos de monitoramento que disponibilizem dados necessários para realização de estudos que visem o desenvolvimento de diretrizes para a redução nos índices de acidentes, com foco nos principais fatores relacionados aos acidentes. Para pesquisas futuras, os autores propõem a verificação mais detalhada para cada variável associada aos fatores que influenciam nos acidentes, tendo como ênfase a análise de subclassificações que se enquadrem numa mesma categoria, uma vez que uma causa específica devido a um fator humano pode ser mais relevante que outra, por exemplo.

REFERÊNCIAS

Almeida, R. L. F.; J. G. B. Filho; J. U. Braga; F. B. Magalhães; M. C. M. Macedo e K. A. Silva (2013) Via, Homem E Veículo: Fatores De Risco Associados À Gravidade Dos Acidentes De Trânsito. *Revista De Saúde Pública*, v. 47, n. 4, p. 718–731.

Andriola, C. L.; T. B. Torres e D. S. P. García (2019) Influência dos parâmetros geométricos de rodovias na frequência e severidade de acidentes viários em curvas: o caso da BR 116. *Transportes*, v. 27, n. 3, p. 1–14.

ABNT (2020) *NBR 10697 – Pesquisa de sinistros de trânsito – Terminologia*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.

Bayan, P.; J. S. Bhawalkar; S. L. Jadhav e A. Banerjee (2013) Profile of non-fatal injuries due to road traffic accidents from an industrial town in India. *International Journal of Critical Illness and Injury Science*, v. 3, n. 1, p. 8–11.

Bonato, A. Z. E.; D. L. Dutra; R. P. Pereira; C. T. Nodari e T. S. Duarte (2019) Avaliação do efeito da distração na condução: estudo comparativo entre policiais e motoristas regulares. *Anais do 33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Balneário Camboriú, v. 1, p. 3621-3632.

Bonneson, J. A. (2010) *Highway safety manual*. Ed. AASHTO, Washington D.C.

Bottesini, G. e C. T. Nodari (2011) Influência de medidas de segurança de trânsito no comportamento dos motoristas. *Transportes*, v. 19, n. 1, p. 77–86.

Caleffi, F.; S. Lucchesi; M. J. Anzanello e H. Cybis (2016) Influência das condições climáticas e de acidentes na caracterização do comportamento do tráfego em rodovias. *Transportes*, v. 24, n. 4, p. 57–63.

Chu, W.; C. Wu; C. Atombo e H. Zhang (2019) Traffic climate, driver behaviour, and accidents involvement in China. *Accident Analysis and Prevention*, v. 122, p. 119–126.

CNT (2020) *Painel de acidentes rodoviários*. Brasília, DF. Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/painel-acidente>>. Acesso em: 19 nov. 2020.

Durães, N.; J. Batista; S. Ferreira e C. Campos (2019) O efeito do álcool na condução em diferentes taxas de alcoolémia até 0,5 g/l. *Anais do 33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Balneário Camboriú, v. 1, p. 3609–3620.

Etehad, H; S. Yousefzadeh-Chabok; A. Davoudi-Kiakalaye; A. M. Dehnadi; H. Hemati e Z. Mohtasham-Amiri (2015) Impact of road traffic accidents on the elderly. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, v. 61, n. 3, p. 489–493.

Fermino, G. C.; M. G. Johnston; L. A. T. Brito; R. Cornelius; L. Conterato; M. R. Quebaud e M. D. Tiefensee (2017) Análise da acidentalidade da rodovia BR-290/RS com a implementação da quarta faixa. *Anais do XXXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Recife, v. 1, p. 2977-2982.

Ferreira, S.; A. Lobo; A. Couto e I. Iglesias (2017) O impacto das condições meteorológicas nos acidentes em meio urbano. *XXXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, ANPET, Recife, v. 1, p. 3054-3064.

Goh, B. H.; K. Subramaniam; Y. T. Wai e A. A. Mohamed (2012) Pedestrian Crossing Speed: the Case of Malaysia. *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, v. 2, n. 4, p. 323–332.

Guerrero-Barbosa, T.; Y. Espinel-Bayona e D. Palacio-Sánchez (2015) Effects of the attributes associated with roadway geometry, traffic volumes and speeds on the incidence of accidents in a mid-size city. *Ingeniería y Universidad*, v. 19, n. 2, p. 351–367.

Guler, Y. (2013) Non-spatial analysis for the road traffic accidents. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 92, p. 1033–1038.

Ju, Y. H. e S. Y. Sohn (2011) Quantification method analysis of the relationship between occupant injury and environmental factors in traffic accidents. *Accident Analysis and Prevention*, v. 43, n. 1, p. 342–351.

Kakkar, R.; P. Aggarwal; M. Kakkar e K. Deshpande (2014) Road traffic accident: retrospective study. *Indian Journal of Scientific Research*, v. 5, n. 1, p. 59–62.

Karacasu, M. e A. Er (2011) An analysis on distribution of traffic faults in accidents, based on driver's age and gender: Eskisehir case. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 20, p. 776–785.

Kuniyoshi, J. R. G.; A. C. Figueira e A. P. C. Larocca (2020) Impactos da idade na atenção e percepção de condutores. *Anais do 34º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte, ANPET, 100% Digital*, v. 1, p. 2598-2609.

Lee, J. *et al.* (2018) Traffic accident severity analysis with rain-related factors using structural equation modeling – A case study of Seoul City. *Accident Analysis and Prevention*, v. 112, p. 1–10.

Lin, Z. e W. D. Fan (2021) Exploring bicyclist injury severity in bicycle-vehicle crashes using latent class clustering analysis and partial proportional odds models. *Journal of Safety Research*, v. 76, p. 101–117.

Mandacarú, P. M. P.; I. V. M. Rabelo; M. A. A. da Silva; G. C. Tobias e O. L. de M. Neto (2018) Deaths and serious injuries due to traffic accidents in Goiânia, Brazil – 2013: the magnitude and associated factors. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 27, n. 2, p. 1–12.

Medina, R. M.; G. Cervone e N. M. Waters (2016) Characterizing and predicting traffic accidents in extreme weather environments. *The Professional Geographer*, v. 61, n. 1, p. 1–12.

Morettin, P. A. e W. O. Bussab (2010) *Estatística Básica*. Ed. Saraiva, São Paulo.

Pakgohar, A.; R. S. Tabrizi; M. Khalili e A. Esmaeili (2011) The role of human factor in incidence and severity of road crashes based on the CART and LR regression: a data mining approach. *Procedia Computer Science*, v. 3, p. 764–769.

Pereira, C. A.; J. B. Soares; I. D. da S. P. Filho e V. T. F. C. Branco (2012) Análise da aderência pneu-pavimento em pontos de ocorrência de acidentes. *Transportes*, v. 20, n. 2, p. 65–74.

Pinheiro, J. I. D.; S. S. R. Carvajal; S. B. da Cunha e G. C. Gomes (2012) *Probabilidade*

e estatística: Quantificando a incerteza. Ed. Elsevier, Rio de Janeiro.

PRF (2021) Acidentes. Polícia Rodoviária Federal, Ministério da Justiça e Segurança Pública, Brasília, DF. Disponível em: <https://www.gov.br/prf/pt-br>. Data de acesso: 09 out. 2021.

Prieto, F.; E. Gómez-Déniz e J. M. Sarabia (2014) Modelling Road accident blackspots data with the discrete generalized Pareto distribution. *Accident Analysis and Prevention*, v. 71, p. 38–49.

Ristic, B.; N. Rancic; M; Maksimovic e D. Ignjatovic-Ristic (2013) The influence of alcohol intoxication on the severity of injuries suffered by drivers in road traffic accidents. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, v. 39, n. 4, p. 363–368.

Roess, R. P.; E. S. Prassas e W. R. McShane (2010) *Traffic engineering*. Ed. Pearson, Upper Saddle River.

Rosenbloom, T. (2009) Crossing at a red light: Behaviour of individuals and groups. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, v. 12, n. 5, p. 389–394.

Salvador, D. M. e L. G. Goldner (2009) Análise dos tipos de acidentes de trânsito nos trechos duplicado e não duplicado da BR-101 em Santa Catarina. *Anais do Congresso Brasileiro de Rodovias & Concessões*, São Paulo, v. 1, p. 1-12.

Schwaab, M. e J. C. Pinto (2007) *Análise de Dados Experimentais - Volume I Fundamentos de Estatística*. Ed. E-papers, Rio de Janeiro.

Silva, M. A.; L. C. Guideli; A. C. Neto; L; de B. Passini e A. C. M. Kormann (2020) Multiple correspondence analysis applied to the study of the relationship between traffic crashes and precipitation on a highway in Brazil. *Transportes*, v. 28, n. 3, p. 196–211.

Soares, L. C.; H. A. do Prado; R. Balaniuk; E. Ferneda e A. de Bortoli (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*, n. 19, p. 182–220.

Thomopoulos, N. T. *Essentials of Monte Carlo Simulation*. Ed. Springer, Nova Iorque.

Yeo, H.; K. Jang; A. Skabardonis e S. Kang (2013) Impact of traffic states on freeway crash involvement rates. *Accident Analysis and Prevention*, v. 50, p. 713–723.

Yoh, K.; T. Okamoto; H. Inoi e K. Doi (2017) Comparative study on foreign drivers' characteristics using traffic violation and accident statistics in Japan. *International Association of Traffic and Safety Sciences*, v. 41, n. 2, p. 94–105.