



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES
Núcleo de Planeamento, Tráfego e Segurança

Proc. 0703/14/16605

SAFESIDE – SINISTRALIDADE ENVOLVENDO A ÁREA ADJACENTE À FAIXA DE RODAGEM

Relatório final – Conclusões

Estudo financiado pela Fundação para a Ciência e Tecnologia

Lisboa • março de 2013

I&D TRANSPORTES

RELATÓRIO 141/2013 – DT/NPTS

**SAFESIDE - SINISTRALIDADE ENVOLVENDO A
ÁREA ADJACENTE À FAIXA DE RODAGEM**

RELATÓRIO FINAL - CONCLUSÕES

SUMÁRIO

O presente relatório foi elaborado no âmbito do projeto de I&D, cofinanciado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, designado SAFESIDE – Sinistralidade envolvendo a área adjacente à faixa de rodagem, o qual está integrado no projeto “Rodovias auto-explicativas e tolerantes” do Plano de Investigação Programada 2009-2012 do Laboratório Nacional de Engenharia Civil. O propósito do projeto SAFESIDE consiste em desenvolver um método racional de avaliação dos efeitos das características da área adjacente à faixa de rodagem (AAFR) sobre a sinistralidade, baseado nos resultados da análise da sinistralidade ocorrida nas estradas portuguesas.

Neste relatório, elaborado no âmbito da tarefa WP 9 designada “Desenvolvimento do programa de avaliação”, são apresentadas as principais conclusões do projeto, e descrita pormenorizadamente a estrutura do procedimento de avaliação de alternativas de intervenção na AAFR e de seleção de sistemas de retenção de veículos a aplicar em cada caso.

Este procedimento é um 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.

SAFESIDE - ROADSIDE SAFETY
FINAL REPORT – CONCLUSIONS

ABSTRACT

This report was developed in the scope of Workpackage 9 – Prototype evaluation software of SAFESIDE - Roadside Safety project, co-financed by the *Fundação para a Ciência e a Tecnologia* and carried out under the “Self explaining and forgiving roads” project of the *Laboratório Nacional de Engenharia Civil’s* Programmed Research Plan 2009-2012. The aim of the project was to develop a method for assessing the influence of roadside characteristics on Portuguese road safety. The method is based on Portuguese data and experience.

In this report, the study’s main conclusions are summarized and the structure of the procedure for supporting roadside design safety decisions is defined. This procedure was developed to support decisions concerning both roadside design and the selection of road restraint systems.

This method for assessing the influence of roadside characteristics on Portuguese road safety is based on Portuguese data and takes into account the effect of roadside safety treatments on safety, as well as their costs. This method is applicable to roadside safety decisions concerning the design of new roads and the redesign, management and operation of existing roads.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Posição do problema	1
1.2	Descrição do projecto	3
1.3	Problemas na obtenção de dados e na colaboração para análise pormenorizada de acidentes	4
2	ENQUADRAMENTO	7
2.1	Conceito de estrada tolerante.....	7
2.2	Aspectos relevantes no projecto da AAFR.....	7
2.3	Problemas mais frequentes na aplicação e funcionamento de sistemas de retenção rodoviária de veículos	10
2.3.1	Aspectos a considerar na transposição para estradas portuguesas.....	14
3	SINISTRALIDADE ENVOLVENDO A AAFR EM PORTUGAL.....	18
3.1	Generalidades	18
3.2	Dados gerais.....	18
3.2.1	Despistes na RRN	22
3.3	Informação recolhida nas estradas piloto.....	24
3.4	Base de dados de acidentes por saída da faixa de rodagem	25
3.5	Resultados	26
3.6	Modelos desenvolvidos.....	30
3.7	Monetização das consequências dos acidentes	34
4	INTERVENÇÕES PARA MITIGAÇÃO DAS CONSEQUÊNCIAS DA SINISTRALIDADE ENVOLVENDO A AAFR.....	37
4.1	Tipos de intervenções.....	37
4.2	Efeitos das intervenções	38
4.3	Monetização das intervenções	42
4.4	Procedimento de avaliação das alternativas	44
5	CONCLUSÕES	48
	BIBLIOGRAFIA	51

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Definição de zona livre em diversos países europeus [24].....	10
Quadro 2 – Definição de critérios de instalação [24].	14
Quadro 3 – Critérios de necessidade de colocação e selecção de nível de retenção [24].	17
Quadro 4 – Taxa de acidentes corporais (despistes por 100 000 habitantes) [25].	19
Quadro 5 – Lista de trechos de estradas de faixa de rodagem única seleccionados [25].....	25
Quadro 6 – Lista de trechos de estradas de dupla faixa de rodagem seleccionados [25].....	25
Quadro 7 – Obstáculos colididos por ordem de embate [27].....	27
Quadro 8 – Obstáculos colididos por tipo de faixa de rodagem [27].	28
Quadro 9 – Primeiro obstáculo colidido por gravidade das lesões [27].	29
Quadro 10 – Número de vítimas por tipo de primeiro obstáculo colidido [27].....	29
Quadro 11 – Estatísticas seleccionadas das redes analisadas [27].	32
Quadro 12 – Estatísticas das variáveis independentes e potenciais observações influentes [27].	33
Quadro 13 – Estimativa de custos de acidentes para Portugal (€ a preços de 2010) [26].	36
Quadro 14 – Efeitos de primeira ordem (E_i) das intervenções correctivas (1) [28].	38
Quadro 15 – Efeitos de primeira ordem das intervenções correctivas (2) [28].	39
Quadro 16 – Efeitos de primeira ordem das intervenções correctivas (3) [28].	40
Quadro 16 – Efeito da realização de intervenções correctivas envolvendo a AAFR na mobilidade [7].....	41
Quadro 17 – Efeito da realização de intervenções correctivas envolvendo a AAFR no meio ambiente [7].....	41
Quadro 18 – Preços unitários das intervenções correctivas (€ a preços de 2010) [28].	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Tipos de sistemas de retenção rodoviários [24].....	12
Figura 2 – Distribuições percentuais de despistes por país [25].	19
Figura 3 – Evolução dos números de acidentes e de despistes em Portugal (1991-2006) [25].....	20
Figura 4 – Distribuições percentuais de mortos e feridos graves em despistes em 10 países da UE e em Portugal no período de 2001 a 2005 [25].....	21
Figura 5 – Distribuições percentuais de mortos e feridos graves em despistes em 10 países da UE e em Portugal no período de 2001 a 2005 [25].....	21
Figura 6 – Evolução do número de mortos por 100 000 habitantes em despistes [25].	22
Figura 7 – Evolução percentual dos despistes em relação ao total de acidentes na RRN [25]. ...	23
Figura 8 – Evolução percentual dos mortos e feridos graves em despistes em relação ao total de acidentes na RRN [25].....	24
Figura 9 – Distribuição dos acidentes por tipo de estrada [27].....	26
Figura 10 – Esquema das desagregações consideradas nos modelos desenvolvidos [27].....	32
Figura 11 – Comparação entre os vários modelos desenvolvidos e aplicáveis a trechos de faixa de rodagem única (1f) e dupla (2f) para duas extensões dos trechos [27].	33
Figura 12 – Comparação entre os vários modelos desenvolvidos e aplicáveis a trechos de faixa de rodagem única e dupla para dois níveis de TMDA [27].	34
Figura 13 – Estrutura geral do procedimento de avaliação das alternativas de intervenção na AAFR e de seleção de sistemas de retenção de veículos [28].	45

1 INTRODUÇÃO

1.1 Posição do problema

Na União Europeia (UE) morrem anualmente cerca de 40 000 pessoas e 1.6 milhões ficam feridas em acidentes rodoviários. 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. Por exemplo, no período de 2003 a 2007, registaram-se nas estradas portuguesas 55249 acidentes do tipo atrás descrito, os quais originaram 1943 vítimas fatais. Estes valores correspondem a 29% dos acidentes e 37% dos mortos, totais, registados nas estradas do País nesse período. Acresce que, ao contrário do que aconteceu com a sinistralidade rodoviária em Portugal em termos globais, o número de acidentes deste tipo não tem vindo a diminuir nos últimos anos.

Importa salientar que este tipo de sinistralidade tem consequências particularmente graves, designadamente elevados números de acidentes graves e altos índices de mortalidade.

Nos Estados Unidos da América (EUA) morrem anualmente cerca de 40 000 pessoas em consequência de acidentes rodoviários. Deste total, aproximadamente 30% resulta de despistes e colisões entre veículos e objetos fora da faixa de rodagem, percentagem só ligeiramente inferior à registada em Portugal [2, 10].

A demonstrar a preocupação dos EUA com esta problemática, existe no organismo que superintende a investigação no domínio dos transportes – *Transportation Research Board*, um comité denominado “*Roadside Safety Design*”, que é parte integrante do “*Design and Construction Group*”, com mais de 25 membros, dedicado exclusivamente aos problemas relacionados com a segurança rodoviária na área adjacente à faixa de rodagem (AAFR).

De facto, sendo a infraestrutura rodoviária um elemento muito importante do sistema de transporte rodoviário, é fundamental o correto dimensionamento da mesma, como forma de, por um lado, reduzir os erros humanos (o que, por sua vez, conduz a uma redução dos acidentes verificados) e, por outro, minorar a gravidade das consequências

dos acidentes que ocorram (o que contribui para a diminuição do número de mortos e feridos resultantes desses acidentes). A intervenção ao nível do projeto de estradas novas ou da remodelação de estradas existentes pode contribuir significativamente para a redução da sinistralidade rodoviária e das suas consequências.

O interesse do estabelecimento de valores recomendáveis para as características da AAFR é, pois, elevado, sendo útil na área de segurança rodoviária, nomeadamente para definição das normas de projetos e integração nas auditorias e inspeções de segurança rodoviária.

Ao nível internacional, as normas de traçado rodoviário têm evoluído ao longo do tempo, acompanhando a melhoria dos conhecimentos sobre engenharia de tráfego e de segurança. Diversos estudos sobre o tema da AAFR têm sido desenvolvidos nos EUA desde a década de 1960. Na Europa, a publicação dos primeiros resultados de estudos nacionais realizados sobre o tema da AAFR na Holanda e na Suécia data do início da década de 1970. No âmbito de programas-quadro de investigação e desenvolvimento da União Europeia, foram desenvolvidos recentemente diversos trabalhos abordando aspetos da AAFR, designadamente nos projetos SAFESTAR (4º PQ I&D), RISER (5º PQ I&D) e RANKERS (6º PQ I&D), e no âmbito da atividade do EuroRap (organização internacional que se dedica a classificar as estradas de acordo com critérios relacionados com a segurança rodoviária).

Enquadrando o mesmo objetivo, tem sido crescentemente adotado o conceito de estrada tolerante e auto-explicativa (projeto europeu RIPCORDER – ISEREST), segundo o qual as estradas devem ser concebidas de forma a simultaneamente minimizar o risco de erro por parte dos seus utentes e mitigar as consequências dos erros que venham a ocorrer efetivamente.

Em Portugal têm sido desenvolvidos estudos nesta área desde a década de 1970. São de referir os trabalhos realizados no LNEC no final da década de 1970 e inícios da década de 1980, de que resultou, nomeadamente, uma proposta de recomendações para classificação e de critérios para instalação e seleção de guardas de segurança [18, 19, 20]. Na norma de traçado da Junta Autónoma de Estradas [14] – no capítulo relativo ao perfil transversal – são definidas de forma simplificada as características relativas às bermas e

aos separadores centrais (com e sem barreiras de segurança), bem como apontados alguns critérios de colocação de guardas de segurança.

No início da década de 2000, a influência das características da AAFR na sinistralidade rodoviária foi analisada no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), tendo daí resultado a publicação de um relatório intitulado “*Área Adjacente à Faixa de rodagem de Estradas Interurbanas e Sinistralidade*”; estudo esse que foi realizado para o Instituto para a Conservação e Exploração da Rede Rodoviária (ICERR) [5]. Neste trabalho, a relação entre as características da AAFR e a sinistralidade foram analisadas tendo sido feita uma primeira abordagem à análise económica dessa relação. Deste trabalho resultou também uma dissertação para obtenção do grau de Mestre em Transportes, intitulada “*Influência das Características da Área Adjacente à Faixa de Rodagem na Sinistralidade Rodoviária.*” [23].

Com este enquadramento, o LNEC propôs-se dar continuidade à atividade anterior, mediante a proposta de realização do projeto SAFESIDE – Sinistralidade envolvendo a área adjacente à faixa de rodagem, a qual colheu a aprovação da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT). O estudo, que também está integrado na Investigação Programada do LNEC para o quadriénio 2009-2012, foi, assim, cofinanciado através do Projeto FCT PTDC/TRA/74520/2006, o qual estava estruturado em 9 tarefas (ver 1.2). O presente relatório foi elaborado no âmbito da tarefa WP9, onde, para além do desenvolvimento do programa de avaliação, são descritas as principais conclusões do projeto.

1.2 Descrição do projeto

O objetivo principal do projeto SAFESIDE é 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.

Para tal, foram criadas condições para que os elementos da AAFR com influência na segurança rodoviária das estradas portuguesas possam ser dimensionados atendendo a critérios de segurança nas fases de projeto e geridos na fase de operação. Tais condições consistiram na disponibilização de ferramentas destinadas a satisfazer dois objetivos parcelares:

- A. A avaliação do impacte das características da AAFR na sinistralidade.

- B. A simulação do efeito sobre a segurança (frequência de acidentes e suas consequências) de cenários alternativos da configuração da AAFR ou de medidas corretivas de situações existentes.

Para o trabalho desenvolvido foram definidas nove tarefas principais, conforme discriminado em seguida:

- WP1: Levantamento do estado do conhecimento
- WP2: Análise de dados de sinistralidade e modelação de frequência de despistes em Portugal
- WP3: Campanha de análise de acidentes em estradas piloto
- WP4: Definição de cenários tipo para acidentes envolvendo a AAFR
- WP5: Recolha de um conjunto de dados nacionais relevantes para análise custo-benefício e custo-eficácia para apoio à decisão no projeto de segurança da AAFR.
- WP6: Avaliação dos custos dos despistes
- WP7: Conjugação da informação obtida nas estradas piloto com a genérica, existente na base de dados de acidentes da Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR)
- WP8: Definição da arquitetura do sistema de avaliação das alternativas
- WP9: Desenvolvimento do programa de avaliação

O presente estudo 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. Estes instrumentos permitem a melhoria dos procedimentos utilizados ao nível de projeto em estradas novas, no redimensionamento de estradas existentes e na operação e manutenção da rede rodoviária existente.

1.3 Problemas na obtenção de dados e na colaboração para análise pormenorizada de acidentes

O projeto SAFESIDE teve um significativo atraso na tarefa relativa à realização da campanha de observação e carregamento da informação em base de dados, motivado por dificuldades na obtenção da informação necessária. No início de 2010 foram contactadas

diversas concessionárias (EP - Estradas de Portugal, S.A.; BRISA - Auto-Estradas de Portugal, S.A.; Ascendi; Euroscut Norte; EUROSCUT; Auto-Estradas do Atlântico, S.A. e Auto-Estradas do Douro Litoral, S.A.) assim como a GNR no sentido de analisar pormenorizadamente um conjunto de acidentes envolvendo a AAFR, de acordo com os critérios estabelecidos no âmbito do projeto. A informação existente na GNR foi prontamente disponibilizada para análise no âmbito do projeto; em contrapartida, até ao final do projeto apenas foi disponibilizada informação parcial relativa aos trechos das concessionárias EUROSCUT e Auto-Estradas do Atlântico. Durante os meses de Setembro e Outubro de 2011, mediante autorização concedida pela EUROSCUT do Algarve, pôde efetuar-se o levantamento de dados num conjunto de locais selecionados da A22 onde ocorreram despistes durante o ano de 2009. A informação recolhida incidiu sobre a geometria da estrada e da AAFR abrangida pelos acidentes. É ainda de destacar que, durante o último trimestre de 2011, foi carregada em base de dados toda a informação relevante constante das Participações de Acidente de Viação (PAV) da Guarda Nacional Republicana, referente a um vasto conjunto de estradas e autoestradas da Rede Rodoviária Nacional (RRN) cobrindo os anos de 2009 e 2010.

Verificou-se que a informação recolhida através dos PAV não permite a reconstituição pormenorizada de acidentes, mesmo após a sua complementação com informação adicional disponibilizada pelas concessionárias, o que impossibilita a definição de cenários detalhados para acidentes envolvendo a AAFR. A informação complementar indispensável para efeitos de reconstituição de acidentes (designadamente a relativa às características das deformações nos veículos e nas barreiras de segurança) poderia ser obtida na cena do acidente ou antes da execução das obras de reparação do equipamento rodoviário ou das viaturas. No entanto, não foi possível obter junto das concessionárias rodoviárias disponibilidade para executar tal recolha pelas suas equipas de intervenção, nem para acordar os procedimentos necessários à realização dessa recolha por pessoal do LNEC especialmente destacado para o efeito. Por este motivo, não foi possível realizar em larga escala estudos pormenorizados de despistes.

Apesar desta adversidade, a informação coligida acerca dos despistes registados pela GNR permitiu identificar e caracterizar os cenários de despiste mais frequentes. A caracterização dos cenários foi menos pormenorizada do que o inicialmente pretendido; ainda assim, foi suficiente para contextualizar alguns parâmetros ao sistema de tráfego

nacional, permitindo que se atingisse a maioria dos objetivos científicos e institucionais do projeto SAFESIDE, conforme sumariado no capítulo 5.

2 ENQUADRAMENTO

2.1 Conceito de estrada tolerante

No âmbito do presente estudo, é fundamental o conceito de “AAFR tolerante” (“*forgiving roadside*”). Uma AAFR tolerante está livre de obstáculos perigosos que possam causar danos consideráveis aos ocupantes de um veículo descontrolado.

Sendo esta a situação ideal, nem sempre é possível de concretizar, tornando-se assim necessário tratar esse tipo de obstáculos, afastando-os da faixa de rodagem, dotando-os de suportes frágeis ou protegendo o tráfego com sistemas de retenção de veículos. A questão central desta problemática é a de saber quais as características desejáveis para a AAFR.

Todos os elementos potencialmente presentes na AAFR podem influenciar os resultados de despistes e colisões entre veículos e objetos fora da faixa de rodagem. No entanto, são de salientar as bermas, os taludes, os dispositivos de drenagem, os postes de eletricidade e de telefone e os próprios sistemas de retenção de veículos.

Neste contexto, a estrada ideal terá áreas adjacentes e separadores centrais quase planos e livres de obstáculos perigosos. Infelizmente, por motivos económicos, topográficos ou de ocupação do solo nem sempre é possível construir estradas ideais; assim, taludes abruptos, objetos rígidos e zonas de água são exemplos de obstáculos perigosos que podem obstruir a trajetória de um veículo que saia da faixa de rodagem de uma estrada. Estes elementos representam diferentes níveis de perigo para os veículos e para os seus ocupantes. As medidas preventivas a tomar dependem basicamente de três fatores: a probabilidade de ocorrência de despistes, a sua gravidade, e os recursos disponíveis para aplicar medidas mitigadoras.

2.2 Aspetos relevantes no projeto da AAFR

Para assegurar níveis de segurança satisfatórios, devem existir áreas adjacentes à faixa de rodagem livres de obstáculos que deverão ser tão amplas quanto as condições existentes

no local o permitam. Estas áreas constituem a designada “zona livre” ou “zona de segurança”.

A zona livre pode ter larguras variáveis ao longo de uma estrada mas deverá necessariamente estar livre de obstáculos tais como: vegetação arbórea de porte considerável, dispositivos de drenagem perigosos, equipamento de segurança rígido (por exemplo, suportes de sinalização e iluminação), postes de eletricidade ou telefone e taludes de elevada inclinação. De acordo com as recomendações internacionais, a intervenção a executar nas estradas já existentes deve passar pelos seguintes procedimentos [24]:

1. Supressão dos obstáculos perigosos.
2. Remoção dos mesmos para locais onde haja uma menor probabilidade de serem atingidos.
3. Utilização de dispositivos frágeis para reduzir a gravidade de eventuais colisões.
4. Seleção de um dispositivo com a relação custo-eficácia mais favorável para o redirecionamento do veículo (barreira de segurança) ou para a redução da intensidade do embate (amortecedor de choque).

Normalmente, quando os obstáculos perigosos não podem ser suprimidos da AAFR, removidos para local seguro, ou ainda modificados com dispositivos frágeis, o tráfego rodoviário deve ser protegido por um sistema de retenção de veículos. Estes sistemas são concebidos e localizados de forma a controlar o veículo que sai da plataforma bem como redirecioná-lo paralelamente à mesma, para que o condutor possa recuperar o controlo do veículo.

As consequências de uma saída descontrolada da faixa de rodagem dependem, por um lado, do comportamento do binómio condutor-veículo e, por outro, das características da superfície da AAFR. Variações bruscas e acentuadas na inclinação dos taludes podem provocar a perda do controlo da viatura e, mesmo, a perda do contacto desta com o solo. Por oposição, variações suaves da inclinação dos taludes garantem a manutenção do contacto do veículo com o solo, facilitando a possibilidade de recuperação do controlo e uma maior segurança.

Na análise da influência dos obstáculos perigosos na sinistralidade, a zona livre é o primeiro elemento a ter em conta. Independentemente da estrada em análise e das condições existentes na mesma, o objetivo é sempre o de proporcionar uma área de recuperação atravessável e tão desobstruída quanto possível.

O conceito de “zona livre” na AAFR, foi introduzido em 1965, nos EUA, com o documento da American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) designado “*Yellow Book*”, sendo então caracterizada como uma faixa desobstruída e relativamente plana [1]. Tornou-se globalmente aceite que a largura desta zona livre deveria depender da velocidade de circulação, sendo, também, mais larga nas zonas em que os veículos têm maior probabilidade de sair da plataforma, como é o caso do extradorso das curvas horizontais.

Nos últimos 45 anos, tem vindo a verificar-se noutros países uma aceitação crescente do referido conceito como parte importante do projeto do perfil transversal da estrada.

No âmbito do projeto RISER, do 5º Programa-Quadro de I&D da União Europeia, foi elaborada uma análise comparativa das regras de dimensionamento da AAFR em 7 países europeus (França, Holanda, Suécia, Finlândia, Alemanha, Grã-Bretanha e Espanha), limitando-se a análise a documentos nacionais oficiais.

Os sete países analisados adotaram o conceito de “zona livre”¹ como uma parte da AAFR, livre de quaisquer obstáculos perigosos, disponível para o uso seguro por parte de veículos descontrolados (ver Quadro 1).

¹ Que designam por “zona de segurança”.

Quadro 1 – Definição de zona livre em diversos países europeus [24].

(País)	Definição
Finlândia	Zona sem obstáculos perigosos.
França	Inclui uma área de recuperação e uma zona livre de obstáculos perigosos dimensionada para mitigar a gravidade de um acidente.
Alemanha	Zona sem obstáculos perigosos.
Grã-Bretanha	Zona que não deverá conter obstáculos perigosos. Contudo, é aceite a utilização de barreiras de segurança, nos casos em que algum elemento perigoso esteja presente na referida zona. O termo "zona de segurança" não é definido especificamente e a aplicação do conceito é obrigatória em autoestradas e itinerários principais.
Holanda	Zona plana, com uma largura mínima sem obstáculos que não origina elevada deterioração dos veículos que nela venham a circular.
Espanha	Zona livre de qualquer obstáculo perigoso. A mesma deverá dispor de, pelo menos, uma berma ou de uma berma e uma área adjacente à plataforma quando não é necessária a presença de sistema de retenção de veículos.
Suécia	Zona sem obstáculos perigosos.

2.3 Problemas mais frequentes na aplicação e funcionamento de sistemas de retenção rodoviária de veículos

Os sistemas de retenção rodoviária de veículos (SRRV) são dispositivos instalados na estrada para fornecerem um determinado nível de retenção a um veículo descontrolado [8], sendo atualmente dimensionados para diferentes níveis de desempenho, os quais são definidos, de acordo com as normas de desempenho em vigor [8, 9, 11, 12], atendendo a três características funcionais: a retenção, a gravidade do impacto e a deformabilidade do dispositivo.

As intervenções para melhoria da segurança rodoviária da AAFR devem prever – nos trechos ou pontos singulares do traçado onde não seja eficiente disponibilizar uma zona livre adequada – a instalação de dispositivos que evitem a entrada de veículos em zonas mais perigosas que os próprios dispositivos.

Não obstante, os SRRV deverão ser usados como último recurso para proteger o tráfego dos obstáculos perigosos existentes na zona da estrada. A presença destes dispositivos representa a aceitação pelo projetista de que a eliminação de um obstáculo perigoso é

prática ou economicamente inviável; só após demonstração desta inviabilidade, é necessário proteger o tráfego desse mesmo obstáculo. O elevado número de mortos em acidentes com objetos fixos, nos quais se incluem os choques com barreiras de segurança, demonstra que esta proteção não é uma solução totalmente eficaz do ponto de vista da segurança, pelo que as barreiras devem ser consideradas como uma situação ainda perigosa [24].

É pois importante não esquecer que estes sistemas representam obstáculos que podem ser atingidos por um veículo. Contudo, são concebidos, construídos e testados com a garantia de que, se forem devidamente instalados e mantidos, qualquer choque com os mesmos será menos grave do que um choque, de características dinâmicas equivalentes, com um obstáculo perigoso localizado na AAFR.

Atualmente, para poderem ser instaladas na rede rodoviária, as barreiras de segurança são previamente submetidas a ensaios de choque, no âmbito das respetivas homologações à luz das normas CEN, EN 1317 [8, 9]. Este requisito tem permitido uma redução nos valores da gravidade das consequências dos acidentes envolvendo este tipo de equipamento. Apesar disso, é necessário realçar que as condições ideais de instalação e impacto simuladas nas pistas de testes correspondem a conjuntos de características dinâmicas dos embates que raramente se verificam exatamente nos acidentes que ocorrem na rede. Por outro lado, subsistem muitos quilómetros de barreiras antiquadas, colocadas antes da aprovação das atuais normas, e que ainda não foram substituídas ou beneficiadas.

De acordo com as normas europeias CEN, podem distinguir-se duas classes de sistemas de retenção rodoviários em função do tipo de elemento a proteger: os sistemas de retenção de veículos, objeto de análise neste capítulo; e os sistemas de retenção para peões. Os primeiros podem ainda subdividir-se nas seguintes categorias: barreiras de segurança; muros de guarda para veículos; amortecedores de choque; terminais e transições. Os sistemas de retenção para peões incluem os muros de guarda para peões e os guarda-corpos para peões.

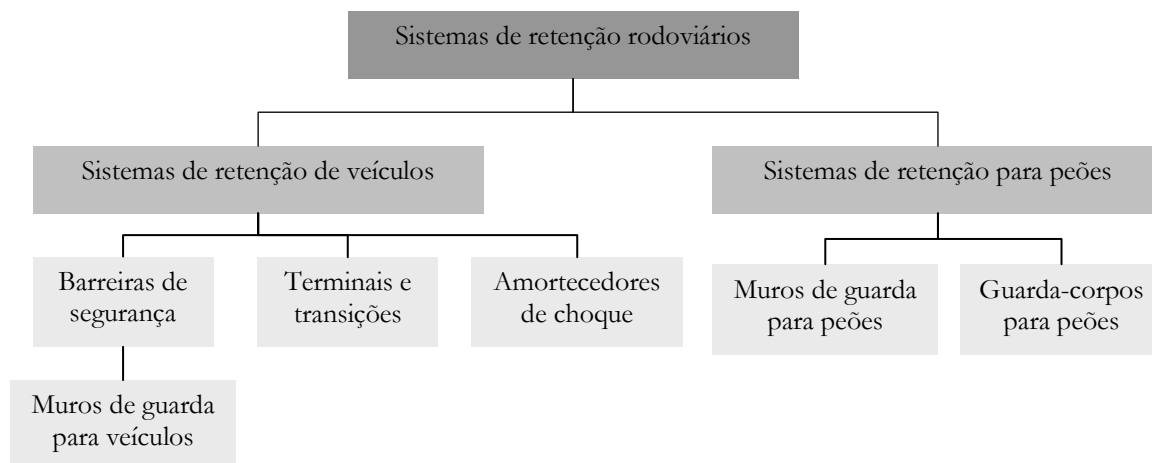


Figura 1 – Tipos de sistemas de retenção rodoviários [24].

Os critérios utilizados na Norma Europeia EN 1317 para avaliação de desempenho dos sistemas de retenção de veículos, para definição dos seus limites de aceitação e para identificação das classes técnicas dos mesmos são os seguintes:

- Nível de retenção;
- Nível de gravidade do embate;
- Deformabilidade;
- Comportamento do veículo.

Para a aplicação dos referidos critérios são realizados ensaios de choque com veículos de ensaio cujas características se encontram definidas na referida norma. Dependendo da finalidade do sistema, a massa do veículo de ensaio pode variar entre 900 kg e 38000 kg. Outras características do veículo, tal como a altura do centro de gravidade, são especificadas para cada tipo de veículo. A velocidade e o ângulo de embate são igualmente definidos para as diferentes categorias de ensaio e para os diferentes tipos de veículos.

A EN 1317, anteriormente referida, resulta de investigação realizada na Europa ao longo de vários anos e que permitiu desenvolver uma forma padrão de ensaiar e avaliar o desempenho destes sistemas. A EN 1317 permite a comparação entre sistemas ensaiados sob as mesmas condições e atua como um teste para determinar e distinguir os bons sistemas dos inadequados.

A necessidade da instalação de sistemas de retenção de veículos é habitualmente determinada em função de um conjunto de características da estrada e da envolvente rodoviária, em que estes sistemas se integram. Para além da presença de valas na AAFR ou de obstáculos fixos nesta área, são exemplos destas características a velocidade média do tráfego, a largura das vias, a largura da área pavimentada e a largura e tipo de berma.

Diversos países desenvolveram recomendações para apoiar a avaliação da necessidade de colocação destes sistemas, principalmente no que diz respeito às barreiras de segurança, e para a seleção dos equipamentos mais vantajosos em cada situação. Neste âmbito, são já vários os países europeus cujas normas e recomendações se encontram ajustados à Norma Europeia EN 1317, definindo os critérios de colocação, de seleção do nível de retenção e de comprimento mínimo das guardas em função das características da estrada e do ambiente rodoviário de acordo com a referida norma.

Os critérios de instalação podem assim dividir-se em três grupos:

- Critérios de colocação;
- Critérios de escolha do nível de retenção;
- Critérios relativos ao comprimento necessário das guardas de segurança.

No Quadro 2 são identificados os tipos de critérios de instalação constantes da normativa internacional analisada.

Quadro 2 – Definição de critérios de instalação [24].

	País	Critérios		
		Necessidade de colocação	Nível de retenção	Comprimento mínimo
EN 1317	Alemanha	•	•	•
	Espanha	•	• ^(a)	•
	França	•	•	•
	Holanda	•	•	•
	Irlanda	•	•	•
	Itália	•	•	•
	Noruega	•	•	•
	Portugal	•		
	Reino Unido	•	•	•
	Suécia	•	•	•
NCHRP 350	África do Sul	•		•
	Austrália	•	•	•
	Canadá	•		•
	EUA	•	•	•
	Nova Zelândia	•	•	

^(a) Definido de acordo com a EN1317 apenas para barreiras de segurança metálicas

No quadro anterior – e no Quadro 3 (pág.17) – os países analisados foram organizados em dois grupos: o primeiro corresponde aos países que adotaram a norma EN 1317 e o segundo àqueles que seguem a norma americana definida no NCHRP 350 (documento com características semelhantes à EN1317, produzido no âmbito do *National Cooperative Highway Research Program* nos Estados Unidos da América).

2.3.1 Aspectos a considerar na transposição para estradas portuguesas

Em resultado da análise das práticas adotadas nos vários países analisados e das propostas resultantes de projetos europeus de I&D foi possível delinear um conjunto de procedimentos para a abordagem do problema da instalação de SRRV em estradas portuguesas. Os procedimentos seguidamente descritos só se aplicam quando o obstáculo perigoso a ser intervencionado não pode ser removido da zona livre ou substituído por uma estrutura frágil (isto é, passivamente segura) ou configurado de modo a ser atravessável pelos veículos.

A metodologia desenvolve-se em quatro passos:

- Identificação dos obstáculos perigosos que devem ser considerados. Este passo será determinante na avaliação da necessidade de instalação de um sistema de retenção e na definição da sua tipologia, nomeadamente em resultado da distinção entre a proteção de um perigo pontual ou linear;
- Determinação do nível de retenção do sistema;
- Determinação da largura útil do SRRV, através da localização transversal dos obstáculos perigosos, relativamente ao sistema;
- Determinação do comprimento do sistema, com base nas dimensões e localização do obstáculo perigoso.

Um aspeto importante no dimensionamento de uma AAFR segura corresponde à identificação dos obstáculos perigosos que podem ser atingidos por veículos descontrolados [22]. Para além da segurança dos ocupantes dos veículos, as lesões ou danos provocados em terceiros requerem uma atenção especial. Vias-férreas, edifícios particularmente sensíveis (por exemplo, escolas ou hospitais) e armazéns com mercadorias perigosas encontram-se, frequentemente, próximos de estradas e suscetíveis de serem colididos por veículos descontrolados. O impacto de um veículo com estas estruturas pode levar a lesões e danos que vão para além daqueles que dizem respeito aos ocupantes do veículo. Naturalmente, o tipo de obstáculo perigoso irá assim influenciar os critérios de instalação dos sistemas de retenção.

As principais questões a responder são:

- Onde se encontram localizados os obstáculos e áreas sensíveis em relação à estrada?
- Quais são as consequências do impacto com esse obstáculo para os passageiros de um veículo descontrolado?
- Quais são as dimensões do obstáculo?
- Quais são as consequências da ruína do obstáculo ou da invasão da zona por um veículo?

A distância dos obstáculos relativamente à faixa de rodagem é a primeira questão a ser analisada. Para tal, a zona de livre para o trecho de estrada em análise deverá ser previamente identificada, permitindo desta forma focar a atenção no levantamento de todos os obstáculos perigosos existentes num corredor adjacente à faixa de rodagem.

Em caso de colisão, as características do obstáculo perigoso influenciam diretamente o risco de lesões e danos materiais, afetando dessa forma a seleção do nível de retenção do sistema.

Após a identificação dos obstáculos perigosos que podem ser atingidos por um veículo descontrolado é necessário estabelecer critérios para determinar a necessidade de colocação dos sistemas de retenção de veículos.

A principal preocupação na determinação do nível de retenção do SRRV consiste na avaliação do risco de um veículo descontrolado de determinadas características colidir violentamente com o sistema, bem como de, em consequência, penetrar ou atravessar o mesmo, invadindo a área sensível.

No que diz respeito aos critérios de colocação e seleção do nível de retenção, os parâmetros considerados nas normas e recomendações analisadas podem ser agrupados da seguinte forma:

- Velocidade (limite de velocidade ou velocidade média);
- Análise económica das alterações a introduzir;
- Características do tráfego (total e de veículos pesados);
- Características da estrada (tipo de estrada, traçado, largura das vias, etc.);
- Características da zona envolvente (zonas urbanas, proximidade de vias férreas, etc.);
- Características dos taludes (altura, inclinação, etc.);
- Presença de obstáculos perigosos na AAFR;
- Condições climatéricas.

No Quadro 3 apresenta-se uma síntese da análise dos critérios de colocação e seleção do nível de retenção em diversos países, de onde se destacam dois – o Reino Unido e os Estados Unidos da América – como sendo aqueles em que esses critérios são mais rigorosos ou complexos.

Quadro 3 – Critérios de necessidade de colocação e seleção de nível de retenção [24].

	País	Veloc.	Anál. Econ.	Tráfego		Caract. da estrada	Caract. da envolvente	Taludes	Obst. na AAFR	Condições climáticas
				Total	Pes.					
EN 1317	Alemanha	•		•	•	•	•	•	•	
	Espanha	•		•	• ^(a)		•	•	•	
	França	•		•	•	•		•	•	
	Holanda	•				•	•	•	•	
	Irlanda	•		•	•	•	•	•	•	
	Itália	•		•	•	•	•	•	•	
	Noruega	•		•	•		•	•	•	
	Portugal			•		•	•	•	•	•
	Reino Unido	•	•	•	•	•	•	•	•	
	Suécia	•		•		•	•	•	•	
	NCHRP 350	África do Sul	•		•		•		•	•
Austrália		•	•	•	•	•	•	•	•	
Canadá		•	•	•		•	•	•		•
EUA		•	•	•	•	•	•	•	•	
Nova Zelândia				•	•	•	•	•		

^(a) Aplicável apenas a barreiras de segurança metálicas

De referir ainda que, no caso de Portugal [14], os parâmetros indicados dizem respeito apenas a critérios de colocação, não havendo na normativa existente qualquer referência ao nível de retenção a considerar. Outros países, como a Itália ou a Nova Zelândia, consideram alguns destes parâmetros apenas como critérios de necessidade de colocação e outros como critérios de escolha do nível de retenção. Na maioria dos países analisados, os parâmetros referidos no Quadro 3 são utilizados quer para identificar os locais onde é necessário instalar o sistema de retenção, quer para selecionar o seu nível de retenção.

3 SINISTRALIDADE ENVOLVENDO A AAFR EM PORTUGAL

3.1 Generalidades

No período de 2000 a 2007, registaram-se na RRN 85 871 acidentes corporais (com vítimas), dos quais 32 208 foram despistes, ou seja, mais de 1/3 dos acidentes ocorridos foram deste tipo.

Dos mortos registados no mesmo período na RRN (um total de 4 720), 1 513 foram relativos a despistes, o que corresponde a cerca de 1/3 do total de mortos registados neste intervalo de tempo.

Com a análise de sinistralidade sumariada no presente capítulo, pretendeu-se:

- melhorar o conhecimento dos motivos, características e consequências dos acidentes envolvendo a AAFR;
- identificar os trechos de estrada potencialmente mais interessantes para a realização do estudo piloto previsto na tarefa WP3.

3.2 Dados gerais

O Quadro 4 refere-se à taxa de acidentes corporais (correspondente ao total de despistes por 100 000 habitantes) em 10 Estados Membros da UE no período compreendido entre 2000 e 2007. Destacam-se o Reino Unido e a Espanha com valores médios de 31 353 e 25 752 despistes por 100 000 habitantes, respetivamente. No extremo oposto encontram-se a Dinamarca e a Finlândia com os valores médios de 1 393 e 1 840 por 100 000 habitantes. No conjunto de países analisado, Portugal situa-se em quarto lugar com uma média de 11 000 despistes por 100.000 habitantes.

Quadro 4 – Taxa de acidentes corporais (despistes por 100 000 habitantes) [25].

País	Ano							
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Áustria	9 919	10 187	9 971	10 175	9 838	9 681	9 161	10 067
Bélgica	10 716	10 614	9 769	10 090	9 905	9 353	9 631	
Dinamarca	1 645	1 588	1 630	1 492	1 335	1 195	1 100	1 158
Espanha	25 166	25 562	25 438	26 960	24 917	24 845	27 377	
Finlândia	1 855	1 894	1 880	2 230	2 123	2 259	2 193	286
França	25 098	24 717	22 919	19 176	17 338	17 707	16 897	16 746
Grécia	4 218	3 442	2 757	2 642	2 741	3 047	2 841	
Portugal	10 493	10 836	11 428	11 912	10 883	10 867	10 760	10 827
Reino Unido	32 722	33 816	32 432	32 797	32 440	30 258	28 829	27 531
Suécia	4 743	4 901	5 270	6 007	6 042	6 256	6 209	6 572

Na Figura 2 é de realçar a importância que representa este tipo de acidentes ao nível europeu, com relevância para países como Portugal, Espanha ou Suécia. É ainda de destacar a crescente incidência dos despistes em Portugal (e naqueles dois países) nas últimas décadas.

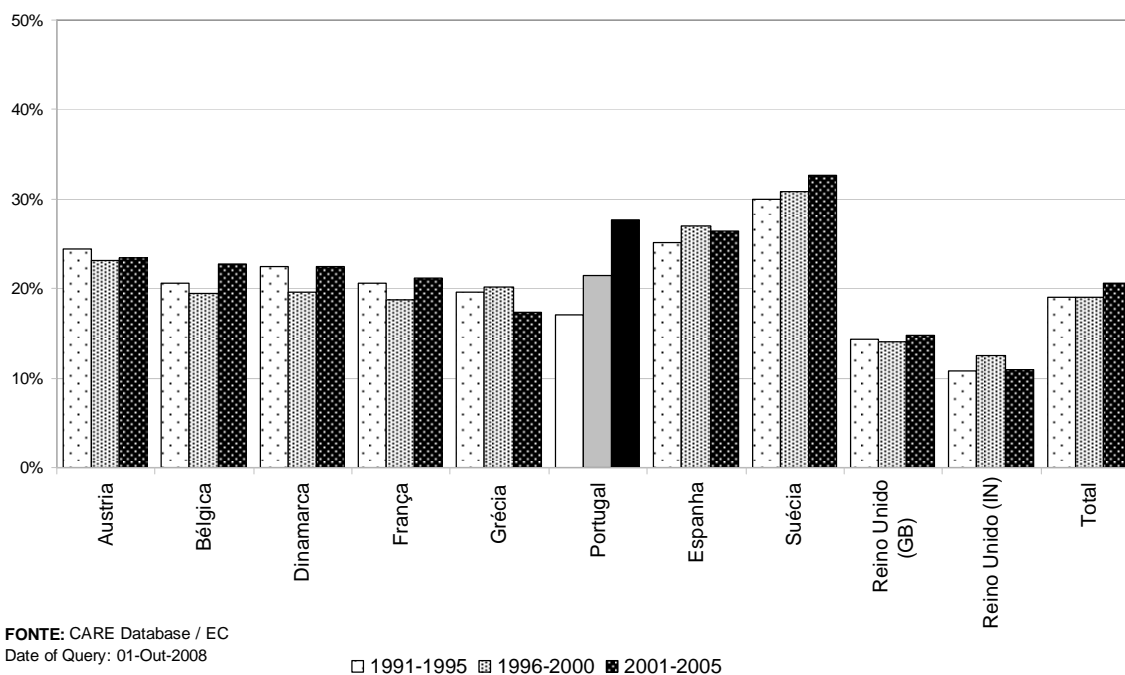
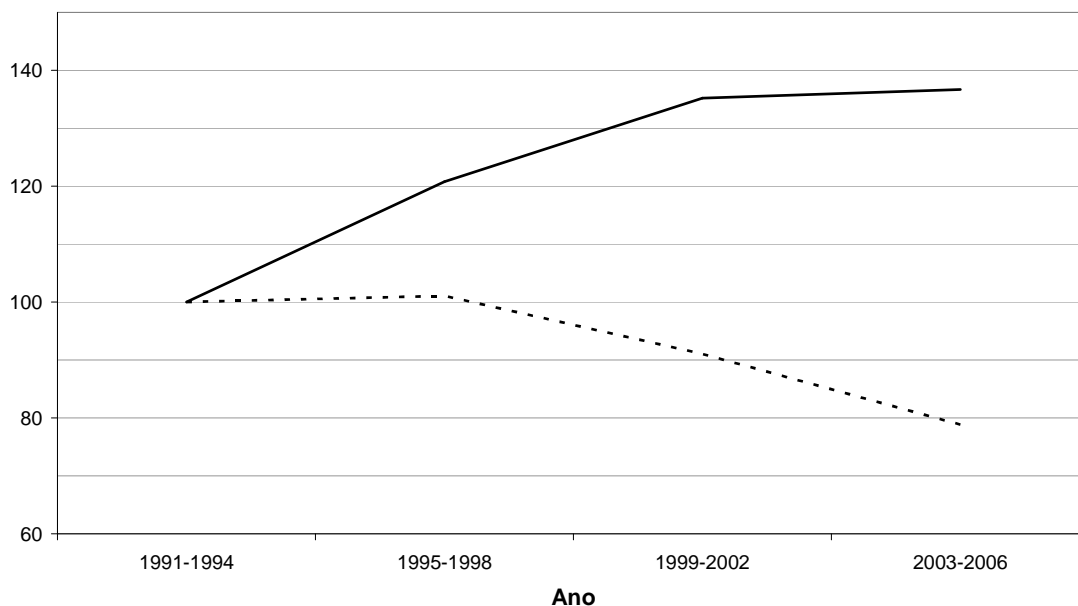


Figura 2 – Distribuições percentuais de despistes por país [25].

Portugal regista, nesta matéria, uma evolução porventura paradoxal. Com efeito, o número de despistes tem vindo sistematicamente a aumentar, apesar de o número total de acidentes (que engloba os primeiros) ter diminuído continuamente (ver Figura 3).



FONTE: CARE Database

Nota: 1991-1994 = 100

- - Acidentes — Despistes

Figura 3 – Evolução dos números de acidentes e de despistes em Portugal (1991-2006)

[25].

No período de 2001 a 2005 os despistes corresponderam a 21% dos acidentes ocorridos nos 10 Estados Membros da UE anteriormente referidos (cerca de 597 176 acidentes dos 2 906 803 acidentes registados). Em Portugal os despistes corresponderam, em período homólogo, a 28% dos acidentes ocorridos (55 926 despistes).

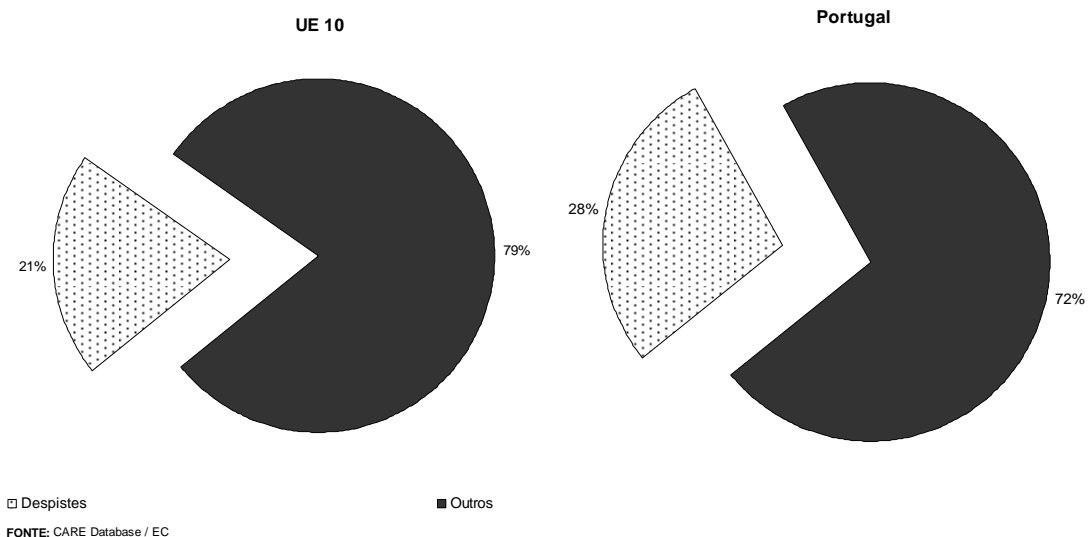


Figura 4 – Distribuições percentuais de mortos e feridos graves em despistes em 10 países da UE e em Portugal no período de 2001 a 2005 [25].

No mesmo período, os despistes foram responsáveis por 29% dos mortos e feridos graves nos 10 países referidos (correspondentes a 205 389 mortos e feridos graves) e 31% dos mortos e feridos graves em estradas portuguesas (9 188 mortos e feridos graves).

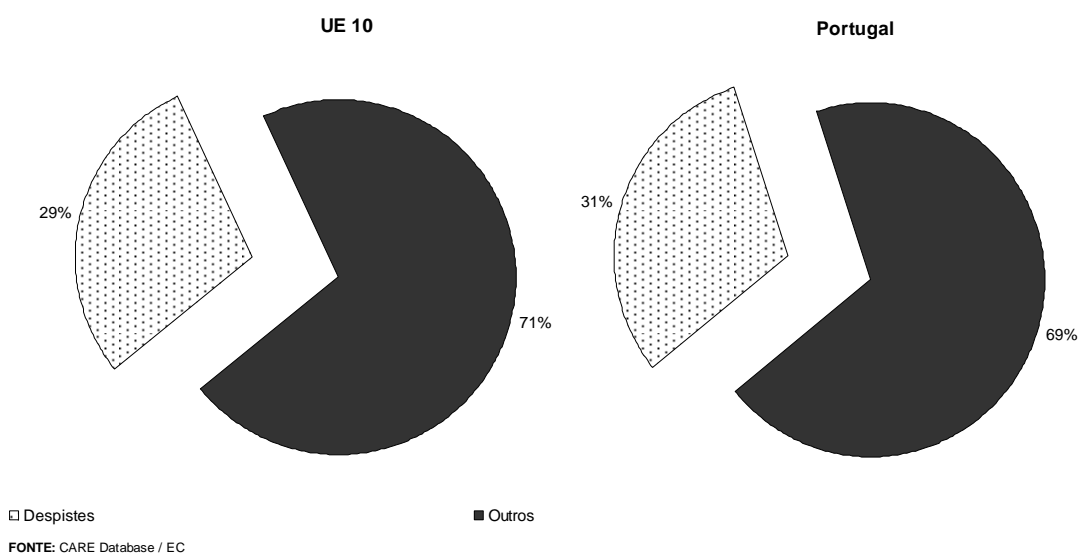


Figura 5 – Distribuições percentuais de mortos e feridos graves em despistes em 10 países da UE e em Portugal no período de 2001 a 2005 [25].

A evolução do índice de mortalidade em despistes tem sido, para a maioria dos países analisados (ver Figura 6), decrescente, principalmente nos países em que a mortalidade é mais elevada (Portugal, Espanha e Suécia).

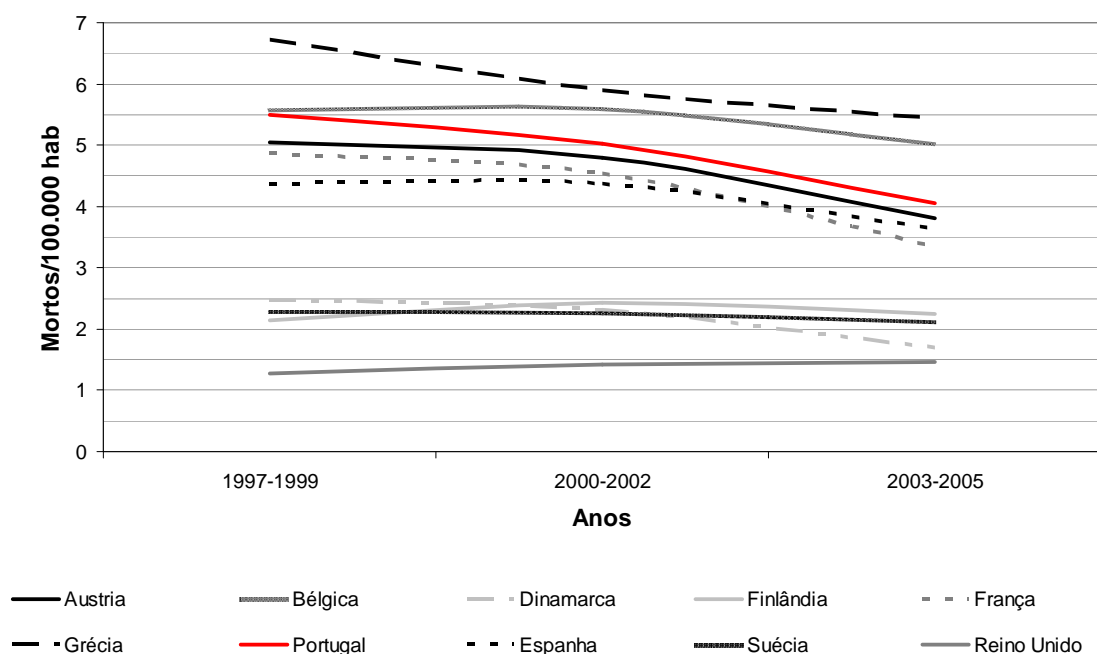


Figura 6 – Evolução do número de mortos por 100 000 habitantes em despistes [25].

3.2.1 Despistes na RRN

Na base de dados de acidentes do LNEC estão registados como tendo ocorrido na RRN 85 871 acidentes corporais no período analisado (2000 a 2007), originando 4 720 mortos, 12 518 feridos graves e 116 592 feridos ligeiros. Cerca de 38% dos acidentes foram despistes, de que resultaram 32% dos mortos, 35% dos feridos graves e 36% dos feridos ligeiros.

Em termos gerais, verificou-se um índice de mortalidade de 5,5 mortos por 100 acidentes e um índice de vítimas de 15,6. mortos e vítimas (feridos graves e feridos ligeiros) por 10 acidentes. Relativamente aos despistes, aqueles índices apresentaram valores de 4,7 e 14,7, respetivamente.

Os acidentes ocorridos em estradas da RRN durante o período analisado foram desagregados de acordo com diversas particularidades, ligadas às características do local de ocorrência e à tipologia do acidente.

Relativamente ao local, foram utilizados os seguintes critérios:

- estradas de faixa de rodagem única ou dupla;
- dentro de localidades ou fora de localidade;
- condições atmosféricas (ausência ou ocorrência de precipitação).

No que diz respeito à tipologia do acidente, fez-se a distinção entre o subconjunto de despistes e o subconjunto dos restantes acidentes.

Na RRN verificou-se tendência idêntica à descrita para a totalidade da rede, ou seja: acréscimo da percentagem de despistes nos últimos anos (Figura 7), com particular significado no caso das estradas de dupla faixa de rodagem, nas quais cerca de metade dos acidentes ocorridos (5 363 entre 2004 e 2007) foram despistes.

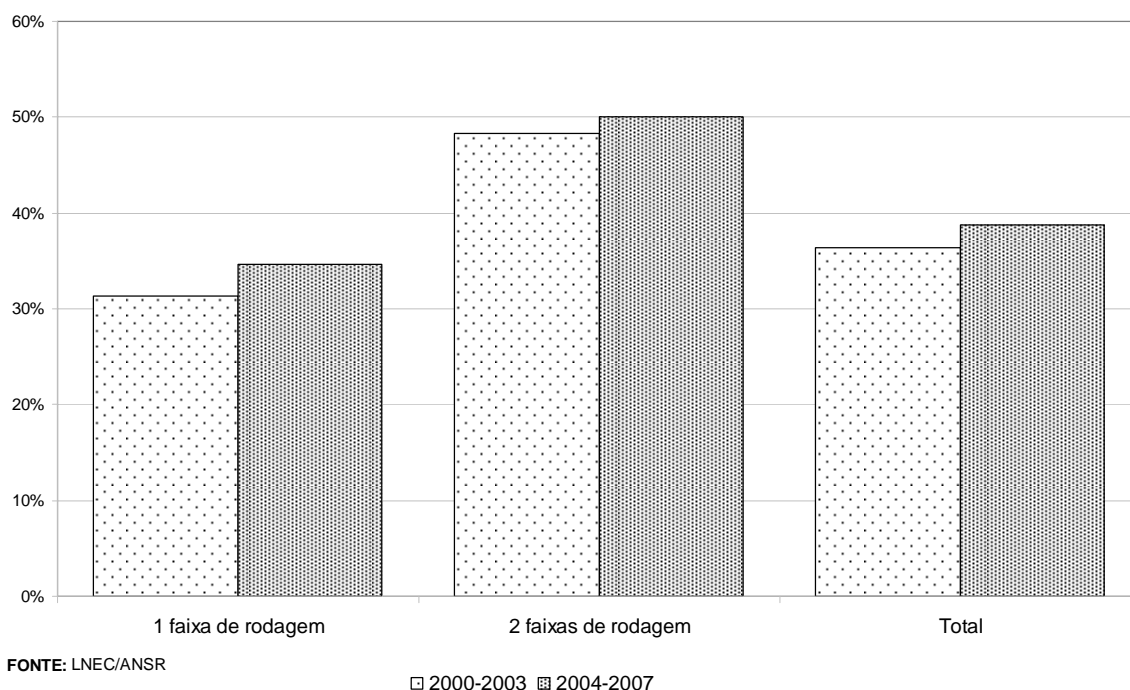


Figura 7 – Evolução percentual dos despistes em relação ao total de acidentes na RRN [25].

No que diz respeito à evolução percentual dos mortos e feridos graves em despistes, em relação ao total de acidentes, a situação é semelhante. Verificou-se um aumento (mais acentuado no caso das estradas de faixa de rodagem única) da percentagem de mortos e feridos graves em despistes na RRN (Figura 8): 663 mortos e 1 877 feridos graves resultantes de despistes, no período compreendido entre 2004 e 2007.

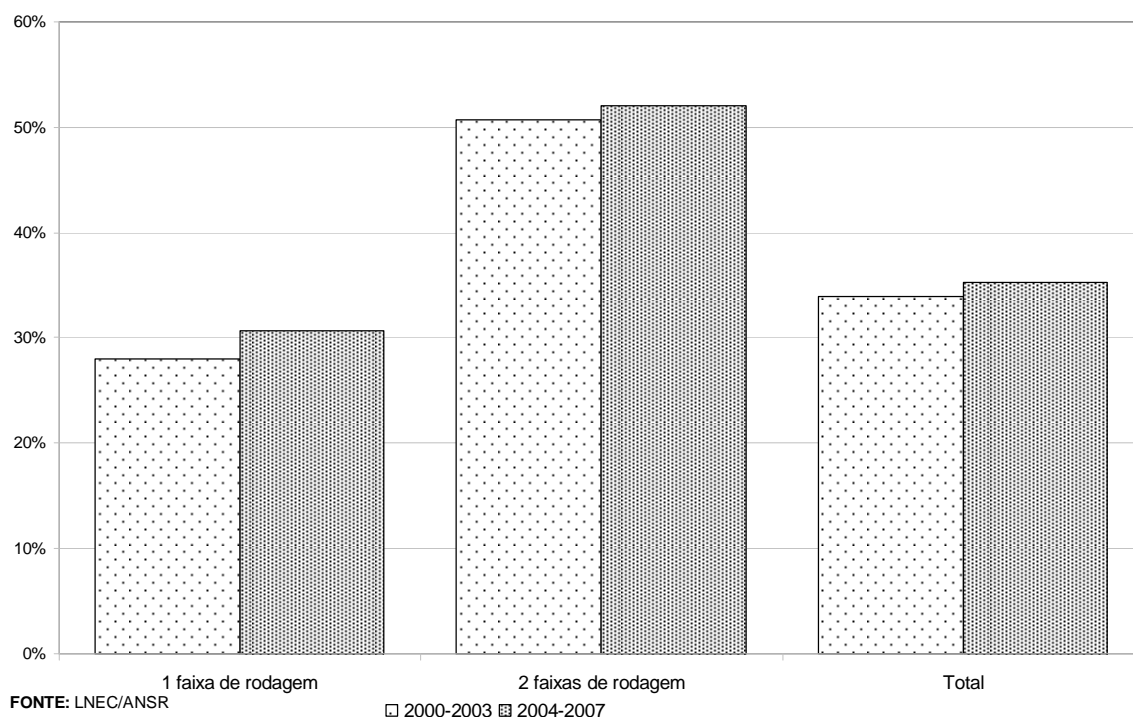


Figura 8 – Evolução percentual dos mortos e feridos graves em despistes em relação ao total de acidentes na RRN [25].

3.3 Informação recolhida nas estradas piloto

No âmbito da tarefa WP2 [25], foram identificados os trechos da Rede Rodoviária Nacional (RRN) mais adequados para o estudo piloto previsto no WP3.

No Quadro 5 é apresentado o conjunto de trechos selecionados em estradas de faixa de rodagem única.

Quadro 5 – Lista de trechos de estradas de faixa de rodagem única selecionados [25].

Estrada	km inicial	km final	Nó inicial	Nó final
IC1(EN5)	30.96	56.81	IC1(EN5)X IC1(EN10)	IC1 X EM5 VARIANTE DE ALCÁCER (NÓ NORTE)
EN3	27.24	35.68	EN3 X EM3 KM 27.200	EN3 NÓ COM A RUA Ó
ER361	36.93	74.83	EN114 X ER361 RIO MAIOR	EN3 X ER361
ER356	40.81	59.31	ER349 X ER356	ER356 ALDEIA DA SERRA ^ LD STM/LRA
IC10(EN114)	86.06	112.37	IC10 X EN114 ALMEIRIM	IC10(EN114) X EM114 KM 112.600
EN3	40.90	67.76	EN3 X EM3 (KM 40.860)	EN3 X ER361
ER247	51.11	71.95	SANTARÉM	EN3 X ER361
IC2(EN1)	127.29	151.48	EN116 X ER247 ERICEIRA	ER9 X ER247 LOUREL
IC2(EN1)	81.24	107.19	IC2(N1) X EN113	IC2(EN1) X IC8
EN242	34.07	51.84	IC2(EN1) X ER8-6	IC2(EN1) X EN8
IC1(EN109)	135.07	156.44	IC9(EN8-5) X EN242 NAZARÉ	EN8 X EN242 ALFEIZERÃO
			IC1(EN109) LD CBR/LRA	IC1(EN109) X ER349 VÁRZEAS

No que diz respeito às estradas de dupla faixa de rodagem, o Quadro 6 identifica o conjunto de trechos a analisar no referido estudo piloto.

Quadro 6 – Lista de trechos de estradas de dupla faixa de rodagem selecionados [25].

Estrada	km inicial	km final	Nó inicial	Nó final
IC19	3.210	10.360	IC19 X EN117 DAMAIA	IC19 X EN249-3 CACÉM
IP3	43.065	71.160	IP3 X IC2 X IC2(EN1) TROUXEMIL	IP3 LD CBR/VIS
IP1/A1	1.415	46.330	IP1/A1 - Nó de Sacavém	IP1/A1 X N366 - Nó de Aveiras
IP1/A1	46.512	114.276	IP1/A1 X N366 - Nó de Aveiras	IP1/A1 X N356 - Nó de Fátima
IP1/A1	114.650	153.557	IP1/A1 X N356 - Nó de Fátima	IP1/A1 - Nó de Pombal
IP1/A1	153.905	189.300	IP1/A1 - Nó de Pombal	IP1/A1 - Nó de Coimbra Sul
IP1/A1	209.395	275.000	IP1/A1 X N234 - Nó da Mealhada	IP1/A1 X N223 - Nó de Santa Maria da Feira
A5/IC16	5.524	7.700	A5/IC15 - Nó de Carnaxide	A5/IC15 X A5 X IC18 CREL - Nó do Estádio Nacional
A4/IP4	15.252	20.133	A4/IP4 X N15 X N209 - Nó de Valongo/Gondomar	A4/IP4 X N15 - Nó de Campo
A3/IP1	8.875	42.300	A3/IP1 X N107 X IC24 - Nó de Ermesinde	A3/IP1 X A11/IP7 - Nó de Braga Sul/Celeirós
A2/IP7	6.850	104.351	A2/IP7 - Nó de Almada	A2/IP1 - Nó de Grândola Norte
A2/IP1	120.075	227.990	A2/IP1 - Nó de Grândola Sul	A2/IP1 - Nó de S.Bartolomeu de
A8/IC1	9.333	16.605	A8/IC1 X A9/IC18 - Nó de Loures CREL	A8/IC1 - Nó de Lousa/Montachique
IC1(A28)	305.36	308.68	IC1(A28) X IC23(A20) NÓ FRANCOS	IP4(A4) X IC1(A28) NÓ SENDIM
A28/IC1	317.11	351.99	A28/IC1 X A4/IP4 - Nó de Matosinhos/Sendim	A28/IC1 X A11/IC14 X EN13 - Nó da Apúlia/Barcelos (Nó 8)

No total, foi recolhida informação de 926 PAV referentes aos anos de 2009 (503) e 2010 (423).

3.4 Base de dados de acidentes por saída da faixa de rodagem

Os dados acerca da AAFR, existentes em inventários rodoviários em Portugal, são exclusivamente relativos às bermas (e mesmo estes não constam de forma desagregada do “Boletim Estatístico de Acidentes de Viação” - BEAV). Não há, por exemplo, informação acerca da largura da zona livre nem a descrição do objeto com o qual o veículo chocou. As limitações associadas à utilização de dados históricos sobre a sinistralidade no diagnóstico da insegurança rodoviária, levaram à recolha de informação

adicional através das PAV, procurando, desta forma, colmatar algumas das lacunas informativas dos BEAV sobre a sinistralidade associada à AAFR em estradas da RRN.

3.5 Resultados

Conforme assinalado anteriormente, a base de dados é composta exclusivamente por acidentes com um único veículo. Assim, para cada um dos 926 casos, há um registo de veículo, o que significa também que há 926 registos de veículos na base de dados. No total foram registados 1434 ocupantes, 758 referentes a 2009 e 676 referentes a 2010.

No que diz respeito às restantes variáveis da base de dados, o grau de plenitude da informação disponível não é o mesmo em todos os registos. Isto é, na maioria dos casos, o preenchimento das PAV é parcial, verificando-se a ausência de alguma informação relevante, quer nos dados relativos aos embates quer nos referentes aos ocupantes dos veículos acidentados. Assim, sempre que os dados apresentados são desagregados (nomeadamente, por tipo de faixa de rodagem) o total dos casos analisados pode não corresponder à soma das partes.

A maioria dos dados diz respeito a autoestradas, havendo contudo uma quantidade ainda significativa de dados referentes a Itinerários Principais e Estradas Regionais e Nacionais (ver Figura 9).

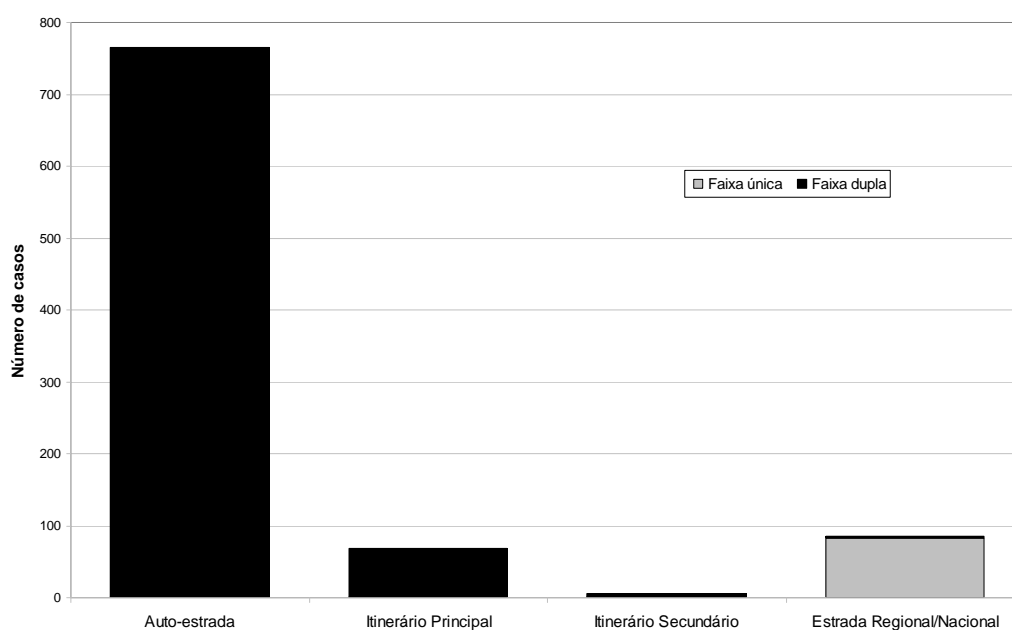


Figura 9 – Distribuição dos acidentes por tipo de estrada [27].

Das 926 PAV analisadas, apenas 86 dizem respeito a estradas de faixa de rodagem única (9%), havendo ainda 2 casos em que não foi possível apurar o tipo de separação dos sentidos de tráfego.

De destacar a informação contida no Quadro 7 acerca das colisões registadas com 1293 obstáculos nos 926 casos que constam da base de dados. Estes obstáculos incluem os sistemas de retenção de veículos rodoviários, nomeadamente barreiras de segurança. Em muitos casos ocorreram colisões com diversos obstáculos, pelo que o Quadro 7 indica, para cada obstáculo embatido na AAFR, quantos choques foram contabilizados e a ordem pela qual os obstáculos foram embatidos. A última coluna representa a percentagem de choques registados para cada obstáculo.

O primeiro facto a destacar é o de as barreiras de segurança representarem cerca de 43% do total de obstáculos colididos, não sendo este facto totalmente surpreendente uma vez que, na maioria dos casos, os acidentes ocorreram em autoestradas, onde é predominante a utilização deste sistema de retenção para proteger os veículos de obstáculos mais perigosos. Por outro lado, verifica-se que os taludes e valetas são obstáculos perigosos envolvidos em aproximadamente 18% dos impactos.

Quadro 7 – Obstáculos colididos por ordem de embate [27].

Obstáculo	Ordem de embate				Total	%
	1º	2º	3º	4º		
Barreira de segurança de tipo desconhecido	30	2	0	0	32	2.5
Barreira de segurança metálica	287	36	0	1	324	25.1
Barreira de segurança rígida	185	14	0	0	199	15.4
Barreira de segurança em viaduto	3	4	0	0	7	0.5
Amortecedor de choque	1	1	0	0	2	0.2
Terminal	0	3	0	0	3	0.2
Pilar de obra-de-arte	1	2	3	0	6	0.5
Poste de iluminação	5	3	1	0	9	0.7
Poste de telefone	0	1	4	0	5	0.4
Valeta	27	22	7	3	59	4.6
Boca de aqueduto	1	0	0	0	1	0.1
Vedação	31	36	2	3	72	5.6
Suporte de sinalização	3	5	5	0	13	1.0
Grupo de árvores	3	5	1	0	9	0.7
Árvore isolada	15	1	0	0	16	1.2
Talude	105	50	10	2	167	12.9
Nenhum	22	0	0	0	22	1.7
Outro	83	141	31	8	263	20.3
Informação não disponível	84	0	0	0	84	6.5
Total	886	326	64	17	1293	100.0

Interessa porém desagregar esta informação uma vez que se verificam grandes diferenças nos resultados obtidos consoante o tipo de separação de sentidos de tráfego (ver Quadro 8). Assim, no caso de estradas de faixa de rodagem única, verifica-se uma significativa diferença na importância das barreiras de segurança (envolvidas em apenas 10% dos acidentes) mas também de outros obstáculos frequentemente referidos como particularmente relevantes neste tipo de acidente. As árvores, isoladamente ou em grupo, representam 16% do total de obstáculos colididos, sendo igualmente de destacar as vedações (15%) e os taludes e valetas (14%) como obstáculos particularmente importantes em estradas de faixa de rodagem única. É ainda de assinalar o facto de em aproximadamente 1/5 das observações não ter sido identificado o obstáculo colidido.

Quadro 8 – Obstáculos colididos por tipo de faixa de rodagem [27].

Obstáculo	Faixa única	%	Dupla faixa	%	Total	%
Barreira de segurança de tipo desconhecido	3	3.0	29	2.4	32	2.5
Barreira de segurança metálica	5	5.0	319	26.8	324	25.1
Barreira de segurança rígida	1	1.0	196	16.5	199	15.4
Barreira de segurança em viaduto	1	1.0	6	0.5	7	0.5
Amortecedor de choque	0	0.0	2	0.2	2	0.2
Terminal	0	0.0	3	0.3	3	0.2
Pilar de obra-de-arte	1	1.0	5	0.4	6	0.5
Poste de iluminação	6	6.0	3	0.3	9	0.7
Poste de telefone	1	1.0	4	0.3	5	0.4
Valeta	6	6.0	53	4.5	59	4.6
Boca de aqueduto	1	1.0	0	0.0	1	0.1
Vedação	15	15.0	57	4.8	72	5.6
Suporte de sinalização	3	3.0	10	0.8	13	1.0
Grupo de árvores	4	4.0	5	0.4	9	0.7
Árvore isolada	12	12.0	4	0.3	16	1.2
Talude	8	8.0	159	13.4	167	12.9
Nenhum	19	19.0	3	0.3	22	1.7
Outro	11	11.0	252	21.2	263	20.3
Informação não disponível	3	3.0	81	6.8	84	6.5
Total	100	100.0	1191	100.0	1293	100.0

No Quadro 9 estabelecem-se relações entre o primeiro obstáculo colidido e a gravidade das lesões no total de ocupantes dos veículos envolvidos em acidentes por saída da faixa de rodagem.

Quadro 9 – Primeiro obstáculo colidido por gravidade das lesões [27].

Obstáculo	Gravidade das lesões				Total	%
	Fatais	Graves	Ligeiras	Sem lesões		
Barreira de segurança de tipo desconhecido	1	3	33	4	41	3.0%
Barreira de segurança metálica	5	31	355	58	449	32.7%
Barreira de segurança rígida	0	15	217	41	273	19.9%
Barreira de segurança em viaduto	0	3	1	0	4	0.3%
Amortecedor de choque	0	0	1	0	1	0.1%
Terminal	0	0	0	0	0	0.0%
Pilar de obra-de-arte	0	1	1	0	2	0.1%
Poste de iluminação	0	0	5	1	6	0.4%
Poste de telefone	0	0	0	0	0	0.0%
Valeta	0	0	35	5	40	2.9%
Boca de aqueduto	0	0	2	0	2	0.1%
Vedação	0	3	40	2	45	3.3%
Suporte de sinalização	0	0	6	1	7	0.5%
Grupo de árvores	0	1	3	0	4	0.3%
Árvore isolada	0	2	15	2	19	1.4%
Talude	6	13	147	14	180	13.1%
Nenhum	0	1	28	5	34	2.5%
Outro	0	16	115	12	143	10.4%
Informação não disponível	0	14	98	12	124	9.0%
Total	12	103	1102	157	1374	100.0%

No Quadro 10 apresenta-se o número de vítimas (mortos, feridos graves e feridos ligeiros) por tipo de primeiro obstáculo colidido e por tipo de faixa de rodagem. Tal como acontece no Quadro 8, também aqui são evidentes as diferenças entre padrões de embate em obstáculos na AAFR consoante o tipo de faixa de rodagem.

Quadro 10 – Número de vítimas por tipo de primeiro obstáculo colidido [27].

Obstáculo	Faixa única		Dupla faixa		Total	
		%		%		%
Barreira de segurança de tipo desconhecido	3	2.8	34	3.1	37	3.0
Barreira de segurança metálica	7	6.5	384	34.7	391	32.1
Barreira de segurança rígida	1	0.9	229	20.7	232	19.1
Barreira de segurança em viaduto	2	1.9	2	0.2	4	0.3
Amortecedor de choque	0	0.0	1	0.1	1	0.1
Terminal	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Pilar de obra-de-arte	0	0.0	2	0.2	2	0.2
Poste de iluminação	4	3.7	1	0.1	5	0.4
Poste de telefone	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Valeta	6	5.6	29	2.6	35	2.9
Boca de aqueduto	2	1.9	0	0.0	2	0.2
Vedação	17	15.7	26	2.3	43	3.5
Suporte de sinalização	5	4.6	1	0.1	6	0.5
Grupo de árvores	2	1.9	2	0.2	4	0.3
Árvore isolada	13	12.0	4	0.4	17	1.4
Talude	6	5.6	160	14.5	166	13.6
Nenhum	26	24.1	3	0.3	29	2.4
Outro	11	10.2	120	10.8	131	10.8
Informação não disponível	3	2.8	109	9.8	112	9.2
Total	108	100.0	1107	100.0	1217	100.0

Face à diversidade das características dos despistes nas estradas de faixa de rodagem única e nas de dupla faixa de rodagem, e tendo em conta as diferenças existentes em termos das características técnicas e operacionais das mesmas, foram considerados dois cenários tipo, em função do tipo de separação dos sentidos de tráfego: estradas de faixa de rodagem única e estradas de dupla faixa de rodagem. No desenvolvimento dos modelos estatísticos de estimativa de frequência de acidentes foram considerados especificamente estes dois tipos de cenário.

3.6 Modelos desenvolvidos

Neste subcapítulo são apresentados os modelos de estimativa de frequência de acidentes (MEFA) desenvolvidos para um conjunto selecionado de trechos da Rede Rodoviária Nacional (RRN).

Quando esta tarefa foi realizada datavam de 2010 os elementos mais recentes sobre sinistralidade (na base de dados do LNEC) e os relativos à infraestrutura disponíveis informaticamente, razão pela qual se limitou superiormente a análise a 2010. No entanto, no que diz respeito às estradas de faixa de rodagem única, a maioria dos dados referentes ao tráfego mais recentes datavam de 2005 pelo que se optou por diferenciar a recolha de dados em função do tipo de faixa de rodagem.

No que se refere aos dados recolhidos na base de dados de acidentes do LNEC, o conjunto de critérios de seleção de acidentes utilizado para acidentes por saída da faixa de rodagem foi o seguinte:

- Acidentes envolvendo um único veículo (no caso do atual “Boletim Estatístico de Acidentes de Viação” correspondentes a “Despistes”);
- Nenhum peão envolvido no acidente;
- Acidentes fora de cruzamentos;
- Acidentes no período compreendido entre 2002 e 2005, no caso de estradas de faixa de rodagem única, e 2007 a 2010, no caso de estradas de dupla faixa de rodagem;
- Acidentes com mortos, feridos graves e feridos ligeiros;

No caso do total de acidentes excluíram-se os três primeiros critérios da lista anterior. No que diz respeito a estradas de dupla faixa de rodagem limitou-se a análise a trechos de autoestrada.

Assim, para efeitos de modelação da sinistralidade na RRN, os dados analisados neste estudo foram recolhidos a partir de 1938 trechos de estrada (1142 trechos bidireccionais em estradas de faixa de rodagem única e 796 trechos unidireccionais em estradas de dupla faixa de rodagem). Os acidentes sem vítimas não foram considerados neste relatório, por não serem registados nas estatísticas rodoviárias oficiais. Assim, neste capítulo, os acidentes com vítimas são simplesmente referidos como acidentes.

Para cada trecho de estrada, e para estradas de faixa de rodagem única ou dupla, foi registada a seguinte informação:

- **N_Trecho**: identificação do trecho de estrada;
- **TMDA**: somatório do tráfego médio diário anual durante o período considerado (4 anos);
- **Extensão**: Comprimento do trecho de estrada (entre cruzamentos) em quilómetros;
- **N_Acid**: número de acidentes corporais, fora da zona de influência de cruzamentos.
- **N_Desp**: número de acidentes corporais por saída da faixa de rodagem, fora da zona de cruzamentos.

Foram ajustados MEFA a duas variáveis explicativas: o número total de acidentes (**N_Acid**) e o número de despistes (**N_Desp**).

Os dados foram agrupados de acordo com diversos critérios, sendo excluídos os trechos e variáveis com valores em falta. Este critério foi utilizado para excluir trechos de autoestrada abertos ao tráfego após 2006 e aqueles para os quais não havia informação acerca da respetiva data de abertura. No Quadro 11 apresenta-se um resumo com o número de trechos, soma das suas extensões, volume de tráfego e soma do número de acidentes e despistes recolhidos durante o período considerado (quatro anos) para cada tipo de faixa de rodagem.

Quadro 11 – Estatísticas selecionadas das redes analisadas [27].

Tipo de faixa de rodagem	Número de trechos	Soma das extensões (km)	Circulação rodoviária (10 ⁶ veículos x km)	Número de acidentes	Número de despistes
Única	1142	12 095.94	355 514	32 429	8 639
Dupla	796	4 806.18	212 691	10 021	4 970

O desenvolvimento dos MEFA foi efetuado através da utilização das técnicas de Modelação Linear Generalizada (aplicando o método da máxima verosimilhança), mais concretamente através do Modelo de Binomial Negativa. A adoção deste tipo de modelo ficou a dever-se ao facto de todas as amostras apresentarem sobre-dispersão.

O esquema das desagregações consideradas é apresentado na Figura 10.

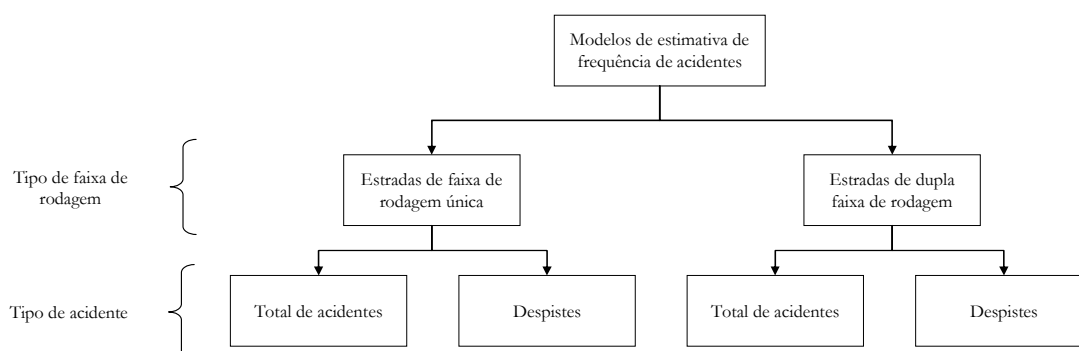


Figura 10 – Esquema das desagregações consideradas nos modelos desenvolvidos [27].

Nos modelos ajustados foi empregue a equação base: $\ln \lambda_i = \beta_0 + \beta_1 X_i + \dots + \beta_n X_n$ correspondendo na forma exponencial: $\lambda_i = e^{\beta_0 + \beta_1 X_i + \dots + \beta_n X_n} = e^{\beta_0} \times e^{\beta_1 X_i + \dots + \beta_n X_n}$

No Quadro 12 é apresentado o resumo dos MEFA desenvolvidos.

Quadro 12 – Estatísticas das variáveis independentes e potenciais observações influentes [27].

Tipo de faixa de rodagem	Tipo de acidentes	Equação	Índice de Elvik	Parâmetro de sobre-dispersão, α
Estradas de faixa de rodagem única	Total de acidentes	$\lambda_i = 7.176 \times 10^{-4} \times TMDA_i^{0.855} \times Extens\tilde{a}o_i^{0.930}$	0.693	0.553
	Despistes	$\lambda_i = 3.092 \times 10^{-3} \times TMDA_i^{0.557} \times Extens\tilde{a}o_i^{1.024}$	0.684	0.485
Estradas de dupla faixa de rodagem	Total de acidentes	$\lambda_i = 1.953 \times 10^{-4} \times TMDA_i^{0.913} \times Extens\tilde{a}o_i^{0.773}$	0.703	0.499
	Despistes	$\lambda_i = 6.816 \times 10^{-4} \times TMDA_i^{0.713} \times Extens\tilde{a}o_i^{0.904}$	0.635	0.564

Os MEFA desenvolvidos para os vários elementos rodoviários apresentam uma qualidade de ajuste bastante razoável. Atendendo a que as variáveis explicativas utilizadas estão relacionadas unicamente com fatores de exposição da infraestrutura e que os acidentes rodoviários têm múltiplas causas seria ainda possível, desde que existisse mais informação, uma melhoria da qualidade do ajuste dos referidos MEFA.

Na Figura 11 é apresentada a comparação entre os vários modelos desenvolvidos, aplicáveis a trechos de faixa de rodagem única (1f) e dupla (2f), relacionando os acidentes e despistes esperados com a variação no TMDA para dois comprimentos de trecho.

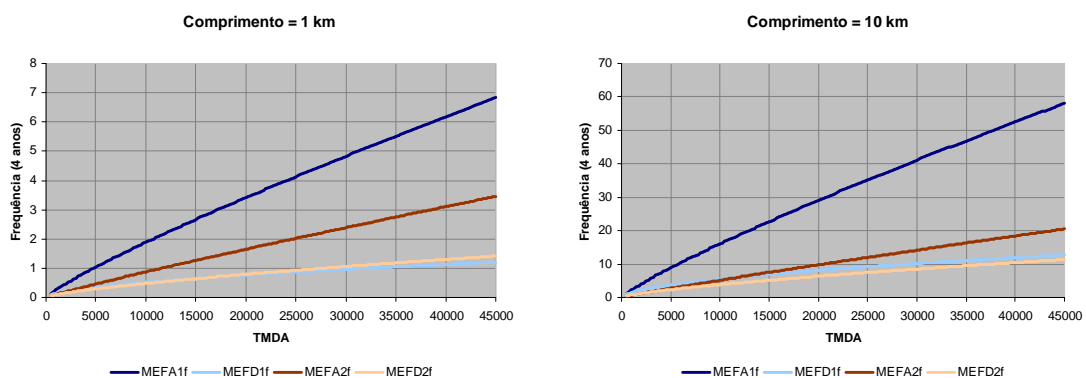


Figura 11 – Comparação entre os vários modelos desenvolvidos e aplicáveis a trechos de faixa de rodagem única (1f) e dupla (2f) para duas extensões dos trechos [27].

Na Figura 12 é apresentada a comparação entre os vários modelos desenvolvidos, aplicáveis a trechos de faixa de rodagem única (1f) e dupla (2f), relacionando os acidentes e despistes esperados com a variação da extensão do trecho para dois níveis de TMDA.

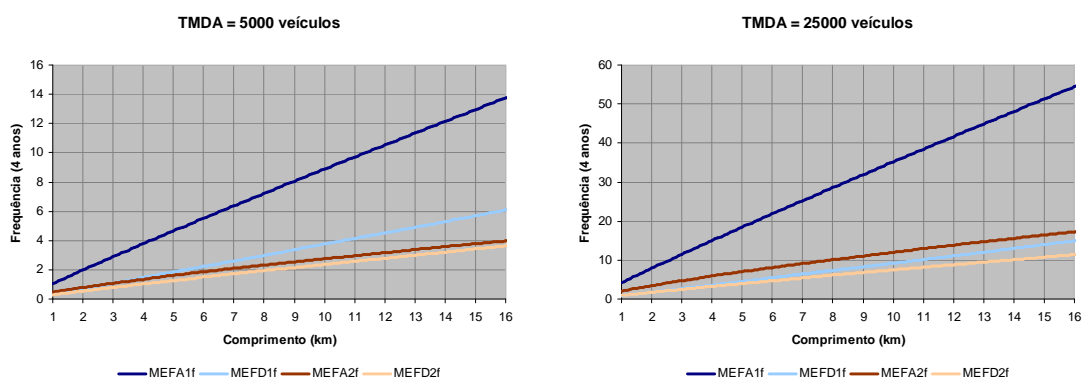


Figura 12 – Comparação entre os vários modelos desenvolvidos e aplicáveis a trechos de faixa de rodagem única e dupla para dois níveis de TMDA [27].

3.7 Monetização das consequências dos acidentes

Os custos de acidentes compreendem custos socioeconómicos diretos, indiretos e um valor da segurança *per se*, que corresponde ao valor da variação marginal do risco de acidente mortal ou com danos corporais. Estes custos podem ser agrupados em diversas categorias [7]:

- custos médicos e de reabilitação – incluem os custos de hospitalização, primeiros socorros, ambulâncias;
- custos de danos materiais;
- custos administrativos – contemplando os custos relativos ao trabalho da polícia, bombeiros, entidades administrativas, sistema judicial, etc.;
- valor da perda de produção devido à morte ou incapacidade prematuras, dias de doença, etc.;
- 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.

O valor da segurança *per se* pode ser quantificado como o Valor da Vida Estatística² (VVE). O VVE diz respeito à avaliação da variação da frequência esperada de acidente fatal, e não ao valor da vida propriamente dita a qual obviamente não tem preço de mercado. Para estimar este valor pode recorrer-se a várias técnicas de preferências reveladas e declaradas.

O maior problema a resolver na estimação dos custos dos acidentes envolvendo a AAFR, numa determinada secção de estrada, é a determinação realista das consequências, quer em termos de gravidade quer no que toca a custos, dos impactos com os diversos objetos presentes na AAFR [21].

No caso português, a dificuldade da avaliação dos custos destes acidentes é agravada pelo facto de as avaliações disponíveis serem relativamente antigas. O estudo nacional mais recente existente sobre esta matéria, elaborado pelo LNEC em 2000 [15], é uma atualização dos custos calculados pela Prevenção Rodoviária Portuguesa (PRP) usando dados de sinistralidade de 1987³, não permitindo desagregações de custos por tipo de acidente.

De acordo com o referido estudo, os custos totais dos acidentes ocorridos em 1995 em Portugal foram de € 3 073 208 567, correspondentes a 48298 acidentes. Os 2088 mortos resultantes desses acidentes custaram, só por perda de produção, € 705 853 892) [16]. No estudo do LNEC, os custos de perda de produção unitários estimados foram de 480 208 € para a vítima mortal, 23 289 € para o ferido grave e 254 € para o ferido leve (valores de 1995 para a Região de Lisboa e Vale do Tejo).

As mais recentes recomendações internacionais para o cálculo dos custos de acidentes são apresentadas em relatório do projeto europeu HEATCO [13], que inclui um conjunto harmonizado de valores de referência para um conjunto de países europeus.

Para o caso de Portugal, o valor da segurança *per se* (que no caso de vítima mortal corresponde ao VVE) aí estimado foi de 730 000 € (acidente com vítima mortal) e

² Métrica abstracta para fins estritos da avaliação económica. Representa, para uma amostra de grande dimensão de utentes rodoviários, a disposição a pagar para uma redução do risco de acidente mortal [3].

³ Relatório “Custo Socioeconómico dos Acidentes Rodoviários em 1987 – Relatório Síntese” elaborado pela Prevenção Rodoviária Portuguesa.

95 000 € (acidente com feridos graves). O custo esperado para evitar um acidente rodoviário, já incluindo também os custos diretos e indiretos é de 803 000 € (acidente com vítima mortal), 107 400 € (acidente com feridos graves) e 7 400 € (acidente com feridos leves), a preços de 2002 [26]. Estes valores, quando expressos em paridade do poder de compra a preços de 2002, correspondem, respetivamente, a 1 055 000 €, 141 000 € e 9 700 € [26].

De destacar que estes valores, para além de significativamente diferentes dos anteriormente apresentados, são correntemente utilizados em Portugal no âmbito de Estudos de Impactes Económicos, nomeadamente em concessões e subconcessões rodoviárias [26].

No Quadro 13 são apresentados os valores de sinistralidade das fontes LNEC e HEATCO, já atualizados para 2010, de acordo com dados oficiais relativos à inflação do Instituto Nacional de Estatística (INE).

Quadro 13 – Estimativa de custos de acidentes para Portugal (€ a preços de 2010) [26].

Fonte	Morto	Ferido grave	Ferido leve
LNEC	698 857	33 893	370
HEATCO	860 598	111 996	8 606

4 INTERVENÇÕES PARA MITIGAÇÃO DAS CONSEQUÊNCIAS DA SINISTRALIDADE ENVOLVENDO A AAFR

4.1 Tipos de intervenções

Com a avaliação dos efeitos das intervenções pretende estimar-se, de forma quantitativa, o efeito da realização de uma intervenção corretiva sobre a frequência esperada de acidentes ou de vítimas [6]. Esta quantificação representa um ponto crítico para a aplicação das técnicas de análise custo-benefício (ACB) à segurança rodoviária.

O conhecimento existente acerca dos efeitos resultantes das intervenções em segurança rodoviária assenta, fundamentalmente, em estudos de avaliação de intervenções anteriores (estudos antes-depois) ou, em menor grau, de MEFA resultantes de análises transversais. A forma mais comum de quantificar o efeito de uma intervenção corretiva sobre a segurança é através da percentagem de redução de acidentes decorrente desse tratamento (também designado fator de redução de acidentes).

No âmbito do projeto europeu ROSEBUD [29], foi constituído um inventário das medidas de segurança rodoviária abrangendo várias categorias: utente, veículo, infraestrutura, quadro organizacional e serviço de assistência às vítimas em caso de acidente. As medidas foram desagregadas por tipo de utente alvo (peões e ciclistas, motociclos, veículos pesados de mercadorias, veículos de passageiros) e grupos etários envolvidos (crianças, condutores recém-encartados e idosos).

Os estudos de avaliação analisados no âmbito deste projeto revelaram que, na maioria dos casos (excetuando as medidas de segurança rodoviária relacionadas com o veículo), os efeitos podem ser quantificados através da observação da realidade e pela aplicação de métodos estatísticos adequados [28]. No caso particular das medidas relacionadas com a infraestrutura (onde se inserem as referentes à AAFR) a abordagem quantitativa é facilitada por se poder considerar que os efeitos podem ser localizados geograficamente numa pequena parcela da rede rodoviária.

4.2 Efeitos das intervenções

Tendo por base o levantamento realizado na tarefa WP8 [28], apresenta-se no Quadro 14, no Quadro 15 e no Quadro 16 uma síntese dos efeitos de primeira ordem⁴ das intervenções corretivas relevantes no âmbito do presente estudo, tendo em consideração o tipo de acidente afetado e o tipo de medida em que estas intervenções se inserem. É importante recordar que as medidas a tomar relativamente a um obstáculo perigoso são, por ordem de preferência, as seguintes (ver cap. 2.2):

- A sua remoção;
- O seu reposicionamento;
- A redução da intensidade do impacto (através da utilização de suportes frágeis ou tornando o perigo atravessável);
- A proteção do tráfego com um SRRV.

Quadro 14 – Efeitos de primeira ordem (E_i) das intervenções corretivas (1) [28].

Intervenção	Tipo de acidente afetado	Tipo de medida a tomar					E_i (%)	Observações
		Remoção	Reposicionamento	Redução da intensidade	SRRV	Outros		
Remoção de obstáculos em curvas para aumento da distância de visibilidade	Todos	•					5	Estrada de 2 vias em zona rural
Separador central com vala em vez de lancil	Todos	•					68	
Aumento da largura da zona livre de 1 metro para 5 metros	Todos	•	•				22	
Aumento da largura da zona livre de 5 metros para 9 metros	Todos	•	•				44	
Aumento da largura do separador central	Todos	•	•				5	
Existência de separador central (vs. ausência de separador central)	Todos	•	•				15	
Remoção ou deslocação de obstáculos fixos para fora da zona livre	Todos	•	•				38	
Separador central largo em vez de estreito (sem barreira de segurança)	Todos	•	•				42	
Aumento da largura da berma (inicialmente com menos de 0.3 m)	Todos		•				25	Estrada de 2 vias em zona rural
Aumento da largura da berma (inicialmente entre 0.3 e 1.0 m)	Todos		•				13	Estrada de 2 vias em zona rural
Aumento da largura da berma em autoestradas	Todos		•				27	
Aumento da largura da berma em estradas rurais	Todos		•				18	
Bermas de grande largura (> 1.5 m)	Todos		•				19	

⁴ Efeito dessa intervenção na segurança quando aplicada isoladamente, independentemente das possíveis interações com outras intervenções [28].

Quadro 15 – Efeitos de primeira ordem das intervenções corretivas (2) [28].

Intervenção	Tipo de acidente afetado	Tipo de medida a tomar					E_i (%)	Observações
		Remoção	Reposicionamento	Redução da intensidade	SRRV	Outros		
Instalação de separador central	Todos		•				12	Estrada multi-vias em zona rural
Instalação de separador central	Todos		•				-94 ⁵	Estrada de 2 vias em zona rural
Instalação de separador central	Todos		•				22	Estrada multi-vias em zona urbana
Instalação de separador central	Todos		•				39	Estrada de 2 vias em zona urbana
Construção de bermas pavimentadas	Todos			•			17	
Instalação de amortecedores de choque	Despiste			•			69	
Pavimentação das bermas	Todos			•			37	
Redução da inclinação dos taludes de 1V:3H para 1V:4H	Todos			•			42	
Redução da inclinação dos taludes de 1V:4H para 1V:6H	Todos			•			22	
Instalação de barreiras de segurança (cabos) no separador central	Todos				•		26	Estrada de 3 vias em zona rural
Instalação de barreiras de segurança (cabos) no separador central	Todos				•		29	Estrada multi-vias dividida
Instalação de barreiras de segurança (em taludes de aterro)	Despiste				•		47	
Instalação de barreiras de segurança (em taludes de aterro)	Todos				•		42	
Instalação de barreiras de segurança (em valetas)	Todos				•		26	
Instalação de barreiras de segurança (metálica) no separador central	Todos				•		35	Estrada multi-vias dividida
Instalação de barreiras de segurança (no extradorso de curvas)	Todos				•		63	
Instalação de barreiras de segurança (no intradorso de curvas)	Todos				•		28	
Instalação de barreiras de segurança (rígida) no separador central	Todos				•		10	
Instalação de barreiras de segurança no separador central	Todos				•		40	
Instalação de barreiras de segurança no separador central	Todos				•		30	Estrada multi-vias dividida
Instalação de barreiras de segurança para proteger de árvores	Todos				•		51	
Instalação de barreiras de segurança para proteger de pedras e postes	Todos				•		31	
Instalação de barreiras de segurança rígida no intradorso e extradorso de curvas	Todos				•		39	
Instalação de muros de guarda para veículos	Todos				•		45	
Separador central com barreira de segurança em vez de separador com vala	Todos				•		14	
Separador central com lancil em vez de plano	Todos				•		56	
Substituição de barreiras de segurança existentes por barreiras mais flexíveis (betão → metálicas → cabos)	Despiste				•		32	

⁵ Constataram-se efeitos desfavoráveis da instalação de separadores centrais em curvas e nos casos em que a instalação destes separadores foi obtida com estreitamento das vias. Por outro lado, em estradas de faixa de rodagem única com pouco tráfego nem todas as saídas de via para a esquerda resultam em acidente; o que não acontece nas estradas com separador central em vala ou com barreiras de segurança, justificando, assim, o aumento de acidentes com a instalação do separador.

Quadro 16 – Efeitos de primeira ordem das intervenções corretivas (3) [28].

Intervenção	Tipo de acidente afetado	Tipo de medida a tomar					E_i (%)	Observações
		Remoção	Reposicionamento	Redução da intensidade	SRRV	Outros		
Instalação de bandas sonoras na berma	Despiste					•	52	
Criação de separador central com vias de viragem	Todos					•	90	
Instalação de bandas sonoras na berma	Despiste					•	13	Autoestrada
Instalação de bandas sonoras na berma	Despiste					•	7	Autoestrada em zona rural
Instalação de bandas sonoras na berma	Despiste					•	22	Estrada multi-vias dividida
Redução do limite de velocidade em 10% através da alteração do limite legal imposto por sinalização e de fiscalização	Todos					•	15	
Redução do limite de velocidade em 15% através da alteração do limite legal imposto por sinalização e de fiscalização	Todos					•	22	
Redução do limite de velocidade em 5% através da alteração do limite legal imposto por sinalização e de fiscalização	Todos					•	7	
Separador central em vez de vias mais largas	Todos					•	-15	

Tal como referido anteriormente, o objetivo de qualquer intervenção corretiva é diminuir os danos resultantes de acidentes rodoviários, pelo que os principais efeitos a considerar são os relacionados com a segurança: a mudança no número de vítimas mortais, feridos graves, leves e, eventualmente, montante dos danos materiais.

Contudo, as intervenções corretivas de segurança rodoviária podem também produzir efeitos na mobilidade e no meio ambiente [28]. Os efeitos na mobilidade correspondem a alterações no tempo de viagem e nos custos de manutenção dos veículos [28]. Da mesma forma, muitas intervenções podem ter impacto sobre as emissões poluentes e o ruído. Nos últimos anos, a lista de intervenções a incluir em análises de custo-benefício tem crescido significativamente, com cada vez mais itens a serem valorizados em termos monetários. Contudo, no caso das intervenções corretivas envolvendo a AAFR, os efeitos em termos de mobilidade ou meio ambiente são, em grande parte dos casos, desconhecidos ou inexistentes.

Não foram identificados estudos que indiquem a influência das intervenções corretivas na AAFR (como, por exemplo, a redução da inclinação dos taludes ou o aumento da

largura da zona livre) na mobilidade. Contudo, é possível que estas intervenções, ao aumentarem as distâncias de visibilidade, promovam um aumento da velocidade [7]. Também no que diz respeito aos sistemas de retenção de veículos, o estudo da sua influência na mobilidade é, praticamente, inexistente.

No que diz respeito aos efeitos sobre o meio ambiente, não foram registados estudos que demonstrem a influência das intervenções corretivas na AAFR ou da presença de sistemas de retenção de veículos. Taludes em aterro ou escavação de grandes dimensões correspondem a intervenções muito profundas na paisagem, podendo ter um efeito negativo na mesma (embora de difícil quantificação). A plantação de vegetação ao longo dos taludes pode reduzir este efeito negativo. Os sistemas de retenção de veículos não têm, provavelmente, qualquer efeito significativo sobre o ruído ou a poluição do ar [7]. Por outro lado, uma barreira de segurança pode aumentar o efeito de barreira de uma estrada relativamente a peões, ciclistas ou animais. As bandas sonoras aumentam o ruído, visto ser esse o efeito pretendido com a sua aplicação.

Nos quadros seguintes são apresentados os valores contidos no “*The Handbook Of Road Safety Measures*” [7] para os efeitos sobre a mobilidade e o meio ambiente da realização destas intervenções.

Quadro 17 – Efeito da realização de intervenções corretivas envolvendo a AAFR na mobilidade [7].

Intervenção	Parâmetro de mobilidade	
	Volume de tráfego	Velocidade
Intervenções corretivas na AAFR	Desconhecido	Desconhecido
Barreiras de segurança e amortecedores de choque	Nenhum	Nenhum

Quadro 18 – Efeito da realização de intervenções corretivas envolvendo a AAFR no meio ambiente [7].

Intervenção	Alteração nos níveis de ruído e poluição
Intervenções corretivas na AAFR	Desconhecida
Barreiras de segurança e amortecedores de choque	Nenhuma

4.3 Monetização das intervenções

Os “custos de aplicação” devem ser determinados para cada uma das medidas de segurança consideradas e correspondem aos custos sociais de todos os meios de produção (capital e trabalho) que são utilizadas para a aplicação de cada medida [28]. Estes custos são geralmente estimados de forma específica para cada projeto de investimento.

No âmbito do presente estudo procurou obter-se um levantamento dos custos típicos das medidas de engenharia passíveis de serem aplicadas em intervenções de segurança rodoviária na AAFR, tendo em vista a respetiva utilização no âmbito de ACB ou de ACE.

Os custos de aplicação deverão ser convertidos para os valores atuais, o que inclui quer os custos de investimento quer os custos anuais de operação e manutenção. Assim, tal como acontece no caso dos custos dos acidentes por saída da faixa de rodagem, os valores monetários foram convertidos em euros a preços de 2010, de modo a facilitar a comparação dos resultados da avaliação.

É de salientar que nem sempre é possível obter, *a priori*, estimativas de custos rigorosos. No caso, por exemplo, da diminuição da inclinação dos taludes verifica-se uma grande variação em função das condições do terreno. Também os custos das alterações do perfil transversal de uma estrada (nas quais se incluem o alargamento da zona livre) variam grandemente, não só com as condições geomorfológicas do terreno como também com o uso que dele é feito (custos associados às expropriações).

Assim, sempre que possível, deve ser disponibilizada informação sobre o custo das intervenções. A informação utilizada neste estudo foi obtida em orçamentos de projetos rodoviários, junto de produtores ou vendedores de sistemas de retenção rodoviários e mediante consulta de valores correntes de obras recentemente realizadas no nosso País..

Os valores de custo apresentados no Quadro 19 representam uma estimativa para Portugal do custo médio unitário de cada tipo de intervenção; por exemplo, “um metro de barreira de segurança metálica” ou “um amortecedor de choque”. Os custos de

manutenção correspondem aos custos médios de reposição de danos provocados por acidentes e estão incluídos nos custos dos acidentes por serem suportados diretamente pelas seguradoras.

Quadro 19 – Preços unitários das intervenções corretivas (€ a preços de 2010) [28].

Tipo de Intervenção (medidas)	Unidade	Custo de investimento (€)	Custo anual de manutenção (€)
Sistemas de retenção de veículos			
Barreiras de segurança metálicas com prumos afastados de 4 m	m	19.5	0.6 - 1.2
Barreiras de segurança metálicas com prumos afastados de 2 m	m	28	0.8 - 1.7
Terminais, tipo cauda de carpa	un.	47	1.4 - 2.8
Terminais circulares de fecho de dois alinhamentos	un.	102	3.1 - 6.1
Guardas Rígidas com perfil simétrico	m	42	1.4 - 2.8
Guardas Rígidas com perfil assimétrico	m	30	1 - 2
Betão tipo C 16/20 em fundação de guardas rígidas	m ³	98	-
Amortecedor de choque	un.	41200	1400 - 2800
Dispositivos de proteção de motociclistas (DPM) em barreiras de segurança metálicas	m	15	0.5 - 0.9
Terminal de DPM	un	40	1.2 - 2.4
Suportes frágeis			
Poste de iluminação tradicional (sem luminária)	un	250	7.5 - 15
Poste de iluminação frágil (sem luminária)	un	800	24 - 48
Remoção de obstáculos na AAFR			
Desmatação, incluindo derrube de árvores	m ²	0.2	-
Demolição de construções (excluindo muros)	m ³	4	-
Demolição de muros	m ³	3.2	-
Levantamento de sinais de "código", baias, balizas e marcos.	un.	8.5	-
Levantamento de sinais do sistema informativo, setas e painéis	un.	28.8	-
Levantamento de barreiras de segurança metálicas	m	5.4	-

4.4 Procedimento de avaliação das alternativas

Para dar resposta aos objetivos fundamentais do projeto SAFESIDE desenvolveu-se um instrumento de avaliação dos efeitos das características 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 das alterações nas características 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, a análise das especificidades das respetivas sinistralidades e características 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 avaliação dos efeitos obtidos. Na Figura 13 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 Figura 13, objeto do presente estudo).

Para identificação dos locais com maior potencial de benefício por intervenção na infraestrutura é recomendável analisar a distribuição espacial das frequências esperadas de acidentes, nomeadamente comparando-a com a que existiria em condições normais face às características da estrada [28]. No caso concreto da influência da AAFR, será necessário o levantamento de informação relativa à sinistralidade na zona ou área em estudo, designadamente no que diz respeito à sua localização, tipologia e padrão temporal de ocorrência ao longo de um determinado período de tempo. Desejavelmente o período analisado não deverá ser inferior a três anos, sendo comum usar cinco anos). Para a identificação dos locais a intervencionar é necessário escolher um indicador de sinistralidade que meça a ocorrência de sinistros ou agregue as respetivas consequências. Os indicadores mais utilizados são a frequência esperada dos acidentes e a taxa de sinistralidade esperada.

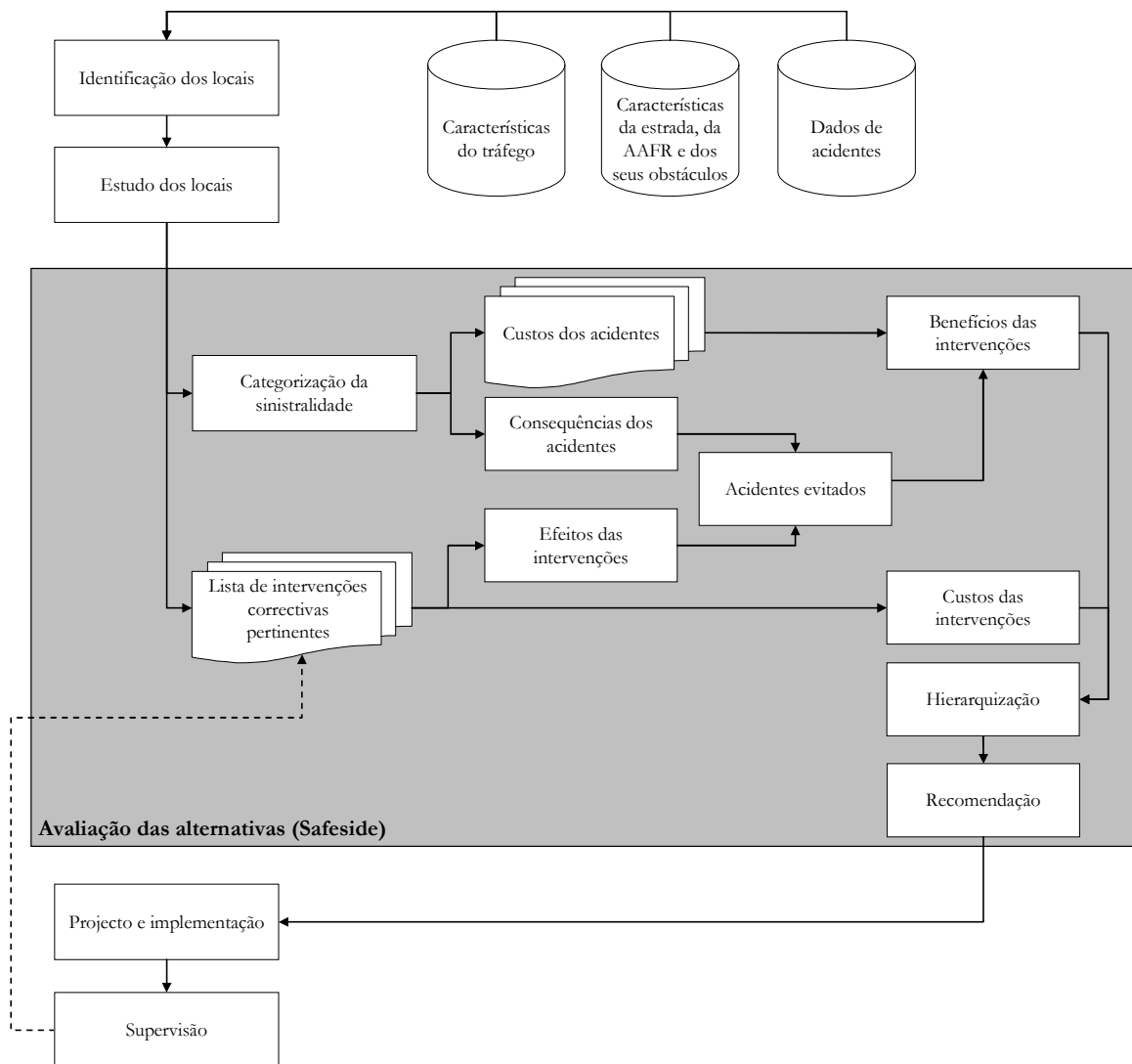


Figura 13 – Estrutura geral do procedimento de avaliação das alternativas de intervenção na AAFR e de seleção de sistemas de retenção de veículos [28].

A fase de estudo dos locais inicia-se com a recolha de informação (que será também utilizada em fases posteriores) acerca dos locais e dos acidentes que aí ocorreram. Assim, fluxos de tráfego, extensão do trecho em análise, traçado, características básicas dos perfis transversais da estrada e da AAFR e as características dos sistemas de retenção de veículos e dos obstáculos nos locais onde se verificaram os acidentes são parâmetros fundamentais a considerar.

O procedimento resultante do presente estudo permite estimar o efeito sobre a segurança (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 características funcionais dos referidos sistemas de retenção.

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

A avaliação das alternativas compreende a conceção de cenários alternativos para a AAFR e a avaliação dos correspondentes efeitos sobre a segurança. Para esse fim, seleciona-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-alvo⁶ 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 pela eficácia da sua realização.

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”.

⁶ Acidentes potencialmente afetados por essa intervenção corretiva

O procedimento permite ordenar os potenciais conjuntos de intervenções corretivas e identificar o mais eficiente para um determinado trecho de estrada.

Após a fase de projeto e construção das intervenções corretivas escolhidas, deverá ser feita uma avaliação quantitativa dos efeitos das mesmas sobre o número de acidentes e de vítimas. Esta etapa do procedimento reveste-se de grande importância, pois através da quantificação dos efeitos resultantes da aplicação das intervenções corretivas (sucessos e insucessos) poder-se-ão identificar as tipologias de intervenções mais adequadas ao sistema de tráfego nacional e estimar a eficácia associada a cada uma delas no contexto português, o que permitirá robustecer progressivamente as estimativas de efeitos realizadas. No caso particular das intervenções corretivas envolvendo a AAFR, é escasso o conhecimento existente relativo à sua eficácia e o que existe não é suficientemente desagregado (no que diz respeito às características técnicas das intervenções) nem representativo do contexto nacional, pelo que esta tarefa é, neste caso, ainda mais relevante.

A supervisão permite ainda a identificação e correção expeditas de intervenções mal sucedidas.

Tendo em vista facilitar a aplicação do procedimento descrito, foi desenvolvido um software de apoio designado “Avaliação das Alternativas de Intervenção na Área Adjacente à Faixa de Rodagem”. O software utiliza a linguagem de programação Visual Basic para Aplicações (VBA), tendo por base o MS Excel.

5 CONCLUSÕES

No presente documento são apresentadas as principais conclusões do projeto SAFESIDE e descrita pormenorizadamente a estrutura do procedimento de avaliação de alternativas de intervenção na área adjacente à faixa de rodagem (AAFR) e de seleção de sistemas de retenção de veículos (SRRV) a aplicar em cada caso.

O projeto tinha como objetivo principal o desenvolvimento de um método racional de avaliação dos efeitos das características da AAFR sobre a sinistralidade, baseado nos resultados da análise da sinistralidade ocorrida nas estradas portuguesas.

Do ponto de vista científico, o objetivo descrito correspondia à definição da estrutura do procedimento de avaliação das alternativas de intervenção envolvendo a AAFR, permitindo fundamentar racionalmente as intervenções na AAFR e a seleção de sistemas de retenção rodoviários de veículos, incorporando a experiência nacional e internacional

Os objetivos descritos integravam-se no propósito alargado de contribuir para a fundamentação racional das intervenções na infraestrutura, tendo em vista a redução da sinistralidade em secção corrente das estradas interurbanas, criando, para o efeito, as condições para que os elementos com influência na segurança da AAFR das estradas portuguesas pudessem ser dimensionados nas fases de projeto e geridos na fase de utilização, atendendo a critérios de segurança.

Com a execução do projeto SAFESIDE foram atingidos diversos objetivos científicos, nomeadamente o seu objetivo principal.

No âmbito do procedimento de avaliação das alternativas de intervenção envolvendo a AAFR, foram ajustados modelos de estimativa de frequência de acidentes e despistes para trechos correntes de estradas de faixa de rodagem única e dupla, que podem ser integrados em métodos bayesianos de estimativa da frequência esperada de acidentes. Tal é importante para análises da sinistralidade envolvendo a AAFR.

Foi igualmente caracterizado o funcionamento de sistemas de retenção rodoviários já instalados e a sinistralidade a eles associada.

Tendo em vista facilitar a aplicação do referido procedimento, bem como apoiar a seleção e colocação de SRRV no âmbito do projeto rodoviário, foi desenvolvido *software* de apoio específico. Assim, foi desenvolvida uma ferramenta informática que permite simular o efeito sobre a segurança (frequência de acidentes e suas consequências) de cenários alternativos da configuração da AAFR ou de medidas corretivas de situações existentes. Foi também desenvolvido *software* para a seleção e colocação dos SRRV, o qual permite listar de forma automática e contextualizada um conjunto significativo de recomendações de projeto (baseadas em levantamento da prática internacional) referentes a estes sistemas.

Com o projeto SAFESIDE contribuiu-se para a divulgação dos meios disponíveis atualmente para dimensionamento da área adjacente à faixa de rodagem e seleção e aplicação de sistemas de retenção rodoviários de veículos (designadamente disposições normativas). A atividade de análise da sinistralidade envolvendo a AAFR e aqueles sistemas, realizada no LNEC, permitiu também desenvolver um método, baseado na análise custo-benefício, de apoio às decisões acerca das características da AAFR e de sistemas de retenção de veículos, aplicável no projecto 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.

Lisboa, LNEC, março de 2013

VISTOS

AUTORIAS



Eng.º António Lemonde de Macedo
Investigador Coordenador
Diretor do Departamento de Transportes



Eng.º Carlos Roque
Estagiário de Doutoramento



Eng.º João Lourenço Cardoso
Investigador Principal com Habilitação
Chefe do Núcleo de Planeamento Tráfego e Segurança

BIBLIOGRAFIA

- 1 American Association of State Highway and Transportation Officials (1974). Highway Design and Operational Practices Related to Highway Safety, Second Edition.
- 2 American Association of State Highway and Transportation Officials (2002). Roadside Design Guide.
- 3 Arsénio, E. (2005). Participação do LNEC na Rede Temática Europeia ROSEBUD – Road Safety and Environmental Benefit-Cost and Cost-Effectiveness Analysis for Use in Decision Making. LNEC, Lisboa.
- 4 Arsénio, E.; Cardoso, J. L.; Macedo, A. L. (2004). Análise Custo-Benefício de Medidas de Segurança Rodoviária e dos Seus Impactes Ambientais. 3º Congresso Rodoviário Português. CRP, Lisboa.
- 5 Cardoso, J.L.; Roque, C.A. (2001). Área Adjacente à Faixa de rodagem de Estradas Interurbanas e Sinistralidade. Relatório LNEC, Lisboa..
- 6 Cardoso, João L. (2007). 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.
- 7 Elvik, R.; Høye, A.; Vaa, T.; Sørensen, M. (2009). The Handbook of Road Safety Measures. Second Edition. Elsevier Science, Oxford.
- 8 European Committee for Standardization (2005). EN 1317-1 Road Restraint Systems— Part 1: Terminology and General Criteria for Test Methods. CEN/TC 226 plenary meeting – 16/17 June 2005 in Vienna.
- 9 European Committee for Standardization (2005). EN 1317-2 Road Restraint Systems— Part 2: Performance Classes, Impact Test Acceptance Criteria and Test Methods for Safety Barriers. CEN/TC 226 plenary meeting – 16/17 June 2005 in Vienna.

10 Hayes E.; Ross, Jr. (1995). Evolution of Roadside Safety, in Roadside Safety Issues, Transportation Research Circular n°435, Transportation Research Board.

11 Instituto Português da Qualidade. (2007). NP ENV 1317-3 Sistemas de retenção rodoviários – Parte 3: Amortecedor de choque. Classes de desempenho, critérios de aceitação do ensaio de choque e métodos de ensaio. Versão portuguesa da EN 1317-3:2000.

12 Instituto Português da Qualidade. (2007). NP ENV 1317-4 Sistemas de retenção rodoviários – Parte 4: Classes de desempenho, critérios de aceitação dos ensaios de choque e métodos de ensaio para terminais e transições de barreiras de segurança.

13 HEATCO D5 (2006), Developing Harmonised European Approaches for Transport Costing and Project Assessment, Deliverable 5 - Proposal for Harmonised Guidelines, February.

14 Junta Autónoma de Estradas (1994). Norma de Traçado.

15 LNEC (1999). Participação do LNEC nos Estudos Sobre Imputação dos Encargos pela Utilização de Infra-estruturas - Primeiro Relatório, Relatório 60/99 - NTSR, Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

16 LNEC (2000). Participação do LNEC nos Estudos Sobre Imputação dos Encargos pela Utilização de Infra-estruturas - Segundo Relatório, Relatório 59/00 - NTSR, Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

17 Macário, R.; Carmona, M.; Caiado, G.; Rodrigues, A.; Martins, P.; Link, H.; Stewart, L.; Bickel, P.; Doll, C. (2003). UNITE (UNification of accounts and marginal costs for Transport Efficiency) Working Funded by 5th Framework RTD Programme. ITS, University of Leeds, Leeds.

18 Macedo, A.L. (1984). Estudos relativos ao equipamento de segurança da estrada. Guardas de Segurança (3º Relatório). Relatório do Proc.º 93/11/7487. LNEC, Lisboa.

19 Macedo, A.L.; Castilho, A.J. (1979). Estudos relativos ao equipamento de segurança da estrada. Guardas de Segurança (1º Relatório). Relatório do Proc.º 56/15/5298. LNEC, Lisboa.

20 Macedo, A.L.; Castilho, A.J. (1979). Estudos relativos ao equipamento de segurança da estrada. Guardas de Segurança (2º Relatório). Relatório do Proc.º 56/15/5298. LNEC, Lisboa.

21 NCHRP (1994). Severity Indices for Roadside Features – A Synthesis of Highway Practice, NCHRP Synthesis 202, National Research Council, Transportation Research Board.

22 RISER (2006). D06: European Best Practice for Roadside Design. European Community R&TD Project, 5th Framework Programme “Growth”, Project "RISER" GRD2/2001/50088.

23 Roque, C.A. (2001). Influência das Características da Área Adjacente à Faixa de rodagem na Sinistralidade Rodoviária. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Transportes, Instituto Superior Técnico, Lisboa.

24 Roque, C.; Cardoso, J.L. (2010). WP1 - Estado-da-Arte. Relatório Safeside - Sinistralidade Envolvendo a Área Adjacente à Faixa de Rodagem. Fundação para a Ciência e Tecnologia, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.

25 Roque, C.; Cardoso, J.L. (2010). WP2 - Análise de Dados de Sinistralidade e Modelação de Despistes. Relatório Safeside - Sinistralidade Envolvendo a Área Adjacente à Faixa de Rodagem. Fundação para a Ciência e Tecnologia, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.

26 Roque, C.; Cardoso, J.L.; Arsenio, E. (2011). WP6 - Estimativa do Custo dos Acidentes por Saída da Faixa de Rodagem. Relatório Safeside - Sinistralidade Envolvendo a Área Adjacente à Faixa de Rodagem. Fundação para a Ciência e Tecnologia, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa. Relatório LNEC 358/2011, Lisboa.

27 Roque, C.; Cardoso, J.L. (2012). WP4 - Definição de cenários tipo para acidentes envolvendo a área adjacente à faixa de rodagem. Relatório Safeside - Sinistralidade Envolvendo a Área Adjacente à Faixa de Rodagem. Fundação para a Ciência e Tecnologia, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.

28 Roque, C.; Cardoso, J.L. (2012). WP8 - Procedimento de avaliação de alternativas de intervenção. Relatório Safeside - Sinistralidade Envolvendo a Área Adjacente à Faixa de Rodagem. Fundação para a Ciência e Tecnologia, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.

29 Winkelbauer M.; Stefan, C. (2005). WP4: Testing the efficiency assessment tools on selected road safety measures. European Community R&TD Project, 5th Framework Programme “Competitive and Sustainable Growth”, Project "ROSEBUD" Road Safety and Environmental Benefit-Cost and Cost-Effectiveness Analysis for Use in Decision-Making. GTC2/2000/33020.

