

# SAFESIDE: AVALIAÇÃO CUSTO-BENEFÍCIO DE ALTERNATIVAS DE INTERVENÇÃO NA ÁREA ADJACENTE À FAIXA DE RODAGEM

Carlos Roque<sup>1</sup>, João Lourenço Cardoso<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Transportes. Núcleo de Planeamento, Tráfego e Segurança., Av do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal

email: [croque@lnec.pt](mailto:croque@lnec.pt)

<sup>2</sup> Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Transportes. Núcleo de Planeamento, Tráfego e Segurança, Av do Brasil 101, 1700-066 Lisboa, Portugal

---

## Sumário

*Os despistes e colisões dos veículos com obstáculos perigosos fora da faixa de rodagem são um grave problema de segurança rodoviária nas estradas portuguesas, correspondendo sensivelmente a 30% dos acidentes e 40% dos mortos registados anualmente em Portugal.*

*O objetivo genérico do trabalho reportado na presente comunicação foi contribuir para a melhoria do conhecimento da influência das características da Área Adjacente à Faixa de Rodagem (AAFR) sobre a sinistralidade e para o desenvolvimento de um método de avaliação dos efeitos das características da AAFR do ponto de vista da segurança.*

*Assim, no âmbito de uma tese de doutoramento defendida no Instituto Superior Técnico, foi desenvolvido no Núcleo de Planeamento, Tráfego e Segurança do LNEC um procedimento para avaliação custo-benefício de alternativas de intervenção na AAFR e para seleção de sistemas de retenção de veículos apropriados a cada caso.*

*Este procedimento consiste num instrumento de avaliação dos efeitos das características da AAFR sobre a sinistralidade, baseado nos resultados da análise dos acidentes ocorridos nas estradas portuguesas, que tem em consideração o efeito sobre a segurança rodoviária das alterações nas características da AAFR, assim como os custos dessas alterações, contribuindo para a fundamentação racional das intervenções na infraestrutura, tendo em vista a aplicação eficiente de recursos na redução da sinistralidade em secção corrente das estradas interurbanas.*

---

**Palavras-chave:** Área adjacente à faixa de rodagem; Segurança; Análise custo-benefício; Software.

## 1 INTRODUÇÃO

Na União Europeia (UE) morrem anualmente cerca de 30000 pessoas e 1,4 milhões ficam feridas em acidentes rodoviários [1]. Os despistes e colisões dos veículos com obstáculos perigosos fora da faixa de rodagem, tais como árvores ou painéis de sinalização, são um grave problema de segurança rodoviária. Em Portugal, os despistes e colisões dos veículos com obstáculos perigosos fora da faixa de rodagem são um grave problema de segurança rodoviária nas estradas portuguesas, correspondendo a 33% do total de acidentes e 40% dos mortos registados (a 30 dias) durante o período de 2010-2014 ([2] e [3]). Designa-se por área adjacente à faixa de rodagem (AAFR) a área de terreno entre o limite exterior da faixa de rodagem e o limite da zona da estrada [4]. Na aceção corrente, a AAFR inclui as bermas e os separadores, caso existam (ver [4]).

Neste contexto, as autoridades rodoviárias são frequentemente confrontadas com a necessidade de tomar decisões relativas a investimentos em segurança rodoviária – as quais podem incluir a ponderação dos efeitos das

caraterísticas da AAFR na sinistralidade – sendo importante a aplicação de métodos de análise racional para apoiar o decisor e contribuir para uma boa gestão dos recursos disponíveis para esse efeito.

Assim, através de instrumentos de previsão da eficácia das medidas a implementar, as administrações rodoviárias podem fundamentar as decisões relativas à escolha das medidas mais adequadas para a melhoria dos níveis de segurança rodoviária nas redes envolvidas. A seleção e classificação iniciais dos projetos podem ser melhoradas pela aplicação de “Análise Custo-Benefício” (ACB), que permite analisar e comparar a rentabilidade e a adequabilidade destes investimentos.

O objetivo genérico do trabalho reportado na presente comunicação foi contribuir para a melhoria do conhecimento da influência das caraterísticas da AAFR sobre a sinistralidade e para o desenvolvimento de um método de avaliação dos efeitos da alteração das caraterísticas da AAFR na segurança rodoviária.

Assim, no âmbito de uma tese de doutoramento defendida no Instituto Superior Técnico [5], foi desenvolvido no Núcleo de Planeamento, Tráfego e Segurança do LNEC um procedimento para avaliação custo-benefício de alternativas de intervenção na AAFR e para seleção de sistemas de retenção de veículos apropriados a cada caso.

Na presente comunicação apresentam-se os passos fundamentais do referido procedimento bem como os resultados obtidos com um exemplo de aplicação num trecho de estrada de faixa de rodagem única da Rede Rodoviária Nacional.

## **2 ESTRUTURA GLOBAL DO SISTEMA**

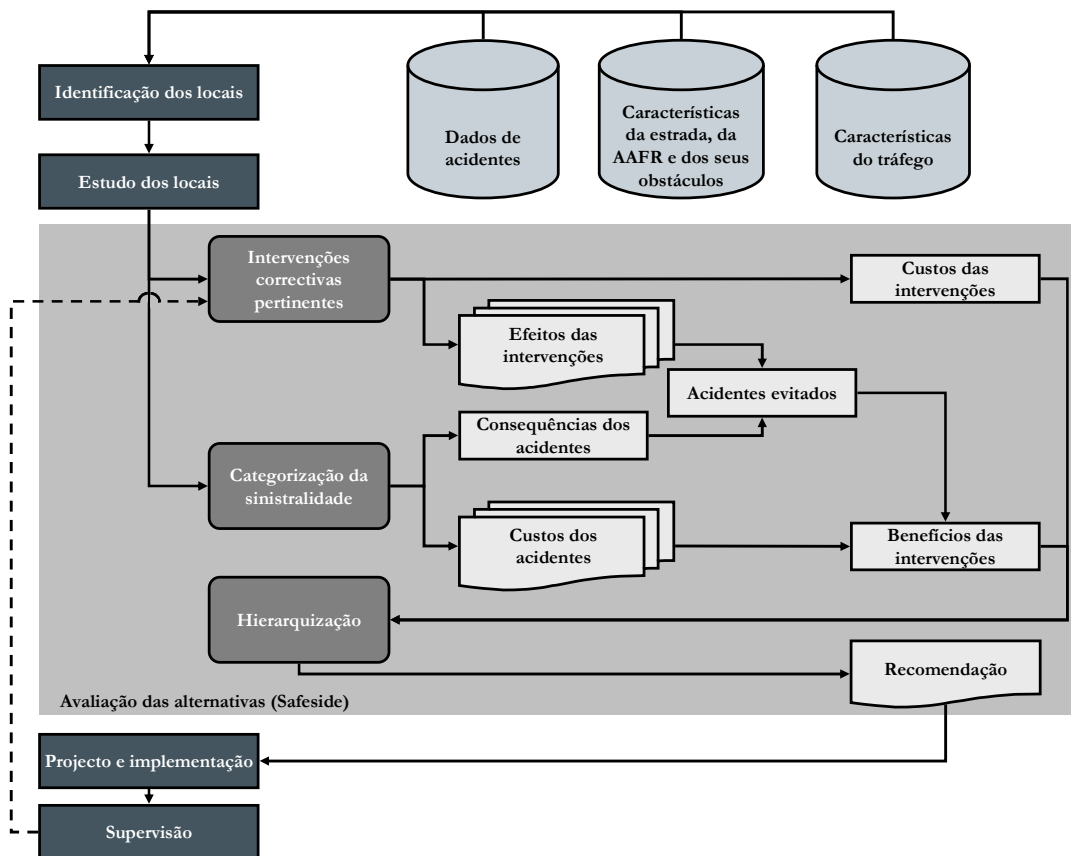
Para dar resposta aos objetivos acima enumerados desenvolveu-se um instrumento de avaliação dos efeitos das caraterísticas da AAFR sobre a sinistralidade rodoviária, baseado nos resultados da análise dos acidentes ocorridos nas estradas portuguesas, que tem em consideração o efeito sobre a segurança rodoviária (SR) das alterações nas caraterísticas da AAFR, assim como os seus custos, contribuindo para a fundamentação racional das intervenções na infraestrutura, tendo em vista a redução da sinistralidade em secção corrente das estradas interurbanas.

Um programa de melhoria da segurança rodoviária por intervenção na infraestrutura compreende várias fases, abrangendo a identificação dos potenciais locais a intervencionar, o estudo das respetivas sinistralidades e caraterísticas da envolvente rodoviária, a seleção e projeto das intervenções mais promissoras, a execução das medidas corretivas, bem como a supervisão da evolução da sinistralidade e a avaliação dos efeitos obtidos [6]. Na Fig.1 ilustram-se as fases a considerar no tratamento da sinistralidade envolvendo a AAFR, com particular destaque para a estrutura geral do procedimento de avaliação das alternativas de intervenção (área a cinzento da Fig.1), objeto do presente estudo.

O procedimento de avaliação das alternativas de intervenção permite simular o efeito sobre a SR (frequência de acidentes e suas consequências) de cenários alternativos da configuração da AAFR. O procedimento destina-se a apoiar as decisões relativas tanto ao projeto da AAFR (remoção de obstáculos, redução da probabilidade de atingir obstáculos, redução da gravidade das consequências quando um obstáculo é atingido, ou proteção do tráfego por meio de um sistema de retenção rodoviário de veículos) como à seleção das caraterísticas funcionais dos referidos sistemas de retenção.

No procedimento proposto são utilizadas três tipologias complementares de dados nacionais: dados sobre acidentes; dados sobre caraterísticas da estrada, da AAFR e dos obstáculos presentes nesta; e contagens de tráfego.

A avaliação das alternativas compreende a conceção de cenários alternativos para a AAFR e a avaliação dos correspondentes efeitos sobre a SR. Para esse fim, selecionam-se, de uma lista de intervenções corretivas possíveis, as pertinentes e procede-se à categorização da sinistralidade. Esta última componente compreende a desagregação dos acidentes por tipologias relevantes (para quantificação dos acidentes-alvo de cada intervenção e respetivos custos). Os atributos das medidas corretivas descritos na lista de intervenções incluem a eficácia específica a cada tipo de acidente-alvo (i.e., o efeito sobre a sinistralidade de cada tipo de acidente-alvo) bem como o respetivo custo de construção e manutenção no período de vida útil. O número de acidentes passível de ser evitado por uma intervenção corretiva ou por um conjunto de intervenções corretivas corresponde ao produto do número de acidentes-alvo multiplicado pela eficácia da sua realização.



**Fig. 1. Estrutura geral do procedimento de avaliação das alternativas de intervenção na AAFR e de seleção de sistemas de retenção de veículos.**

Assim, para decidir acerca da eficiência de uma intervenção ou de conjunto de intervenções corretivas da AAFR, são necessários quatro passos:

1. Para cada intervenção corretiva, calcular o número médio de vítimas por acidente evitado, para cada nível de gravidade das lesões sofridas.
2. Multiplicar o custo de cada vítima pelo número médio de vítimas por acidente evitado, para cada nível de gravidade das lesões sofridas, e assim determinar o valor atualizado dos benefícios.
3. Determinar o valor atualizado dos custos de implementação do conjunto de intervenções corretivas.
4. Calcular o rácio benefício-custo do conjunto de intervenções corretivas e compará-lo com cenários de intervenção na AAFR alternativos, incluindo o cenário “nada fazer”.

O procedimento permite identificar qual o conjunto de intervenções corretivas mais eficiente para um determinado trecho de estrada.

### 3 MODELO DE ACIDENTES

A inclusão da sinistralidade na ACB de investimentos em infraestruturas rodoviárias espelha a importância associada aos efeitos de SR (mudança no número de vítimas mortais, de feridos graves, leves e, eventualmente, de danos materiais) decorrentes do investimento associado à adoção de padrões de SR mais elevados [7].

### 3.1 Custos dos acidentes

Os custos socioeconômicos associados aos acidentes rodoviários compreendem custos diretos, indiretos e um valor da segurança *per se*, que corresponde ao valor da variação marginal no risco de acidente mortal ou com danos corporais, podendo os mesmos ser agrupados em diversas categorias, nomeadamente: custos médicos e de reabilitação, custos de danos materiais, custos administrativos, valor da perda de produção (devido à morte ou incapacidade prematuras, dias de doença, etc.) e valor da segurança *per se* (valor do risco de óbito).

Normalmente, os custos considerados subdividem-se nos custos associados a vítimas mortais, a feridos graves, a feridos leves e a danos materiais.

A metodologia comumente utilizada para estimar custos de acidentes consiste em multiplicar o número de acidentes pelo custo unitário de um acidente, para cada nível de gravidade [5]. Assim, as questões metodológicas associadas a esta categoria de custos prendem-se com a estimativa de frequência de acidentes e suas consequências e com o apuramento de custos unitários.

Refira-se que os modelos de estimativa de frequência de acidentes (MEFA) disponíveis para o cálculo de frequências esperadas de acidentes não explicam a desagregação dos resultados por nível de gravidade nem permitem calcular o número de vítimas de forma adequada à aplicação de uma ACB. Para tal seria necessário estimar diretamente frequências de vítimas mortais, de feridos graves, leves e de danos materiais. Não existem, presentemente, modelos de estimativa de frequência de vítimas por gravidade ou de estimativa de danos materiais.

No entanto, é possível obter aproximações razoáveis, desagregando os acidentes por analogia com séries históricas por tipo de estrada [8]. É recomendável a utilização de séries de número e tipo de vítimas por acidente e por tipo de estrada com duração de 4 ou 5 anos (correspondentes à duração das séries-amostra dos trabalhos de modelação da ocorrência de acidentes), para encontrar valores médios, que permitem desagregar os resultados por nível de gravidade e calcular o número de vítimas total.

Por outro lado, quando se pretende modelar o total de acidentes, há que atender ao facto de muitos acidentes ocorridos não estarem contidos na base de dados, uma vez que não foram sequer registados. A dimensão deste problema é difícil de quantificar, já que o mesmo não é uniforme no espaço e por tipo de acidente nem constante no tempo. No projeto ESTRADA [7] refere-se que os acidentes não participados devem ser contabilizados na ACB dos projetos rodoviários através da aplicação de taxas de não-participação de acidentes sobre os números previstos.

Assim, a metodologia utilizada neste estudo consiste da multiplicação do número médio de participantes num acidente, por tipo de acidente e nível de gravidade das lesões nas vítimas, pelos custos dos acidentes para cada um desses mesmos níveis e pelas respetivas taxas de não-participação. De seguida, são somados os custos para se obter o custo de acidente de cada tipo,  $C_t^A$ , de acordo com o definido em (1).

$$C_t^A = \sum_g (nv_{t,g} \times custo_g \times tnp_g) \quad (1)$$

Onde  $nv_{t,g}$  corresponde ao número de vítimas para o tipo de acidente  $t$  (despiste em estrada de faixa de rodagem única, despiste em estrada de dupla faixa de rodagem, todos os acidentes em estrada de faixa de rodagem única e todos os acidentes em estrada de dupla faixa de rodagem) e ao nível de gravidade das lesões nas vítimas de acidentes  $g$  (morto, ferido grave ou ferido leve);  $custo_g$  designa o custo dos acidentes para o nível de gravidade  $g$ ; e  $tnp_g$  corresponde à taxa de não-participação de acidentes para o nível de gravidade  $g$ .

### 3.2 Consequências dos acidentes

A abordagem seguida no presente estudo para a estimativa da frequência esperada de acidentes envolvendo a AAFR consiste no ajuste de um modelo de regressão que relacione a frequência esperada de despistes com variáveis explicativas relevantes, que incluem a exposição e as referidas características da estrada e da sua AAFR.

Sendo os acidentes eventos raros, discretos e de frequência não negativa, é inadequado o uso da regressão linear convencional na sua modelação. Neste contexto, os modelos lineares generalizados constituem uma metodologia adequada para a modelação da sinistralidade rodoviária. Recorrendo a modelos de binomial negativa, é possível

definir  $\lambda_i$  como o número esperado de acidentes que ocorre num trecho de estrada  $i$  através da seguinte formulação:

$$\lambda_i = A \times TMD_i^B \times Extensão_i^C \quad (2)$$

Onde  $A$ ,  $B$  e  $C$  são parâmetros do modelo (a estimar),  $TMD$  corresponde à média do tráfego médio diário durante o período de tempo considerado (quatro anos) e  $Extensão$  ao comprimento do trecho  $i$  em quilómetros.

No Quadro 1 apresentam-se os valores dos referidos parâmetros a considerar para o cálculo do número esperado de acidentes num determinado trecho de estrada, por tipo de faixa de rodagem e por tipo de acidente.

Quadro 1 – Parâmetros a considerar para o cálculo do número esperado de acidentes e despistes.

Tipo de faixa de rodagem	Número de vias por sentido	Tipo de acidente	A	B	C
Faixa de rodagem única	-	Total de acidentes	$2,373 \times 10^{-3}$	0,874	0,882
	-	Despistes	$1,051 \times 10^{-2}$	0,541	0,926
Dupla faixa de rodagem	2	Total de acidentes	$5,806 \times 10^{-4}$	0,919	0,767
	3 ou 4	Total de acidentes	$6,383 \times 10^{-5}$	1,146	0,894
	2	Despistes	$1,513 \times 10^{-3}$	0,724	0,874
	3 ou 4	Despistes	$3,098 \times 10^{-4}$	0,880	1,035

### 3.3 Efeitos sobre a segurança da realização de intervenções corretivas

A presença junto a uma estrada de elementos tais como postes de electricidade ou telefone, árvores, suportes de sinalização, barreiras de segurança, lancis, entre outros, deve merecer uma atenção redobrada e ser acompanhada de um adequado dimensionamento da AAFR ou da instalação de um sistema de retenção dos veículos descontrolados.

O objetivo de redução da sinistralidade envolvendo a AAFR pode ser atingido através da realização de diversas intervenções corretivas. Frequentemente, para o mesmo problema de segurança rodoviária estão disponíveis diversas intervenções, que podem ser utilizadas alternativamente ou de forma complementar.

Assim, importa destacar o conceito de “efeito de primeira ordem” de uma intervenção corretiva. Este conceito corresponde ao efeito dessa intervenção na segurança quando aplicada isoladamente, independentemente das possíveis interações com outras intervenções [9].

O efeito combinado de  $n$  intervenções corretivas que afetem o mesmo grupo de acidentes ou lesões (ECA) pode ser estimado de acordo com a equação seguinte:

$$ECA = 1 - \left( \prod_{i=1}^n R_i \right)^{\min(R_i)} \quad (3)$$

Em que  $R_i$  designa o “resíduo” da intervenção  $i$  e  $\min(R_i)$  o “resíduo” da intervenção mais eficaz.  $R_i$  corresponde ao número de acidentes, mortos ou feridos, que a referida intervenção não é capaz de evitar e é dado por:

$$R_i = 1 - E_i \quad (4)$$

Em que  $E_i$  é expresso em termos do número de acidentes, mortos ou feridos que a intervenção é capaz de evitar no tipo de acidentes a que se destina (aqui designados como “acidentes-alvo”).

### 3.4 Frequência de acidentes poupados e respetivos custos

Tendo por base os efeitos das intervenções corretivas, é possível estimar o número de acidentes evitados com uma intervenção corretiva,  $AE$ , recorrendo à seguinte expressão:

$$AE = \lambda_i \times E_i \quad (5)$$

Em que  $\lambda_i$  corresponde ao número esperado de acidentes que ocorre num trecho de estrada  $i$  (ver Equação 2) e  $E_i$ , ao efeito de primeira ordem de uma intervenção corretiva nesse trecho  $i$  (ver Equação 4).

Sempre que esteja a ser considerado o efeito combinado de um conjunto de intervenções corretivas afetando o mesmo grupo de acidentes, a equação anterior deve ser re-escrita da seguinte forma:

$$AE = \lambda_i \times ECA \quad (6)$$

Em que  $ECA$  designa o Efeito Combinado Ajustado de um conjunto de intervenções corretivas (ver Equação 3).

Por último, o conjunto de futuros benefícios da intervenção,  $B_i$ , é dado por:

$$B_i = AE \times C_i^A \quad (7)$$

Onde  $AE$  corresponde aos acidentes evitados por uma intervenção corretiva e  $C_i^A$  corresponde ao custo de um acidente do tipo  $t$  (ver Equação 1)

De referir que o valor do custo de um acidente de determinado tipo depende não só do tipo de acidente afetado pela intervenção mas também do tipo de estrada considerado.

### 3.5 Custos das intervenções

De uma maneira geral, os custos das infraestruturas são definidos como os custos relacionados com a construção e operação dessas mesmas infraestruturas [7]. As componentes de custo das infraestruturas compreendem custos diretos (que incluem investimento inicial e manutenção, operação e administração), custos indirectos (nomeadamente custos da perturbação devida aos trabalhos de construção e alterações nos custos diretos da rede existente devidas à operação da ligação rodoviária em avaliação) e o valor residual da infraestrutura (relacionado com a incerteza na definição do horizonte de avaliação da infraestrutura).

No caso particular das intervenções corretivas envolvendo a AAFR, e dependendo do tipo de intervenção, algumas das sub-componentes anteriormente descritas podem carecer de adaptações ou, até, não ser consideradas. Por exemplo, relativamente aos custos diretos, a aquisição de terreno é particularmente relevante no caso de se pretender o alargamento da zona livre, mas já não é tida em conta se a opção for instalar uma barreira de segurança. Nos custos indirectos, os custos da perturbação devida aos trabalhos de construção são mínimos em grande parte das intervenções na AAFR, excetuando as intervenções no separador central ou a colocação de bandas sonoras ou bermas. O valor residual da infraestrutura, ou neste caso das intervenções, varia consoante o tipo de medida e a respetiva vida útil.

Importa ainda salientar que os efeitos sobre a mobilidade e o meio ambiente da realização de intervenções corretivas envolvendo a AAFR são, em larga maioria, desconhecidos ou inexistentes. Assim, estes aspetos não são considerados em termos nem de efeitos que pudessem produzir nem de custos que pudessem provocar indirectamente. Desta forma, o custo de uma intervenção corretiva  $i$ ,  $C_i^{IC}$ , durante o período do ano  $t$  ao ano  $T$ , é dado por:

$$C_i^{IC} = C_i^I + \sum_{t=0}^T C_{i,t}^M - VR_i \quad (8)$$

Onde  $C_i^I$  é o custo de investimento da intervenção corretiva  $i$ ,  $C_{i,t}^M$  o custo de manutenção da intervenção corretiva  $i$  no ano  $t$  e  $VR_i$  o valor residual da intervenção corretiva  $i$ .

No caso de  $n$  intervenções corretivas, o seu custo total  $C_t$  é dado por:

$$C_t = \sum_{i=1}^n C_i^{IC} \quad (9)$$

## 4 AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS

As metodologias para a avaliação económica de investimentos em segurança rodoviária têm como objetivo identificar as intervenções corretivas cuja implementação é viável num determinado contexto. Este objetivo pode ser atingido através da aplicação da ACB, que permite apoiar a tomada de decisão e escolher a medida ou programa com maior retorno em termos monetários.

### 4.1 Metodologia de avaliação

O modelo de avaliação das alternativas de configuração da AAFR utilizado no procedimento de avaliação de alternativas de intervenção desenvolvido assenta numa ACB que permite verificar se um determinado conjunto de intervenções é economicamente eficiente e, no caso afirmativo, apreciar qual o seu nível de eficiência e, ainda, analisar se alterações à intervenção podem torná-la mais eficiente.

O critério de decisão preconizado é o rácio benefício-custo (RBC). O RBC de uma medida de SR é definido como a divisão do valor atualizado dos benefícios decorrentes dessa medida pelo valor atualizado dos custos da sua aplicação:

$$RBC = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t}} = \frac{\sum_{t=0}^T B_t \cdot (1+r)^{-t}}{\sum_{t=0}^T C_t \cdot (1+r)^{-t}} \quad (10)$$

Onde  $B_t$  corresponde ao conjunto de benefícios futuros obtidos no ano  $t$ ;  $C_t$  corresponde ao custo incorrido no ano  $t$ ; e  $r$  é a taxa de desconto anual.

Um RBC superior à unidade não significa necessariamente que uma intervenção corretiva na AAFR seja benéfica. A natureza estocástica dos acidentes rodoviários, a incerteza associada aos pressupostos que estão na base dos modelos e das estimativas dos efeitos das intervenções, as variações dos custos das intervenções corretivas (como, por exemplo, os custos associados às expropriações), e a tendência preferencialmente decrescente da sinistralidade impedem a obtenção de conclusões diretas para RBC apenas marginalmente superiores à unidade.

A aplicação da análise de sensibilidade é, assim, um aspeto de particular relevância para a correta avaliação da pertinência das intervenções na AAFR baseada em ACB.

O objeto da análise de sensibilidade consiste na seleção das variáveis e parâmetros críticos do modelo, ou seja, aqueles cujas variações, positivas ou negativas em relação ao valor utilizado como melhor estimativa no caso de referência, têm um efeito mais pronunciado no VAL ou na Taxa Interna de Rentabilidade (TIR), no sentido em que originam as alterações mais importantes destes parâmetros. A análise de sensibilidade permite igualmente compreender as variações do RBC quando alguns parâmetros apresentam valores diferentes dos assumidos nos pressupostos iniciais

### 4.2 Hierarquização de alternativas

No estudo reportado na presente comunicação, a hierarquização de alternativas refere-se à elaboração de uma lista ordenada de conjuntos de intervenções recomendadas, com base no cálculo do RBC das diferentes intervenções.

Para a etapa de hierarquização optou-se pelo método de ACB incremental, o qual se elabora uma lista de intervenções prioritárias com base num critério previamente estabelecido [10]. O RBC incremental é ser expresso da seguinte forma:

$$RBC_{j/i} = \frac{B_j - B_i}{C_j - C_i} \quad (11)$$

Onde  $RBC_{j/i}$  é o rácio benefício custo incremental da alternativa  $j$  em relação à alternativa  $i$ ;  $B_i$  e  $B_j$  correspondem ao VAL do conjunto de futuros benefícios das alternativas  $i$  e  $j$ ; e  $C_i$  e  $C_j$  correspondem ao VAL do conjunto de futuros custos das alternativas  $i$  e  $j$ .

### 4.3 Exemplo de aplicação

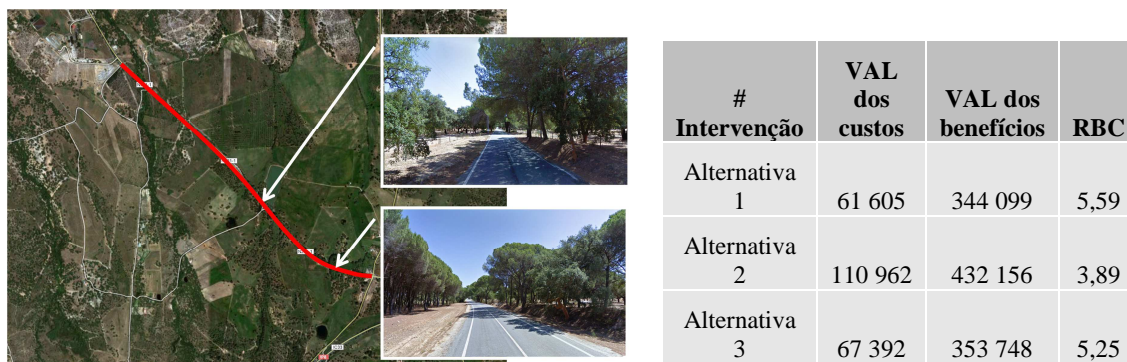
Tendo em vista facilitar a aplicação do procedimento descrito, foi desenvolvido um *software* de apoio designado “SAFESIDE” (descrito detalhadamente em [11]). O software automatiza a realização de várias etapas do procedimento de avaliação das alternativas de intervenção na AAFR descrito na presente comunicação. O *software* produz como resultado uma lista ordenada de intervenções de segurança na AAFR.

Como exemplo de aplicação do procedimento de avaliação custo-benefício de alternativas de intervenção na AAFR com o apoio do referido *software*, apresenta-se a análise de uma intervenção num trecho de estrada de faixa de rodagem única da Rede Rodoviária Nacional caracterizada por filas longitudinais de árvores na AAFR. Nos quatro anos anteriores à análise o TMDA foi de 1200 veículos/dia; sendo dois o número de despistes registados. O período de análise é de 15 anos e a taxa de desconto aplicável é 4%. Na Fig.2 são ilustradas as características gerais do trecho, que tem 2,5 km de extensão.

Foram consideradas três intervenções alternativas:

- Alternativa 1: Remoção de árvores existentes e reposicionamento (mediante plantação de novos espécimes) de árvores em locais mais afastados da faixa de rodagem;
- Alternativa 2: Onde necessário, proteção do tráfego com barreiras de segurança;
- Alternativa 3: Remoção e reposicionamento de algumas árvores e proteção do tráfego com barreiras de segurança nos restantes casos.

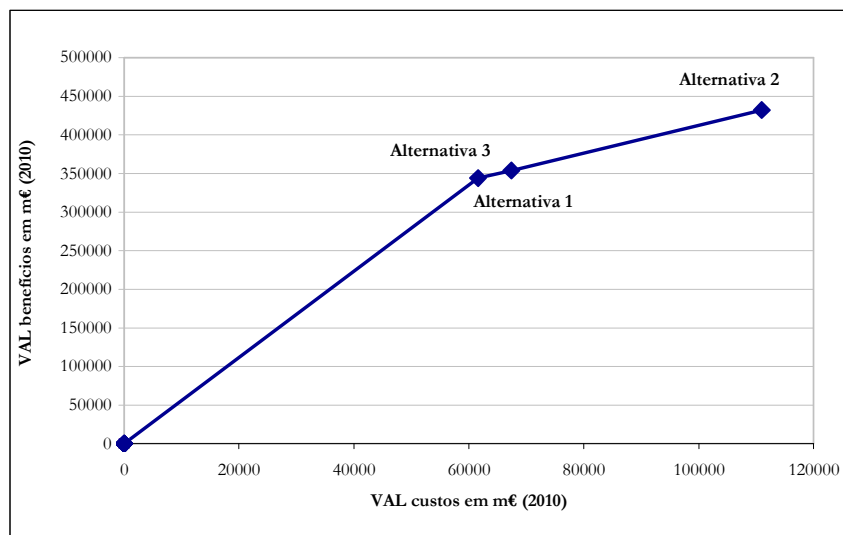
Os custos das intervenções corretivas e as alternativas consideradas refletem as disposições normativas em vigor [12, 13], assim como os custos típicos das medidas de engenharia passíveis de serem aplicadas em intervenções de SR envolvendo a AAFR. Na Fig.2 é ainda apresentado o VAL dos custos e benefícios de cada intervenção alternativa, bem como o respetivo RBC, calculado de acordo com a Equação 11.



**Fig. 2. Estrada nacional de faixa de rodagem única com filas longitudinais de árvores na AAFR: estimativa de custos e benefícios para cada alternativa de intervenção (€ a preços de 2010)**



Os RBC incrementais foram calculados através da Equação 11, sendo os resultados de cada alternativa comparados na Fig.3. Embora a Alternativa 1 tenha o RBC mais elevado (5,59), mais provavelmente seria escolhida a Alternativa 2, por ser a de RBC incremental mais elevado (ver Fig.3).



**Fig.3. Seleção pelo RBC incremental**

## 5 CONCLUSÕES

O objetivo principal do estudo sucintamente descrito na presente comunicação foi contribuir para a fundamentação racional das intervenções na infraestrutura, tendo em vista a redução da sinistralidade por saída da faixa de rodagem de estradas interurbanas. Divulga-se, assim, uma ferramenta disponível atualmente para dimensionamento da AAFR e seleção e aplicação de sistemas de retenção rodoviários de veículos, adaptada às disposições normativas desenvolvidas no mesmo âmbito. A atividade de análise da sinistralidade envolvendo a AAFR e aqueles sistemas, permitiu também desenvolver um procedimento, baseado em ACB, de apoio às decisões acerca das características da AAFR e dos sistemas de retenção de veículos, aplicável no projeto de novas estradas ou na remodelação de rodovias em operação, contribuindo-se, deste modo, para a melhoria da eficiência das intervenções em segurança rodoviária no País. A ferramenta informática permite simular o efeito sobre a SR (frequência de acidentes e suas consequências) de cenários alternativos da configuração da AAFR ou de medidas corretivas de situações existentes.

Em suma, considera-se que o trabalho desenvolvido tem um impacto direto no conhecimento existente em Portugal acerca dos acidentes envolvendo um único veículo bem como nos instrumentos disponíveis para o adequado dimensionamento da AAFR em estradas interurbanas. Espera-se que esse conhecimento seja usado pelos responsáveis pelas intervenções na AAFR das estradas portuguesas, no que constituirá um contributo relevante para o objetivo nacional de mitigação dos efeitos da sinistralidade rodoviária.

## 6 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro fornecido pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT) ao estudo reportado na presente comunicação através do Projeto FCT PTDC/TRA/74520/2006. Carlos Roque agradece ainda o apoio financeiro da FCT através de bolsa de doutoramento com a referência SFRH/BD/82228/2011. Os autores manifestam a sua gratidão à Guarda Nacional Republicana e à Euroscut S.A. pela cooperação no fornecimento dos dados pormenorizados acerca da sinistralidade e de características da AAFR utilizados nesta investigação.

## 7 REFERÊNCIAS

- 1 [http://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/specialist/statistics/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/statistics/index_en.htm) acedido em 26.08.2013.
- 2 ANSR, Sinistralidade Rodoviária. Ano de 2014. Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária, Barcarena, 2015.
- 3 ANSR, Vítimas a 30 dias. Ano de 2014. Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária, Barcarena, 2015.
- 4 C. Roque, J.L. Cardoso, Influência das características da área adjacente à faixa de rodagem na sinistralidade rodoviária, *1º Congresso Rodoviário Português*, Lisboa, 2000.
- 5 C. Roque, Critérios de segurança para a área adjacente à faixa de rodagem na Rede Rodoviária Nacional, Tese de Doutoramento em Sistemas de Transportes, *Instituto Superior Técnico*, Lisboa, 2013.
- 6 J.L. Cardoso, Identificação de zonas de acumulação de acidentes nas estradas da rede rodoviária nacional, *2º Congresso Rodoviário Português*, Lisboa, 2002.
- 7 M. R. Macário, I. T. Afonso, J. D. Costa, M. J. Rodrigues, M. J. Carmona, F.C. Diu., Relatório 6: Guia para o cálculo de custos e benefícios reais de Investimentos em infraestruturas rodoviárias em Portugal, Tis.pt, Lisboa, 2010.
- 8 J.L. Cardoso, Métodos Racionais de Apoio à Intervenção da Engenharia em Segurança Rodoviária, *Programa de Investigação apresentado para a obtenção do título de “Habilitado para o exercício de funções de Coordenação de Investigação Científica”*, LNEC, 2007.
- 9 R. Elvik, How would setting policy priority according to cost-benefit analyses affect the provision of road safety ?, *Accident Analysis and Prevention* 35, 557–570, 2003.
- 10 American Association of State Highway and Transportation Officials, *Highway Safety Manual 1st Edition*, AASHTO, Washington, DC., 2010.
- 11 C. Roque, J.L. Cardoso, SAFESIDE: A computer-aided procedure for integrating benefits and costs in roadside safety intervention decision making, *Safety Science*, Volume 74, Pages 195-205, ISSN 0925-7535, 2015.
- 12 C. Roque, J.L. Cardoso, Área Adjacente à Faixa de Rodagem – Manual sobre Aspetos de Segurança. Disposições Normativas. *Instituto de Infraestruturas Rodoviárias, I.P*, Lisboa, 2011.
- 13 C. Roque, J.L. Cardoso, Sistemas de retenção rodoviários. Manual de Aplicação. Disposições Normativas. *Instituto de Infraestruturas Rodoviárias, I.P*, Lisboa, 2010.