

# Avaliação dos custos de acidente devido à existência de zonas de trabalho em obras de arte

José Carlos Almeida

*Instituto Politécnico da Guarda, Unidade Técnico Científica de Engenharia e Tecnologia, Guarda*

Paulo Cruz

*ISISE, Universidade do Minho, Guimarães*

Jorge de Brito

*Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura, Lisboa*

**RESUMO:** A manutenção de pontes obriga à realização de obras na estrutura que, muitas vezes, produzem perturbações no livre fluxo do tráfego mais ou menos significativas dependendo do tipo de obras realizadas bem como do seu âmbito. Neste artigo, é apresentado um modelo que permite a quantificação dos custos de acidente resultantes dos diferentes cenários de circulação decorrentes da existência de obras na via. São apresentados os resultados da aplicação do modelo a uma obra de arte localizada na A25 no cenário de desvio total do tráfego por uma via alternativa.

## 1 INTRODUÇÃO

A rede de transportes rodoviários é um bem fundamental tanto a nível económico como social. Tem um papel basilar no dia-a-dia dos cidadãos proporcionando, a pessoas e bens, um meio de transporte rápido, fácil e seguro. Historicamente foi, e continua a ser, fator crucial no crescimento da economia e na prosperidade dos países. Estima-se que a circulação, de pessoas e de bens, pelas estradas da Europa totalize cerca de 500 biliões de euros por ano, o que representa cerca de 15% do rendimento *per capita* dos cidadãos europeus (Woodward *et al.*, 2001).

Em PIARC (1996), refere-se que, na Europa, as pontes representam cerca de 2% da extensão da rede viária mas cerca de 30% do seu custo. Esse documento refere também que as pontes representam um valor de cerca de 12 mil milhões de euros em França, 23 mil milhões de euros no Reino Unido, 4,1 mil milhões de euros em Espanha e cerca de 30 mil milhões de euros na Alemanha.

É imperativo que se estabeleçam critérios racionais que garantam que a ponte assegure as condições de serviço aceitáveis sem nunca negligenciar a segurança estrutural. Isto deve ser conseguido durante toda a vida útil da obra, garantindo o dispêndio mínimo de verbas e simultaneamente causando a menor perturbação possível no tráfego rodoviário.

Estas obras originam custos que resultam não só da construção em si, denominados de custos diretos, mas também de custos para os utentes da estrutura aquando da realização dessas mesmas obras. Frequentemente, a realização de obras leva a que a velocidade de circulação seja afetada provocando deste modo perturbações no fluxo normal de tráfego. Os custos dos utentes podem decorrer do

aumento do tempo despendido para atravessar as obras, devido por exemplo à imposição de uma velocidade de circulação inferior, do aumento do tempo despendido em filas de espera, do aumento dos consumos do automóvel, do aumento da distância a percorrer quando o tráfego é desviado, bem como do aumento da taxa de acidentes resultante da introdução das obras (Brito, 1992).

## 2 CUSTOS DE ACIDENTE

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS, 2004), devido aos acidentes rodoviários, morrem anualmente cerca de 1,2 milhões de pessoas em todo o mundo, sendo muito superior o valor de feridos. O documento refere ainda que, para o período entre 2000 e 2020, se estima que o valor de vítimas mortais aumente em cerca de 65%.

Os custos de acidentes são um fator importante para a economia dos países. Por exemplo, nos E.U.A., os custos anuais devidos aos acidentes são superiores a 230 mil milhões de dólares (OMS, 2004). Segundo a Associação Portuguesa de Seguradores (APS, 2007), estima-se que, por ano, em Portugal, os custos socioeconómicos da sinistralidade rodoviária sejam equivalentes a 3% do PIB, ou seja, aproximadamente 5 mil milhões de euros.

Marchesini e Weijermars (2010) constatarem que a evolução do tráfego nas últimas décadas tem aumentado significativamente, sendo que continua com tendência para aumentar. A percepção geral é de que o número de acidentes aumenta com o número de veículos, pelo que parece possível estabelecer uma relação direta entre a taxa de acidentes e a densidade de veículos. No entanto, nestas condições, é expectável que o número de acidentes graves sofra uma redução. Segundo os autores, é expectável que a frequência de acidentes, severidade e tipo seja afetada pela mudança de condições quando o tráfego começa a ficar congestionado.

A forma de determinação dos custos de acidente devido à existência de obras não é consensual na comunidade científica. Na literatura, a determinação do parâmetro taxa de acidentes, em função do congestionamento, é feita das mais variadas formas, não existindo uma uniformização nos diferentes parâmetros.

A quantificação do congestionamento pode ser realizada de diferentes modos. Por exemplo, Jun e Lim (2008) referem que esta pode ser realizada através de: volume, densidade, nível de serviço, razão volume / capacidade, velocidade, entre outras abordagens que estão atualmente a ser desenvolvidas.

Nas condições de tráfego congestionado, dado que a liberdade dos condutores para a realização de manobras é restringida, é expectável uma redução do número total de acidentes graves, mas é previsível um aumento significativo de acidentes graves no início da formação da fila de espera. Segundo Marchesini e Weijermars (2010), a gravidade dos acidentes no início da fila de espera depende essencialmente do fator surpresa na formação da mesma.

Golob *et al.* (2008) indicam que não existem evidências sobre o aumento da severidade dos acidentes na transição da circulação sem restrições para o cenário de tráfego congestionado, mas verificaram que a taxa de acidentes diminui em situações de tráfego congestionado.

Zhou e Sisiopiku (1997) avaliaram, num troço de 26 km de autoestrada do Michigan, nos E.U.A., a relação entre a razão volume / capacidade e a taxa de acidentes por cem milhões de veículos por milha. Na Figura 1, para além dos valores registados, é também apresentada uma curva de aproximação resultante do estudo. Pode-se constatar que o coeficiente de determinação, o qual representa o quadrado do coeficiente de correlação de Pearson, é de 0,58, um valor bastante baixo.

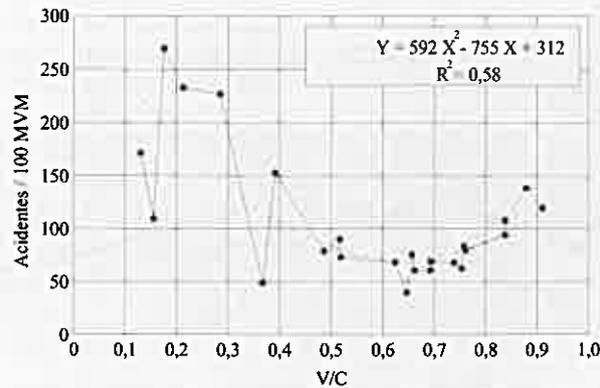


Figura 1. Relação entre a taxa de acidentes e a razão volume / capacidade (Zhou e Sisiopiku, 1997)

No estudo elaborado por Lord *et al.* (2005), onde se analisou a influência do volume, densidade e razão volume / capacidade na taxa de acidentes, observaram-se valores semelhantes, isto é, uma diminuição da taxa de acidentes para valores elevados da razão V/C.

O efeito da existência da zona de trabalhos na gravidade dos acidentes é um parâmetro que não é consensual na comunidade científica, pois existem estudos que apontam para uma redução da gravidade dos acidentes na zona de trabalhos, como por exemplo Rouphail *et al.* (1988), e outros que apontam exatamente para o oposto, como Pigman e Agent (1990). Pode-se ainda encontrar estudos que referem que a zona de trabalhos não tem qualquer influência na gravidade dos mesmos (Hall e Lorenz, 1989).

No estudo realizado entre 1996 e 1999 sobre os acidentes nas zonas de trabalho do estado da Virgínia dos E.U.A., pode-se constatar que a severidade dos acidentes registados nas zonas com e sem obras tem pouco significado estatístico (Garber e Zhao, 2002). Para uma mais fácil perceção do fenómeno estudado, são apresentados na Figura 2 os resultados obtidos.



Figura 2. Distribuição por gravidade dos acidentes

Segundo Khattak *et al.* (2002), os acidentes devido à existência de obras provocam por ano, nos E.U.A., cerca de 700 vítimas mortais, 24000 acidentes com vítimas e 52000 acidentes apenas com danos materiais. Estes valores têm tendência a aumentar, pois são cada vez maiores as necessidades de obras em autoestradas, aumentando assim também o número de zonas de trabalhos, a sua duração e dimensão.

Para a realidade nacional, existem múltiplos estudos e dados estatísticos que permitem estabelecer um modelo de análise dos acidentes e seus custos. Os valores apresentados neste estudo baseiam-se nos documentos ANSR (2008), ANSR (2009), ANSR (2010) e ANSR (2011). Na Figura 3, é apresentada a evolução do número de

acidentes com vítimas, para o período de 1987 a 2010. Pode-se constatar que, a partir da década de 1990, o número total de acidentes tem vindo a diminuir, muito especialmente os que envolvem vítimas mortais e feridos graves.

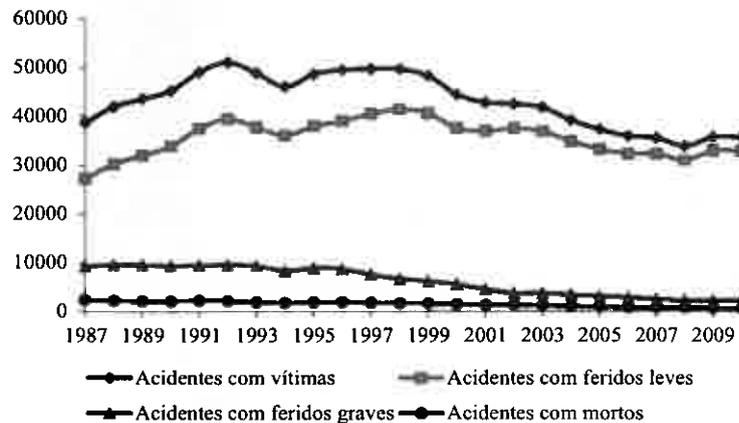


Figura 3. Evolução do número de acidentes em Portugal de 1987 a 2010

### 3 METODOLOGIA ADOTADA

Para o modelo proposto, foram considerados 4 tipos de itinerários e correspondentes velocidades médias de circulação por classe de veículo. Os tipos de itinerários correspondem à seguinte classificação das vias: Estradas Nacionais e Regionais (EN/ER), Itinerários Complementares (IC), Itinerários Principais (IP) e Autoestradas (A); coincidindo com a classificação da rede rodoviária nacional definida no Plano Rodoviário Nacional 2000 (Decreto-Lei n.º 222/98, de 17 de julho). De modo a englobar os dados estatísticos disponíveis, consideram-se ainda adicionalmente três tipos de vias: estradas municipais, arruamentos; e outros tipos de vias.

#### 3.1 Quantificação do número de acidentes

A modelação do número de acidentes foi realizada tendo por base a formulação apresentada por Lopes e Cardoso (2007) para as autoestradas. Os autores apresentam uma formulação que permite determinar, para um período de 6 anos, o número de acidentes numa via. Os dados utilizados foram recolhidos no período entre 1999 e 2004. Foram quantificadas diversas variáveis: exposição, número de faixas, tipo e estado de conservação das bermas e separadores, assim como o número de acidentes corporais ocorridos.

Na Equação (1), é apresentada a formulação utilizada, utilizando a hipótese de que a distribuição dos acidentes com danos corporais é de Poisson.

$$AC = 9,42 \cdot 10^{-4} \cdot AADT^{0,9} \cdot L^{0,931} \quad (1)$$

Em que,

$AC$  – número de acidentes com danos corporais no troço considerado, para um período de 6 anos;  $AADT$  – tráfego médio diário anual [veí/dia];  $L$  – comprimento do troço em estudo [km].

Dado que as vias objeto de estudo não se limitam a autoestradas, e com o objetivo de generalizar o estudo aos restantes tipos de vias, é apresentada na Equação (2) uma correção à formulação proposta por Lopes e Cardoso (2007).

$$ACT_i = AC \cdot k_{vi} \cdot k_{li} \cdot \frac{\Delta_t}{2191,5} \quad (2)$$

Em que,

$ACT_i$  – número total de acidentes corrigido para a via do tipo  $i$ ;  $AC$  – previsão do número de acidentes determinado pela Equação (1);  $k_{vi}$  – fator de ajuste relativo ao tipo de via;  $k_{li}$  – fator de ajuste relativo à localização para a via do tipo  $i$ ;  $\Delta_t$  – número total de dias do período de análise.

Os fatores de ajuste adotados foram determinados considerando o número de acidentes nos diferentes tipos de vias bem como tendo em consideração a localização das vias. Na Figura 4, é apresentada a distribuição do número de acidentes em função do tipo de via e da sua localização relativamente às localidades.

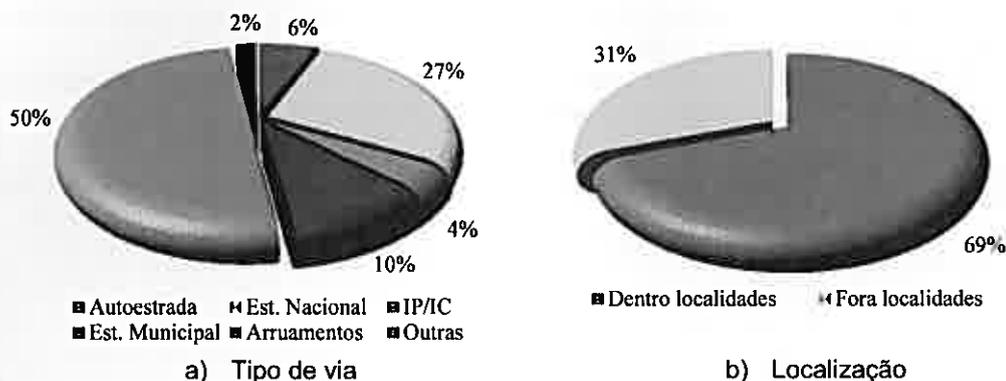


Figura 4. Distribuição do número de acidentes

O fator corretivo relativo à distribuição dos acidentes por tipo de via é determinado recorrendo à Equação (3).

$$k_{vi} = \frac{D^i}{D^{AE}} \quad (3)$$

Em que,

$k_{vi}$  – já definido;  $D^{AE}$  – distribuição de acidentes em autoestradas;  $D^i$  – distribuição de acidentes na via do tipo  $i$ .

Dado que o valor de  $AC$  é determinado para autoestradas, considera-se que o fator corretivo para esta via é igual à unidade. Os restantes valores são determinados levando em consideração a distribuição de acidentes por tipo de via. No Quadro 1, são apresentados os fatores corretivos relativos ao tipo de via. Estes valores foram determinados tendo por base os dados apresentados na Figura 4.

Quadro 1. Distribuição e fator corretivo devido à localização da via

Tipo de via	Distribuição [%]	Fator corretivo ( $K_{vi}$ )
Autoestrada	6	1,00
IP / IC	4	0,67
Estrada Nacional	27	4,50
Estrada Municipal	10	1,67
Arruamento	50	8,33
Outras	2	0,33

Da análise da Figura 4, pode-se constatar que 69% dos acidentes ocorrem dentro das localidades. Deste modo, e como a grande parte da rede de autoestradas se desenvolve fora das localidades, considerou-se um fator igual à unidade para vias fora das localidades ( $k_{li} = 1,00$ ) e o dobro no caso das vias que se localizem dentro das localidades ( $k_{li} = 2,00$ ).

Realizar uma estimativa de acidentes é sempre uma tarefa árdua, pois nem todos os acidentes são declarados. No entanto, segundo O'Connell *et al.* (2004), o número de acidentes não declarados decresce com o aumento da severidade dos mesmos. Deste modo, e para ter em conta esta realidade, foi aplicado um fator de ajuste aos dados oficiais tentando simular esta realidade, definido na equação (4).

$$F_a = \frac{1}{A_d} \quad (4)$$

Em que,

$F_a$  – fator de ajuste;  $A_d$  – acidentes declarados.

No Quadro 2, são apresentados os valores adotados para os fatores corretivos de modo a quantificar o número de acidentes não declarados.

Quadro 2. Recomendação europeia dos fatores corretivos médios devido aos acidentes não declarados (Bickel *et al.*, 2006)

Fatal	Fendo grave	Ferido leve	Danos materiais
1,02	1,30	2,00	4,00

### 3.2 Quantificação do número de vítimas

De modo análogo ao realizado para a determinação do número de acidentes, com base nos dados estatísticos, definiu-se uma formulação que permite relacionar o número total de acidentes e o número de vítimas por tipo (feridos ligeiros, feridos graves e mortais). Esta quantificação faz-se recorrendo à Equação (5).

$$X_i = ACT_i \cdot \left( \frac{X}{ACDC} \right)_i \cdot FCAND_x \quad (5)$$

Em que,

$X_i$  – número de vítimas tipo  $X$  para a via do tipo  $i$ ;  $ACT_i$  – já definido;  $X$  – média anual para de vítimas do tipo  $X$  entre 2001 e 2010;  $ACDC$  – número médio de acidentes com danos corporais entre 2001 e 2010;  $FCAND_x$  – fator corretivo dos acidentes não declarados, para acidentes com vítimas do tipo  $X$ .

### 3.3 Determinação dos custos de acidente

A quantificação dos custos de acidente é realizada internacionalmente recorrendo a duas abordagens distintas: Método do Custo de Capital Humano e Método dos Custos Globais.

O primeiro método, denominado de custo de capital humano, desenvolvido na década de 1950, estabelece um valor monetário para cada fatalidade (Hanley, 2004). Ao longo dos anos, tem-se verificado uma alteração nesta abordagem, tendo-se progressivamente incluído os custos diretos e indiretos associados com os acidentes.

O segundo método, denominado de custos globais, inclui os custos diretos e indiretos, conjuntamente com uma verba que pretende compensar a perda ou a redução

da qualidade de vida. Este valor pretende refletir o que a Sociedade está disposta a pagar, de modo a evitar ferimentos e vítimas mortais resultante dos acidentes.

Os custos de acidente são determinados através do produto do número de vítimas por tipo pelo seu custo unitário. Esta quantificação é apresentada na Equação (6).

$$CA = \sum (VM_i \cdot C_{VM} + FG_i \cdot C_{FG} + FL_i \cdot C_{FL} + DM_i \cdot C_{DM}) \quad (6)$$

Onde,

$CA$  – custo dos acidentes;  $VM_i$  – número de vítimas mortais para a via do tipo  $i$ ;  $C_{VM}$  – custo unitário para uma vítima mortal;  $FG_i$  – número de feridos graves para a via do tipo  $i$ ;  $C_{FG}$  – custo unitário para um ferido grave;  $FL_i$  – número de feridos leves para a via do tipo  $i$ ;  $C_{FL}$  – custo unitário para um ferido leve;  $DM_i$  – número de acidentes apenas com danos materiais para a via do tipo  $i$ ;  $C_{DM}$  – custo unitário para um acidente apenas com danos materiais.

Os valores unitários, existentes na bibliografia internacional, para cada tipo de vítima são muito variáveis. Verifica-se, no entanto, uma tendência de estes valores serem tanto maiores quanto maior for o PIB do país em análise. Refira-se, no entanto, que, por exemplo nos E.U.A., existem vários valores unitários dependendo do estado, da agência que os determina, entre outros fatores. No Quadro 3, são apresentados os valores adotados neste trabalho para o Método do Capital Humano.

Quadro 3. Custos de acidente unitários para Portugal

Tipo	Custo [€]
Fatal	645000
Grave	95000
Leve	55000
Danos materiais	7900

Para a análise dos custos de acidente, considerando a abordagem dos custos globais, considerou-se 6,5 M€ como valor unitário para as vítimas mortais.

#### 4 APLICAÇÃO A UM CASO DE ESTUDO

O modelo permite analisar os custos de diversas situações: redução da velocidade de circulação, desvio do tráfego para a via de sentido contrário e desvio por via alternativa. Neste artigo, são apresentados os resultados da análise dos custos resultantes do desvio do tráfego por uma via alternativa, que neste caso será a EN 16.

##### 4.1 Caracterização da via

A ponte em estudo localiza-se entre as cidades da Guarda e Viseu, mais precisamente no troço Celorico da Beira (pk. 137+800) / Fornos de Algodres (pk. 125+842), o qual tem uma extensão aproximada de 12,1 km.

Aqui faz-se um estudo comparativo entre os custos sem contabilizar qualquer perturbação devido à existência de obras e os custos que ocorrem devido à existência de obras. O diferencial entre estes custos será o valor atribuído a cada intervenção. O estudo é realizado de nó a nó da autoestrada A25, neste caso entre os nós 24 e 25. São apresentadas, no Quadro 4, as características da via alternativa de desvio.

Quadro 4. Caracterização da via de desvio

Tipo de via	AE	EN	IP/IC	EM	AR	O
Extensão	0	8700	0	0	4600	330
% dentro localidades	0%	10%	0%	0%	100%	0%
% fora localidades	100%	90%	100%	100%	0%	100%

O volume de tráfego considerado foi determinado tendo em consideração as medições registadas em anos anteriores, tendo sido ajustados ao ano de 2012.

#### 4.2 Determinação dos custos de acidente

No Quadro 5, são apresentados os custos obtidos, pelo Método de Capital Humano, para os cenários da não realização de obras e para o cenário de desvio total do tráfego pela via de alternativa.

Quadro 5. Custos de acidente – Método do Capital Humano

	Sem obras		Com obras					FCAND	Custo unitário (€)
	AE	EN	IP/IC	EM	AR	O			
kvi	1,00	1,00	4,50	0,67	1,67	8,33	90,33		
L [km]	12,1	12,1	8,7	0,0	0,0	4,6	0,0		
% in loc.	0%	0%	10%	0%	0%	100%	0%		
% out loc.	100%	100%	90%	100%	100%	0%	100%		
AADT	3900	0	3900						
AC	0,007	0,000	0,005	0,000	0,000	0,003	0,000		
ACT	0,007	0,000	0,027	0,000	0,000	0,051	0,000		
VM	0,042	0,042	0,043	0,069	0,035	0,012	0,042	1,02	645000
	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000		
FG	0,101	0,101	0,126	0,145	0,116	0,078	0,111	1,30	95000
	0,001	0,000	0,003	0,000	0,000	0,004	0,000		
FL	1,411	1,411	1,294	1,365	1,215	1,153	1,288	2,00	55000
	0,011	0,000	0,035	0,000	0,000	0,058	0,000		
DM	0,030	0,000	0,109	0,000	0,000	0,202	0,000	4,00	7900
Custo total	2403	22197							

kvi – fator corretivo relativo à distribuição dos acidentes por tipo de via; L – extensão; % in loc. – percentagem da via dentro das localidades; % out loc. – percentagem da via fora das localidades; AADT – tráfego médio diário anual; AC – número total de acidentes; ACT – número total de acidentes corrigido para a via; VM – número de vítimas mortais; FG – número de feridos graves; DM – número de acidentes apenas com danos materiais; FCAND – fator corretivo devido ao número de acidentes não declarados.

Da análise dos resultados, verifica-se que o custo total diário para o cenário sem obras é de cerca 2400 euros. O desvio do tráfego por tipologias de vias que têm uma maior taxa de acidentes leva a que este valor aumente até cerca de 22000 euros, isto é, um aumento de aproximadamente 820%.

Refira-se que os valores que se obtêm quando se aplica o método dos coeficientes globais para o cenário sem obras e o cenário de desvio por via alternativa são de 4300 euros e 32800 euros respetivamente.

#### 4.3 Conclusões

Embora os dois métodos apresentados considerem custos significativamente distintos para o valor da vida humana, como o número de acidentes com vítimas mortais é relativamente reduzido, o seu peso na análise é pequeno. Os valores determinados estão em linha com os resultados encontrados na bibliografia internacional. Alguns autores, dado o pequeno peso relativo dos custos de acidente no custo total, não os consideram na análise de custos de ciclo de vida de pontes.

Constata-se que os custos de acidente, embora não sejam desprezáveis, são uma parcela que, pela sua magnitude, tem pouco significado considerando quer o tráfego sem restrições devido à não existência de obras, quer o tráfego com restrições provocadas devido à existência de obras, independentemente do método de quantificação dos custos adotado.

O modelo criado permite constatar, no cenário de circulação sem formação de filas de espera, que o principal componente dos custos dos utentes é o custo de operação dos veículos, com um peso de ligeiramente superior a 45%; o segundo maior componente dos custos é o custo de portagem, que tem um peso ligeiramente inferior a inferior a 30%, seguido dos custos relativos ao tempo despendido com um peso de cerca de 20%; os restantes 5% devem-se aos custos de acidente. Refira-se que os componentes dos custos dos utentes aumentam com o incremento do volume de veículos. No cenário de existência de filas de espera, os custos devidos ao tempo despendido assumem uma maior preponderância.

Conclui-se que estes custos, embora pequenos, devem ser considerados na análise de custos de ciclo de vida em pontes. Eles permitem obter os montantes globais dos custos de acidente permitindo, por exemplo, balizar e servir de indicador para a definição de metas para o investimento em campanhas e medidas de prevenção rodoviária.

#### AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado financeiramente pela FCT no âmbito do projeto PEst-OE/EGE/UI4056/2011, da Unidade de Investigação para o Desenvolvimento do Interior, do Instituto Politécnico da Guarda, pelo qual os autores agradecem.

#### 4 REFERÊNCIAS

- ANSR 2011 "Ano de 2010. Sinistralidade rodoviária", Associação Nacional para a Segurança Rodoviária, Observatório de Segurança Rodoviária.
- ANSR 2010 "Ano de 2009. Sinistralidade rodoviária", Associação Nacional para a Segurança Rodoviária, Observatório de Segurança Rodoviária.
- ANSR 2009 "Ano de 2008. Sinistralidade rodoviária", Associação Nacional para a Segurança Rodoviária, Observatório de Segurança Rodoviária.
- ANSR 2008 "Ano de 2007. Sinistralidade rodoviária", Associação Nacional para a Segurança Rodoviária, Observatório de Segurança Rodoviária.
- APS 2007 "Associação Portuguesa de Seguradores". Disponível em <http://www.apseguradores.pt/Site/ContentPrint.jsf?ContentId=394>.
- Bickel, P., Friedrich, R., Burgess, A., Fagiani, P., Hunt, A., De Jong, G., Laird, J., Lieb, C., Lindberg, G., Mackie, P., Navrud, S., Odgaard, T., Ricci, A., Shires, J. e Tavasszy, L. 2006 "Proposal for harmonised guidelines – HEATCO deliverable 5", HEATCO – Developing

- harmonised European approaches for transport costing and project assessment. Institut für Energiewissenschaft und Rationelle Energieanwendung, Stuttgart, Germany.
- Brito, J. de 1992 "Desenvolvimento de um sistema de gestão de obras de arte em betão", Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.
- Garber, N.J. e Zhao, M. 2002 "*Crash characteristics at work zones*", VTRC 02-R12, Virginia Transportation Research Council, Charlottesville, Virginia, U.S.A..
- Golob, T.F., Recker, W. e Pavlis, Y. 2008 "*Probabilistic models of freeway safety performance using traffic flow data as predictors*", Safety Science 46(9), pp. 1306-1333.
- Hall, J.W. e Lorenz, V.M. 1989 "*Characteristics of construction-zone accidents*", Transportation Research Record 1230, Transportation Research Board, Washington, D.C., U.S.A., pp. 20-27.
- Hanley, P.F. 2004 "Using crash costs in safety analysis", Public Policy Center, The University of Iowa, Iowa, U.S.A..
- Jun, J. e Lim, I.K. 2008 "*A potential congestion severity measure from the per cent of congestion and the duration of continuous congestion*", Proceedings of the 87th TRB Annual Meeting, Transportation Research Board, Washington D.C., U.S.A..
- Khattak, A.J., Khattak, A.J. e Council, F.M. 2002 "*Effects of work zone presence on injury and non-injury crashes*", Accident Analysis and Prevention, 34(1), pp. 19-29.
- Lopes, S.A. e Cardoso, J.L. 2007 "*Accident prediction models for Portuguese motorways*", Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Lord, D., Manar, A. e Vizioli, A. 2005 "*Modelling crash-flow-density and crash-flow-V/C ratio relationships for rural and urban freeway segments*", Accident Analysis and Prevention, 37(1), pp. 185-199.
- Marchesini, P. e Weijermars, W. 2010 "*The relationship between road safety and congestion on motorways*", SWOV publication R-2010-12, Institute for Road Safety Research, Leidschendam, Netherlands.
- O'Cineide, D., Murphy, J.C. e Ryan, T. 2004 "*Interurban accident rates by road type and geometric elements*", University College Cork, Ireland.
- OMS. 2004 "*World report on road traffic injury prevention*", World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- PIARC 1996 "*Towards an indicator of the health condition of bridges*", Committee on Road Bridges, World Road Association, Paris, France.
- Pigman, J.G. e Agent, K.R. 1990 "*Highway accidents in construction and maintenance work zone*", Transportation Research Record 1270, Transportation Research Board, Washington, D.C., U.S.A., pp. 12-21.
- Roughail, N.M., Yang, Z.S. e Frazio, J. 1988 "*Comparative study of short- and long-term urban freeway work zones*", Transportation Research Record, 1163, Transportation Research Board, Washington, D.C., U.S.A., pp. 4-14.
- Woodward, R.J., Cullington, D.W., Daly, A.F., Vassie, P.R., Haardt, P., Kashner, R., Astudillo, A., Velando, C., Godart, B., Cremona, C., Mahut, B., Raharinaivo, A., Lau, M.Y., Markey, I., Bevc, L. e Peruš, I. 2001. "*Bridge management in Europe – final report*", BRIME PL97-2220.
- Zhou, M. e Sisiopiku, V. 1997 "*Relationship between volume-to-capacity ratios and accident rates*", Journal of the Transportation Research Board, 1581, Transportation Research Record, pp. 47-52.