

## CLASSIFICAÇÃO DA REDE VIÁRIA EM FUNÇÃO DA SINISTRALIDADE EM AMBIENTE SIG

**Isabel S. Nogueira**

**Paulo J. G. Ribeiro**

**Daniel S. Rodrigues**

Universidade do Minho

Departamento de Engenharia Civil

### RESUMO

Tendo em conta a atual conjuntura económica dos municípios, uma gestão financeira eficiente poderá ser mais facilmente alcançada se forem identificadas as prioridades de futuros investimentos. Neste contexto, a classificação da rede viária municipal em função da sinistralidade é fundamental na definição de prioridades de intervenção. O presente trabalho, apresenta um modelo de classificação de rede viária em função da sinistralidade integrada num sistema de informação geográfica. Definiu-se uma equação para obter um Índice de Sinistralidade Rodoviária, através da combinação dos seguintes indicadores: Indicador de Gravidade, Indicador de Danos Materiais e o Indicador dos Custos. A sua aplicação prática foi desenvolvida através de um caso de estudo no concelho de Barcelos. Da análise da natureza dos acidentes, constatou-se que as vias com maior número de colisões correspondem às vias com maior número de acidentes, todas integradas na rede de Estradas Nacionais e Regionais. Para além da classificação viária da rede, a aplicação do modelo permite analisar a cobertura espacial das ocorrências para determinar a centralidade e dispersão dos locais com maior incidência de acidentes rodoviários. Essa análise pode ainda ser refinada de acordo com a natureza dos acidentes, nomeadamente por colisão, despiste ou atropelamento.

### ABSTRACT

Given the current economical situation of the Portuguese municipalities, it is necessary to identify the priority investments in order to achieve a more efficient financial management. The classification of the road network of the municipality according to the occurrence of traffic accidents is fundamental to set priorities for road interventions. This paper presents a model for road network classification based on traffic accidents integrated in a geographic information system. An equation was defined to obtain a road safety index through the combination of the following indicators: Severity, Property Damage Only and Accident Costs. Its practical application was developed through a case study in the municipality of Barcelos. After analysing the nature of accidents, it was identified that roads with the largest number of collisions have also the largest number of accidents. All those cases belongs to the National and Regional road network. In addition to the road network classification, the application of the model allows to analyse the spatial coverage of accidents in order to determine the centrality and dispersion of the locations with the highest incidence of road accidents. This analysis can be further refined according to the nature of the accidents namely in collision, skidding and pedestrian roadkill.

### 1. INTRODUÇÃO

Os primeiros acidentes rodoviários remontam ao século XIX, como comprovam o registo do primeiro atropelamento do mundo de um peão em 1896 e o primeiro registo da morte de um condutor em 1998. Anualmente, os acidentes de trânsito na região europeia da Organização Mundial de Saúde causam cerca de 127 mil vítimas mortais e 2,4 milhões de feridos, constatando-se que é a principal causa de morte na faixa etária entre os 5 e 29 anos. Segundo a Organização Mundial de Saúde (2013), anualmente em todo o mundo morrem aproximadamente 1,3 milhões de pessoas e entre 20 a 50 milhões ficam feridas na sequência de acidentes rodoviários. Verifica-se que metade das vítimas mortais são peões, ciclistas e motociclistas. O relatório global sobre prevenção rodoviária segundo a perspetiva da saúde pública indica que, sem medidas imediatas, os acidentes rodoviários serão a quinta causa de morte em 2030. Este relatório teve por base dados de inquéritos realizados em 2008, em 178 países, que correspondem a cerca de 98% da população mundial (OMS, 2009).

Nos últimos 20 anos houve uma redução do nível da sinistralidade rodoviária a nível europeu, nomeadamente devido à diminuição de mortalidade nos acidentes de viação, tendo Portugal acompanhado essa tendência. Contudo a sinistralidade rodoviária continua a ser um dos mais importantes problemas de segurança interna e saúde pública em Portugal.

De acordo com os dados relativos à sinistralidade rodoviária em Portugal até 2011, que englobavam apenas os dados registados no continente, verificou-se entre 2010 e 2011 uma diminuição do número de vítimas mortais, de 937 para 891, uma diminuição do número de feridos graves de 2475 para 2265 e uma diminuição do número de feridos ligeiros de 43890 para 39695 (ANSR, 2008). No caso particular, do concelho de Barcelos (caso de estudo), registaram-se, no ano de 2011, 344 acidentes, dos quais resultaram 9 vítimas mortais, 19 feridos graves e 430 feridos ligeiros (ANSR, 2011).

Em termos gerais, é possível constatar que existe uma grande quantidade de dados sobre a infraestrutura rodoviária e de tráfego que podem ser materializados geograficamente. Deste modo, conhecer os dados de infraestruturas de uma dada área territorial, devidamente georreferenciados e ligados à realidade geográfica, sociológica, económica, urbanística, ambiental, faz de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) um elemento essencial para uma boa gestão das infraestruturas, serviços e sistemas de informação associados (Varela *et al.*, 2006).

A utilização de um SIG na gestão rodoviária, particularmente dos aspetos relacionados com a segurança, permitem a realização de um vasto conjunto de análises espaciais e a representação gráfica dos respetivos resultados para posterior interpretação. Estes *outputs* podem ser utilizados no processo técnico de tomada de decisões, nomeadamente na planificação de intervenções na rede rodoviária visando a melhoria das condições de circulação. Essas intervenções podem ocorrer ao nível da infraestrutura, da sinalização ou do estudo de introdução de medidas de acalmia de tráfego, tendo por objetivo reduzir os índices de sinistralidade rodoviária em alguns pontos ou secções da rede.

Os métodos de avaliação da Segurança ou da Sinistralidade Rodoviária apresentam uma forte dependência da quantidade e qualidade dos dados de sinistralidade disponíveis, da sua atualização e dos fins a que se destinam (Pinto, 2007). Por outro lado, em estudos de Segurança Rodoviária, a recolha, o armazenamento e a análise de dados de acidentes são fundamentais para estabelecer relações causa-efeito e identificar os principais fatores que contribuem para a ocorrência de acidentes em determinados locais e segundo determinadas condições (Manica, 2007).

## **2. MODELO**

Apresenta-se de seguida um modelo de classificação da rede viária em função da sinistralidade baseado na agregação de indicadores. Desta forma, é apresentada a formulação para a obtenção dos indicadores parciais que compõe o indicador de sinistralidade rodoviária (ISR), nomeadamente o indicador de gravidade (IG), o indicador que contabiliza os danos materiais (EPDO - *Equivalent Property Damage Only*) e o indicador referente aos custos de um sinistro (SI).

O IG, definido pela Direção Geral de Viação – DGV (2004) é calculado pela equação (1):

$$IG=100 \times VM+10 \times FG+3 \times FL \quad (1)$$

em que:

- IG - indicador de gravidade;
- VM - vítimas mortais;
- FG - feridos graves;
- FL - feridos ligeiros.

O indicador que contabiliza os danos materiais (EPDO) contabiliza uma ponderação dos danos materiais e dos ferimentos dos acidentados, tendo em consideração os fatores de ponderação apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1:** Ponderação consoante a categoria de gravidade dos acidentes (PIARC, 2003)

Categoria de gravidade	Ponderação (wi)
Acidentes com danos unicamente materiais	1
Acidentes com feridos ligeiros	3.5
Acidentes com feridos graves ou vítimas mortais	9.5

Segundo PIARC (2003), o valor de EPDO pode ser obtido pela equação (2):

$$EPDO_j = \sum w_j \times f_{ij} \quad (2)$$

em que:

- $EPDO_j$  - indicador de danos materiais na área j;
- $w_i$  - fator de ponderação para um tipo de acidente i;
- $f_{ij}$  - frequência do acidente do tipo i na área j.

O cálculo do indicador de custos (SI) apresenta quatro níveis de gravidade de acidentes rodoviários associados à tipologia de danos registados nos sinistros (tipos de vítimas e a existência de danos materiais) e o consequente custo equivalente, de acordo com os valores apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2:** Níveis de gravidade e Custos equivalentes por acidente (UTCA, 2005)

Níveis de gravidade	Custos equivalentes em euros por acidente
VM	2.000.000 €
FG	333.333€
FL	33.333€
PDO	6.666€

Recorrendo-se a um custo monetário médio associado unicamente a danos materiais (PDO), calculam-se os coeficientes referentes aos custos médios relativos, que estão associados à existência de vítimas mortais, feridos graves e ligeiros nas equações 6 e 7.

De acordo com UTCA (2005), o custo médio ( $C_{VM \& FG}$ ) de sinistros com vítimas mortais (VM) e feridos graves (FG) é obtido através da equação (3) e os coeficientes de custos (KC1 e KC2) das VM e FG são calculados através da equação (4).

$$C_{VM \& FG} = \frac{(Custo_{VM}) \cdot (VM) + (Custo_{FG}) \cdot (FG)}{VM + FG} \quad (3)$$

:

$$KC_1 = \frac{C_{VM \& FG}}{Custo PDO} \quad (4)$$

$$KC_2 = \frac{(Custo FL + Custo PDO)}{Custo PDO} \quad (5)$$

$$EPDO = KC_1 \times (VM + FG) + KC_2 \times (FL + PDO) + PDO \quad (6)$$

O Indicador de custos (SI) é dado pela divisão do EPDO obtido pela equação (6) pelo número total de colisões (Y), de acordo com a equação (7).

$$SI = \frac{EPDO}{Y} \quad (7)$$

A utilização destes indicadores na equação que define o índice de sinistralidade faz com que se tenham em conta pressupostos e fatores de ponderação diferentes para os indicadores parciais. Enquanto o IG é calculado com base na gravidade das vítimas, o EPDO atribui importância à gravidade das vítimas e aos acidentes com danos unicamente materiais e o SI relaciona o nível de gravidade dos acidentes com os custos equivalentes.

Após a definição dos indicadores de sinistralidade, IG, EPDO e SI, procedeu-se à normalização das variáveis, devido às diferentes grandezas dos valores dos indicadores. Optou-se por uma normalização linear através da utilização de funções *fuzzy* (Zadeh, 1965; Mendes *et al.*, 2005), onde os valores mínimos e máximos dos indicadores correspondem aos valores âncora da função *fuzzy*, a saber zero e um, respetivamente. Desta forma, pretende-se manter a ordem de grandeza relativa existente entre os valores dos indicadores após a transformação de escala. A integração do processo de normalização viabiliza assim a agregação dos indicadores adotados no cálculo do índice de sinistralidade rodoviária, definido pela equação (8).

Para definição do grau de importância de cada critério, é necessário atribuir um peso a cada indicador de sinistralidade de acordo com a importância relativa atribuída aos indicadores parciais. Para a obtenção dos pesos, utilizou-se o método de comparação de critérios par-a-par definida por Saaty (1987). Deste modo é possível definir um Índice de Sinistralidade Rodoviária (ISR), de acordo com a equação (8):

$$ISR = f(IG) \times W_{IG} + g(EPDO) \times W_{EPDO} + h(SI) \times W_{SI} \quad (8)$$

em que:

ISR - índice de Sinistralidade Rodoviária.

f(IG) - indicador de gravidade normalizado pela função f().

g(EPDO) - indicador de danos unicamente materiais normalizado pela função g().

h(SI) - indicador de custos normalizado pela função h().

W<sub>IG</sub> - peso atribuído ao IG

W<sub>SI</sub> - peso atribuído ao SI

W<sub>EPDO</sub> - peso atribuído ao EPDO

f, g, h: funções *fuzzy* lineares crescente parametrizadas para cada indicador

### 3. METODOLOGIA

A implementação do modelo de classificação da rede viária em função da sinistralidade utilizando um SIG foi dividida em três passos, que serão descritos nos parágrafos seguintes.

O **primeiro passo** consiste no levantamento e organização de dados numa base de dados alfanumérica. Quando ocorre um acidente, as autoridades policiais são chamadas ao local e preenchem uma participação do acidente, onde também são registadas as condições existentes. O documento resultante dessa intervenção é designado por Boletim Estatístico de Acidente de Viação (BEAV). Os dados recolhidos nos BEAV serão introduzidos e organizados numa base de dados em Excel. O uso de várias tabelas (ou folhas) a utilizar para organizar os dados é recomendado de forma a contextualizar e/ou especificar a consulta dos dados. A base de dados deverá conter a informação disponibilizada nos BEAV, nomeadamente:

- Localização dos acidentes (freguesia, rua e por vezes o km);
- Natureza do acidente;
- Data e hora;
- N.º feridos e tipo de ferimento (Ligeiro, grave ou mortal);
- Entidade que preencheu o boletim (PSP ou GNR);
- Características técnicas da via (via de trânsito, traçado em planta, situação do acidente, intersecção de vias, regime de circulação, pavimento, sinalização, luminosidade, fatores atmosféricos).

Para integrar num SIG os dados necessários à posterior análise, apresenta-se na Tabela 3 uma proposta de estrutura da tabela final de dados, onde se destaca a presença de um identificador (ID-Local), que deve refletir a designação dos dados geográficos para permitir a união (*join*) de tabelas no SIG, e de colunas para armazenar os valores calculados para cada indicador.

**Tabela 3: Localização dos acidentes**

ID- Local	Freguesia + Rua	Natureza	KM	VM	FL	FG
-	-			-		
-	-			-		

Após a inserção dos dados referentes à sinistralidade, procede-se ao cálculo dos indicadores parciais utilizados no modelo e do Indicador de Sinistralidade Rodoviário.

O **segundo passo** consiste na segmentação da rede viária da área de estudo por freguesias na base de dados geográfica, para efetuar a localização dos acidentes. Esta opção é justificada pelo facto de grande parte dos acidentes recolhidos não estarem georeferenciados por quilómetro nos BEAV. Por essa razão, a localização dos acidentes não será identificada por pontos, mas será atribuída por segmentos em função da criação de um identificador (ID-Local) que combina o nome da rua e o nome da freguesia, de forma a permitir posteriormente a junção dos dados preparados no primeiro passo.

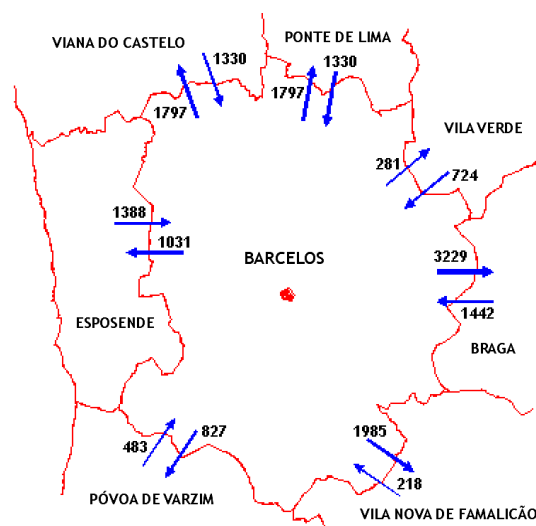
O **terceiro passo** consiste em integrar a base de dados de sinistralidade no SIG. A tabela de dados de sinistralidade (primeiro passo) é relacionada com a localização dos acidentes (segundo passo), usando a relação unívoca do campo ID-Local. A utilização da ferramenta *Join* do SIG, relaciona os segmentos da rede por freguesia e a tabela de dados da sinistralidade. Este processo torna possível a caracterização e a visualização dos segmentos da

rede viária em função do número de acidentes e da gravidade das ocorrências, nomeadamente dos indicadores IG, EPDO, SI e o índice ISR. A classificação da rede viária será obtida pela definição de níveis de gravidade do valor do Indicador de Sinistralidade Rodoviária.

#### 4. CASO DE ESTUDO

A metodologia definida no ponto 5 foi aplicada e testada como caso de estudo na rede viária do concelho de Barcelos, do distrito de Braga, no Norte de Portugal. Este concelho apresenta uma área de 378,91 Km<sup>2</sup> repartida por um total de 89 freguesias, sendo o concelho português que maior número de freguesias. Para além disso, apresenta uma população superior a 122 mil habitantes, sendo um dos Municípios mais populosos a Norte da Área Metropolitana do Porto.

Em termos da rede viária, destaca-se a proximidade a um importante eixo viário nacional, a autoestrada A11, e a um conjunto de eixos rodoviários que formam uma malha viária de estrutura radial, que conflui num eixo circular que ainda não se encontra fechado, causando alguns problemas de circulação e proteção em relação a alguns fluxos de atravessamento do principal perímetro urbano de Barcelos. Para além disso, importa ainda realçar o fluxo elevado de deslocações no eixo Este-Oeste, na direção de Braga e Esposende, sendo a EN103 (direção de Braga) o eixo mais carregado, conforme é possível constatar na Figura 2.



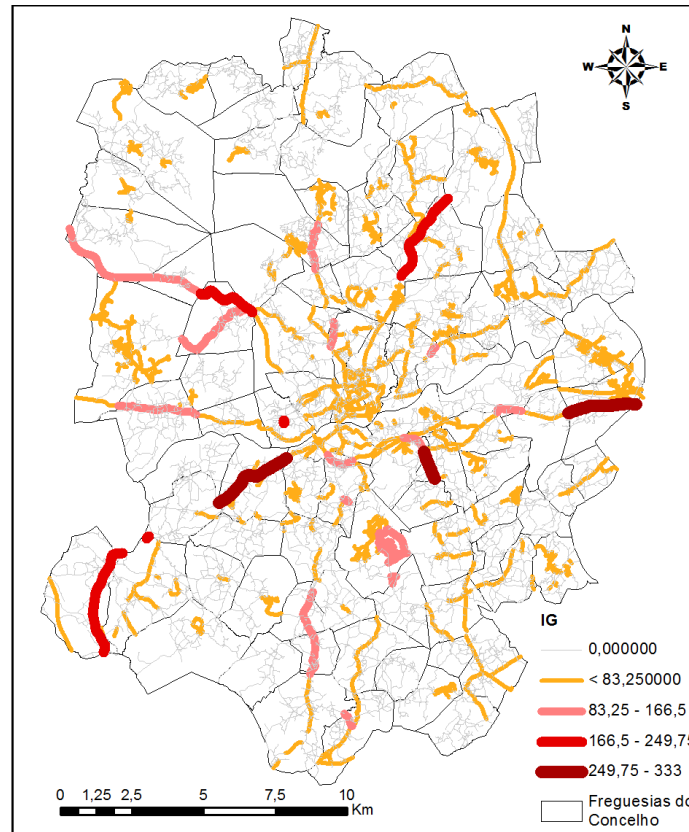
**Figura 1:** Deslocações entre Barcelos e os concelhos limítrofes (Mendes *et al.*, 2007)

Os dados utilizados neste trabalho, foram fornecidos pelo Governo Civil de Braga, sendo referentes aos BEAV de três anos (2007,2008 e 2009). As bases cartográficas da Base de dados Geográfica foram cedidas por diversas entidades, tais como, Instituto Geográfico Português (I.G.P.) e Instituto Geográfico do Exército (IGEO).

Entre os anos de 2007 e 2009, foram registados 1018 acidentes de trânsito ocorridos no concelho de Barcelos. A realização da análise de cada indicador de desempenho em termos de sinistralidade e a transposição dos respetivos resultados na forma de mapas temáticos da rede viária tornou possível visualizar os segmentos com maior e menor ocorrências.

Na Figura 2, é possível observar a distribuição geográfica do indicador de gravidade - IG. O valor máximo de IG obtido num segmento foi de 333. Optou-se então por definir classes de valores que contemplassem o valor médio do IG de 166,5. Foram assim definidas quatro

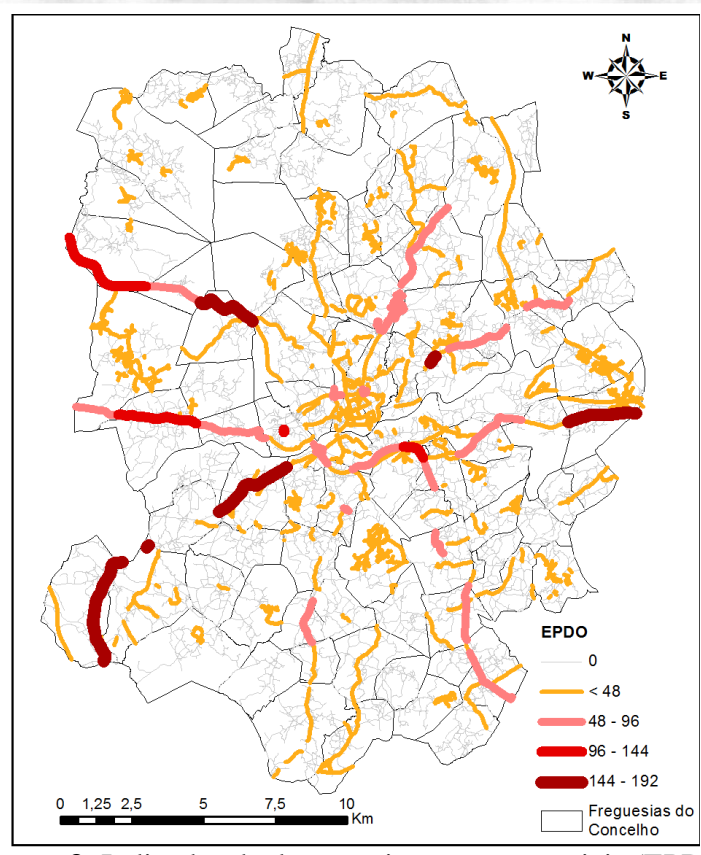
classes, dom uma amplitude de 83,25, duas delas com valor inferior à média  $]0,0; 83,25]$  e  $]83,25; 116,50]$ , e duas classes  $]166,50; 249,75]$  e  $]249,75; 333,00]$ , que incluem valores acima da média. Os locais com maior IG, por ordem decrescente são: Estrada Nacional (EN) 103 em Martim, a EN 204 na Várzea, Estrada Regional 205 em Gilmonde, ER 205 em Vila Seca e ER-205 em Barqueiros.



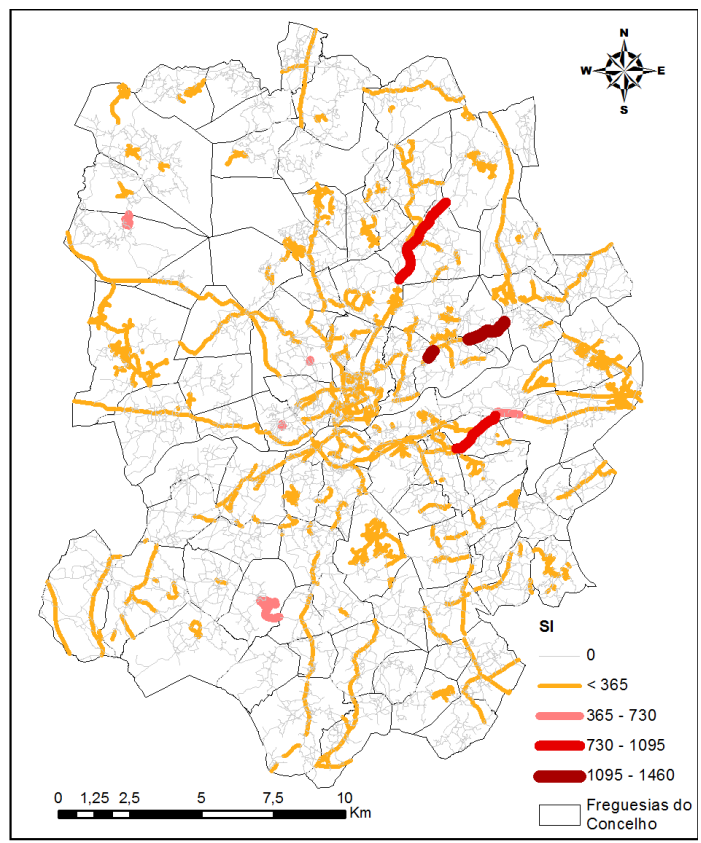
**Figura 2:** Indicador de gravidade (IG)

Na Figura 3, é possível observar EPDO. O valor máximo obtido para o indicador EPDO foi de 192. Para a definição de classes de valores no mapa, teve-se em conta o valor médio de 96 do EPDO, sendo que foram definidas quatro classes com uma amplitude de 48,0, duas delas com valor inferior à média  $]0,0; 48,0]$  e  $]48,0; 96,0]$ , e duas classes que incluem valores acima da média  $]96,0; 144,0]$  e  $]144,0; 192,0]$ . Os eixos rodoviários com um elevado índice de danos unicamente materiais são a Rua Dona Elvira Gomes Barroso (ER-205), a Estrada Nacional (EN) 103 em Vilar do Monte, a EN-103 em Martim, a ER-205 em Tamel S. Veríssimo e a Estrada Regional (ER) 205 em Vila Seca.

Na Figura 4 é possível observar a variação dos valores do indicador SI na rede viária de Barcelos. O valor máximo de SI num segmento viário foi de 1460. Para a definição de classes teve-se em conta o valor médio de SI, que foi de 730, sendo definidas, para além dos segmentos onde não se verificaram acidentes, quatro classes com amplitude de 365,0, duas delas com valor inferior à média  $]0,0; 365,0]$  e  $]365,0; 730,0]$ , e duas classes que incluem valores acima da média  $]730,0; 1095,0]$  e  $]1095,0; 1460,0]$ . Os locais com um elevado SI, são Galegos (freguesia de São Martinho) - Estrada Regional 205, Tamel (freguesia de São Veríssimo) - Rua da Magrou/ ER-205, Roriz -Rua de São Miguel de Roriz e Adães - Estrada Nacional 103.



**Figura 3: Indicador de danos unicamente materiais (EPDO)**



**Figura 4: Indicador dos custos (SI)**



De acordo com a metodologia definida para determinar o valor do ISR de cada segmento, procedeu-se à normalização dos indicadores parciais (IG, EPDO e SI), uma vez que possuem grandezas de valores muito diferentes. Na Tabela 4 apresenta-se um exemplo do cálculo da normalização.

**Tabela 4 – Exemplo do cálculo de normalização**

ID Local	SI	SI Norm.	EPDO	EPDO Norm.	IG	IG Norm.
1	12,00	0,004	7	0,019	6	0,009
58	122,68	0,080	20	0,088	19	0,048

A equação 8 definida para o cálculo de ISR refere que a cada indicador parcial de sinistralidade deve ser atribuído um determinado peso. Os pesos resultaram da aplicação do método de comparação par-a-par, definido por especialistas em trânsito rodoviário da Câmara Municipal de Barcelos. Na Tabela 5 são apresentados os pesos resultantes desse exercício.

**Tabela 5: Pesos atribuídos aos critérios**

Critério	Pesos
IG	0.634
EPDO	0.260
SI	0.106

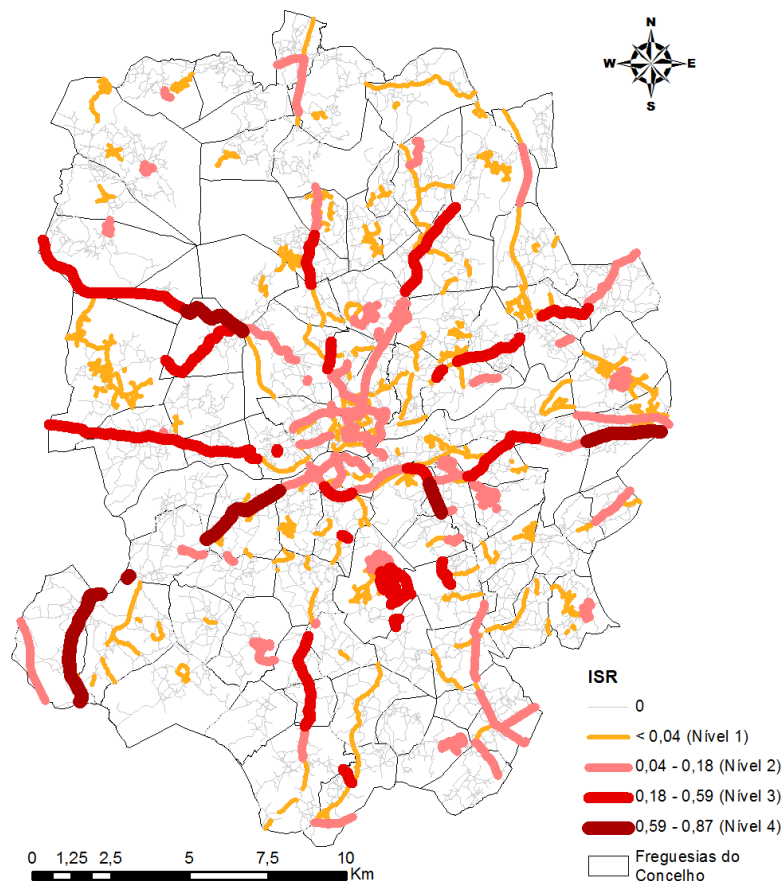
De acordo com os pesos obtidos, definiu-se a equação 9 para o cálculo do ISR de cada segmento da rede viária.

$$ISR=f(IG)\times 0.634+g(EPDO)\times 0.260+h(SI)\times 0.106 \quad (9)$$

Por último, apresentou-se uma classificação da rede viária em função da sinistralidade, tendo em consideração exclusivamente os valores do ISR, tendo sido definidos quatro níveis de sinistralidade, de acordo com a potencial perigosidade dos locais, que são:

- Nível 1 - Todos os acidentes em que só existam feridos ligeiros;
- Nível 2 - Todos os acidentes que possuam feridos ligeiros ou/e feridos graves;
- Nível 3 - Todos os acidentes que possuam no mínimo um ISR equivalente à ocorrência de 1 vítima mortal e/ou feridos ligeiros;
- Nível 4 - Todos os acidentes que possuam no mínimo um ISR equivalente à ocorrência de 2 vítimas mortais e feridos graves e feridos ligeiros.

Os quatro níveis apresentados associam-se a um nível de sinistralidade crescente e a um consequente nível de intervenção, ou seja uma via com um nível 4 deverá ter prioridade de intervenção em relação a uma via nível 1. Na Figura 5 mostra a classificação da rede viária de Barcelos aplicando critérios que estão subjacentes à definição dos quatro níveis.



**Figura 5:** Classificação da rede viária em função da sinistralidade (ISR)

## 5. DISCUSSÃO

Através da análise aos indicadores IG e EPDO, verificou-se que surgem os mesmos locais como prioritários do ponto de vista da sinistralidade. Este facto advém do IG atribuir um peso maior às vítimas mortais, de seguida aos feridos graves e depois aos feridos ligeiros, enquanto no caso do EPDO é atribuído um peso mais elevado aos feridos graves ou vítimas mortais, aos feridos ligeiros e aos danos materiais, ou seja ambos indicadores dão mais importância às vítimas e ao tipo de ferimento.

Pela análise dos resultados apresentados, as vias com maior valor de SI não correspondem necessariamente às vias com maiores valores do IG e EPDO. Esta discrepância ocorre porque o SI relaciona a gravidade com os custos e com o número total de colisões, tornando os valores mais relativos e normalizados.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados de todos os indicadores para os cinco segmentos que foram classificados como nível 4, i.e. com valores do ISR variando entre 0,63 e 0,87. No entanto, importa destacar a inexistência clara de falta de correlação entre os vários indicadores parciais e destes com o ISR. Por outro lado, é possível constatar que os segmentos com valores de ISR elevados são os que apresentam valores elevados de IG e EPDO. Esta semelhança advém dos pesos calculados pelo método de comparação par-a-par serem mais significativos para o IG e EPDO, ou seja o ISR atribui mais importância à gravidade do acidente e ao tipo de vítima.

**Tabela 6:** Comparação dos segmentos de nível 4 com os indicadores de desempenho

RUA_FREGUESIA	ISR	IG	EPDO	SI
Martim_Estrada Nacional 103	0,87	333	166	95,26
Gilmonde_Rua Dona Elvira Gomes Barroso	0,75	256	192	24,52
Vila Seca_Estrada Regional 205	0,65	226	157	150,51
Barqueiros_Estrada Regional 205	0,63	225	145	140,64
Várzea_Rua da Estrada	0,63	264	92	24,00

Para além disso, foi possível observar que 24 segmentos foram classificados como sendo nível 3, com índices de ISR variando entre 0,59 e 0,22, foram classificados 60 segmentos com nível 2, com valores de ISR variando entre 0,18 e 0,05, de um total de 132 segmentos da rede onde se verificou a existência de acidentes rodoviários.

Da análise da natureza dos acidentes constatou-se que as vias com maior número de colisões, correspondem às vias com maior número de acidentes e que estas são todas Estradas Nacionais e Regionais, por isso vias que podem apresentar um carácter interurbano, com grande intensidade de tráfego local e de atravessamento, para além da hipotética prática velocidades elevadas, que podem atingir os 90km/h (limite legal), ou mesmo valores superiores.

Importa destacar que as vias com mais despistes são as que apresentam um traçado propício à prática de velocidades elevadas. A grande maioria dos atropelamentos ocorre no perímetro urbano da cidade de Barcelos, onde por norma existe um fluxo elevado de peões a circular. Registaram-se também atropelamentos em estradas rurais (EN) que atravessam aglomerados urbanos, podendo indiciar a ausência de passeios e travessias pedonais sinalizadas e semaforizadas.

## 6. CONCLUSÕES

A atual conjuntura socioeconómica que os Municípios enfrentam torna crucial a existência de uma boa gestão financeira dos recursos existentes. Assim, para lidar com esta grande limitação, é fundamental identificar a prioridade da aplicação de futuros investimentos, nomeadamente na área da prevenção e da segurança rodoviária. Neste contexto, a classificação da rede viária em função da sinistralidade permite que se estabeleçam prioridades de intervenção para a sua diminuição, através de campanhas de sensibilização da população residente, da introdução de medidas de acalmia de tráfego nos atravessamentos dos aglomerados urbanos, especialmente os que são atravessados por estradas com elevados volumes de tráfego, projetos e obras de correção do traçado em planta e perfil, introdução e revisão da sinalização existente e mais fiscalização, com a introdução de mais policiamento.

A utilização de um SIG torna-se uma ferramenta valiosa para definir e validar o modelo proposto para a classificação da rede viária em função da sinistralidade, uma vez que permite realizar um vasto conjunto de análises sobre um território tão vasto, como é a área de um concelho, assim como permite a análise da natureza dos acidentes, podendo contribuir para a identificação das causas dessas ocorrências. A combinação de modelos de avaliação/classificação com os procedimentos de análise espacial dos SIG permite gerar informação relevante para a tomada de decisão nos municípios, nomeadamente como ferramenta para apoiar o planeamento de intervenções no âmbito da gestão de medidas corretivas de sinistralidade rodoviária.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANSR - Associação Nacional de Segurança Rodoviária (2008) *Estratégia Nacional de Segurança Rodoviária 2008-2015*, Direcção Geral de Viação.
- ANSR - Associação Nacional de Segurança Rodoviária (2011) *Vítimas mortais a 30 dias – Ano de 2011 Braga*, Observatório de Segurança Rodoviária.
- DGV (2004) *Sinistralidade Rodoviária 2004, Elementos Estatísticos*, Direcção Geral de Viação.
- Manica, A. (2007) *Modelo de Previsão de Acidentes Rodoviários envolvendo Motocicletas*, Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Mendes, J.F.G., Ribeiro, P., Silva, L., Fontes, A. (2007) *Plano de Mobilidade Sustentável de Barcelos – Diagnóstico*, Agência Portuguesa do Ambiente. (disponível em <http://sniamb.apambiente.pt/mobilidade/>)
- Mendes, J.F.G., Rodrigues, D.S., Ramos, R.A.R. (2005) A GIS-based multicriteria model for the evaluation of territorial accessibility, In A. Kungolos, C.A. Brebbia and E. Beriatos (eds), *Sustainable Development and Planning II*, 795-804, WITpress, Southampton
- OMS (2009) *Preventing Road Traffic Injury: A Public Health Perspective for Europe*, Organização Mundial de Saúde.
- OMS (2013) *Global status report on road safety 2013: supporting a decade of action*, Organização Mundial de Saúde.
- PIARC (2003) *Road Safety Manual*, World Road Association.
- Pinto, J. (2007) *Implementação de um Sistema de Segurança Rodoviária para o Concelho de Oliveira do Bairro*, Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- Saaty, T. L. (1987) Concepts, theory, and techniques: rank generation, preservation, and reversal in the analytic hierarchy decision process, *Decision Sciences*, 18 (2), 157-177.
- UTCA (2005) *Report 03304*, University Transportation Center of Alabama.
- Varela, G, F. A; Martinez, G; Varela G, J. I; Diaz Grandio, D. (2006). Los Sistemas de Information Geográfica en el análisis de la Siniestralidad en Carretera – Estudio particular para la Provincia de la Corunha, *XII Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica*, Granada.
- Zadeh, L. A. (1965) Fuzzy sets, *Information and Content*, 8 (3), 338-353.

---

Daniel Souto Rodrigues (dsr@civil.uminho.pt)

Paulo Jorge Gomes Ribeiro (pauloribeiro@civil.uminho.pt)

Isabel S. Nogueira (isabel.s.nog@gmail.com)

Departamento de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade do Minho

Campus de Gualtar, 4710-056 – Braga, Portugal