

ACIDENTES RODOVIÁRIOS DAS ESTRADAS NACIONAIS DE PORTUGAL: ESTUDO DA ASSOCIAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS RECOLHIDAS

Jocilene Otilia da Costa

Elisabete Freitas

Paulo António Alves Pereira

Universidade do Minho, Portugal

Departamento de Engenharia Civil

Maria Alice Prudêncio Jacques

Universidade de Brasília, Brasil

Programa de Pós-Graduação em Transportes

RESUMO

Este artigo trabalha com a determinação do grau de associação entre algumas variáveis relacionadas aos elementos que afetam a segurança rodoviária (condutor, veículo, estrada e ambiente viário). Os acidentes ocorridos nas estradas nacionais da região norte de Portugal no período de 1999 a 2008 formam a base de dados considerada. Mostrou-se empiricamente, através do teste de associação qui-quadrado, que as variáveis estudadas (fatores atmosféricos, traçado da via, habilitação de condução, passageiros vítimas, peões vítimas e condutores vítimas) estão todas associadas com a natureza do acidente. No entanto, a maioria das associações é fraca. Cabe destacar que os resultados obtidos serão utilizados no desenvolvimento de um modelo de previsão de acidentes para a rede rodoviária estudada.

ABSTRACT

This paper seeks to determine the degree of association between selected variables associated to aspects of road safety (driver, vehicle, road and road environment). The database used consists of accident statistics for roads in Northern Portugal in the period 1999 to 2008. Empirical data analysis using Chi-square testing for association shows that the variables weather conditions, road layout, passengers, pedestrians and driver victims are all associated to the type of accident, although the degree of association is low. The results obtained will be used to develop an accident prediction model for the road network studied.

1. INTRODUÇÃO

A nível mundial, quando se avaliam os acidentes rodoviários, conclui-se que a ocorrência destes eventos depende da contribuição de múltiplos fatores, sendo eles: (i) condutor; (ii) estrada e ambiente viário; (iii) veículo. Estes fatores agem tanto de forma isolada quanto associados entre si. Há um consenso sobre a responsabilidade do comportamento do condutor na maioria dos acidentes rodoviários (Sabey e Staughton, 1975). Entretanto, além dos fatores humanos relacionados com este comportamento, salienta-se a influência das características da infraestrutura rodoviária nestes acidentes.

Cardoso e Goldner (2007) destacam que na modelação de acidentes, seja em estradas urbanas ou rurais, nem sempre é possível introduzir o efeito de variáveis qualitativas. Já Hauer (2004) declara que quando se identifica a relação das variáveis qualitativas com outras variáveis do modelo é possível afirmar que os parâmetros das variáveis do modelo incorporam o efeito dessas variáveis qualitativas. Sendo assim, a identificação da relação entre as diferentes variáveis de uma base de dados de acidentes permite explicar melhor estes acidentes. Uma maneira de identificar a relação entre variáveis qualitativas é a aplicação do teste de associação qui-quadrado (Barbetta, 2006).

Assim, este trabalho apresenta como objetivo a determinação do grau de associação entre algumas variáveis relacionadas com os três elementos que afetam a segurança rodoviária. Este estudo é feito considerando os acidentes ocorridos nas estradas nacionais (EN-14, EN-101 e

EN-206) da região norte de Portugal no período de 1999 a 2008, especificamente os trechos localizados no distrito de Braga e no concelho de Felgueiras.

O trabalho é apresentado em 6 seções. A seção 2, seguindo da introdução, apresenta as principais características das estradas portuguesas. Na seção 3, é feita uma breve caracterização dos acidentes ocorridos nas estradas portuguesas e definida a base de dados do estudo. Já na seção 4, é exposta a definição das variáveis do estudo. A descrição e aplicação do teste de associação qui-quadrado são descritas na seção 5 e, na seção 6, são feitas as considerações finais a cerca do estudo.

2. CLASSIFICAÇÃO DA REDE RODOVIÁRIA PORTUGUESA

Lançado em 1985, pelo Decreto-Lei nº 380/85, mas com constantes alterações, o Plano Rodoviário Nacional define a rede rodoviária nacional de Portugal continental, que desempenha interesse nacional e internacional. Assim, a rede rodoviária nacional é composta pela Rede Nacional Fundamental e pela Rede Nacional Complementar.

Os Itinerários Principais – IPs constituem a Rede Nacional Fundamental tendo uma influência supradistrital de forma a garantir a ligação às principais fronteiras e aos portos e aeroportos mais importantes. Nestas estradas a velocidade média de circulação é igual ou superior a 80 km. Já os Itinerários Complementares – ICs são as estradas que têm uma influência infradistrital, no entanto são ligações de maior interesse regional e são constituídos por vias de grande capacidade envolvente e de acesso às áreas metropolitanas de Lisboa e Porto. Tanto nos IPs como nos ICs é proibida a circulação de velocípedes, veículos de tracção animal e peões. No entanto, nos ICs existem equipamentos rodoviários de apoio aos utilizadores da estrada, áreas de repouso e de serviço.

As Estradas Nacionais – ENs conjuntamente com os ICs constituem a Rede Nacional Complementar e se estendem ao longo do território garantindo condições de circulação adequadas a todos os tipos de veículos. Destaca-se ainda, entre a rede de abrangência nacional, as estradas regionais e por último a rede municipal constituída por estradas e caminhos municipais (Santo, 2005).

Outra rede rodoviária de grande importância é a composta pelas Autoestradas, sendo ela chamada de Rede Nacional de Autoestradas. Segundo o Decreto-Lei n.º 222/98, a rede nacional de autoestradas é formada pelos elementos da rede rodoviária nacional especificamente projetados e construídos para o tráfego motorizado, que não servem para dar acesso às propriedades limítrofes.

A rede rodoviária em Portugal está notavelmente desenvolvida e as diferentes categorias de estradas são proporcionais, embora possa haver ainda um alargamento do número de quilómetros dedicados a cada categoria, especialmente na rede rodoviária municipal (Figura 1).



Figura 1: Extensões das redes

Fonte: Santo (2005)

Para Seco (2001), as vias de comunicação rodoviárias respondem a diferentes necessidades de deslocação de pessoas e bens, em diversos ambientes, variando de funções, desde a garantia de mobilidade de média e grande dimensão da circulação motorizada, passando pela garantia de acessibilidade aos espaços urbanos (motorizados e pedonais), às funções sociais próprias da vivência urbana. As características e necessidades próprias destas diversas funções conduzem a uma especialização das vias.

Em Portugal há uma natural adoção de uma hierarquização funcional da rede viária baseada em dois grandes conjuntos de vias: (i) as vias estruturantes, viradas fundamentalmente para o serviço da função circulação, cujo objetivo é essencialmente a deslocação de média a grande dimensão que garanta condições de fluidez, rapidez e segurança, com eixos de elevada capacidade; (ii) as vias locais, preenchendo a função acessibilidade, ou seja, o acesso a espaços urbanos, que garanta facilidade de circulação média a reduzida compatível com funções de vivência urbana (Branco *et al.*, 2005).

3. OS ACIDENTES RODOVIÁRIOS NAS ESTRADAS PORTUGUESAS

A caracterização da sinistralidade em estradas portuguesas revela-se de extrema importância como base de atuação dos órgãos gestores que desenvolvem medidas de prevenção. No entanto, a especificidade de determinadas regiões pode inviabilizar a aplicação de medidas com constatada eficácia noutras áreas. Por esta razão, nesta seção é feita uma análise da sinistralidade rodoviária da região norte de Portugal.

3.1. Considerações iniciais

A Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária – ANSR divulga anualmente os dados relativos aos acidentes rodoviários ocorridos nas estradas de Portugal. A análise dos acidentes apresentada a seguir é feita a partir da base de dados deste organismo, de forma sumária a nível nacional e com maior pormenor na região norte, focando particularmente as Estradas Nacionais 14, 101 e 206. Na Figura 2 apresenta-se a distribuição dos acidentes em relação ao tipo de estrada em Portugal, onde se observa uma ocorrência de acidentes nas estradas nacionais superior a 50%, o que justifica o objeto deste estudo.

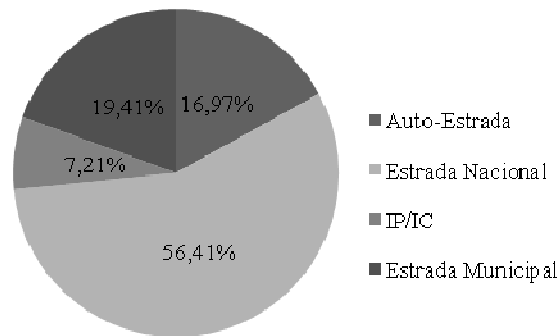


Figura 2: Distribuição dos acidentes por tipo de estrada
Fonte: Adaptado de ANSR (2009)

Na Figura 3 é mostrada a distribuição dos acidentes por região no país, apenas em Portugal Continental, uma vez que as estradas das ilhas da Madeira e dos Açores não foram consideradas porque não fazem grandes ligações e também representam uma parcela muito pequena da composição das estradas portuguesas, menos de 0,01%. Observa-se que os acidentes ocorridos na região norte representaram 27,26% do total, ficando atrás da região de Lisboa e Vale Tejo e muito próxima da região centro. A importância de estudar os acidentes ocorridos nessa região justifica-se pelo fato da região Norte abranger uma alta concentração de concelhos e diversas zonas industriais do país. Outro fator determinante da escolha da região é a falta de estudos que abordam as estradas nacionais dessa região.

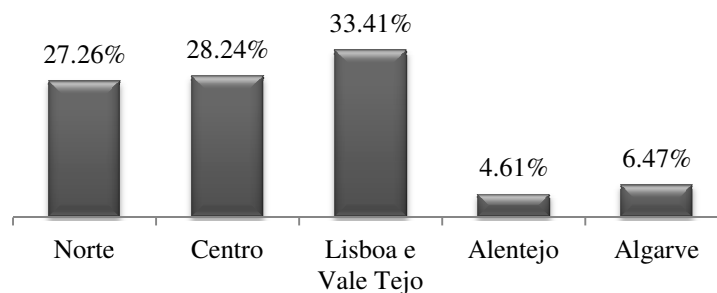


Figura 3: Distribuição dos acidentes por região ocorridos nas estradas nacionais
Fonte: Adaptado de ANSR (2009)

Na Tabela 1: Tabela 1 apresenta-se os dados relativos à 2008 de acidentes com o número de mortos e feridos da região norte de Portugal. Braga aparece como o segundo distrito em termos de ocorrência de acidentes, representando 27,81% do total da região norte. Quanto às vítimas, o distrito de Braga representa 28,43% do número de mortos, 34,32% dos feridos graves e 27,69% dos feridos leves.

Tabela 1: Acidentes sucedidos nas estradas nacionais do norte de Portugal em 2008

Distrito	Acidentes	Mortos	Feridos graves	Feridos leves
Braga	2.653	56	233	3.342
Bragança	382	16	57	484
Porto	5.196	87	291	6.626
Viana do Castelo	773	28	51	946
Vila Real	536	10	47	673
Total	9.540	197	679	12.071

Fonte: Adaptado de ANSR (2009)

3.2. Rede rodoviária do estudo

No estudo de acidentes é fundamental a caracterização da rede rodoviária, já que a mesma apresenta diferentes funções. Uma das funções dessa caracterização é auxiliar a identificação das variáveis a serem mensuradas na futura modelação de previsão de acidentes, assim como na seleção dos trechos rodoviários para os casos de estudo. Neste artigo apresenta-se uma breve caracterização em que foram consideradas as características da estrada e do ambiente rodoviário envolvente dos seis trechos selecionados e que se localizam na região norte de Portugal. Diante disso, a Tabela 2 apresenta os trechos que serão estudados nas análises estatísticas e também informações sobre os trechos.

Tabela 2: Trechos e características da rede rodoviária do estudo

Trecho	Sigla	Comprimento (km)	Sinuosidade Horizontal	Uso do solo
Braga-Famalicão	EN*-14	20,2	48 curvas horizontais 51 retas	Comercial Industrial Residencial** Rural
Braga-Guimarães	EN*-101	15,0	83 curvas horizontais 85 retas	Comercial Residencial** Rural
Braga-Vila Verde	EN*-101	8,9	20 curvas horizontais 25 retas	Comercial Residencial** Rural
Famalicão-Guimarães	EN*-206	16,6	48 curvas horizontais 49 retas	Comercial Industrial Residencial** Rural
Guimarães-Fafe	EN*-206	8,0	28 curvas horizontais 29 retas	Residencial** Rural
Guimarães-Felgueiras	EN*-101	16,0	118 curvas horizontais 121 retas	Comercial Residencial** Rural

*: Estrada Nacional

** : Tipo de uso do solo predominante

Os dados apresentados na Tabela 2 permitem concluir que os trechos têm algumas características em comum, como por exemplo, a sinuosidade horizontal. Nesta tabela observa-se que o número de retas é muito semelhante ao número de curvas em todos os trechos. No entanto, na relação entre o número de curvas horizontais e o comprimento do trecho, verifica-se que Braga-Guimarães apresenta 2,5 vezes mais curvas/km do que Braga-Vila Verde e Guimarães-Felgueiras tem 3,3 vezes mais que Braga-Vila Verde. Outra característica a destacar é o uso do solo, visto que todos os trechos apresentam uso residencial como predominante.

3.3. Estrutura da base de dados

Os dados dos acidentes considerados para este estudo foram fornecidos pela Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária – ANSR no período compreendido entre 1999 e 2008. Para um melhor entendimento da base de dados desse órgão público, nesta seção apresenta-se os campos e parte das informações contidas na base de dados de acidentes (Tabela 3). Essas informações são obtidas por meio do Boletim Estatístico de Acidentes de Viação – BEAV. Este boletim é preenchido pela Polícia de Segurança Pública – PSP e/ou pela Guarda

Nacional Republicana – GNR, após serem chamados ao local do acidente sempre que há vítimas. Por isso, raramente há o registo de acidentes apenas com danos materiais.

Através do preenchimento do BEAV é possível descrever a situação do acidente, a natureza e a localização. Na Tabela 3 é apresentado um resumo das informações que são preenchidas no BEAV, destacando-se a parte que é preenchida para acidentes com e sem vítimas.

Tabela 3: Elementos e características coletados com o BEAV

Elementos	Características
Identificação do Acidente	Data e Hora; Localização; Tipo de acidente; Natureza do Acidente; Número de veículos intervenientes; Condutores intervenientes.
Circunstâncias externas	Características da técnicas da via; Traçado da via; Regime de Circulação; Pavimento; Sinalização; Luminosidade; Fatores Atmosféricos.
Veículos intervenientes	Categoria e Classe; Tipo de serviço; Ano da matrícula; Inspeção periódica; Certificado ADR; Carga, Lotação e Pneus; Seguro.
Condutores intervenientes	Características da habilitação de condução; Condições psico e físicas; Ações e manobras antes do acidente; Informação complementar a ações e manobras; Acessórios de segurança.
Severidade do acidente	Condutores vítimas; Passageiros Vítimas; Peões Vítimas.

4. IDENTIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS

A intenção do presente estudo é auxiliar no desenvolvimento de modelos de previsão de acidentes para rede rodoviária localizada no norte Portugal. Assim, o estudo de associações das variáveis da base de dados dos acidentes é o marco inicial do trabalho de determinação destes modelos, e é feito por meio de análises estatísticas.

Para que o estudo seja viável é preciso identificar na literatura características comumente utilizadas nos modelos de previsão de acidentes. Para além do tráfego, vários estudos referem as relações entre os acidentes e as principais características da estrada (Fitzpatrick *et al.*, 2008; Gettman e Head, 2003; Vogt e Bared, 1998). Zegeer *et al.* (1992) observaram que melhoramentos em curvas horizontais, como aumento do raio de curvatura e/ou redução do ângulo central, alargamento das vias e bermas pavimentadas, acréscimo de bermas não pavimentadas e adequação da superelevação, determinaram a redução da taxa de acidentes. Para o caso deste estudo exploratório trabalhar-se-á com as características gerais do traçado da via (retas e curvas) para identificar a associação entre estas características e os acidentes.

Devido ao consenso sobre a responsabilidade do comportamento do condutor na maioria dos acidentes rodoviários (Sabey e Staughton, 1975) estudar-se-á a contribuição do condutor através das variáveis idade e sexo do condutor. Estudar-se-á, também, a consequência do acidente para o condutor.

No Boletim Estatístico de Acidentes de Viação – BEAV a natureza (tipo) do acidente representa a informação principal para este estudo, visto que junto a esse campo identifica-se a presença ou não de vítimas no acidente. Nos modelos de previsão são considerados acidentes com danos materiais e acidentes com vítimas. No entanto, como a partir da base de dados da Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária – ANSR não é possível quantificar corretamente o número de acidentes com danos materiais, estudar-se-á as características natureza do acidente e consequências dos acidentes (severidade). Na Tabela 4 as variáveis selecionadas e os respectivos valores são apresentados detalhadamente.

Tabela 4: Variáveis e categorias selecionadas

Variáveis	Categorias
Natureza do acidente	Atropelamentos, Colisões, Despistes
Fatores Atmosféricos	Bom tempo, Chuva e Nevoeiro
Traçado da via	Curva e Reta
Idade dos condutores	18-25; 25-35; 35-45; 45-55; 55-65 e >65
Sexo dos condutores	Masculino e Feminino
Passageiros Vítimas	Mortos, Feridos Leves e Feridos Graves
Peões Vítimas	Mortos, Feridos Leves e Feridos Graves
Condutores Vítimas	Ileso, Mortos, Feridos Leves e Feridos Graves

5. DETERMINAÇÃO DAS ASSOCIAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS SELECIONADAS

5.1. Técnica de determinação do grau de associação

Grande parte das variáveis estudadas na segurança rodoviária não são mensuradas numericamente, mas indicam certas qualidades, atributos, de tal forma que pode-se alocar cada elemento numa categoria preestabelecida, resultando em dados categorizados. Destaca-se que os elementos devem estar bem definidos numa e apenas uma categoria.

Um dos grandes propósitos em pesquisas na segurança rodoviária é verificar se duas ou mais variáveis se apresentam associadas, já que esta análise auxilia na definição das variáveis de um modelo de previsão de acidentes (Cardoso e Goldner, 2007). Assim, diz-se que duas variáveis estão associadas, se o conhecimento de uma altera a probabilidade de algum resultado da outra. No entanto, destaca-se que dizer que existe associação entre duas variáveis, X e Y, não implica, necessariamente, que X causa Y, ou que Y causa X. Apenas pode-se afirmar que o conhecimento de uma delas altera a probabilidade dos resultados da outra.

O teste de associação qui-quadrado é o teste estatístico mais antigo e um dos mais utilizados na identificação da associação de variáveis (Barbetta, 2006). Este teste permite verificar a significância da associação entre duas variáveis qualitativas.

A estatística do teste, que é designada por $\chi^2_{\text{crítico}}$, é uma espécie de medida da distância entre as frequências observadas, O, e as frequências esperadas, E, para as células da tabela de contingência, na suposição das variáveis serem independentes. Quando as variáveis são independentes, as frequências observadas tendem a ficar perto das frequências esperadas.

Logo, para um dado valor de nível de significância e para um determinado número de graus de liberdade, determina-se o valor de $\chi^2_{\text{crítico}}$ para que se possa fazer o teste. Assim, mediante a comparação entre as frequências observadas e estimadas, calcula-se a estatística do teste para os dados da tabela de contingência considerada (χ^2). As hipóteses testadas são: (i) H_0 : As variáveis são independentes e (ii) H_1 : Existe associação entre as variáveis.

No caso de se rejeitar H_0 , conclui-se que existe associação entre as variáveis e, para completar a análise, faz-se o teste de verificação do grau da associação, por meio do cálculo do coeficiente de contingência C^* . As etapas e observações necessárias à aplicação do teste de associação entre duas variáveis selecionadas para um estudo são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5: Etapas e observações a serem consideradas na aplicação do teste de associação

Etapa	Descrição	Equações	Observações
1	Definição das variáveis (V_i)		
2	Hipóteses a serem testadas		<ul style="list-style-type: none"> ▪ H_0: V_1 e V_2 são variáveis independentes; ▪ H_1: Existe associação entre as variáveis V_1 e V_2.
3	Tabela de Contingência		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Base de dados do estudo com as frequências observadas.
4	Cálculo das frequências esperadas	$E = \frac{(\text{total da linha}) \times (\text{total da coluna})}{(\text{total geral})} \quad (1)$ <p>em que: E: frequência esperada</p>	
5	Cálculo do χ^2	$\chi^2 = \sum \frac{(O-E)^2}{E} \quad (2)$ <p>em que χ^2: estatística de teste; E: frequência esperada; O: frequência observada.</p>	
6	Graus de liberdade (gl)	$gl = (l-1) \times (c-1) \quad (3)$ <p>em que l: número de linhas da tabela de dados; c: número de colunas da tabela de dados.</p>	
7	Identificação do $\chi^2_{\text{crítico}}$		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Valor retirado de tabela estatística de χ^2; ▪ Se $\chi^2 \geq \chi^2_{\text{crítico}}$ existe associação entre as variáveis (rejeita H_0) e calcula-se o valor de C^*.
8	Medida de associação	$C^* = \sqrt{\frac{k * \chi^2}{(k-1) \times (n + \chi^2)}} \quad (4)$ <p>em que C^*: Coeficiente de contingência; k: o menor valor entre o número de linhas e colunas da tabela de dados; χ^2: estatística de teste; n: número de elementos observados.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ C^* é próximo a zero, a associação é fraca ▪ C^* próximo a um, a associação é forte; ▪ C^* próximo a 0,5 a associação é moderada.

5.2. Cálculo das associações entre as variáveis

Nesta seção apresentar-se-á as tabelas de contingência, as hipóteses a serem testadas, a identificação da existência ou não de associações entre as variáveis e os valores dos elementos que permitem definir o grau associação entre as variáveis.

Inicialmente, verifica-se para a base de dados do estudo se os fatores atmosféricos estão associados com a natureza do acidente. Na Tabela 6 enquadra-se os 4.356 acidentes em fatores atmosféricos e natureza do acidente, formando assim a tabela de contingência dessa fase do estudo. Assim, as hipóteses testadas serão: (i) H_0 : Fatores atmosféricos e natureza do acidente são variáveis independentes e H_1 : Existe associação entre as variáveis fatores atmosféricos e natureza do acidente.

Tabela 6: Distribuição em fatores atmosféricos e natureza do acidente de 4.356 acidentes

Natureza do Acidente	Fatores Atmosféricos			Total
	Bom tempo	Chuva	Nevoeiro	
Atropelamentos	380	124	0	504
Colisões	2.218	811	18	3.047
Despistes	521	272	12	805
Total	3.119	1.207	30	4.356

Deseja-se verificar, também, se os dados da amostra apontam evidência suficiente para afirmar que, na população em estudo, existe associação entre a idade dos condutores envolvidos em acidentes e a natureza. A Tabela 7 apresenta as frequências observadas que compõem a tabela de contingência para o estudo, e as hipóteses a serem testadas são: (i) H_0 : Idade do condutor e natureza do acidente são variáveis independentes e (ii) H_1 : Existe associação entre as variáveis idade do condutor e natureza do acidente.

Tabela 7: Disposição de 7.791 condutores em idade e natureza do acidente

Natureza do Acidente	Idade do Condutor						Total
	18-25	25-35	35-45	45-55	55-65	>65	
Atropelamentos	116	139	114	54	49	28	500
Colisões	1.510	1.907	1.419	984	484	316	6.620
Despistes	257	235	175	89	50	32	838
Total	1.883	2.281	1.708	1.127	583	376	7.958

A associação entre o sexo do condutor e a natureza dos acidentes também é testada. A Tabela 8 representa as frequências esperadas da tabela de contingência e as hipóteses trabalhadas são: (i) H_0 : Sexo do motorista e natureza do acidente são variáveis independentes e (ii) H_1 : Existe associação entre as variáveis sexo do motorista e natureza do acidente.

Tabela 8: Distribuição de 7.791 condutores em sexo e natureza do acidente

Natureza do Acidente	Sexo do Condutor		
	Masculino	Feminino	Total
Atropelamentos	408	92	500
Colisões	5.374	1.246	6.620
Despistes	649	189	838
Total	6.431	1.527	7.958

Consequências para os condutores envolvidos e a natureza do acidente também são foco do estudo. A tabela de contingência é a Tabela 9. As hipóteses de trabalho são: (i) H_0 : Consequências para os condutores e natureza do acidente são variáveis independentes e (ii) H_1 : Existe associação entre as variáveis consequências para os condutores e natureza do acidente.

Tabela 9: 7.791 condutores envolvidos em acidentes distribuídos em severidade e natureza

Natureza do Acidente	Consequências para os Condutores					Total
	Ilesos	Feridos Leves	Feridos Graves	Mortos		
Atropelamentos	464	43	5	0	512	
Colisões	3.442	2.761	181	37	6.421	
Despistes	137	652	42	27	858	
Total	4.043	3.456	228	64	7.791	

Para verificar a associação entre o traçado da via e a natureza do acidente obteve-se a tabela de contingência apresentada na Tabela 10 e as hipóteses de trabalho são: (i) H_0 : Traçado da via e natureza do acidente são variáveis independentes e (ii) H_1 : Existe associação entre as variáveis traçado da via e natureza do acidente.

Tabela 10: Distribuição em traçado da via e natureza do acidente de 4.356 acidentes

Natureza do Acidente	Traçado da Via		
	Reta	Curva	Total
Atropelamentos	434	70	504
Colisões	2.270	777	3.047
Despistes	383	422	805
Total	3.087	1.269	4.356

Por fim, deseja-se verificar se os dados da amostra apontam evidência suficiente para afirmar que existe associação entre as vítimas dos acidentes e a natureza do acidente. Sendo assim, as hipóteses a serem testadas são: (i) H_0 : Vítimas e natureza do acidente são variáveis independentes e (ii) H_1 : Existe associação entre as variáveis vítimas e natureza do acidente.

Tabela 11: Distribuição de 6.820 vítimas em severidade e natureza do acidente

Natureza do Acidente	Vítimas			
	Feridos Leves	Feridos Graves	Mortos	Total
Atropelamentos	444	106	39	589
Colisões	4.763	271	60	5.094
Despistes	1.010	84	43	1.137
Total	6.217	461	142	6.820

A Tabela 12 apresenta os elementos calculados para identificar se existe associação entre as variáveis estudadas e para a determinação do coeficiente de contingência (ver Tabela 13) que mede a associação. Estes resultados foram obtidos considerando um valor de $\alpha = 0,05$ (5%).

Tabela 12: Coeficientes calculados para identificar a associação entre as variáveis

Variáveis	χ^2	$\chi^2_{\text{crítico}}$	gl
Fatores Atmosféricos x Natureza do acidente	32,16	9,49	4
Idade do Condutor x Natureza do acidente	56,59	18,31	10
Sexo do Condutor x Natureza do acidente	6,89	5,99	2
Consequências para os Condutores x Natureza do acidente	794,16	12,59	6
Traçado da Via x Natureza do acidente	287,69	5,99	2
Vítimas x Natureza do acidente	240,21	9,49	4

Na Tabela 12 também pode-se observar que para as variáveis estudadas todos os valores de χ^2 calculados são maiores do que os $\chi^2_{\text{crítico}}$ e desta forma, rejeita-se H_0 e conclui-se que há associação entre as variáveis. Visto que existe associação entre todos pares de variáveis testadas, calcula-se o grau associação entre essas variáveis, o que é apresentado na Tabela 13.

Tabela 13: Informações da associação entre as variáveis e do grau de associação

Variáveis	Há associação?	C*	Grau de associação
Fatores Atmosféricos x Natureza do acidente	Sim	0,1048	Fraca
Idade do Condutor x Natureza do acidente	Sim	0,1029	Fraca
Sexo do Condutor x Natureza do acidente	Sim	0,0416	Fraca
Consequências para os Condutores x Natureza do acidente	Sim	0,3725	Moderada
Traçado da Via x Natureza do acidente	Sim	0,3520	Moderada
Vítimas x Natureza do acidente	Sim	0,2259	Fraca

5.3. Análise dos resultados

Como pode ser observado na Tabela 13 existe associação entre os fatores atmosféricos e a natureza do acidente, porém essa associação é fraca. Analisando os dados da Tabela 6 pode-se verificar que para os três tipos de acidentes considerados, as ocorrências predominam em bom tempo, em torno de 70%.

Também há associação entre a idade dos condutores envolvidos nos acidentes e a natureza destes acidentes de acordo com a Tabela 13. Esta associação, assim como a anterior analisada, também é fraca. Desta forma, considerando os dados da Tabela 7, verifica-se que os condutores com idade entre 25 e 35 anos estão envolvidos em cerca de 28% dos atropelamentos e colisões, enquanto a faixa etária predominante nos despistes é 18 a 25 anos (cerca de 31%).

Quanto ao sexo do condutor e a natureza do acidente, que também apresentou associação do tipo fraca de acordo com a Tabela 13, os dados da Tabela 8 mostram que os condutores do sexo masculino são mais envolvidos em atropelamentos e colisões, cerca de 81%, do que os do sexo feminino, na faixa de 19%. No caso dos despistes, embora haja predominância dos condutores do sexo masculino, essa participação é de 77% contra 23% da participação feminina. Ou seja, comparativamente ao condutor masculino, o condutor do sexo feminino envolve-se mais em despistes do que em atropelamentos e colisões.

As consequências dos acidentes para os condutores e a natureza do acidente estão associadas de forma moderada (ver Tabela 13). De acordo com a Tabela 9 há mais condutores ilesos entre os envolvidos em atropelamentos e colisões dos que entre os envolvidos em despistes, visto que para os atropelamentos, colisões e despistes, as percentagens são de: 90,63%, 53,61% e 15,97%, respectivamente.

As variáveis traçado da via e natureza do acidente estão associadas de uma maneira moderada, conforme Tabela 13. As taxas de acidentes obtidas da Tabela 10 são de 70,87% para as retas e 29,13% para curvas. A predominância dos acidentes ocorridos nas retas pode ser confirmada com o cruzamento dos dados de acidentes com o número de retas descritos na Tabela 2, já que obtém-se valores de proporção de 8,58 acidentes por reta e 3,67 acidentes por curva. Destaca-se que para os tipos de acidentes colisões e atropelamentos a maior incidência ocorre nas retas enquanto que a maior percentagem dos despistes se dá em curvas.

Por fim, a associação do tipo fraca foi obtida para as variáveis vítimas e a natureza do acidente (Tabela 13). A Tabela 11 mostra que a taxa de mortalidade de 6,62% nos atropelamentos, é bem superior aos valores para colisões (1,18%) e despistes (3,78%). No caso dos feridos graves, as percentagens observadas foram de: 18,00%, 5,32% e 7,39 para os atropelamentos, colisões e despistes, respectivamente.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo mostra empiricamente que as variáveis estudadas (fatores atmosféricos, traçado da via, habilitação de condução, passageiros vítimas, peões vítimas e condutores vítimas) estão todas associadas com a natureza do acidente. No entanto, a maioria das associações é fraca. Na análise, tomou-se por referencial teórico e metodológico o teste de associação qui-quadrado.

A partir do reconhecimento da associação entre a natureza dos acidentes e as variáveis estudadas, embora classificada como fraca para a maioria das variáveis, fez-se algumas análises dos dados mostrados nas tabelas de contingência. Dentre os principais resultados obtidos destaca-se a verificação da maior incidência de mortos e feridos graves nos atropelamentos e despistes quando comparado às colisões. Um outro ponto a destacar diz respeito à maior ocorrência de atropelamentos e colisões em trechos retos, enquanto que os despistes predominam nos trechos curvos.

Alguns dos resultados obtidos, como por exemplo, os relacionados com fatores atmosféricos, idade e sexo do condutor devem ser vistos com ressalvas, já que não é conhecido o número de pessoas com carta de condução em cada faixa etária, nem o número de condutores do sexo masculino que utilizam os trechos analisados. Em relação aos fatores atmosféricos não foram obtidos dados para o período estudado (1999 a 2008).

Finalmente, cabe destacar que os resultados obtidos, sobretudo com relação ao impacto da geometria sobre a ocorrência dos diferentes tipos de acidentes, serão utilizados no desenvolvimento futuro de um modelo de previsão de acidentes para as rodovias do norte de Portugal.

REFERÊNCIAS

- Autoridade Nacional Segurança Rodoviária – ANSR, (2009) *Sinistralidade Rodoviária*. Observatório de Segurança Rodoviária, Lisboa.
- Barbetta, P. A. (2006) *Estatística aplicada às ciências sociais*. Ed.6. vol.2. Florianópolis: UFSC.
- Branco, F., Pereira, P.; Picado Santos, L. (2005) *Pavimentos Rodoviários*. Almedina, Coimbra.
- Cardoso, G.; Goldner, L. G. (2007) *Desenvolvimento e aplicação de modelos para previsão de acidentes de trânsito*. Transportes, v. XV, n. 2, p. 43-51.
- Fitzpatrick, K.; Lord, D.; Park, B., (2008) Accident modification factors for medians on freeways and multilane rural highways in Texas. *Journal of the Transportation Research Board*. Washington. Vol. 2083, pp 62-71.
- Gettman D.; Head L., (2003) *Surrogate Safety Measures From Traffic Simulation Models*. F.Report, FHWA-RD-03-050, FHA, Washington, D.C.
- Hauer, E. (2004) Statistical Road Safety Modeling. *Transportation Research Record*, nº.1897, pp. 81-87.
- Sabey, B. E.; Sraughton, G. C. (1975) *Interacting roles and road environment, Vehicle and road user in accidents*. In Oliver Carsten in Human Factors in Road Traffic II, U, Braga 9-11 Abril. 1997.
- Santo, J. Z. A. (2005) *Exploração do Sistema Rodoviário Municipal*. I Encontro Nacional se Estradas Municipais, CRP.
- Seco, A.; Antunes, A.; Pires da Costa, A. (2001) *Princípios Básicos de Organização de Redes Viárias – Textos Didáticos*. 1ª Edição, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Coimbra, Coimbra.
- Vogt A.; Bared J. G., (1998) *Accident Models For Two-Lane Rural Roads: Segments And Intersections*. FHWA-RD-98-133, FHA, Washington, D.C.
- Yerpez, J.; Fernandez, F.,1986. *Caractéristiques routières et sécurité. Reconnaissance de la contribution des facteurs route dans la genèse des accidents*. INRETS, France.
- Zegeer, C. V.; Stewart, J. R.; Council, F. M.; Reinfurt, D. W.; Hamilton, E., (1992) Safety effects of geometric improvements on horizontal curves. *Transportation Research Record*, nº 1356, pp.11-19.

Jocilene Otilia da Costa (jocilene.mt@gmail.com)

Elisabete Freitas (efreitas@civil.uminho.pt)

Paulo António Alves Pereira (ppereira@civil.uminho.pt)

Maria Alice Prudêncio Jacques (mapj@unb.br)

Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho
Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães - Portugal