

MODELAGEM DO NÚMERO DE FERIDOS E DE ACIDENTES DE TRÂNSITO NAS RODOVIAS FEDERAIS PARA O TRIÊNIO 2021-2023

Leonardo Junio Borges da Silva
Jussiane Nader Gonçalves

Submetido em: 15.10.2022

Aceito em: 28.12.2022

Publicado em: 30.12.2022

Resumo

Os eventos relacionados aos acidentes de trânsito representam parcela importante das despesas hospitalares do Sistema Único de Saúde do Brasil. Dentre as causas externas de morbidade, no período de 2015-2020, estes eventos representaram 18,02% das internações e 20,22% do valor gasto com internações na rede pública hospitalar. No âmbito das rodovias federais, a Polícia Rodoviária Federal desenvolve campanhas educativas para sensibilização dos usuários com a finalidade de reduzir o número de acidentes de trânsito. Com base nos dados abertos de acidentes de trânsito no período de 2015 a 2020, disponibilizados no site da Polícia Rodoviária Federal, buscou-se neste trabalho, com aplicação de Modelos Lineares Generalizados, estabelecer uma modelagem para estimação do número de feridos e de acidentes nas rodovias federais para o triênio 2021-2023. Os resultados apontam para redução do número de feridos e acidentes, o que valida as ações desenvolvidas pela Polícia Rodoviária Federal, contudo, revelam uma tendência de crescimento na relação de feridos por acidente, o que deveria ser considerado no planejamento de futuras ações. Os resultados deste trabalho abrem caminho para a estimação e otimização dos diversos recursos empregados nas campanhas educativas da Polícia Rodoviária Federal para um trânsito mais seguro, com vistas à contínua redução do número de feridos e de acidentes nas rodovias federais.

Palavras-chave: Acidentes de Trânsito; Número de Feridos; Modelos Lineares Generalizados.

MODELING THE NUMBER OF INJURIES AND TRAFFIC ACCIDENTS ON FEDERAL HIGHWAYS FOR THE 2021-2023 TRIENNIUM

Abstract

Events related to traffic accidents represent a significant part of hospital expenses in the Brazilian Unified Health System. Among the external causes of morbidity, in 2015-2020, these events represented 18.02% of hospitalizations and 20.22% of the amount spent on hospitalizations in the public hospital network. In the context of federal highways, the Federal Highway Police develops educational campaigns to sensitize users to reduce traffic accidents. Based on open data on traffic accidents between 2015 and 2020, available on the Federal Highway Police website, this work sought to establish a model for estimating the number of injuries and accidents in federal highways for the triennium 2021-2023. The results point to a reduction in the number of injuries and accidents, which validates the actions developed by the Federal Highway Police. However, they reveal a growing trend in the ratio of injured by accident, which should be considered when planning future actions. The results of this work trace a path for the estimation and optimization of the various resources used in the educational campaigns of the Federal Highway Police for safer traffic, with a view to the continuous reduction of injuries and accidents on federal highways.

Keywords: Traffic-Accidents; Number of Injured; Generalized Linear Models.

1 INTRODUÇÃO

Além das mortes, os Acidentes de Trânsito (AT) também têm forte influência na morbidade hospitalar, gerando gastos expressivos associados ao atendimento, remoção, tratamento e permanência das vítimas em ambiente hospitalar, além de despesas com medicamentos e processos de recuperação. Segundo dados do Ministério da Saúde, dentre as causas externas de morbidade, no período de 2015-2020, os AT representaram 18% das internações na rede pública hospitalar. Esse percentual representou a 2ª maior causa de internações no período, perdendo apenas para as internações classificadas como outras causas externas de lesões/acidentes.

Segundo dados do Conselho Federal de Medicina (CFM), 60% das vítimas de acidente de trânsito tinham entre 15 e 39 anos de idade, e os menores índices ficaram nas faixas etárias de 0 a 14 anos (8,2%) e acima de 60 anos (8,4%). Ou seja, as vítimas de acidentes de trânsito concentram-se na faixa etária da População Economicamente Ativa (PEA). Ainda de acordo com os dados do CFM, o número de vítimas graves de sinistros de trânsito no Brasil, nos últimos dez anos, ultrapassou 1,6 milhão de pessoas. No país, em média, a cada hora morrem cinco pessoas por falta de segurança no trânsito.

De acordo com os dados do Ministério da Saúde, entre 2015 e 2019, ocorreu aumento de aproximadamente 6,53% no número de atendimentos por AT no país, passando de 204.640 (2015) para 218.009 (2019). É importante dizer que no ano de 2020, observou-se queda no número de atendimentos desta natureza, sendo registrados 193.935 atendimentos, presume-se devido às restrições de locomoção impostas pela pandemia COVID-19.

A violência no trânsito tem ganhado cada vez mais espaço nos debates para implementação de políticas públicas, a ponto de a Organização das Nações Unidas (ONU) ter estabelecido o período de 2011 a 2020 como a “Década de Ação pela Segurança no Trânsito”, que teve como um dos seus objetivos a redução em 50% do número global de mortes e lesões relacionadas ao trânsito.

Neste cenário, estão insertos os acidentes ocorridos nos 213 mil quilômetros de rodovias federais pavimentadas que cortam todo o território nacional, os quais são atendidos pela Polícia Rodoviária Federal (PRF), órgão integrante do Ministério da Justiça e Segurança Pública e que

atua na promoção da segurança pública, protegendo vidas, garantindo a mobilidade nas rodovias federais e nas áreas de interesse da União. Neste sentido, a PRF desenvolve ações periodicamente voltadas para a educação dos usuários das rodovias federais (2021, Atlas da década de ações para segurança viária da Polícia Rodoviária Federal).

A educação para o trânsito é uma das principais ações na orientação dos esforços institucionais da PRF para redução dos riscos no trânsito, pelo seu potencial preventivo baseado na mudança comportamental. Entre as ações de educação para o trânsito desenvolvidas pela PRF, estão o Cinema Rodoviário PRF (direcionado aos usuários das rodovias, condutores e passageiros) e os projetos Festival Estudantil Temático de Trânsito (FETRAN) e Educar PRF (direcionados ao público jovem, crianças e adolescentes), além das Palestras e Ações Educativas que são realizadas em escolas, empresas e eventos (2021, Atlas da década de ações para segurança viária da Polícia Rodoviária Federal).

Dadas as características de utilização das rodovias, seja em relação aos limites de velocidade, traçado das vias e tipos de veículos (leves, pesados, conjugados, transporte de passageiros e carga), pode-se presumir que os acidentes ocorridos neste tipo de via pública tendem a ser mais severos, gerando vítimas que potencialmente ensejarão despesas para atendimento, tratamento e que por vezes ficaram internadas em ambiente hospitalar na rede pública.

Assim, considerando a relevância do tema, este trabalho procura estabelecer um modelo de previsão para o número de feridos e de acidentes no âmbito das rodovias federais para as cinco macrorregiões do país, além de verificar se os resultados das campanhas educativas desenvolvidas pela PRF no período de 2015-2020 contribuíram para a redução do número de vítimas de acidente de trânsito, o que conseqüentemente, dentre outros efeitos, reduz os impactos financeiros do SUS decorrentes do atendimento e tratamento destas vítimas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Durante a revisão da literatura, observou-se que o tema proposto não possui muita interação com outras áreas do conhecimento, como epidemiologia, psicologia, engenharia, demografia, dentre outras.

Considerando que durante o período de elaboração deste trabalho (primeiro semestre de 2022) ainda existiam algumas limitações de acesso à instituições e acervos físicos, em decorrência da pandemia COVID-19, a revisão da literatura utilizou-se basicamente de buscas

eletrônicas em bases como Scientific Electronic Library Online, Literatura Latino-americana e do Caribe em Ciência da Saúde, National Library of Medicine, Springer Link, além da base de trabalhos do Google Acadêmico.

Em que pese a observação de não haver interação com outras áreas do conhecimento, foi possível pesquisar algumas literaturas existentes acerca de assuntos de especial interesse ao presente trabalho, como por exemplo:

- a) os gastos com internações de vítimas de acidente de trânsito no Sistema Único de Saúde do Brasil;
- b) o comportamento do condutor;
- c) os efeitos das campanhas educativas para o trânsito seguro e o modelo de ação da Polícia Rodoviária Federal;
- d) Modelos Lineares Generalizados para dados de contagem.

2.1 OS GASTOS COM INTERNAÇÕES DE VÍTIMAS DE ACIDENTE DE TRÂNSITO NO SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE DO BRASIL

O Sistema Único de Saúde (SUS), a partir da promulgação da Constituição Federal de 1988, tornou-se um dos maiores sistemas de saúde pública do mundo, abrangendo atendimentos de baixa à alta complexidade. O SUS proporciona o acesso universal ao sistema público de saúde, sem qualquer distinção entre os indivíduos.

No que tange o atendimento às vítimas de acidente de trânsito, de acordo com dados divulgados pelo Conselho Federal de Medicina (2019), o número de vítimas graves de sinistros de trânsito no Brasil, nos últimos dez anos, ultrapassou 1,6 milhão de pessoas.

Segundo dados do Observatório Nacional de Segurança Viária (ONSV), 60% dos leitos de pronto atendimento do Sistema Único de Saúde (SUS) são ocupados por vítimas de acidentes de trânsito. De acordo com o Conselho Federal de Medicina, entre 2009 e 2018, o Sistema Único de Saúde gastou quase R\$ 3 bilhões apenas com acidentes de trânsito.

Segundo dados do Ministério da Saúde, entre 2015 e 2020 ocorreu aumento de aproximadamente 6,53% no número de atendimentos por acidentes de trânsito no país, passando de 204.640 (2015) para 218.009 (2019), correspondendo a 18% de todas as internações por causa externas.

As vítimas de acidente de trânsito concentraram mais atendimento que os demais pacientes internados por causas externas, nos centros cirúrgicos, nas unidades de terapia

intensiva (UTI), nos setores de radiologia e nos serviços de fisioterapia e reabilitação (ODERO; GARNER; ZWI, 1997).

No Brasil, em 2013, houve 195.078 internações decorrentes de acidentes de trânsito registrados no Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS). As maiores taxas de internação por acidente de trânsito foram observadas em indivíduos do sexo masculino na faixa etária de 20 a 39 anos (ANDRADE e JORGE, 2017).

Parte dos gastos suportados pelo SUS em decorrência do atendimento às vítimas de acidente de trânsito são reembolsados ao sistema público sob duas modalidades:

- a) parcela arrecadada pelos estados federativos do seguro obrigatório de Danos Pessoais Causados por Veículos Automotores de Via Terrestre (DPVAT) e;
- b) pelo repasse das Operadoras de Plano de Saúde (OPS), referente ao atendimento prestado pelo SUS aos seus beneficiários.

Desde 1970, com o fito de minimizar os gastos do SUS com o atendimento de vítimas de acidente de trânsito, passou a vigorar o seguro obrigatório DPVAT, pago anualmente por todos os proprietários de veículos automotores (MARTINS, 2010).

O valor arrecadado desse tributo é diretamente proporcional à frota de veículos e 45% da arrecadação é destinada exatamente para custear a assistência médico-hospitalar das vítimas de acidente de trânsito atendidas pelo SUS. Outros 5% são destinados a programas de prevenção dos acidentes e outros 50% para custear indenizações, despesas administrativas, corretagens, impostos e afins (BATISTA e MYRRHA, 2016). Atualmente, esse seguro é administrado pela Seguradora Líder dos Consórcios do Seguro DPVAT.

Por estimativas já realizadas, aponta-se que a receita advinda do DPVAT para os SUS seria suficiente para arcar com aproximadamente 70% dos gastos com o cuidado da saúde de vítimas acidentadas no trânsito (BATISTA e MYRRHA, 2016).

Além disso, há também o ressarcimento dos atendimentos do SUS aos beneficiários das OPS e que são passíveis de cobrança pela Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS), conforme estabelecido no artigo 32 da Lei nº 9.656/98 cujo caput segue transcrito:

Art. 32. Serão ressarcidos pelas operadoras dos produtos que tratam o inciso I e o parágrafo 1º do art 1º desta Lei, de acordo com normas a serem definidas pela ANS, os serviços de atendimento à saúde previstos nos seus respectivos contratos, prestados a seus consumidores e respectivos dependentes, em instituições públicas ou privadas, conveniadas ou contratadas, integrantes do Sistema Único de Saúde. (BRASIL, 1998).

Os dados extraídos do site da ANS, em 23/06/2022, revelam os valores em reais ressarcidos pelas operadoras de planos de saúde referentes aos anos de 2009 a 2015, não retornando resultados para o período de 2016-2020, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – Ressarcimento dos custos com internações de acidentes de trânsito ao SUS pelas operadoras de planos de saúde (valores em milhões de reais)

ANO	2010	2011	2012	2013	2014
Gasto total	199,2	219,74	230,17	254,39	272,86
Ressarcimento	0,693	0,284	0,38	1,151	3,508
% Ressarcimento	0,35%	0,13%	0,17%	0,45%	1,29%

Fonte: ANS. Elaboração Própria (2022)

Ressalta-se que até 2011, eram cobrados apenas os valores correspondentes às internações hospitalares e a partir de 2012 o ressarcimento passou a contemplar também os atendimentos ambulatoriais de média e alta complexidade.

2.2 CUSTOS DOS ACIDENTES DE TRÂNSITO NO BRASIL

A magnitude dos valores despendidos para atendimento, remoção e tratamento das vítimas de acidente de trânsito, permite assumir que estes eventos podem ser considerados um problema grave para a saúde pública (CAVALCANTE; MORITA; HADDAD, 2009 apud BATISTA; MYRRHA, 2016).

Os gastos gerados impactam não apenas o setor da saúde, com altos custos médico-hospitalares, mas também a Previdência Social e a economia em geral, considerando que 83% das vítimas internadas pertencem a PEA com idade entre 15 e 60 anos (JORGE; MARTINS, 2013 apud BATISTA; MYRRHA, 2016).

A monetização dos custos dos acidentes é tarefa complexa e até criticada por alguns autores devido à incompatibilidade ética acerca da valoração da dor, do sentimento e da própria vida. No entanto, importa que a estrutura e os processos de formação destes custos sejam conhecidos para que políticas adequadas possam ser intensificadas para redução e mitigação dos impactos negativos desses eventos sobre a sociedade.

Os resultados de uma metodologia para estimar o custo dos acidentes e violências baseada na utilização de bancos de dados do SUS, orçamentos estaduais e municipais e estimativas sobre demanda por atendimento ambulatorial (urgência e emergência) da Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílios (PNAD) indicaram que o tratamento de vítimas por acidente de trânsito custou 4,3 vezes mais do que aqueles constantes do DATASUS em 2004,

passando de R\$ 106,5 milhões para R\$ 453 milhões (RODRIGUES, 2009 apud BACCHIERI; BARROS, 2011).

O Relatório de Pesquisa do Instituto de Pesquisa e Economia Aplicada (IPEA) em parceria com a PRF (2015), estimou que dos 170 mil acidentes de trânsito ocorridos apenas nas rodovias federais brasileiras no ano de 2014 geraram um custo social de R\$ 12,3 bilhões aos cofres públicos.

De acordo com o este relatório, os custos com os acidentes de trânsito são amplos e podem ser decompostos em quatro grandes grupos:

- a) custos associados às pessoas (custo do atendimento pré-hospitalar, hospitalar, pós-hospitalar, perda de produção, remoção/translado e gasto previdenciário);
- b) custos associados aos veículos (custos dos danos materiais aos veículos, perda de carga, remoção/guincho e de reposição);
- c) custos associados à via/ambiente (custo dos danos à propriedade pública e privada);
- d) custos associados às instituições (custo de processos judiciais e do atendimento policial).

Tabela 2 – Custo dos acidentes nas rodovias federais no ano de 2014

CUSTOS	DESCRIÇÃO	VALOR	PERCENTUAL
Associados às pessoas	Despesas hospitalares, atendimento médico, remoção de vítimas e perda de produção	R\$ 7.958.883.201,04	64,72%
Associado aos veículos	Remoção de veículos, danos aos veículos e perda de carga	R\$ 4.268.587.302,76	34,71%
Associados à via/ambiente	Atendimento e processos e danos à propriedade pública e privada	R\$ 70.850.037,27	0,58%

Fonte: Elaboração Própria (2022)

As estimativas mais recentes, calculadas no relatório do IPEA/PRF (2015), considerando somente os acidentes que ocorreram nas 104 rodovias federais, demonstraram que os custos médios de acidentes de trânsito com vítima grave poderiam ser distribuídos em custos pré-hospitalares (R\$ 1.111,73), custos hospitalares (R\$ 72.855,40), custos pós hospitalares (R\$ 3.150,21), custos de perda de produção (R\$ 47.797,94) e custos de remoção por vítima (R\$ 218,64).

2.3 O COMPORTAMENTO DO CONDUTOR

Entre as causas externas, os acidentes de trânsito se alternam como a primeira e a segunda causa básica de morte mais frequente no Brasil, estando diretamente ligados à

imprudência, imperícia e negligência dos condutores (OLIVEIRA, 2007 apud BATISTA; MYRRHA, 2016). Neste sentido, o comportamento do condutor é, sem dúvida, o mais importante fator contribuinte de acidentes, pois estima-se que 90% das ocorrências sejam causadas por erros ou infrações às leis de trânsito (HOFFMANN, 2005).

A mudança de comportamento do condutor, a fim de evitar o acidente e seus consequentes custos, podem ser estimulados por diversas estratégias, a exemplo, o planejamento físico das vias, a aplicação de penalidades severas, a identificação e retirada de circulação de condutores infratores contumazes e, por fim, a conscientização do risco de envolvimento em acidente (VIEIRA, 1999 apud HOFFMANN, 2005).

No Brasil, o Código de Trânsito Brasileiro (Lei nº 9.503/1997), introduziu o sistema de pontos negativos para registrar as infrações às leis de trânsito. Esse sistema tem sido usado para desenvolver medidas intervencionistas àqueles condutores que estão acima do limite de pontos deméritos; legalmente, são obrigados a participar de cursos específicos antes que a eles seja dada novamente permissão para dirigir (HOFFMANN, 2005). Neste sentido, nos próximos anos, a preocupação com a segurança viária deverá fomentar uma quantidade considerável de pesquisas inter e multidisciplinares (HOFFMANN, 2005).

2.4 OS OBJETIVOS DAS CAMPANHAS EDUCATIVAS DA POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL

As consequências dos acidentes e violências para o sistema de saúde e para a sociedade apontam a necessidade de aperfeiçoamento do sistema de informações de mortalidade e morbidade por causas externas, com vistas a subsidiar políticas públicas para a prevenção do problema e atendimento às vítimas de acidente de trânsito.

Faz-se necessário avançar nos programas tradicionais de prevenção de acidentes de trânsito e buscar novas formas de mudar o código social de comportamento da população como um todo. O planejamento da campanha estrutura as ações e tenta apontar seus efeitos no curto, no médio e no longo prazo, de acordo com o cronograma estabelecido. Portanto, é imprescindível para campanhas educativas sobre violência e mortes no trânsito um planejamento ao longo do tempo, que trate a questão de forma permanente, evitando campanhas pontuais e que não estejam dentro de um sistema educativo perene (FERNANDES, 2016).

Segundo informações do Atlas da Década de Ações para Segurança, publicado em setembro 2021, as ações da PRF previam, dentre outros esforços, a realização de ações voltadas ao processo de aprendizagem como instrumento de formação de cidadãos ativos e

participativos, capazes de induzir uma mudança comportamental no trânsito e redução consequente da violência.

As ações educativas visam induzir reflexões sobre segurança e cidadania a partir da adoção de condutas positivas. Essas não estão diretamente relacionadas à fiscalização e nem limitadas à circunscrição das rodovias e são desenvolvidas em diversos formatos e múltiplas abordagens ao tema trânsito. As ações objetivam a humanização do trânsito por meio de intervenções inovadoras focadas nos diferentes atores do trânsito e em temas relevantes a cada segmento que se busca alcançar.

2.5 MODELOS LINEARES GENERALIZADOS PARA DADOS DE CONTAGEM

A fim de estabelecer um modelo para estimar o número de vítimas feridas e de acidentes de trânsito no âmbito das rodovias federais, será utilizado uma metodologia baseada em Modelos Lineares Generalizados (MLG) para dados de contagem.

Os MLG's, propostos por Nelder e Wedderburn (1972), são uma extensão do modelo linear clássico para uma família mais geral de distribuições. Eles possibilitam considerar distribuições de probabilidade diversas (contínuas e discretas) para a variável resposta, além da distribuição normal, bem como utilizam uma estrutura mais flexível para estabelecer a relação funcional entre o valor esperado da variável resposta e das variáveis explicativas, que no modelo normal clássico é feito por meio de uma função de ligação identidade.

Com esta ferramenta identificou-se, por exemplo, os fatores associados à letalidade dos acidentes de trânsito nas rodovias federais brasileiras em 2016. A modelagem com distribuição binomial de regressão logística identificou as chances médias do aumento da letalidade dos acidentes de trânsito para indivíduos do sexo masculino, pedestres, com ocorrências na região nordeste do Brasil, aos domingos, durante a madrugada, nas curvas, nas áreas rurais e para vítimas com idades mais elevadas (JUNIOR; BERTHO; VEIGA, 2019).

Para modelagem de dados de contagem é comum a utilização dos MLG's, em especial aqueles que modelam seguindo as distribuições de Poisson e Binomial Negativa, como por exemplo foi a proposta para avaliar a relação entre poluentes atmosféricos e as internações mensais por doenças respiratórias na cidade de São José dos Campos (PEREIRA, 2022).

Os MLG's também foram aplicados para estimar a sinistralidade das operadoras de planos privados de assistência à saúde médico-hospitalar. Nesse trabalho foram empregados

modelos considerando a distribuição normal com função de ligação logarítmica (VIANNA, 2018).

3 DADOS

Para a realização deste trabalho foram utilizados dados abertos sobre:

- a) acidentes de trânsito ocorridos no âmbito das rodovias federais no período de 2015 a 2020, disponíveis no site da Polícia Rodoviária Federal (PRF);
- b) quantitativo da frota de veículos registrados em todo o país no período de 2015 a 2021, disponíveis no site do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN).

3.1 DADOS SOBRE FERIDOS E ACIDENTES NO ÂMBITO DAS RODOVIAS FEDERAIS

A base de dados, após ser extraída do site da PRF, foi organizada com recursos de pacotes do software R, como “dplyr”, “tidyverse”, “hnp”, “MASS” e “ggplot”. Para a análise descritiva dos dados e estimação do número de feridos e de acidentes (variáveis de interesse/resposta), utilizaram-se as seguintes variáveis explicativas: região, tipo de acidente, e ano. Ressalta-se que a variável ano foi utilizada objetivando incorporar o efeito da variável pessoas atingidas pelas campanhas educativas da PRF, uma vez que essa variável apresentou algumas inconsistências para a região Sudeste. Dessa forma, para capturar o efeito da quantidade de pessoas atingidas no número de acidentes e de feridos a cada ano, essa variável foi considerada para modelagem.

Por oportuno, vale citar que durante o desenvolvimento deste trabalho os dados referentes aos acidentes nas rodovias federais ocorridos no ano de 2021 ainda não estavam disponíveis. Desta forma, os dados sobre número de feridos e acidentes para o ano de 2021, apesar de já observados, serão estimados pelo modelo proposto.

Os diversos tipos de acidentes existentes na base de dados foram agrupados em cinco categorias, conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Agrupamento dos tipos de acidentes

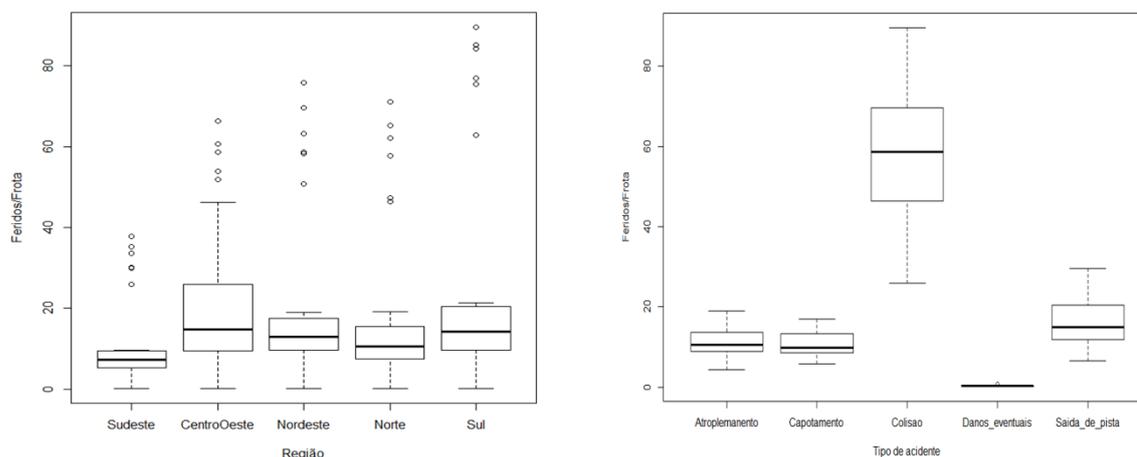
TIPO DE ACIDENTE	SUBTIPOS DE ACIDENTE AGRUPADOS
Atropelamento	Atropelamento de animal, de pessoa e de pedestre
Capotamento	Capotamento e tombamento
Colisão	Colisão frontal, colisão lateral, colisão traseira, colisão com bicicleta, colisão com objeto fixo, colisão com objeto móvel e engavetamento
Danos eventuais	Danos eventuais, derramamento de carga, incêndio
Saída de pista	Saída de pista, saída de leito carroçável

Fonte: Elaboração própria (2022)

Para uma melhor interpretação dos dados sobre o número de feridos e de acidentes nas rodovias federais fez-se necessário adotar uma medida de exposição a estes eventos, que neste trabalho será representada pela frota de veículos registrados por macrorregiões do país.

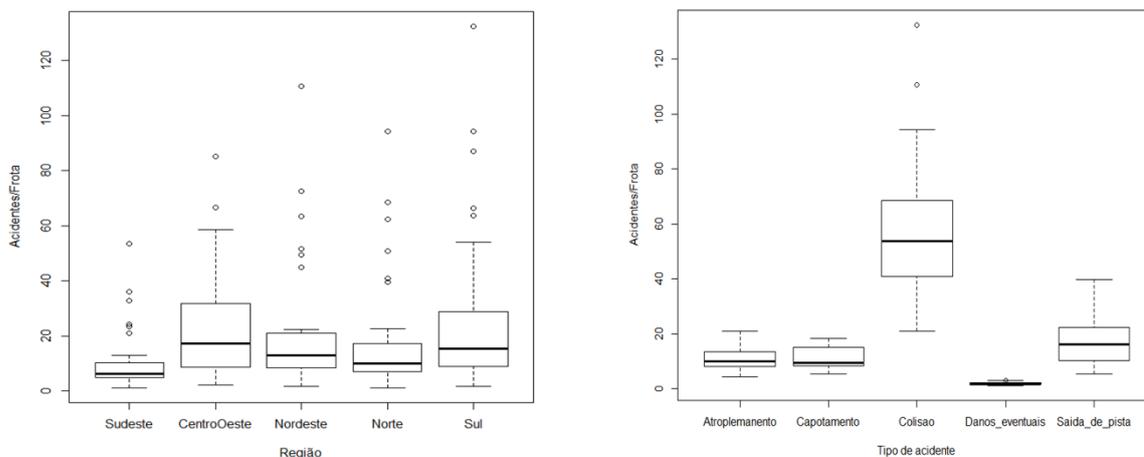
A distribuição do número de feridos e de acidentes por região e por tipo de acidente demonstra que a média de feridos é um pouco mais baixa na região Sudeste em relação às demais e que a média de feridos no tipo de acidente ‘Colisão’ é consideravelmente superior em relação aos demais. A mesma interpretação aplica-se à distribuição de acidentes por região e tipo de acidente, conforme Figuras 1 e 2.

Figura 1 – Boxplots do número de feridos por região e tipo de acidente



Fonte: Elaboração própria (2022)

Figura 2 – Boxplots do número de acidentes por região e tipo de acidente



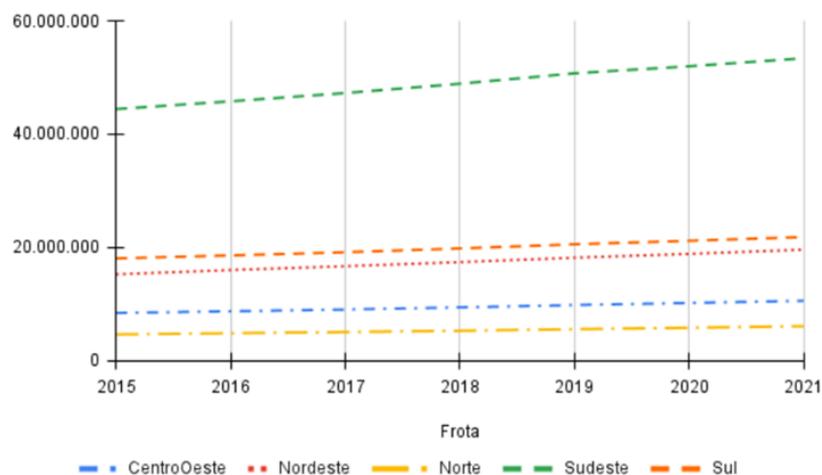
Fonte: Elaboração própria (2022)

3.2 DADOS SOBRE A FROTA DE VEÍCULOS POR REGIÃO DO BRASIL

Conforme dito na seção anterior, a interpretação do comportamento do número de feridos de acidentes no âmbito das rodovias federais requer uma medida de exposição ao risco de envolvimento em acidente de trânsito, que neste trabalho será representada pela frota de veículos em cada região.

Conforme dados do DENATRAN, observa-se que a frota de veículos brasileira vem se comportando de maneira crescente ao longo do tempo. A Figura 3 representa o crescimento da frota de veículos por região do Brasil no período de 2015 a 2021.

Figura 3 – Frota de veículos por região no período de 2015-2021



Fonte: Elaboração Própria (2022)

As regiões com as maiores representatividades no incremento de veículos na frota nacional para o período de 2015-2021 foram, respectivamente, Norte (32%), Nordeste (29%), Centro Oeste (26%), Sul (21%) e Sudeste (20%).

É importante ressaltar que a região que engloba a unidade federativa de registro do veículo não limita a exposição deste a envolvimento em acidente apenas naquela região. Contudo, a inexistência de dados sobre a frota circulante de veículos por região do Brasil não nos permite estabelecer uma medida de exposição fiel, ficando esta possibilidade como objeto de sugestão de trabalhos futuros.

4 METODOLOGIA

Para a modelagem adequada do número de feridos e acidentes de trânsito nas rodovias federais, objetos de estudo do presente trabalho, deve-se considerar distribuições de probabilidade para dados de contagem. Dessa forma, serão consideradas as distribuições Poisson e Binomial Negativa, ambas pertencentes à família exponencial de distribuições.

Os MLG's, dentre outras aplicações, podem ser utilizados quando os valores possíveis da variável resposta são provenientes de contagens, como é o caso das variáveis de interesse no presente trabalho (número de feridos e de acidentes).

Segundo Cordeiro e Demétrio (2008), o MLG é constituído por 3 componentes, a saber:

- i. um componente aleatório (Y), que são as variáveis aleatórias independentes de uma mesma distribuição de probabilidade e que deve pertencer à família exponencial de distribuições;
- ii. um componente sistemático, chamado de preditor linear, contempla o conjunto de variáveis explicativas para o modelo, por meio de uma combinação linear de parâmetros a serem estimados para medir a força da associação entre as variáveis explicativas e a variável de interesse (componente aleatório);
- iii. uma função de ligação que estabelece a forma que o componente aleatório será associado ao componente sistemático.

A forma da família exponencial, de acordo com Cordeiro e Demétrio (2008), considerada nos modelos lineares generalizados pode ser expressa por:

$$f(y; \theta, \phi) = \exp\left\{\frac{y\theta - b(\theta)}{\phi}\right\} + c(y, \phi), \quad (1)$$

onde $b(\cdot)$ e $c(\cdot)$ são funções conhecidas, θ geralmente um parâmetro de locação e ϕ um parâmetro de dispersão, ou seja, ϕ^{-1} um parâmetro de precisão. Assim ao propor o MLG, Nelder e Wedderbrun (1972), introduziram uma família de distribuições composta por distribuições contínuas, como é o caso da distribuição normal, gama e normal inversa, dentre outras, bem como por distribuições discretas, como é o caso das distribuições Poisson, binomial e binomial negativa. Para todas essas distribuições é possível reescrever suas funções densidade e massa de probabilidade no formato da expressão (1), que representa a família exponencial.

Assim, para utilização de um MLG será necessário especificar uma distribuição de probabilidade que pertença à família exponencial para a variável resposta, conforme suas características. Além disso, será necessário especificar o conjunto de variáveis explicativas que estejam disponíveis, bem como uma função de ligação para estabelecer a relação funcional entre o valor esperado do componente aleatório e o componente sistemático. Para ambas distribuições utilizadas neste trabalho para modelagem do número de feridos e de acidentes, será adotada a função de ligação logarítmica, a qual é muito utilizada para a modelagem de dados de contagem.

Como o objetivo deste trabalho consiste na estimação do número de acidentes e de feridos em rodovias federais, serão ajustados os modelos Poisson e Binomial Negativa para a predição dessas variáveis. A modelagem será feita por meio da função 'glm', disponível no software R, que realiza a estimação dos parâmetros do modelo de acordo com o método de máxima verossimilhança. Para maiores detalhes sobre o processo inferencial dos MLG's, recomenda-se Cordeiro e Demétrio (2008).

4.1 DISTRIBUIÇÃO POISSON

Seja Y uma variável aleatória com distribuição de Poisson, com parâmetro $\mu > 0$. Denota-se $Y \sim \text{Poisson}(\mu)$ e sua função de probabilidade é escrita na forma:

$$f(y; \mu) = \frac{e^{-\mu} \mu^y}{y!}, \quad y = 0, 1, 2, \dots \quad (2)$$

A média e a variância de Y são dadas por $E(Y) = Var(Y) = \mu$, ou seja, a distribuição Poisson é equidispersa (variância = média). Pode-se demonstrar que a função de probabilidade da Poisson pode ser reescrita na forma da família exponencial na equação (1).

4.2 DISTRIBUIÇÃO BINOMIAL NEGATIVA

Seja Y uma variável aleatória com distribuição binomial negativa, com parâmetro $\mu > 0$. Denota-se $Y \sim \text{BN}(\mu, \phi)$ e sua função de probabilidade é escrita na forma:

$$f(y; \mu, \phi) = \frac{\Gamma(\phi + y)}{\Gamma(\phi)\Gamma(y + 1)} \left(\frac{\mu}{\mu + \phi}\right)^y \left(\frac{\phi}{\mu + \phi}\right)^\phi, \quad y = 0, 1, 2, \dots \quad (3)$$

A média e a variância são dadas por $E(Y) = \mu$ e $\text{Var}(Y) = \mu + \phi^{-1}\mu^2$, ou seja, a distribuição binomial negativa é sobredispersa (variância $>$ média). Pode-se demonstrar, facilmente, que a função de probabilidade da binomial negativa pode ser reescrita na forma da família exponencial na equação (1).

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Primeiramente, vale lembrar que os resultados alcançados neste trabalho referem-se, restritamente, à estimação do número de feridos e de acidentes no âmbito das rodovias federais, portanto, não devem ser interpretados para o cenário geral destes eventos.

Antes da modelagem, extraiu-se um resumo dos dados em relação às variáveis de interesse (número de feridos e de acidentes). A Tabela 4 fornece algumas estatísticas descritivas destas variáveis para o período de 2015-2020.

Tabela 4 – Estatísticas descritivas do número de feridos e de acidentes de trânsito nas rodovias federais 2015-2020

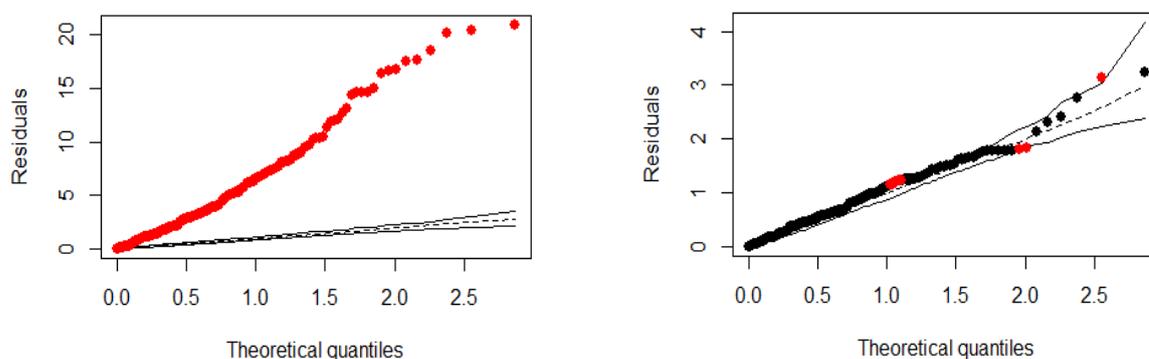
VARIÁVEL	MÍNIMO	Q1	MEDIANA	MÉDIA	Q3	MÁXIMO	DESVIO PADRÃO
Número de Feridos	8	522	2.158	3.256	3.564	16.829	4.227,9
Número de Acidentes	65	559	1.992	3.389	3.413	23.909	4.466,6

Fonte: Elaboração Própria (2022)

Observou-se, portanto, que a variância (desvio-padrão ao quadrado) está bem superior ao número médio de feridos e de acidentes, o que indica sobredispersão dos dados para contagem do número de feridos e de acidentes. Assim, uma vez que a distribuição de Poisson é equidispersa, conclui-se de maneira preliminar que esse modelo não se ajusta adequadamente aos dados. Como alternativa ao modelo Poisson, utilizou-se o modelo binomial negativa para descrever as variáveis de interesse, o qual consegue lidar com a sobredispersão dos dados.

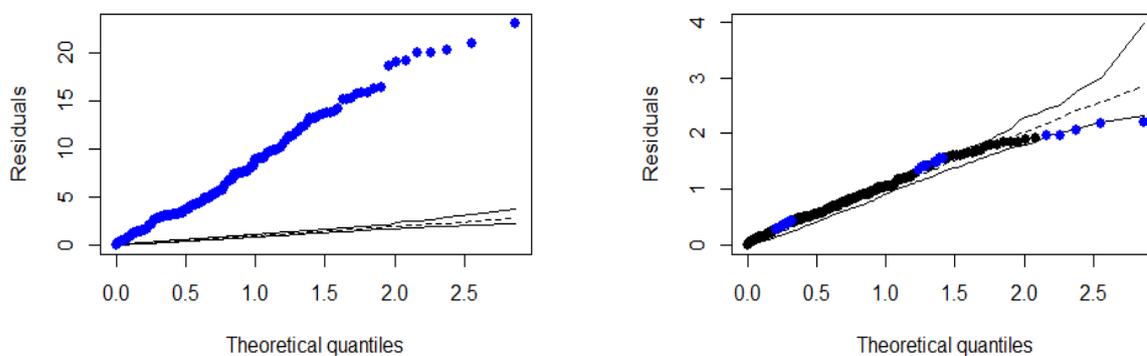
Para avaliação dos modelos propostos (Poisson e Binomial Negativa), foi realizada uma análise de resíduos por meio da simulação de envelopes. Para uma boa adequação do modelo, espera-se que a maioria dos resíduos estejam dentro dos envelopes. Dessa forma, o resultado da modelagem com a distribuição Binomial Negativa confirmou a adequação desta distribuição para os dados. As Figuras 4 e 5 demonstram que em relação ao número de feridos e de acidentes, respectivamente, apenas 6% e 18% dos resíduos componentes de desvio da distribuição Binomial Negativa ficaram fora dos envelopes, enquanto que para a distribuição Poisson a porcentagem fora dos envelopes foi de 100%.

Figura 4 – Envelopes para os resíduos do número de feridos, respectivamente, para as distribuições Poisson e Binomial Negativa



Fonte: Elaboração própria (2022)

Figura 5 – Envelopes para os resíduos do número de acidentes, respectivamente, para as distribuições Poisson e Binomial Negativa



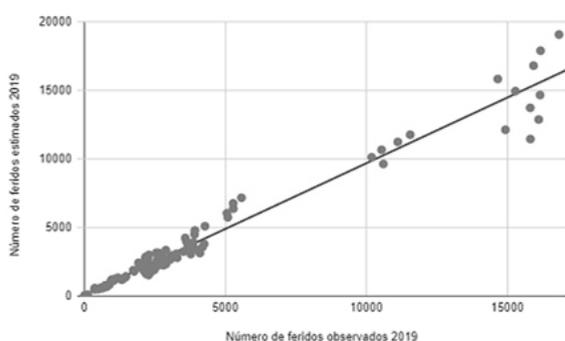
Fonte: Elaboração própria (2022)

Como o objetivo principal do trabalho consiste em verificar o efeito das campanhas educativas desenvolvidas pela Polícia Rodoviária Federal para redução do número de feridos e acidentes, uma segunda investigação nos dados foi realizada, encontrando-se uma possível inconsistência quanto ao número de pessoas atingidas na região sudeste do Brasil. Dessa forma, para tentar capturar de algum modo o efeito das campanhas, a variável ‘Ano’ foi incluída como substituta para essa covariável, já que é possível perceber que o número de pessoas sensibilizadas nas campanhas realizadas pela PRF tem aumentado a cada ano, sendo acompanhado por uma tendência de decréscimo dos números de feridos e de acidentes.

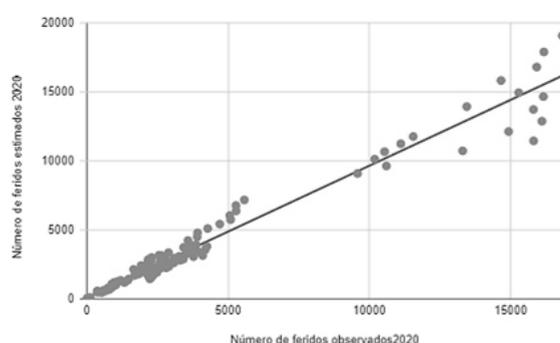
Após análise de resíduos dos modelos propostos e para validação do modelo escolhido (Distribuição Binomial Negativa), o banco de dados foi separado em dados para ajuste e dados para validação. Dessa forma, para a validação cruzada, foram considerados para ajuste dos modelos apenas os dados do período de 2015 a 2018, a fim de comparar as estimativas com os dados observados para os anos de 2019 e 2020. A validação cruzada consiste, basicamente, em comparar dados estimados pelo modelo com os dados observados, afim de avaliar a qualidade de predição da modelagem.

As Figuras 6 e 7 demonstram que o modelo estimou relativamente bem o número de feridos e de acidentes para os anos de 2019 e 2020, pois ao graficar os dados estimados pelo modelo com os dados observados para os anos de 2019 a 2020 verifica-se que os pontos ficam relativamente próximos a reta, principalmente em relação aos números de feridos e de acidentes abaixo de 15.000 e 5.000, respectivamente.

Figura 6 – Dispersão do número de feridos estimados versus observados 2019-2020



(a) número de feridos estimados versus observados (2019)

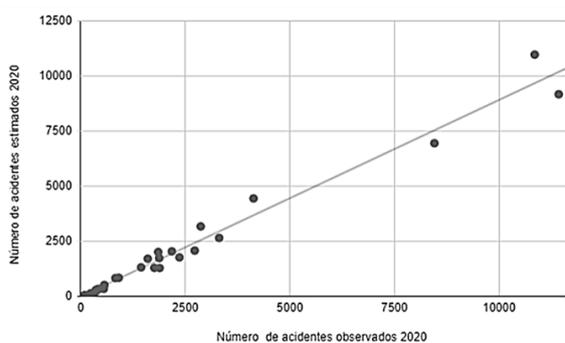


(b) número de feridos estimados versus observados (2020)

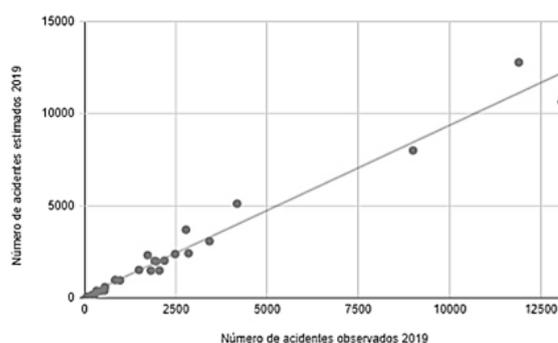
Fonte: Elaboração própria (2022)

Uma vez realizada a validação cruzada para verificação da qualidade do modelo quanto à predição do número de acidentes e de feridos, utilizou-se o banco de dados do período completo (2015 a 2020) para estimação do número de feridos e de acidentes de trânsito nas rodovias federais para o triênio 2021-2023.

Figura 7 – Dispersão do número de acidentes estimados versus observados 2019-2020



(a) número de acidentes estimados versus observados (2019)

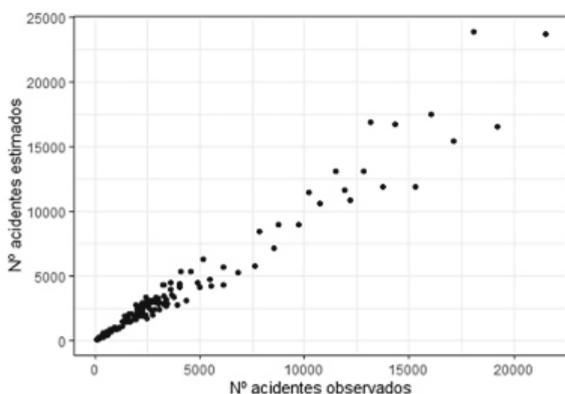


(b) número de acidentes estimados versus observados (2020)

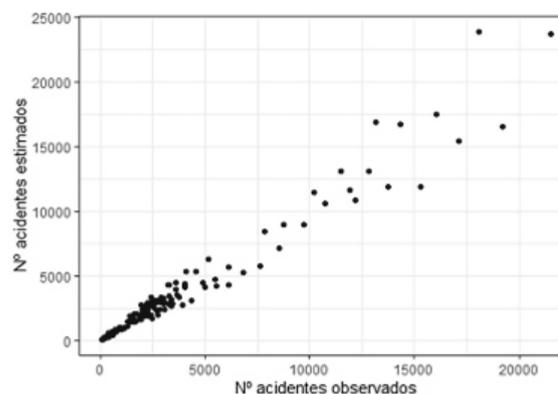
Fonte: Elaboração Própria (2022)

A análise de resíduos dos modelos para estimação do número de feridos e de acidentes confirma a adequação do modelo com a distribuição binomial negativa, pois demonstra que a modelagem estima satisfatoriamente as variáveis de interesse, conforme representado na Figura 8.

Figura 8 – Dispersão do número de feridos e de acidentes 2015-2020



(a) número de feridos estimados versus observados (2015-2020)



(b) número de acidentes estimados versus observados (2015-2020)

Fonte: Elaboração Própria (2022)

Aplicando a média simples para o crescimento da frota nacional, estima-se que para os anos de 2022 e 2023 a frota nacional será acrescida em 4,2%, a cada ano, conforme Tabela 5.

Tabela 5 – Crescimento estimado da frota de veículos para 2022 e 2023

REGIÃO	2021	2022	2023	CRESCIMENTO PERCENTUAL
Centro Oeste	10.557.521	11.050.344	11.566.171	9,55%
Nordeste	19.591.850	20.601.618	21.663.429	10,57%
Norte	6.066.551	6.409.947	6.772.781	11,64%
Sudeste	53.415.489	55.415.510	57.490.416	7,63%
Sul	21.815.459	22.657.841	23.532.751	7,87%

Fonte: Elaboração Própria (2022)

Após a seleção do modelo a ser implementado, qual seja aquele com distribuição Binomial Negativa, estimou-se os coeficientes para as modelagens, tanto para o número de feridos como para o número de acidentes, conforme Tabelas 6 e 7.

Tabela 6 – Coeficientes do modelo binomial negativa para estimação do número de feridos

VARIÁVEIS EXPLICATIVA	ESTIMATIVA	ERRO PADRÃO	Z-VALOR	P-VALOR
Intercepto	-7,769	0,046	-169,71	<0,001
Centro Oeste	0,703	0,044	15,84	<0,001
Nordeste	0,584	0,044	13,27	<0,001
Norte	0,459	0,045	10,13	<0,001
Sul	0,654	0,044	14,93	<0,001
Atropelamento	-1,660	0,042	-39,04	<0,001
Capotamento	-1,691	0,042	-39,76	<0,001
Danos Eventuais	-5,259	0,051	-103,76	<0,001
Saída de Pista	-1,302	0,042	-30,68	<0,001
Ano	-0,083	0,008	-10,06	<0,001

Fonte: Elaboração Própria (2022)

Tabela 7 – Coeficientes do modelo binomial negativa para estimação do número de acidentes

VARIÁVEIS EXPLICATIVAS	ESTIMATIVA	ERRO PADRÃO	Z-VALOR	P-VALOR
Intercepto	-7,632	0,048	-158,60	<0,001
Centro Oeste	0,738	0,046	16,10	<0,001
Nordeste	0,578	0,046	12,65	<0,001
Norte	0,394	0,046	8,47	<0,001
Sul	0,726	0,045	15,92	<0,001
Atropelamento	-1,673	0,045	-36,77	<0,001
Capotamento	-1,670	0,045	-36,70	<0,001
Danos Eventuais	-3,397	0,046	-72,59	<0,001
Saída de Pista	-1,255	0,045	-27,64	<0,001
Ano	-0,146	0,008	-17,07	<0,001

Fonte: Elaboração Própria (2022)

Os resultados obtidos poderão servir como métrica para o desenvolvimento de ações focadas na redução do número de feridos e acidentes de trânsito no âmbito das rodovias federais para os próximos anos.

Considerando o modelo proposto, pode-se analisar as relatividades referentes ao número de feridos e de acidentes. As relatividades objetivam comparar uma categoria da variável explicativa com a categoria de base (baseline) estabelecida ('Sudeste' para a variável região e 'Colisão' para a variável tipo de acidente) em termos do valor estimado para o número de acidentes e para o número de feridos. Uma vez que a função de ligação utilizada foi a função logarítmica, a relatividade pode ser obtida pelo valor do exponencial dos parâmetros estimados nas Tabelas 6 e 7. Para mais detalhes, sugere-se a leitura de Cordeiro e Demétrio (2008).

Conforme Tabela 8, espera-se por exemplo, que a região Sul registre em média 79% de feridos em relação ao número esperado para a região Sudeste. Já em relação ao número de acidentes, espera-se que os eventos do tipo 'Atropelamento' representem em média 19% em relação ao número esperado do tipo 'Colisões'.

Tabela 8 – Relatividades do número de feridos e de acidentes nas rodovias federais

COVARIÁVEIS	RELATIVIDADES	
	FERIDOS	ACIDENTES
Centro Oeste	0,40	0,41
Nordeste	0,66	0,65
Norte	0,18	0,17
Sul	0,79	0,84
Atropelamento	0,19	0,19
Capotamento	0,18	0,19
Danos Eventuais	0,01	0,03
Saída de Pista	0,27	0,29

Fonte: Elaboração Própria (2022)

Para obtenção dos valores propostos pelo modelo para estimação dos valores futuros do número de feridos e do número de acidentes, basta utilizar, respectivamente, as fórmulas estabelecidas nas equações (4) e (5), quais sejam:

$$N^{\circ} \text{ feridos} = \exp \left\{ \begin{array}{l} \log(\text{Frota}) - 7,769 + 0,709 \times I_{\text{Centro-Oeste}} + 0,584 \times I_{\text{Nordeste}} \\ + 0,459 \times I_{\text{Norte}} + 0,654 \times I_{\text{Sul}} - 1,660 \times I_{\text{Atropelamento}} \\ - 1,691 \times I_{\text{Capotamento}} - 5,259 \times I_{\text{Danos Eventuais}} \\ - 1,302 \times I_{\text{Saída de Pista}} - 0,083 \times \text{Ano} \end{array} \right\}, \quad (4)$$

$$N^{\circ} \text{ acidentes} = \exp \left\{ \begin{array}{l} \log(\text{Frota}) - 7,632 + 0,738 \times I_{\text{Centro-Oeste}} + 0,578 \times I_{\text{Nordeste}} \\ + 0,394 \times I_{\text{Norte}} + 0,726 \times I_{\text{Sul}} - 1,673 \times I_{\text{Atropelamento}} \\ - 1,670 \times I_{\text{Capotamento}} - 3,397 \times I_{\text{Danos Eventuais}} \\ - 1,255 \times I_{\text{Saída de Pista}} - 0,146 \times \text{Ano} \end{array} \right\}, \quad (5)$$

onde

$$I_{\text{Região}} \begin{cases} 1, & \text{para a região de interesse} \\ 0, & \text{para as demais regiões} \end{cases} \quad \text{e} \quad I_{\text{Tipo de Acidente}} \begin{cases} 1, & \text{para o tipo de acidente de interesse} \\ 0, & \text{para os demais tipos de acidentes} \end{cases}$$

Então, considerando a frota estimada para os anos de 2022 e 2023 e utilizando-se as expressões (4) e (5) foi possível estimar, respectivamente, o número de feridos e de acidentes para o triênio 2021-2023. Os resultados apresentados nas Tabelas 9 e 10, por tipo de acidente e por região, apontam para redução de ambas variáveis.

Tabela 9 – Estimativa do número de feridos e de acidentes em rodovias federais, por tipo de acidente, 2021-2023

TIPO	2021		2022		2023	
	ACIDENTES	FERIDOS	ACIDENTES	FERIDOS	ACIDENTES	FERIDOS
Colisão	33.205	41.463	29.929	39.809	26.978	38.221
Atropelamento	6.232	7.884	5.617	7.569	5.063	7.267
Capotamento	6.251	8.146	5.634	7.338	5.079	7.046
Danos Eventuais	1.111	216	1.002	207	903	199
Saída de Pista	9.466	11.278	8.532	10.827	7.691	10.396

Fonte: Elaboração Própria (2022)

Tabela 10 – Estimativa do número de feridos e de acidentes em rodovias federais, por região, 2021-2023

REGIÃO	2021		2022		2023	
	ACIDENTES	FERIDOS	ACIDENTES	FERIDOS	ACIDENTES	FERIDOS
Sudeste	18.269	22.661	16.379	21.637	14.684	20.659
Centro Oeste	7.553	9.046	6.832	8.715	6.179	8.395
Nordeste	11.944	14.904	10.854	14.424	9.863	13.960
Norte	3.077	3.631	2.809	3.961	2.565	3.851
Sul	15.421	18.744	13.841	17.014	12.423	16.264

Fonte: Elaboração Própria (2022)

Destaca-se que as estimativas do modelo para o triênio 2021-2023 apontam para uma tendência de redução para o número de feridos e de acidentes, contudo, a relação destas variáveis, tomada ano a ano, indica tendência de crescimento, o que pode ser observado também nos dados observados no período de 2015 a 2020, conforme Tabela 11.

Tabela 11 – Razão entre número de feridos e de acidentes em rodovias federais

ANO	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Razão	0,739	0,899	0,941	1,106	1,172	1,125	1,226	1,296	1,381

Fonte: Elaboração Própria (2022)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo de regressão Binomial Negativa com função de ligação logarítmica, após comparação com o modelo Poisson e em função dos dados observados no período de 2015 a

2020, demonstrou-se o mais adequado para modelar o número de feridos e de acidentes de trânsito no âmbito das rodovias federais para o triênio 2021-2023.

A indisponibilidade de dados acerca da frota de veículos circulante por região a cada ano limitou a modelagem para estimação do número de feridos e de acidentes de trânsito nas rodovias federais. Uma medida de exposição mais adequada ao risco de acidente seria a contagem dos veículos circulantes nas rodovias federais num determinado período em cada região do país. Como sugestão de trabalhos futuros, poderia-se utilizar os equipamentos de contagem de veículos instalados nas praças de pedágios para reaplicação da metodologia abordada neste trabalho.

O fato da variável “Pessoas Atingidas”, que representa o número de pessoas abordadas e sensibilizadas nas campanhas educativas desenvolvidas pela PRF, não ter sido considerada para o modelo, não sugere que a sensibilização de pessoas para um trânsito seguro não seja importante para a redução dos acidentes e das vítimas destes.

Na verdade, acredita-se que há um efeito dessa variável na redução no número de acidentes que vem sendo observado a cada ano do período pesquisado 2015-2020. A variável não pode ser diretamente incluída devido a uma possível inconsistência quanto ao número de pessoas atingidas na região Sudeste do Brasil. Contudo, devido ao padrão geral de comportamento, tal efeito foi incorporado ao modelo pela inclusão da variável ‘Ano’. Ademais, a vista do tipo de acidente que mais contribui para a produção de vítimas feridas, no caso o tipo ‘Colisão’, a abordagem e sensibilização de condutores torna-se ainda mais relevante, pois este acidente está estritamente relacionado ao comportamento do condutor na condução do veículo.

Observou-se redução do número de feridos e de acidentes nas rodovias federais, contudo, há de se ressaltar a necessidade de maior atenção ou até mesmo uma investigação acerca da relação de feridos por acidentes, que desde a análise dos dados do período observado (2015-2020) vem apontando uma tendência de crescimento, corroborada nas estimativas do modelo para o triênio 2021-2023.

Segundo os resultados do modelo proposto, depreende-se que as campanhas desenvolvidas pela PRF para o triênio 2021-2023 merecem contemplar especial atenção para:

- a) as ações desenvolvidas nas regiões Sudeste e Sul, pois serão as responsáveis pela maior parte dos feridos e dos acidentes no âmbito das rodovias federais, embora não representem as maiores variações na frota de veículo para o período, mas presumidamente concentra a maior frota circulante;

- b) as ações de sensibilização de condutores e passageiros para os riscos de ocorrência de acidente do tipo ‘Colisão’, que engloba as colisões dos tipos frontal, traseira, lateral, com bicicleta, com objeto físico, com objeto móvel e engavetamento, pois este evento está estritamente relacionado com o comportamento do condutor do veículo, representará aquele com maior frequência e também, pela sua natureza e dinâmica, é um evento que potencializa o aumento de vítimas feridas e afeta diretamente a relação de feridos por acidente.

A redução do número de feridos e de acidentes no âmbito das rodovias federais demonstram que as campanhas educativas desenvolvidas pela PRF têm alcançado resultados positivos e merecem ser consideradas como ferramentas de suma importância para um trânsito mais seguro e por consequência, por exemplo, para redução dos impactos financeiros referentes ao atendimento e tratamentos de feridos no SUS.

Os resultados alcançados neste trabalho poderão permitir a estimação e otimização dos diversos recursos empregados nas campanhas educativas para um trânsito seguro, com vistas à contínua redução do número de feridos e de acidentes nas rodovias federais.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, S; JORGE, M. Internações hospitalares por lesões decorrentes de acidente de transporte terrestre no Brasil, 2013: permanência e gastos. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, Distrito Federal, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5123/S1679-49742017000100004>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ress/a/xHmSZ7cj9NPDyjFm5LCQRhB/?lang=pt&format=html>. Acesso em 20 jul. 2022.

ATLAS DA DÉCADA DE AÇÕES PARA SEGURANÇA VIÁRIA: POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL. Disponível em: <https://www.gov.br/prf/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/atlas-da-decada-de-acoes-para-seguranca-viaria> Acesso em: 20 abr.2022.

BACCHIERI, G; BARROS, A. Acidentes de trânsito no Brasil de 1993 a 2010: muitas mudanças e poucos resultados. *Revista Saúde Pública*, Pelotas, v.45, p:949-963, 2011. Disponível em: <https://www.scielosp.org/pdf/rsp/v45n5/2981.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2022.

BATISTA, M; MYRRHA, L. Uma análise dos custos gerados pelos acidentes de trânsito no Brasil ao Sistema Único de Saúde e o seu financiamento pelo seguro DPVAT (2005-2011). *Revista Debate Econômico*, Varginha v.4, n.1, p:78-92, 2016. Disponível em: <https://publicacoes.unifal-mg.edu.br/revistas/index.php/revistadebateeconomico>. Acesso em: 15 maio 2022.

CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA. Em dez anos, acidentes de trânsito consomem quase R\$ 3 bilhões do SUS, 2017. Disponível em: <https://portal.cfm.org.br/noticias/em-dez-anos-acidentes-de-transito-consomem-quase-r-3-bilhoes-do-sus/>. Acesso em: 19 jun. 2022.

CORDEIRO, M; DEMÉTRIO, G. Modelos lineares generalizados e extensões. São Paulo, Universidade de São Paulo, 2008.

COSTA, J. Os impactos econômico-financeiros do ressarcimento ao SUS para as operadoras de planos de saúde, Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br>. Acesso em 20 abr. 2022.

FERNANDES, A. Campanhas educativas sobre o trânsito: uma política pública em evolução. Escola de Administração de Empresas de São Paulo. Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2016.

HOFFMANN, M. Comportamento do condutor e fenômenos psicológicos. Psicologia: Pesquisa & Trânsito, Florianópolis, v.1, n.1, p: 17-24, 2005. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/ppet/v1n1/v1n1a04.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2022.

INFORME TÉCNICO INSTITUCIONAL. Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo. O impacto dos acidentes e violências nos gastos da saúde. Revista Saúde Pública, Pelotas, v.40, p:553-556, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.org/pdf/rsp/v45n5/2981.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Relatório de Pesquisa, 2015. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_alphacontent&view=alphacontent&Itemid=365&limitstart=100. Acesso em 28 jun. 2022.

LEI Nº 9.656, de 3 de junho de 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19656.htm. Acesso em 24 jun. 2022

MARTINS, R. O seguro DPVAT e a MP 340/2006 (Lei nº 11.482/2007), 2010. Disponível em: <https://www.segurodpvat.com/site/artigos/35-artigos/64-o-seguro-dpvat-e-a-medida-provisoria-3402006-lei-no-114822007>. Acesso em 12 jun. 2022.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. Estatística – Frota de Veículos – SENATRAN. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/estatisticas-frota-de-veiculos-senatran>. Acesso em: 10 jun. 2022.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. DATASUS. Morbidade Hospitalar do SUS - por local de residência - Brasil. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br>. Acesso em 18 abr. 2022.

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. Generalized linear models. Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General), Wiley Online Library, v. 135, n. 3, p. 370–384, 1972.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA. Disponível em: <https://www.onsv.org.br/estudos-e-pesquisas/>. Acesso em: 10 jun.2022.

ODERO, W., GARNER, P.; ZWI, A. Road Traffic Injuries in Developing Countries: A Comprehensive Review of Epidemiological Studies. *Tropical Medicine & International Health*, V. 2, P: 445-460, 1997. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3156.1997.tb00167.x>

PEREIRA, F. Modelos Lineares Generalizados com distribuições de Poisson e Binomial Negativa para avaliar a relação entre poluentes atmosféricos e internações mensais por doenças respiratórias. Universidade Federal de São Paulo, São José dos Campos, 2022.

POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL. Dados abertos de acidentes de trânsito (20015 -2019). Disponível em: <https://www.gov.br/prf/pt-br>. Acesso em: 10 jun. 2022.

TISCHER, V. O custo social e econômico dos acidentes de trânsito com pedestre e ciclistas: estudo de caso do estado de Santa Catarina, Brasil, *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v.11, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/cp8SjXbPWfXZM8vm8d5tkq/?lang=pt>. Acesso em: 25 jun. 2022.

VIANNA, F. Sinistralidade das operadoras de planos privados de assistência à saúde médico-hospitalar: determinação dos fatores associados a esse índice e seus efeitos. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.