

## **AVALIAÇÃO DO IMPACTE SOBRE A SINISTRALIDADE DE MEDIDAS CORRECTIVAS EM TRECHO DA EN6**

JOÃO LOURENÇO CARDOSO

*INVESTIGADOR PRINCIPAL DO LNEC*

SANDRA VIEIRA GOMES

*BOLSEIRA DE INVESTIGAÇÃO DO LNEC*

### **RESUMO**

A presente comunicação refere-se à actividade desenvolvida pelo LNEC no âmbito do estudo do impacte sobre a sinistralidade e o comportamento do condutor de diversas medidas correctivas aplicadas na EN6, entre os km 3.2 e 6.9, em 1992 e 1993. São apresentados os resultados das comparações de parâmetros seleccionados do comportamento do tráfego motorizado (volumes de tráfego e velocidades) medidos em diversas secções correntes da EN6, bem como as conclusões relativas à avaliação da evolução da sinistralidade na mesma estrada.

Concluiu-se que as intervenções efectuadas no trecho referido da EN6 permitiram uma redução de 12% no número anual de acidentes corporais e de 66% no de colisões frontais. Estima-se que terá sido de 34% a diminuição na frequência anual esperada de acidentes envolvendo mortos e feridos graves.

### **1. INTRODUÇÃO**

Em 1991 abriu ao tráfego o prolongamento da A5 (então EN 7), desde o Nó do Estádio Nacional até Cascais (do km 8,000 ao km 24,900). Na sequência, em 1992 e 1993 foram realizadas pela então JAE na EN 6, no trecho entre o Alto da Boa Viagem e Paço de Arcos (do km 3,200 ao km 6,900), obras de remodelação, com o objectivo de melhorar o funcionamento da estrada, designadamente no que se refere aos aspectos mais ligados à segurança rodoviária.

A presente comunicação refere-se à avaliação dos efeitos da aplicação dessas medidas correctivas, em especial os relacionados com as velocidades de circulação e a segurança

rodoviária. A avaliação foi realizada recorrendo a um estudo “antes – depois” com grupo de controlo. Um trecho da EN125 foi usado como grupo de controlo [1].

## **2. MITIGAÇÃO DA SINISTRALIDADE POR INTERVENÇÃO DA ENGENHARIA**

A correcção das deficiências da infra-estrutura é um tipo de intervenção em prevenção rodoviária que permite a obtenção de diminuições de sinistralidade no curto prazo. O sucesso desta intervenção correctiva depende em larga medida do rigor conferido à abordagem técnica e científica das diversas etapas do respectivo programa de actuação: a) diagnóstico da sinistralidade na área de intervenção, com vista a identificar factores de sinistralidade predominantes e zonas da estrada com maior influência na ocorrência de acidentes; b) análise da sinistralidade em cada um dos locais escolhidos e selecção daqueles a serem objecto de intervenção; c) identificação das medidas correctivas mais apropriadas; d) execução das medidas de segurança; e) supervisão da evolução da sinistralidade nos locais intervencionados e f) avaliação dos efeitos.

Com a última etapa pretende-se estimar, de forma quantitativa, o efeito da realização de uma intervenção correctiva sobre o número de acidentes ou de vítimas. Para tal é habitual recorrer-se a estudos do tipo “antes-depois”, que consistem: na estimativa do nível de segurança de um local (ou conjunto de locais) num intervalo de tempo padrão anterior à aplicação da medida correctiva; na estimativa, para um intervalo de tempo posterior à referida aplicação, quer do nível de segurança efectivo quer do nível que existiria sem intervenção; e na aplicação de um algoritmo de comparação entre a evolução observada e a evolução que teria ocorrido sem intervenção [2].

Habitualmente a estimativa do nível de segurança efectivo no intervalo posterior à aplicação da medida correctiva não incorpora unicamente os efeitos originados pela medida, o que pode influenciar a estimativa do número de acidentes ou de vítimas, afectando, desse modo, a comparabilidade das estimativas efectuadas. De entre os factores perturbadores da comparação, salientam-se, como mais importantes, os seguintes: o regresso à média; a tendência de longo prazo na evolução do número de acidentes e de vítimas; as alterações no número de acidentes que ocorram do período antes para o período depois, por outros motivos; alterações na percentagem de acidentes registados pelas entidades de fiscalização; a evolução do volume de tráfego; e outros acontecimentos afectando a segurança no período depois [2].

O fenómeno do regresso à média consiste na tendência estatística para, nos períodos subsequentes a um período com frequências muito afastadas do valor médio, se observarem frequências mais próximas deste valor. Assim, após um período com frequências de acidentes muito elevadas a tendência normal é que em períodos subsequentes se observem frequências mais

baixas do que a inicial. Uma das formas de mitigar o problema associado ao regresso à média consiste no uso de estimadores estatisticamente mais robustos, desenvolvidos por recurso aos métodos Bayesianos de inferência estatística, em que o número esperado de acidentes para um determinado ano e secção de estudo é calculado afectando o número observado de acidentes por um factor que considera a média e a variância do número de acidentes observados em anos anteriores [3].

A consideração do efeito dos restantes factores perturbadores pode ser abordada segundo duas grandes vias: a estimação estatística dos efeitos das variáveis perturbadoras (quando todas as variáveis perturbadoras sejam conhecidas e o respectivo efeito seja susceptível de modelação matemática); ou o recurso a grupos de controlo, nos quais se admite que o efeito das variáveis perturbadoras, será idêntico ao verificado no grupo de locais intervencionados. A primeira via é, na maioria dos casos, inviável, pelo que se recorre muitas vezes à consideração de grupos de controlo.

A escolha do grupo de comparação também obedece a requisitos próprios, os quais se encontram descritos em referências dedicadas a este problema [3]. No que se refere à influência do volume de tráfego na variação da frequência de acidentes, foram desenvolvidos no LNEC modelos de estimativa da variação da frequência anual de acidentes em função do volume de tráfego médio anual para o caso das estradas de faixa única e múltiplas vias [4]. O modelo para este tipo de estrada é:

$$E = 2.7493 \times 10^{-4} \times \text{Ext} \times \text{TMDA}^{1.102} \quad (1)$$

### **3. CARACTERIZAÇÃO DA INFRA-ESTRUTURA**

#### **3.1 Características de traçado**

Em 1988, a EN 6 apresentava um perfil transversal praticamente constante, com uma faixa de rodagem de 12 m de largura, dividida em quatro vias e bordejada por passeios. Para além da sinalização vertical e horizontal, existiam oito sinais luminosos nos cruzamentos de maior importância. Com o objectivo de aumentar a segurança rodoviária, foi executada entre Agosto de 1992 e Dezembro de 1993 uma obra de requalificação viária, entre o Alto da Boa Viagem e Paço de Arcos (do km 3.2 a 6.9). Foram efectuadas várias alterações: introdução de um separador central constituído por um lancil; remoção da camada de desgaste do trecho acima referido e respectiva repavimentação (com material betuminoso anti-derrapante em curva); construção de um novo encabeçamento no muro deflector de jacto; introdução de sobrelarguras e sobrelevações nalgumas curvas em planta; e alterações no equipamento de segurança incluindo

a completa reformulação da sinalização vertical, considerando o carácter urbano da zona, limites de velocidade mais baixos e aplicação de sinais luminosos para controlo de velocidade, alguns com associação a passagens de peões.

Após esta intervenção seguiram-se outras, de carácter pontual, que não foram mencionadas no presente estudo por ausência de informação precisa sobre a respectiva referenciação espacial e temporal. De qualquer forma, estas alterações não afectam as conclusões, uma vez que não se sobrepõem espacialmente.

### 3.2 Escolha do local de controlo

Segundo Hauer, o local de controlo mais adequado será aquele que apresentar semelhanças em termos físicos com o local de estudo e evoluções no tempo da sinistralidade mais semelhantes. Este último aspecto pode ser verificado através de um estimador estatístico ( $\hat{\omega}$ ) [2]. Para o caso em estudo, escolheram-se para potenciais locais de controlo os trechos antecedentes e subsequentes à zona de tratamento da EN6 (km 0 a 3.2 e 6.9 a 18.5, nomeadamente), e também um trecho da EN125 com características geométricas idênticas às da EN6 antes da intervenção.

**Quadro 1 – Local de controlo – cálculo do estimador “ $\hat{\omega}$ ”**

Frequência esperada de acidentes e valor do estimador " $\hat{\omega}$ "								
Grupo	Secção		1987	1988	1989	1990	1991	Média
Tratamento	EN6 (km 3.2 a 6.9)	Acidentes	68	65	59	60	67	
		$\hat{\omega}$		2,50	1,50	2,27	0,49	1,69
Local de controlo	EN6 (km 0 a 3.2)	Acidentes	27	11	7	3	4	
		$\hat{\omega}$		1,02	1,15	0,90	0,89	0,99
	EN6 (km 6.9 a 18.5)	Acidentes	122	123	116	123	121	
		$\hat{\omega}$		1,06	0,94	0,98	0,83	0,95
EN125 (km 97-103.4 e 107.4-113.85)	Acidentes	96	94	107	104	110		
	$\hat{\omega}$		1,06	0,94	0,98	0,83	0,95	

Da análise do Quadro 1 é possível constatar que o primeiro trecho da EN6 apresenta um valor médio para o estimador “ $\hat{\omega}$ ” muito diferente da unidade, pelo que se pode concluir que não é um bom local de controlo, o que seria de esperar, visto que esta zona é eminentemente rectilínea (bastante diferente do trecho intervencionado); acresce que neste trecho da EN6 terão sido realizadas intervenções, como a instalação de semáforos, posteriormente a 1990. Dos restantes trechos possíveis, o mais adequado, segundo os critérios definidos por Hauer, seria o trecho da EN6 entre os km 6.9 e 18.5, pois é o que apresenta o valor mais próximo de unidade. Assim seria de esperar, uma vez que este apresenta características geométricas e de tráfego muito semelhantes às do trecho intervencionado. Todavia, este trecho da EN 6 não foi considerado para comparação,

uma vez que terão existido, simultaneamente com as medidas avaliadas, intervenções, como a instalação de semáforos actuados pela velocidade e obras diversas. Não foi possível obter o registo da data de realização destas medidas. Desta forma foram escolhidos para grupo de comparação os trechos designados no Quadro 1 para a estrada EN125.

### 3.3 Características do tráfego

Na análise da evolução do Tráfego Médio Diário Anual (TMDA) da EN6 e da EN125 foram utilizados os dados de diversos postos de recenseamento de tráfego da EP, E.P.E (então JAE) situados na área envolvente a ambas as estradas, de forma a permitir caracterizar o TMDA durante os períodos “antes” e “depois” (ver Figura 1) [5 e 6]. No caso da EN6 foi, ainda, tomado particular cuidado para avaliar o efeito da transferência de tráfego para a A5, após a respectiva entrada em serviço (1995).

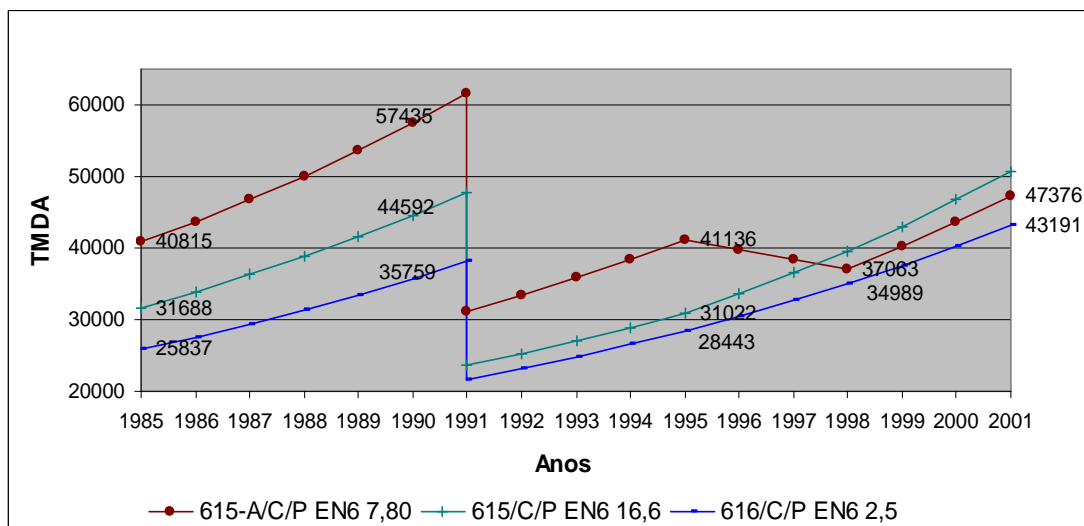


Figura 1 – Evolução do TMDA nos postos 615, 615 A e 616 da EN 6.

## 4. ASPECTOS DO COMPORTAMENTO DOS CONDUTORES NA EN 6

Em Setembro de 1988 foi efectuada uma caracterização da sinistralidade e do comportamento do tráfego rodoviário na EN6, cujos resultados foram relatados em relatório então elaborado pelo LNEC [7], no âmbito do estudo da segurança da circulação do tráfego naquela estrada. Relativamente à análise do comportamento do tráfego, foram determinados os volumes de tráfego e as velocidades médias na EN6 através de uma adaptação do método do observador móvel. Em Setembro de 2003 foi efectuada nova campanha de medições, o que permitiu actualizar os valores

e efectuar uma comparação entre os valores observados em 1988. Da comparação dos resultados obtidos em ambos os momentos, conclui-se que houve um decréscimo nas velocidades de circulação em todos os trechos analisados, à excepção do km 13,5, que se situa numa secção sem separador e sem sinais luminosos (ver Quadro 2). A melhoria significativa do parque automóvel desde o ano de 1988 pode justificar este aumento de velocidade, já que, na referida secção não foram introduzidas alterações. O desvio padrão da velocidade é consideravelmente mais pequeno nas medições de 2003 do que nas de 1988, o que se pode explicar pelos diferentes métodos de medição usados.

**Quadro 2 – Volumes de circulação e velocidades nas secções da EN 6 (1988 e 2003)**

Percurso diurno em dia útil					
Volume ≤1400 veic/h					
	1988		2003		
	Trecho 4		km 3,9		
	Volume	Velocidade	Volume	Velocidade	Velocidade
Média	1197	73	719	51	48
Desvio padrão	193	11	523	4	8
Máximo	1357	92	1384	59	61
Mínimo	698	58	120	44	39
Nível de serviço	A-B-C		A-B-C		
	Trecho 7		km 6,8		
	Volume	Velocidade	Volume	Velocidade	Velocidade
Média	1197	77	888	71	63
Desvio padrão	193	4	508	5	5
Máximo	1357	83	1380	78	74
Mínimo	698	70	104	61	52
Nível de serviço	A-B-C		A-B-C		
	Trecho 8		km 7,5		
	Volume	Velocidade	Volume	Velocidade	Velocidade
Média	1059	72	790	76	69
Desvio padrão	222	9	532	3	5
Máximo	1375	90	1352	80	77
Mínimo	482	55	116	69	60
Nível de serviço	A-B-C		A-B-C		
	Trecho 15		km 13,5		
	Volume	Velocidade	Volume	Velocidade	Velocidade
Média	1179	60	946	72	66
Desvio padrão	205	14	338	4	4
Máximo	1373	84	1348	80	74
Mínimo	352	32	80	67	59
Nível de serviço	A-B-C		A-B-C		
	Trecho 17		km 15,3		
	Volume	Velocidade	Volume	Velocidade	Velocidade
Média	1179	67	923	60	57
Desvio padrão	205	11	366	2	2
Máximo	1373	98	1372	65	62
Mínimo	352	48	108	57	52
Nível de serviço	A-B-C		A-B-C		

## 5. SINISTRALIDADE

A análise dos acidentes incidu sobre os registos das ocorrências de acidentes participados nesta estrada, disponibilizados pela Direcção-Geral de Viação. Para além da frequência observada de acidentes com vítimas, foram também considerados para análise as frequências de colisões frontais (uma vez que as medidas de engenharia adoptadas se destinavam a minimizar este tipo de acidentes) e dos acidentes com mortos e feridos graves. O período de análise considerado foi de cinco anos para a situação “antes” e quatro anos para a situação “depois”. A razão pela qual não foram considerados períodos de análise iguais para a situação antes e depois da aplicação de medidas correctivas, reside no facto de terem existido obras na EN 125 durante o quinto ano do período depois, não permitindo considerá-lo para análise. Como tal, optou-se por eliminá-lo igualmente da análise da EN6. Apresenta-se no Quadro 3 a frequência esperada de acidentes com vítimas, colisões frontais e acidentes com mortos e feridos graves para a zona intervencionada da EN 6 (km 3.2 a 6.9).

**Quadro 3 - Frequências esperadas de acidentes com vítimas, de colisões frontais e de acidentes com mortos e feridos graves na EN 6 – km 3.2 a 6.9.**

	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Frequência de acidentes com vítimas	68	65	59	60	67	76	35	28	31	33	25
Frequência de colisões frontais	19	19	15	19	19	23	2	1	1	1	2
Frequência de acidentes com mortos e feridos graves	24	24	25	24	24	24	6	5	4	7	5
Período de aplicação das medidas											

Como atrás referido, verificou-se uma diminuição brusca no TMDA da EN6, o que deve ser atendido na comparação. Aplicando o modelo de estimativa da variação da frequência anual de acidentes em função do volume de tráfego médio anual desenvolvido no LNEC (equação 1), obtêm-se os resultados apresentados no Quadro 4.

**Quadro 4 - Variação da frequência esperada anual de acidentes com vítimas em função do volume de tráfego médio anual na EN 6 – km 3.2 a 6.9.**

	Frequência esperada			$\Delta$	$\Delta$ (%)
	87-91	94-97			
	Valor médio	Valor médio	Ajuste para o TMDA de 87-91		
Acidentes com vítimas	64	29	36	-28	-44%
Colisões frontais	18	1	2	-16	-91%
Acidentes com mortos e feridos graves	24	5	6	-18	-73%

Apresentam-se no quadro seguinte a frequência esperada de acidentes no local de controlo (EN125 - km 97,0 a 103,4 e km 107,4 a 113,9).

**Quadro 5 – Frequência esperada de acidentes com vítimas, colisões frontais e acidentes com mortos e feridos graves na EN 125 – km 97,0 a 103,4 e 107,4 a 113,9.**

	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
Frequência de acidentes com vítimas	96	94	107	104	110	92	80	76	83	77	80
Frequência de colisões frontais	11	11	11	10	10	10	8	8	9	9	10
Frequência de acidentes com mortos e feridos graves	41	38	40	35	37	38	27	31	22	25	28
Período de aplicação das medidas											

Aplicando os modelos de estimativa da variação da frequência anual de acidentes em função do volume de tráfego médio anual desenvolvidos no LNEC, obtêm-se os resultados apresentados no Quadro 6.

**Quadro 6 - Variação da frequência anual de acidentes com vítimas em função do volume de tráfego médio anual na EN 125 - km 97,0 a 103,4 e 107,4 a 113,9.**

	Frequência esperada			Δ	Δ (%)
	87-91	94-97			
	Valor médio	Valor médio	Ajuste para o TMDA de 87-91		
Acidentes com vítimas	102	79	69	-33	-32%
Colisões frontais	11	9	8	-3	-25%
Acidentes com mortos e feridos graves	38	26	23	-15	-39%

Da análise da variação da frequência anual de acidentes com vítimas em função do volume de tráfego médio anual na EN 6 e da EN 125 (ver Quadro 7) verifica-se que no lanço entre os km 3.2 e 6.9 houve uma redução da frequência de acidentes superior à que se verificou nos trechos da EN 125 com características semelhantes às da EN 6 antes da intervenção, principalmente no que se refere às colisões frontais.

Posto isto, é possível calcular, com boa aproximação, o efeito real das medidas correctivas aplicadas, subtraindo à percentagem de redução obtida no trecho intervencionado a percentagem de redução obtida para o grupo de comparação (que corresponde à redução de acidentes que, muito provavelmente, teria ocorrido na EN6 sem qualquer intervenção correctiva).



**Quadro 7 – Quadro resumo da variação da frequência anual de acidentes em função do volume de tráfego médio anual.**

Trecho	Acidentes com vítimas	Colisões frontais	Acidentes com mortos ou feridos graves
EN6 - km 3,2 a 6,9	-44%	-91%	-73%
EN125 - km 97,0 a 103,4 e 107,4 a 113,9	-32%	-25%	-39%
Efeito das medidas correctivas	-12%	-66%	-34%

## 6. NOTAS FINAIS

A construção das medidas correctivas na EN6, entre os km 3.2 e 6.9, teve efeitos sobre a escolha das velocidades pelos condutores e sobre o nível de sinistralidade verificado.

No período “depois”, os volumes de circulação da EN 6 diminuíram devido à abertura da A5, tendo diminuído por isso o número de horas em que a circulação se efectuava perto da capacidade (com baixos níveis de serviço), o que poderia ter originado um aumento da velocidade de circulação e conseqüente aumento do risco.

Não obstante, a análise do comportamento dos condutores realizada, referente aos períodos de 1988 e 2003, permitiu verificar um decréscimo médio dos valores da velocidade na ordem dos 20%. No que concerne à sinistralidade verificou-se uma redução no número anual de acidentes com vítimas de 12%, de 66% no número anual de colisões frontais e 34% no número anual de acidentes com mortos e feridos graves.

A quantificação dos efeitos de intervenções correctivas do ambiente rodoviário, reveste-se de extrema importância, uma vez que permite a disponibilização de critérios racionais de apoio à decisão sobre quais as medidas mais eficazes a adoptar. A importância dos resultados da avaliação dos efeitos sobre a sinistralidade das medidas correctivas da infra-estrutura justifica que sejam desenvolvidos esforços no sentido de sistematizar o registo da informação necessária à realização destes estudos, eventualmente complementada por outra sobre os custos de construção das intervenções e de outros impactes das mesmas. Adicionalmente, deverá ser garantido um suporte financeiro estável, necessário para assegurar a continuidade do processo de avaliação e o seu progressivo melhoramento, por forma a que a gestão das intervenções correctivas se possa adaptar ao carácter evolutivo da sinistralidade rodoviária nas estradas de Portugal.

**BIBLIOGRAFIA**

- [1] Cardoso, J. P.; Gomes, S. V. – Avaliação do impacte sobre a sinistralidade de medidas correctivas em trecho da EN6. Relatório 217/05-NPTS, LNEC, Lisboa, Junho de 2005.
- [2] Hauer, E. - Observational before-after studies in road safety. Pergamon, Oxford, U.K., 1997.
- [3] Abbess, C., Jarrett, D., Wright, C.C. - Accidents at black spots: estimating the effectiveness of remedial treatment, with special reference to the “regression-to-the-mean” effect. *Traffic Engineering and Control*, Vol. 22, Nº. 10, 1981, pp. 535-542.
- [4] Cardoso, J. L. – Sinistralidade na Rede Rodoviária Nacional no ano de 1990 – Relatório 152/94 NTSR. LNEC. Abril de 1994.
- [5] Junta Autónoma de Estradas - Tráfego 1985; Tráfego 1990; Tráfego 1995; Tráfego 1996; Tráfego 1997; Tráfego 1998; Tráfego 1999; Tráfego 2000.
- [6] Macedo, A. L.; Cardoso, J. L.; Cavalheiro, F. M.; Marques, J. – Apoio ao IEP na realização do recenseamento de tráfego na Rede Rodoviária Nacional (recenseamento de 2001) - Relatório Final. Vol. II. Relatório 182/03 – NPTS – LNEC. Junho de 2003.
- [7] Cardoso, J. L.; Castilho, A. J. – Colaboração no estudo da segurança da EN 6 – Caracterização da sinistralidade e da circulação do tráfego rodoviário. Relatório 192/89 do Núcleo de Tráfego e Segurança Rodoviária. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Lisboa. 1989.