

MANUAL
DE PLANEAMENTO
DAS ACESSIBILIDADES
E DA GESTÃO VIÁRIA

11



**SEGURANÇA
RODOVIÁRIA**

MANUAL
DE PLANEAMENTO
DAS ACESSIBILIDADES
E DA GESTÃO VIÁRIA

11

SEGURANÇA RODOVIÁRIA

Álvaro Jorge da Maia Seco

Professor Associado da Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade de Coimbra

Sara Maria Pinho Ferreira

Assistente da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Ana Maria Bastos Silva

Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências e
Tecnologia da Universidade de Coimbra

Américo Henrique Pires da Costa

Professor Associado da Faculdade de
Engenharia da Universidade do Porto

Ficha técnica

COLECTÂNEA EDITORIAL

Manual de Planeamento das Acessibilidades e da Gestão Viária
(13 volumes)

EDIÇÃO

Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte (CCDR-N)
Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território

COORDENAÇÃO INSTITUCIONAL

Júlio Pereira (Director de Serviços de Desenvolvimento Regional/
CCDR-N)

Mário Neves (CCDR-N)

Ricardo Sousa (CCDR-N)

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Américo Henrique Pires da Costa (Faculdade de Engenharia da
Universidade do Porto)

Álvaro Jorge Maia Seco (Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade de Coimbra)

ACOMPANHAMENTO

Composição da Comissão de Acompanhamento: CCDR-N, Gabinete
de Coordenação dos Serviços de Apoio Local, Gabinete de Apoio
Técnico do Vale do Lima, Gabinete de Apoio Técnico do Vale do
Douro Superior, Gabinete de Apoio Técnico de Entre Douro e Vouga,
Coordenador Regional da Medida 3.15 - Acessibilidades e Transportes
do ON - Operação Norte, Direcção de Estradas do Porto do Instituto das
Estradas de Portugal, Direcção Regional de Viação do Norte, Direcção
Regional de Transportes Terrestres do Norte, Município de Matosinhos,
Município de Vila Real, Município de Sernancelhe, Transportes Urbanos
de Braga

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Gabinete de Marketing e Comunicação da CCDR-N

DESIGN E PAGINAÇÃO

PRODUÇÃO

ISBN

DEPÓSITO LEGAL

DATA

*Os conteúdos expressos neste documento são da estrita
responsabilidade dos seus autores*



Apresentação

A presente colecção editorial intitulada “Manual de Planeamento das Acessibilidades e da Gestão Viária”, promovida pela Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte (CCDR-N) no seu Programa de Estudos no domínio das Políticas Públicas Locais “Análise de Casos e Elaboração de Guias de Boas Práticas em Sectores Prioritários”, tem a responsabilidade técnica de uma parceria entre a Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) e a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

O carácter eminentemente técnico desta colecção, traduzido num conjunto de linhas de orientação e recomendações das melhores práticas, baseadas em experiências nacionais e estrangeiras, contribuirá, estamos certos, para que se afirme como um elemento essencial na adopção das soluções mais adequadas.

Ciente da importância desta matéria para o desenvolvimento do Norte de Portugal, a CCDR-N promoveu o envolvimento dos potenciais destinatários, convidando um amplo conjunto de entidades a integrar uma Comissão de Acompanhamento que emitiu os seus contributos e, nomeadamente, através da participação em três sessões de trabalho temáticas (Acessibilidades e Elementos de Tráfego; Cruzamentos e Sinalização e Mobilidade Urbana), onde se procedeu a uma apreciação global positiva do trabalho apresentado, antes de uma última revisão técnica da responsabilidade dos autores.

Não podemos deixar de subscrever o então sublinhado pelos membros da Comissão de Acompanhamento em relação à importância de novos contributos como este que permitam colmatar aquela que tem sido uma das fragilidades da intervenção em matéria de infra-estruturas e serviços de transporte - a carência em legislação específica, quer ao nível municipal, quer na articulação entre as redes municipais e as redes nacionais.

Esta colecção editorial não pretende constituir-se como um conjunto de normativos ou disposições legais mas, ao facilitar uma racionalização e harmonização das intervenções e promover o diálogo entre os diferentes intervenientes (responsáveis políticos, técnicos das diversas valências, comunidades locais), representa um importante contributo para um processo de decisão informado e um referencial de “Boas Práticas” na adopção de melhores soluções.

O INIR - Instituto de Infra-Estruturas Rodoviárias, I. P., tem como principal missão fiscalizar e supervisionar a gestão e exploração da rede rodoviária, controlando o cumprimento das leis e regulamentos e dos contratos de concessão e subconcessão, de modo a assegurar a realização do Plano Rodoviário Nacional e a garantir a eficiência, equidade, qualidade e a segurança das Infra-estruturas, bem como os direitos dos utentes.

No âmbito das suas atribuições cabe exclusivamente ao INIR, I.P., a competência para o exercício de funções de Autoridade de Normalização em matéria de infra-estruturas rodoviárias, para a Rede Rodoviária Nacional, onde se incluem as Auto-estradas, Itinerários Principais e Complementares e a rede de Estradas Nacionais.

O INIR, I.P. tem vindo, nesse papel, a promover a elaboração de documentos normativos nacionais, necessários à boa execução, conservação, operação e manutenção das infra-estruturas rodoviárias. Um primeiro lote de documentos produzido encontra-se disponível para consulta no site oficial do INIR, I.P., na sua versão de Documento Base. Uma vez terminada a fase de análise e recolha de contributos aos documentos, dar-se-á início à produção da respectiva versão final, a publicar oportunamente.

Sublinhe-se que, sem prejuízo da qualidade e relevância da iniciativa, matérias contidas no Manual das Acessibilidades e Gestão Viária e versando temáticas relacionadas com as Estradas do Plano Rodoviário Nacional são da estrita responsabilidade técnica dos seus autores e editores, e não constituem matéria normativa para o Sector. Nesse domínio deve atender-se à documentação específica, produzida e divulgada pelo INIR - Instituto de Infra-Estruturas Rodoviárias, I. P., através do site www.inir.pt.

SEGURANÇA RODOVIÁRIA

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 9 |
| 1.1 ENQUADRAMENTO | 9 |
| 1.2 CONCEITOS E DEFINIÇÕES | 10 |
| 1.3 UM MODELO CONCEPTUAL EXPLICATIVO DA SINISTRALIDADE | 11 |
| 2 A CARACTERIZAÇÃO DA SINISTRALIDADE PORTUGUESA | 12 |
| 2.1 EVOLUÇÃO DA TAXA DE SINISTRALIDADE EM PORTUGAL | 12 |
| 2.2 ENQUADRAMENTO DE PORTUGAL NO CONTEXTO EUROPEU | 13 |
| 2.3 TIPIFICAÇÃO DA SINISTRALIDADE EM PORTUGAL | 15 |
| 2.4 FACTORES EXPLICATIVOS DA SINISTRALIDADE PORTUGUESA | 18 |
| 3 OS PROCESSOS DE INTERVENÇÃO EM SEGURANÇA RODOVIÁRIA | 19 |
| 3.1 PRINCÍPIOS E FORMAS DE INTERVENÇÃO EM SEGURANÇA RODOVIÁRIA | 19 |
| 3.1.1 Enquadramento | 19 |
| 3.1.2 Auditoria de Segurança Rodoviária: Características Básicas e Potencial | 20 |
| 3.1.3 Análise de Acidentes vs. Análise de Conflitos de Tráfego | 21 |
| 3.1.4 Tratamento de locais com elevada sinistralidade | 22 |
| 3.2 IDENTIFICAÇÃO DOS LOCAIS DE INTERVENÇÃO | 22 |
| 3.2.1 O levantamento e catalogação da sinistralidade | 22 |
| 3.2.2 Critérios de selecção de locais de intervenção | 23 |
| 3.3 ESTUDO DOS LOCAIS SELECIONADOS | 25 |
| 3.4 MEDIDAS CORRECTIVAS | 26 |
| 3.5 IMPLEMENTAÇÃO DAS MEDIDAS | 27 |
| 3.6 MONITORIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE EFEITOS DAS MEDIDAS IMPLEMENTADAS | 28 |
| 3.6.1 Justificação e tipologias de abordagem | 28 |
| 3.6.2 Factores condicionantes dos estudos Antes-Depois de acidentes | 29 |
| 3.6.3 Tipos de Metodologias Antes-Depois de análise de acidentes | 30 |
| 4 TIPOLOGIAS DE PROBLEMAS AO NÍVEL DA INFRA-ESTRUTURA | 33 |
| 4.1 INTRODUÇÃO | 33 |
| 4.2 SOLUÇÕES TECNICAMENTE CORRECTAS MAS SEM CAPACIDADE DE RESPOSTA | 33 |
| 4.3 SOLUÇÕES TECNICAMENTE CORRECTAS MAS “SUB-STANDARD” | 34 |
| 4.4 SOLUÇÕES TECNICAMENTE CORRECTAS MAS COM MANUTENÇÃO DEFICIENTE | 34 |
| 4.5 SOLUÇÕES DESADEQUADAS FUNCIONALMENTE | 34 |
| 4.6 SOLUÇÕES TECNICAMENTE DEFICIENTES | 35 |

| | |
|---|----|
| 5 REGRAS E SOLUÇÕES DE PROJECTO VS. SEGURANÇA RODOVIÁRIA | 37 |
| 5.1 INTRODUÇÃO | 37 |
| 5.2 MEDIDAS DE CARÁCTER GERAL | 37 |
| 5.2.1 Melhoria dos níveis de visibilidade | 37 |
| 5.2.2 Sinalização Rodoviária | 38 |
| 5.2.3 Melhoria das características superficiais dos pavimentos | 39 |
| 5.2.4 Iluminação Pública | 39 |
| 5.3 SEGURANÇA EM TROÇOS DE ESTRADA CORRENTE | 40 |
| 5.3.1 Melhoria das Condições de Ultrapassagem | 40 |
| 5.3.2 Melhoria das condições da área adjacente à faixa de rodagem | 41 |
| 5.4 SEGURANÇA NOS CRUZAMENTOS | 41 |
| 5.4.1 Canalização das correntes de tráfego | 41 |
| 5.4.2 Cruzamentos prioritários | 47 |
| 5.4.3 Rotundas | 44 |
| 5.4.4 As soluções semaforizadas | 46 |
| 5.5 MEDIDAS DE ACALMIA DE TRÁFEGO | 50 |
| 5.5.1 Enquadramento geral | 50 |
| 5.5.2 Pré-avisos - Bandas Sonoras/Cromáticas | 58 |
| 5.5.3 As Lombas e Plataformas | 52 |
| 5.5.4 Gincanas | 53 |
| 5.5.5 Estrangulamentos | 53 |
| 5.5.6 Rotundas de "acalmia de tráfego" | 54 |
| 5.5.7 Semáforos de Controlo de Velocidade | 54 |
| 5.5.8 Portões Virtuais | 55 |
| 5.5.9 Níveis de impacto previsíveis das medidas de acalmia de tráfego | 55 |
| 6 BIBLIOGRAFIA | 57 |

SEGURANÇA RODOVIÁRIA

1. INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

Segundo o Plano Nacional de Prevenção Rodoviária (PNPR) (Ministério da Administração Interna, 2003) à data morriam, em média por dia em Portugal, 4 pessoas e ficam feridas 150, 85% das quais em estado grave. Apesar das normais dificuldades em se estabelecerem indicadores comparativos com outros países, nomeadamente em relação a outros Estados da União Europeia, verifica-se que a estrutura de sinistralidade em Portugal é ainda negativa, embora e particularmente desde o final da década de 90, que os resultados alcançados sejam extremamente encorajadores e permitam perspectivar uma evolução positiva.

A avaliação das causas que condicionam a segurança rodoviária Portuguesa aponta para múltiplos factores relacionados com o trinómio que forma o sistema de tráfego rodoviário, sendo, no entanto, maioritariamente um problema atribuído a comportamentos inadequados dos condutores associados a falências da própria infra-estrutura rodoviária.

Por outro lado, a caracterização da sinistralidade em Portugal (ANSR, 2007), evidencia o peso assumido pelos acidentes dentro das localidades (68%) derivados na sua maioria de colisões (54%) e atropelamentos (23%), os quais justificam respectivamente 38% e 32% das vítimas mortais registadas neste ambiente rodoviário. Também o número de fatalidades relacionadas com os peões assume uma expressão significativa dentro das localidades onde representa mais de 65% de todos os peões mortos, sendo que 45% destes últimos ocorrem em condições nocturnas.

Nesse contexto, o PNPR preconizou como objectivo geral a redução em 50% do número de mortos e de feridos graves até 2010, relativamente à média de 1998-2000, e ainda, a redução em 60% do número de mortos e feridos graves dentro das localidades; de peões e de utentes de veículos de duas rodas a motor mortos e feridos graves. A concretização de um conjunto de acções no âmbito do PNPR (particularmente um largo conjunto de medidas legislativas) afigurou-se particularmente positiva, tendo-se desde 2003, registado progressos consideráveis nos segmentos prioritários então definidos, designadamente ao nível dos peões, veículos pesados e embora com menor intensidade nos veículos de 2 rodas. Apesar disso e segundo a Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR) (2007), os acidentes com vítimas dentro das localidades correspondem a cerca de 70% do total, pelo que deverão continuar a justificar e motivar uma atenção redobrada. Também os condutores mais velhos e os maiores de 35 anos nas 2 rodas, continuam a constituir grupos de risco a seguir com particular cuidado.

Apesar destes objectivos já terem sido atingidos, por Portugal, em 2006, a expressão destes números continua a justificar que o problema da sinistralidade rodoviária seja objecto de intervenções técnicas especializadas nos diferentes domínios envolvidos, nomeadamente através da definição de estratégias e de meios de actuação conducentes ao condicionamento e à alteração do comportamento dos condutores, mas também através de uma estratégia de intervenção correctiva e requalificativa sistemática sobre a infra-estrutura rodoviária.

O presente documento aborda a problemática da segurança rodoviária numa perspectiva essencialmente virada para as questões ligadas à influência, isolada ou combinada da infra-estrutura sobre os níveis e tipologias da sinistralidade, havendo ainda um enfoque muito particular sobre os problemas no ambiente rodoviário Português.

É, depois, apresentada uma metodologia base de análise deste tipo de problemas, com referência aos procedimentos e fases habituais inerentes a um processo de intervenção para mitigação da sinistralidade, apresentando-se também alguns dos métodos de análise mais utilizados na avaliação dos efeitos de medidas mitigadoras sobre a segurança rodoviária dos elementos infra-estruturais intervencionados.

Focalizado nos problemas específicos da sinistralidade ligada à infra-estrutura, são ainda apresentadas, de forma sucinta mas estruturada, algumas das principais deficiências, a este nível, mais comuns em Portugal.

Finalmente, é feita uma apresentação de um conjunto de regras e soluções tipo, em grande parte de baixo custo de aplicação, quer ao nível do projecto base, quer ao nível de intervenções específicas em matéria de segurança rodoviária.

1.2 CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Na Segurança Rodoviária existem alguns conceitos que importa conhecer para os contextualizar nos capítulos a seguir apresentados. Assim, indicam-se de seguida algumas definições que se julgam serem fundamentais retiradas do relatório anual sobre a sinistralidade rodoviária (ANSR, 2007, Ministério da Administração Interna, 2003):

Acidente: ocorrência na via pública ou que nela tenha origem envolvendo pelo menos um veículo, do conhecimento das entidades fiscalizadoras (GNR, GNR/BT e PSP) e da qual resultem vítimas e/ou danos materiais.

Acidente com vítimas: acidente do qual resulte pelo menos uma vítima.

Vítima: ser humano que, em consequência de acidente, sofra danos corporais.

Morto ou vítima mortal: vítima de acidente cujo óbito ocorra no local do evento ou no seu percurso até à unidade de saúde. Para obter o número de mortos a 30 dias (definição internacional), aplica-se a este valor um coeficiente de 1,14.

Ferido grave: vítima de acidente cujos danos corporais obriguem a um período de hospitalização superior a 24 horas.

Ferido leve: vítima de acidente que não seja considerada ferido grave.

Condutor: pessoa que detém o comando de um veículo ou animal na via pública.

Passageiro: pessoa afecta a um veículo na via pública e que não seja condutora.

Peão: pessoa que transita a pé na via pública e em locais sujeitos à legislação rodoviária. Consideram-se ainda peões todas as pessoas que conduzam à mão velocípedes ou ciclomotores de duas rodas sem carro atrelado ou carros de crianças ou de deficientes físicos.

Índice de gravidade: número de mortos por 100 acidentes com vítimas.

Indicador de gravidade: $IG = 100 \frac{M+10 \cdot FG+3 \cdot FL}{M}$, em que M é o número de mortos, FG o de feridos graves e FL o de feridos leves.

Ponto negro: lanço de estrada com o máximo de 200 metros de extensão, no qual, no ano em análise, se registou, pelo menos, 5 acidentes com vítimas e cujo valor do indicador de gravidade é superior a 20.

Auditoria de Segurança Rodoviária: conjunto de procedimentos, executados por entidade independente do dono de obra e do projectista, destinados a incorporar, de modo explícito e formal, os conhecimentos e informações relativos à Segurança Rodoviária (SR) no planeamento e projecto de estradas, com as finalidades de mitigar o risco de acidente e de reduzir as respectivas consequências.

1.3 UM MODELO CONCEPTUAL EXPLICATIVO DA SINISTRALIDADE

A investigação incidente sobre o estudo dos problemas de segurança apoia-se habitualmente num modelo onde o número de vítimas é proporcional a três factores:

$$\text{Vítimas} = \text{Exposição} \times \text{Risco} \times \text{Gravidade}$$

$$= \text{Exposição} \times \frac{\text{Acidentes}}{\text{Exposição}} \times \frac{\text{Vítimas}}{\text{Acidentes}}$$

No entanto importa perceber que existem dois conceitos ligados ao “risco” (Seco e Pires da Costa, 2002).

Para cada situação de tráfego, seja ela a circulação de um automóvel a uma determinada velocidade ao longo de um troço de estrada com determinadas características geométricas básicas, seja a execução de uma ultrapassagem, pode-se considerar que existe um “Risco Intrínseco” associado a essa situação que reflecte a sua perigosidade natural e que representa a probabilidade de ocorrência de uma ruptura no funcionamento normal do sistema de tráfego através da ocorrência de um acidente quando essa situação envolve utilizadores “normais”, que utilizam modos de transporte com características funcionais adequadas, numa infra-estrutura adequadamente projectada, mantida e operada e, finalmente, em condições de ambiente envolvente (climáticas, de visibilidade, condições de circulação/congestionamento ...) normais.

No entanto, cada situação ocorre em diferentes locais e estão envolvidos diferentes utilizadores do sistema, utilizando diferentes modos de locomoção gerando, deste modo, em cada situação um nível diferente de perigosidade que se poderá designar de “Risco Real”. Assim, genericamente, o “Risco Real” associado a uma determinada situação de tráfego do tipo (i) pode ser caracterizado da forma apresentada na expressão (1).

$$\text{RREAL}_i = f(\text{RIS}_i; \text{CON}; \text{VEÍ}; \text{INF}; \text{AMB}) \quad (1)$$

11

Em que:

RREAL_i - Risco Real associado à Situação do tipo (i)

RIS_i - Risco Intrínseco associado à Situação do tipo (i)

CON - Factor de ponderação da influência dos Utentes envolvidos

VEÍ - Factor de ponderação da influência dos Veículos envolvidos

INF - Factor de ponderação da influência da Infra-estrutura

AMB - Factor de ponderação da influência do Ambiente envolvente

Por outro lado, os níveis de sinistralidade ao longo de um período de tempo numa qualquer rede rodoviária associados a cada tipo de situação de tráfego dependem não só do “Risco Real” associado a cada situação ocorrida, mas também da frequência de ocorrência desse tipo de situação, que habitualmente se designa por “Exposição ao Risco”.

Genericamente estes níveis de sinistralidade podem ser caracterizados da forma apresentada na expressão (2).

$$\text{SINIS}_i = g(\text{RREAL}_i; \text{EXP}_i) \quad (2)$$

Em que:

SINIS_i - Sinistralidade associada à Situação do tipo (i)

EXP_i - Frequência de ocorrência de uma Situação do tipo (i)

Finalmente, como é mostrado na expressão (3), do somatório dos níveis de sinistralidade relativos a cada tipo de situação de tráfego resultará, naturalmente, o “Nível Global de Sinistralidade” do sistema rodoviário que estiver em consideração.

$$\text{Nível Global de Sinistralidade} = \sum_{i=1}^n (\text{SINIS}_i) \quad (3)$$

2. A CARACTERIZAÇÃO DA SINISTRALIDADE EM PORTUGAL

Por ano, morrem em todo o mundo mais de 1 milhão de pessoas e cerca de 10 milhões ficam feridos em acidentes rodoviários.

É, também, dramático perceber que o acidente rodoviário é a primeira causa de morte entre a classe etária dos 3 aos 35 anos de idade e que os custos dos acidentes só na Europa, em 1995, atingiram os 150 mil milhões de euros (cerca de 2% do PIB). Em Portugal, o custo dos acidentes com vítimas atingiu, em 2001, mais de 2 mil milhões de euros, o que representou 0,82% do PIB daquele ano.

Para melhor se entender a dimensão e tipologia dos problemas portugueses ligados à segurança rodoviária, mas também as suas tendências de evolução ao longo dos últimos anos e previsível no futuro próximo, apresentam-se a seguir alguns elementos estatísticos recentes relativos a Portugal e ao seu enquadramento no contexto europeu (ANSR, 2007), UE (DGET, 2004).

2.1 EVOLUÇÃO DA TAXA DE SINISTRALIDADE EM PORTUGAL

A Figura 1 mostra a evolução dos acidentes com vítimas em Portugal ao longo dos últimos 20 anos, na qual, não obstante algumas oscilações, se verifica uma clara tendência decrescente a partir de 1998.



Figura 1 - Evolução dos acidentes com vítimas e índice de gravidade

Também a gravidade “média” dos sinistros, caracterizada pelo indicador “índice de gravidade”, que é uma forma de representar a probabilidade de morte no envolvimento em acidentes com vítimas, tem vindo a descer significativamente desde 1986.

O verdadeiro grau de evolução deste problema é ainda mais perceptivo se se analisar a evolução verificada nos últimos 20 anos ao nível no “risco” de morte ou envolvimento num acidente com vítimas, representando este a probabilidade de ocorrência de uma dessas situações quando se percorre uma determinada distância de referência.

Para tal, na Figura 2 é apresentado um conjunto de dados sobre a evolução da sinistralidade em Portugal ao longo do período 1989-2007, mas onde se procedeu à “correção” dos dados através de um esforço de eliminação do efeito do crescimento da “exposição” ao longo dos anos resultante do crescimento muito rápido do parque automóvel e, provavelmente, das quilómetros médios percorridos pelos automobilistas. Como variável representativa da variação no tempo da exposição ao risco de acidente usou-se o volume de combustíveis consumido em Portugal em cada ano.

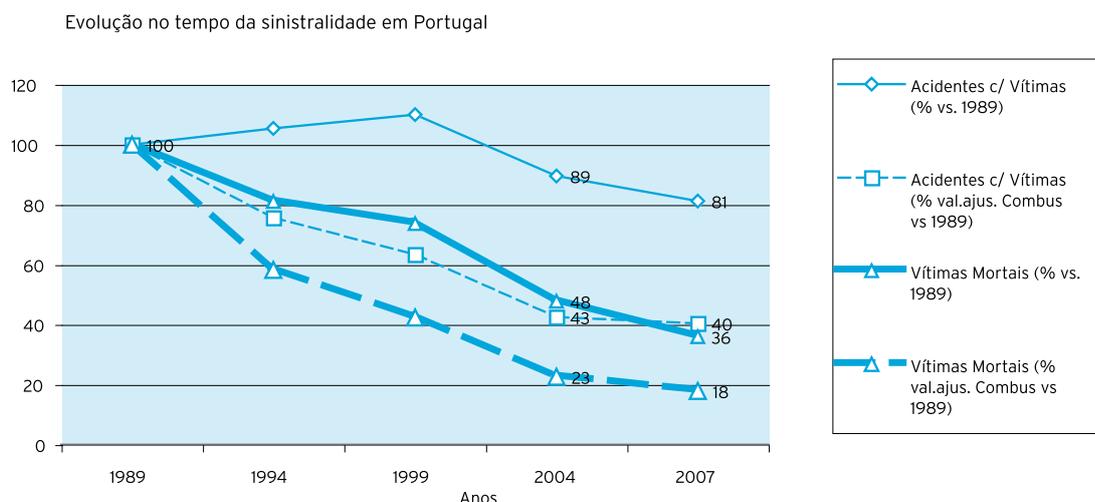


Figura 2 - Evolução do risco de envolvimento em acidentes com vítimas relativamente a 1989

É possível constatar que se entre 1988 e 2007 o número de acidentes com vítimas apenas diminuiu em cerca de 19%, já quando se estuda o risco de envolvimento num acidente desse tipo ao longo de uma determinada distância de referência, verifica-se que este baixou significativamente mais, passando para cerca de 40% do valor inicial.

Do mesmo modo, se no mesmo período o número de mortes baixou para cerca de 36% do valor inicial, já o risco de morte por unidade de distância percorrida diminuiu mais de quatro vezes, passando para cerca de 18% do valor inicial.

2.2 ENQUADRAMENTO DE PORTUGAL NO CONTEXTO EUROPEU

A Figura 3 apresenta o número de vítimas mortais por 1.000.000 de habitantes registados em acidentes rodoviários nos diferentes países da UE25 no período compreendido entre 1995 e 2006.

Neste período, a redução da sinistralidade rodoviária em Portugal apresentou a melhor evolução de toda a Europa dos 25 (54,5% vs. 28,3% da média comunitária). Desde 1995, Portugal passou da cauda da Europa (Europa dos 15) para uma posição muito próxima da média europeia, em 2006 (Europa dos 27). Considerando os mesmos 15 países membros da CEE, neste período, Portugal ultrapassou, nas estatísticas internacionais, três deles (Itália, Bélgica e Grécia). Merece igualmente referência a aproximação à média europeia, em mortos por milhão de habitantes.

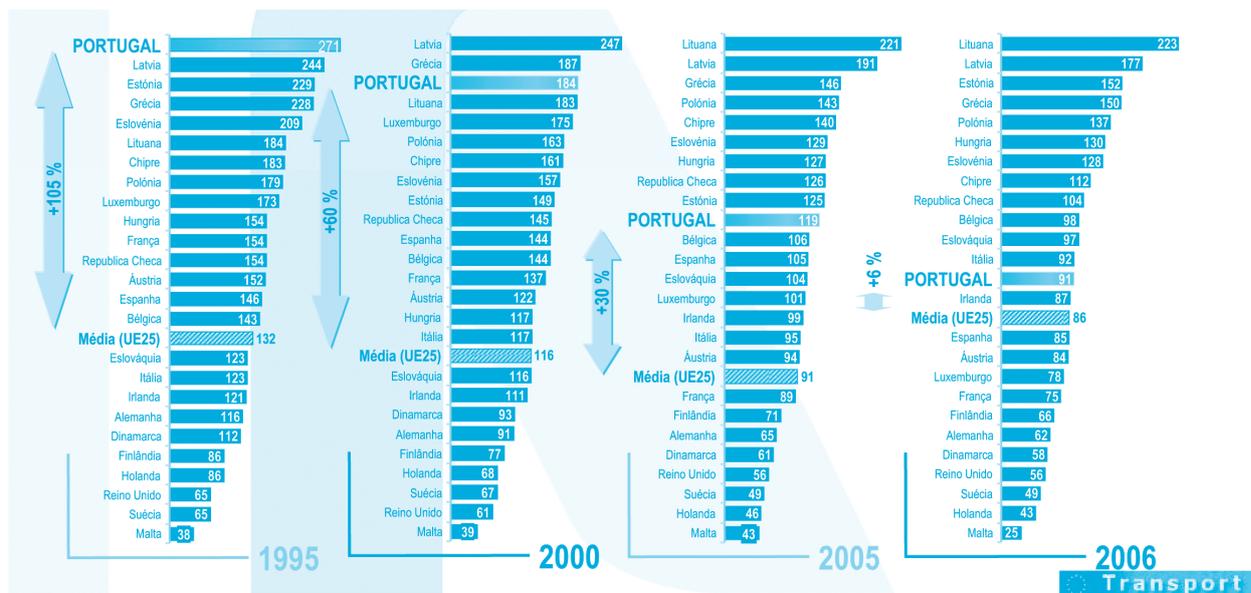


Figura 3 - Vítimas mortais por um milhão de habitantes (1995 a 2006), (ANSR, 2008)

Também o PNPR, na comparação que faz da situação em Portugal relativamente à da UE25 e tendo como referência os anos 2000 e 2001 refere que:

- A taxa de mortos por habitante em Portugal era nessa altura superior em quase 50% à da média dos países da UE, sendo a segunda pior de entre todos os países (o que como se vê na figura 3, já não era inteiramente verdade em 2003);
- Em relação aos peões, Portugal representava uma das situações mais desfavoráveis (2ª pior), com uma taxa superior ao dobro da média dos países da UE;
- Também em relação aos veículos de 2 rodas com motor se verificava uma taxa superior ao dobro da média da UE;
- A taxa de mortos do utente em veículo automóvel era menos desfavorável, com valores apenas 25% superiores em relação à média da UE;
- As crianças morriam em média mais 34% face à UE.

No entanto, uma análise mais detalhada da evolução da sinistralidade portuguesa ao longo de uma escala temporal mais alargada em comparação com a observada num conjunto de países da EU com características específicas particulares (ver a Figura 4), permite identificar uma dinâmica evolutiva que, apresenta um padrão francamente melhor que a média, o que em grande parte se deve ao estágio de desenvolvimento socio-económico que o país tem vindo a atravessar.

Na mesma figura pode-se verificar que a curva relativa à situação nacional apresenta, particularmente nos últimos anos um comportamento semelhante ao da vizinha Espanha, apesar deste último apresentar um nível de desenvolvimento socio-económico superior e que se encontra num nível francamente mais avançado relativamente por exemplo à Letónia e Grécia, os quais, em termos socio-económicos, por sua vez, se encontram mais atrasados comparativamente a Portugal.

Por outro lado, importa referir que nos últimos anos, as taxas de sinistralidade se têm vindo a aproximar da média europeia embora ainda se encontrem acima dos registados por alguns países considerados como *benchmarks* relativamente a esta matéria, como são a Suécia e o Reino Unido. Apesar de Portugal, em 2006 apresentar taxas de sinistralidade cerca de 1,5 vezes superiores, a verdade é que nos últimos anos se verificou uma tendência significativa de redução dessas diferenças.

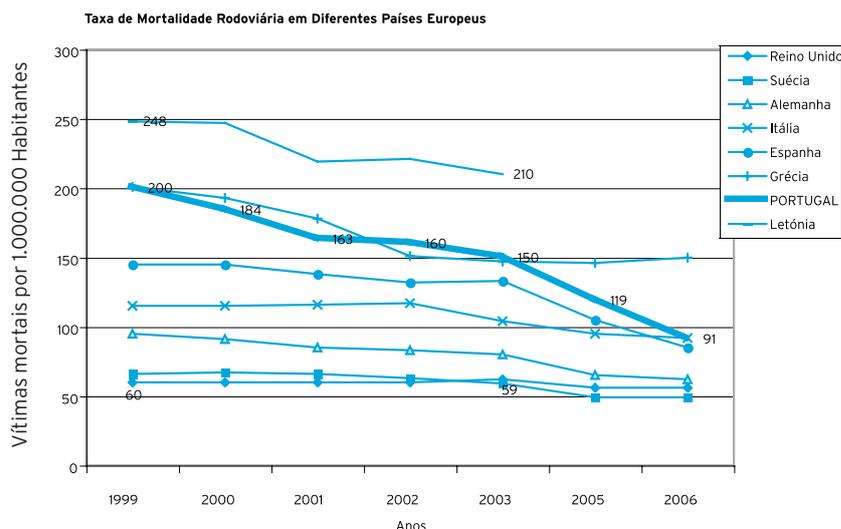


Figura 4 - Evolução no tempo do número de vítimas mortais em vários países europeus

Este efeito de convergência é ainda mais notório quando a comparação é feita com países mais representativos de um certo referencial "latino" como são a Itália e a Espanha já que, relativamente a estes países, os valores apresentados por Portugal, em 2006, à data da redação deste texto, ainda não estavam disponíveis, são já bastante comparáveis, tendo-se mesmo ultrapassado os níveis atingidos pela Itália.

Este padrão evolutivo do passado recente português e o conhecimento dos padrões típicos de outros países mais desenvolvidos permite perspectivar a nossa tendência natural de evolução previsível para o futuro próximo.

De facto, como elementos de referência para uma análise prospectiva do que poderá ser a evolução da sinistralidade em Portugal a mais longo prazo, vale a pena notar que nos países mais avançados a evolução recente da taxa de sinistralidade é marcada por uma tendência de redução relativamente lenta (ver curvas referentes à Itália, Alemanha, Reino Unido ou Suécia na Figura 4), indiciando que, a partir de determinado patamar as melhorias a este nível vão sendo, como seria de esperar, progressivamente mais difíceis de obter.

Estas conclusões são reforçáveis com uma análise mais aprofundada de outros dados disponíveis ao nível da EU que mostram, por exemplo, que quer a Suécia quer o Reino Unido demoraram cerca de 30 anos e a Alemanha 15 anos para atingirem a última redução de 50% nos valores da sinistralidade.

Da análise dos dados apresentados parece, assim, poder afirmar-se que, no que respeita ao número de mortos e de feridos graves, Portugal está em boas condições para, durante os próximos anos, apresentar melhorias significativas das taxas de sinistralidade, tendencialmente convergentes ou ultrapassando mesmo as metas fixadas pelo PNPR e, basicamente, convergentes com os valores apresentados pelos países considerados *benchmarks* nesta matéria.

No entanto, estes dados parecem também sugerir que, a evolução num horizonte temporal mais longo, não será facilmente tão positiva, sendo para tal indispensável, a adopção de um programa nacional de redução sistemática da sinistralidade rodoviária nacional, com uma vigência de médio-longo prazo, técnica e cientificamente fundamentado.

2.3 TIPIFICAÇÃO DA SINISTRALIDADE EM PORTUGAL

Tendo por base os acidentes com vítimas registados durante o ano de 2007 (ANSR, 2007), verificam-se alguns aspectos relevantes na distribuição dos acidentes, os quais merecem ser avaliados.

Dos 35311 acidentes com vítimas ocorridos em 2007 resultaram 854 mortos, 3116 feridos graves e 43207 feridos leves, sendo que se registaram reduções significativas de todos os indicadores de sinistralidade em relação ao ano de 2006.

A maioria dos acidentes e das vítimas ocorreu durante o dia [9h00-21h00] (70,3% e 69,2%, respectivamente), sobretudo entre as 15 e as 21 horas. Contudo, foi durante o período nocturno (entre as 3 e as 6 horas) que se registaram os acidentes com maior gravidade (6,1 vítimas mortais por 100 acidentes, sendo o valor médio anual de 2,4, conforme se pode observar na Figura 5).

83% dos acidentes e 82,4% do total de vítimas foram registados sob condições climatéricas e de visibilidade favoráveis. Contudo, os que ocorreram sob condições adversas (neve, nevoeiro, granizo ou vento forte), apesar de pouco numerosos, associaram-se a um elevado índice de gravidade (5,3).

A colisão continuou, à semelhança de períodos anteriores, a ser o tipo de acidente mais frequente, sendo responsável por 52,5% dos acidentes e 56,5% das vítimas - muito embora a gravidade dos acidentes tenha sido superior no caso dos despistes e dos atropelamentos.

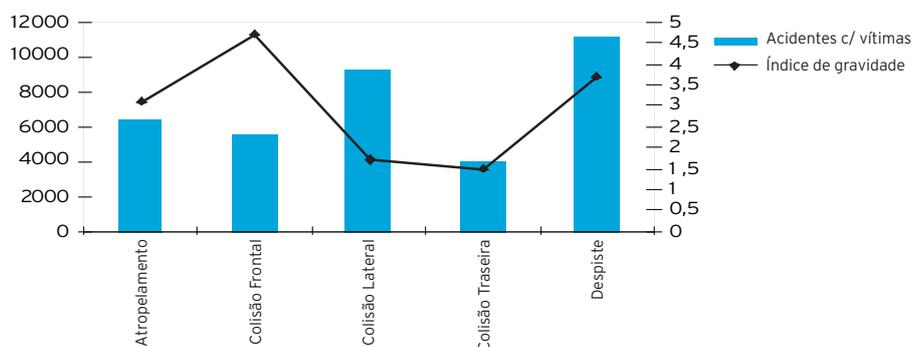


Figura 5 - Distribuição dos acidentes c/ vítimas e índice de gravidade segundo a sua natureza

É curioso e preocupante constatar que, como se pode ver na Figura 6, a maior parte dos acidentes ocorreram dentro das localidades (70,4% acidentes e 67,1% vítimas), embora os acidentes que assumiram maior gravidade, nomeadamente os que envolvem vítimas mortais tenham ocorrido fora das localidades (60,1% do total de mortos e índice de gravidade: 4,9 fora das localidades/1,4 dentro das localidades).

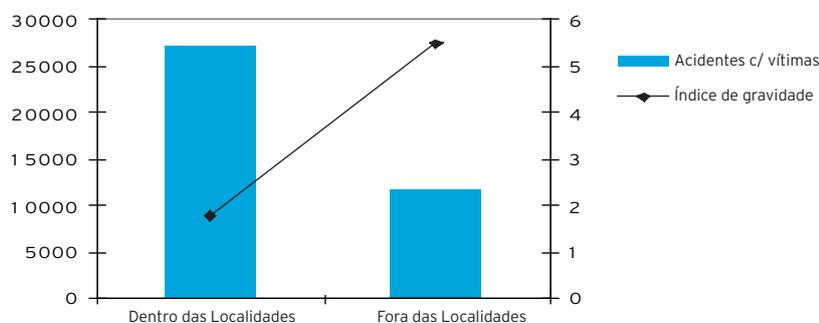


Figura 6 - Distribuição dos acidentes c/ vítimas e índice de gravidade segundo a localização das vias

Quando é avaliado o peso dos acidentes por tipo de via (ver a Tabela 1), verifica-se que 55,5% dos acidentes com vítimas e 51,5% do total de vítimas se registaram em vias municipais dentro das localidades, apesar de continuar a ser nas estradas nacionais (e florestais) que ocorre o maior número de vítimas mortais, sendo responsáveis por 52,4% do total de mortes provocadas por acidentes de viação, apesar de a percentagem de acidentes com vítimas neste tipo de vias ser de apenas 37,5%.

Ao agregar os acidentes por ambiente rodoviário (ver também a Tabela 1), ou seja, os registados dentro das localidades e nas vias municipais localizadas fora das localidades, verifica-se que este tipo de vias originárias de projectos com velocidades base mais reduzidas, são responsáveis por cerca de 74% das vítimas dos acidentes e de 96% dos peões vitimados. A situação é ainda mais dramática quando se verifica que este ambiente rodoviário é responsável por cerca de 49% do global das vítimas mortais e 66,4% do global de peões mortos.

Tabela 1 - Número de acidentes e de vítimas por ambiente rodoviário em 2007 em Portugal

| Localização dos Acidentes | Vítimas Mortais | | | | Total de Vítimas | | | | Acidentes c/ Vítimas | |
|---------------------------------|-----------------|-------|-------|------|------------------|-------|-------|------|----------------------|-------|
| | Todas | | Peões | | Todas | | Peões | | N | % |
| | N | % | N | % | N | % | N | % | | |
| Dentro de Localidades | 341 | 39.9 | 87 | 63.5 | 31646 | 67.1 | 5950 | 94.1 | 24842 | 70.4 |
| Vias Municipais | 207 | 24.2 | 58 | 42.3 | 24275 | 51.5 | 5434 | 85.9 | 19584 | 55.5 |
| EN/ER | 134 | 15.7 | 29 | 21.2 | 7371 | 15.6 | 516 | 8.2 | 5258 | 14.9 |
| Fora das Localidades | 513 | 60.1 | 50 | 36.5 | 15526 | 32.9 | 376 | 5.9 | 10469 | 29.6 |
| Vias Municipais | 80 | 9.4 | 5 | 3.6 | 3350 | 7.1 | 107 | 1.7 | 2468 | 7.0 |
| Outras Nacionais/ Florestais | 321 | 37.6 | 31 | 22.6 | 8576 | 18.2 | 228 | 3.6 | 5719 | 16.2 |
| AE | 112 | 13.1 | 14 | 10.2 | 3600 | 7.6 | 41 | 0.6 | 2282 | 6.5 |
| Total | 854 | 100.0 | 137 | 16.0 | 47172 | 100.0 | 6326 | 13.4 | 35311 | 100.0 |

A análise da tipologia da sinistralidade portuguesa em função do grupo etário (ver a Figura 7), mostra que os jovens são os que mais morrem nas estradas portuguesas. O grupo etário dos 20 aos 24 é o que apresenta um maior risco de morte logo seguido do grupo dos 25 aos 29, o que muito provavelmente se deve à influência dos “recém-encartados” e dos motociclistas.

A partir dessas idades verifica-se uma tendência descendente do risco de mortalidade a qual volta a sofrer um ligeiro aumento para as idades superiores aos 50 anos, o que, muito provavelmente estará, neste caso, relacionado com a perda das capacidades sensoriais dos condutores (ver também a Figura 7).

Na realidade, quando analisados os acidentes que envolvem a morte de peões, evidencia-se o peso dos utentes mais vulneráveis, designadamente dos mais velhos, particularmente dos com mais de 65 anos, onde os peões mortos representam mais de 8% da globalidade dos mortos neste grupo.

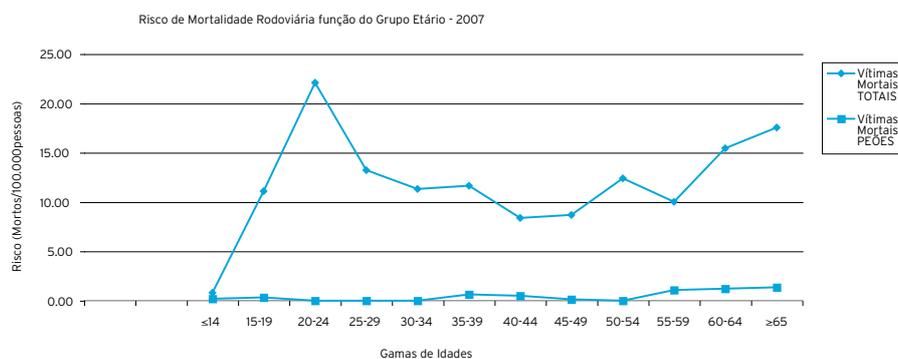


Figura 7 - Risco de mortalidade rodoviária em Portugal em 2007 função do grupo etário

2.4 FACTORES EXPLICATIVOS DA SINISTRALIDADE PORTUGUESA

Tem sido largamente debatida a importância assumida por cada uma das componentes do sistema de tráfego na geração dos acidentes, sendo que é consensual que o acidente é uma consequência indesejável do funcionamento do sistema de transportes em resultado de uma inadequação entre as exigências do sistema e as capacidades do conjunto condutor-veículo (Cardoso, 1996).

São vários os estudos de acidentes onde o condutor, de uma forma directa ou indirecta, transparece como a causa dominante na maioria dos acidentes rodoviários. No entanto, o ambiente rodoviário também assume um papel bastante relevante já que directa ou indirectamente tende a condicionar de forma significativa o comportamento do condutor. Estudos dos anos 80 citados por Cardoso, (1996) identificam factores contributivos para os acidentes relacionados com o condutor e com o ambiente rodoviário em cerca de 94% e 34% dos acidentes, respectivamente.

Em Portugal, o PNPR (Ministério da Administração Interna, 2003) identifica um conjunto alargado de factores como sendo os que mais condicionam a segurança rodoviária no país, os quais abrangem directa ou indirectamente 2 das 3 componentes principais do sistema de tráfego rodoviário, mas abrangem também outros factores exógenos, ligados nomeadamente à organização dos serviços de apoio e à falta de formação específica na área. São eles:

Condutor:

- Comportamentos inadequados dos utentes da infra-estrutura rodoviária, com frequentes violações ao Código da Estrada;
- Falta de educação cívica de uma parte significativa de condutores agravada pela sensação de impunidade, resultante da pouca eficácia do circuito fiscalização/notificação/decisão/punição do infractor;
- Sistema de formação e avaliação de condutores inadequado.

Infra-estrutura e ambiente envolvente:

- Infra-estrutura rodoviária com deficiências de várias ordens nas diferentes fases do respectivo ciclo de vida, nomeadamente, no que respeita às inconsistências ao nível do projecto, a falta de qualidade na construção, ao tratamento inadequado da área adjacente à faixa de rodagem e às deficiências na conservação, incluindo as referentes à manutenção de equipamentos de segurança.

Outros aspectos relevantes

- Insuficiente conhecimento das causas da sinistralidade;
- Insuficiente preparação técnica de parte dos intervenientes no sistema em causa;
- Deficiente coordenação nas actividades das várias entidades (públicas e privadas) com responsabilidades de intervenção no sistema rodoviário e na respectiva segurança;

- Insuficiente coordenação na promoção de campanhas de informação/sensibilização dos utentes;
- Insuficiente empenhamento do sistema educativo na educação rodoviária das crianças e jovens;
- Benevolente sancionamento dos infractores pelas autoridades judiciais.

Desta lista ressalta que a sinistralidade rodoviária se deve, em grande medida, à prática de comportamentos inadequados mas também, e em grande parte, a falências do sistema de tráfego rodoviário, as quais muitas das vezes estão na base da geração desses comportamentos erráticos.

Tal constatação justifica, no que concerne o domínio da Engenharia Rodoviária, que o problema em causa seja objecto de análise e sejam definidas metodologias de intervenção técnica especializada sobre a infra-estrutura dirigidas à mitigação dos problemas de sinistralidade.

3. OS PROCESSOS DE INTERVENÇÃO EM SEGURANÇA RODOVIÁRIA

3.1 PRINCÍPIOS E FORMAS DE INTERVENÇÃO EM SEGURANÇA RODOVIÁRIA

3.1.1 Enquadramento

A ocorrência de um determinado número de acidentes está dependente da interacção entre a probabilidade de um acidente ocorrer num determinado local e o número de situações existentes que potenciem a ocorrência do acidente, ou seja, a interacção entre o risco e a exposição, respectivamente.

Qualquer processo de intervenção dirigido para a melhoria da Segurança Rodoviária (SR) incide sobre um ou ambos os factores, podendo estes processos serem classificados em função da forma base de abordagem, respectivamente prevenção e redução.

O primeiro tipo de abordagem é efectuado sem ter por base uma análise caso a caso das características dos sinistros, estando antes associada à revisão periódica de normas rodoviárias e à execução de estudos de impacte sobre a segurança, os quais podem incidir em diferentes fases do projecto, nomeadamente:

- na fase do planeamento e projecto para fundamentar eventuais decisões sobre investimentos na rede rodoviária;
- na fase de planeamento e concepção recorrendo à Avaliação do Impacte na Segurança Rodoviária para apoio na avaliação de cenários alternativos, e onde os custos dos acidentes são integrados nos custos de utilização;
- na fase de projecto e construção mediante a aplicação dos princípios da segurança nos projectos de vias, recorrendo-se normalmente às Auditorias de Segurança Rodoviária (ASR), inspecções de segurança rodoviária e a campanhas de prevenção.

As acções integradas no segundo tipo de abordagem resultam da avaliação do número e características dos acidentes ocorridos num determinado local e são direccionadas para mitigar essa sinistralidade. Estas acções podem ser classificadas nos seguintes 4 grupos:

- Tratamento de pontos ou zonas de acumulação de acidentes;
- Tratamento de um itinerário ou rua;

- Tratamento de zonas ou grandes áreas;
- Aplicação sistemática de um tipo de tratamento a uma determinada estrada, itinerário ou parcela da rede.

Os princípios da SR devem ser considerados quer no projecto de novas vias quer na manutenção e correcção das vias existentes. Estes princípios devem ser aplicados às seguintes áreas:

- Geometria da via;
- Pavimento;
- Marcas rodoviárias;
- Sinalização e mobiliário urbano;
- Gestão do tráfego.

De qualquer modo, em qualquer tipo de abordagem ao nível da infra-estrutura é importante integrar os três princípios de segurança que asseguram um sistema viário seguro sustentável (Wegman, 1997):

- Utilização das vias correspondente à função atribuída;
- Homogeneidade de traçado, prevenindo grandes diferenças nas velocidades, direcções e massas dos veículos (que se relacionam fortemente com os respectivos níveis de vulnerabilidade em caso de acidente, como é o caso dos peões, ciclistas e, mesmo, motociclos, face aos veículos motorizados ligeiros e pesados);
- Previsibilidade, evitando a existência de situações pouco usuais que contrariem as expectativas ao longo do percurso e o comportamento dos utilizadores.

Segundo a experiência internacional, a correcção de deficiências da infra-estrutura, traduz-se numa redução, a curto prazo, do nível de sinistralidade, sendo que o tratamento de zonas de acumulação de acidentes é o que apresenta maiores níveis de eficácia (maior percentagem de redução de acidentes) e com menores custos.

Em zona urbana é, no entanto, vantajoso considerar o tratamento de grandes áreas já que proporciona a leitura das características físicas e funcionais do meio rodoviário envolvente, influenciando a escolha da medida para a sua integração no meio e reflectindo-se na homogeneidade da rede.

3.1.2 Auditoria de Segurança Rodoviária (ASR): Características Básicas e Potencial

A ASR é um procedimento formal de análise de segurança rodoviária do projecto de uma futura via ou de reabilitação de uma via existente, com o objectivo de identificar características geométricas que possam ser factores de insegurança. A auditoria é realizada por uma equipa constituída por dois ou mais auditores independentes e qualificados que elaboram um relatório onde indica os elementos potenciais de insegurança identificados no projecto e avaliam o seu efeito na segurança da utilização da obra. A velocidade de circulação é a variável mais utilizada para esta avaliação por ser a que, de uma forma abrangente, melhor define a utilização da estrada na sua relação com as características do traçado, sendo, por outro lado, um bom indicador dos níveis de SR atingidos (Bairrão, 1999). Utilizam-se ainda outras variáveis relativas às características geométricas do traçado sendo, no entanto, difícil de isolar os seus efeitos surgindo, talvez por isso, resultados contraditórios ao nível da investigação internacional.

Para uma abordagem do tipo prevenção, as ASR podem desempenhar um papel muito importante na SR. Por esse facto, nos anos 90 e, seguindo a iniciativa do Reino Unido, a aplicação das ASR tem sido relevante em países como Austrália, Dinamarca e Nova Zelândia. Através de análises custo/benefício realizadas na Escócia e Nova Zelândia obtiveram-se relações de 1:14 e 1:20, respectivamente (Bairrão, 1999).

Tendo em conta os bons resultados aí verificados as autoridades governamentais nacionais e locais de diversos países – Canadá, França, Grécia, Irlanda, Itália, EUA, etc. têm promovido a investigação das ASR.

Em Portugal, o programa de acção de infra-estrutura do Plano Nacional de Prevenção Rodoviária de 2003, faz referência às ASR considerando indispensável a sua aplicação, de preferência na fase de estudo da viabilidade e referindo a necessidade de regulamentar a sua aplicação.

Tendo em conta a experiência do Reino Unido apontam-se a seguir alguns pontos importantes a ter em conta numa ASR.

Uma ASR divide-se em quatro fases distintas de acordo com a fase do projecto:

- Estudo de viabilidade/preliminar
- Estudo prévio
- Projecto de execução
- Imediatamente antes da abertura ao tráfego

A equipa que realiza uma ASR deve ser composta no mínimo por 2 pessoas. Esta equipa, para além do trabalho em gabinete, deve fazer uma visita ou mais ao local onde vai ser implementado o projecto para observar a envolvente e a rede viária existente.

É usual os auditores utilizarem uma *checklist* que indique os pontos a observar mas, no entanto, é recomendável algum cuidado para que a auditoria não se restrinja a essa *checklist*, pois esta não deve substituir a experiência de engenharia da SR. Na sua análise, o auditor deve ter em conta os princípios da SR sob as perspectivas de todos os utilizadores viários. Deste trabalho resulta um relatório e, sempre que se justifique, a revisão do respectivo projecto.

Actualmente, em Portugal, esta matéria ainda não se encontra regulamentada, estando de forma geral a prática das ASR limitada às estradas sob a jurisdição das Estradas de Portugal e outras Concessionárias. As ASR seguem habitualmente as linhas orientadoras e as “listas de controlo” integradas no “Manual de ASR” desenvolvido em 2002 pelo LNEC para a EP.



Figura 8 - Pirâmide de conflituosidade

3.1.3 Análise de Acidentes vs. Análise de Conflitos de Tráfego

Para se proceder a um estudo de SR é necessário avaliar dados de sinistralidade. Os dados geralmente recolhidos são relativos aos acidentes de viação.

Os acidentes são registados pelas entidades policiais através da Participação do Acidente e do Boletim Estatístico de Acidente de Viação (BEAV). Os acidentes registados são, em geral, aqueles em que resultaram vítimas. Por isso, nem sempre o número oficial de acidentes é representativo da necessidade de intervir num determinado local.

Nesses casos, e como apoio à avaliação da SR, pode-se considerar a análise dos conflitos de tráfego através das técnicas de conflitos de tráfego (TCT). Esta análise baseia-se na definição da SR por uma pirâmide de conflituosidade (ver Figura 8).

As TCT, que têm já alguma aplicação no estudo da sinistralidade em alguns países da Europa, são ferramentas que permitem estudar o processo de aproximação ao acidente, descrito como um acontecimento contínuo que vai desde os encontros até aos acidentes.

Através do registo dos conflitos, por observação do local, pode-se estimar o número de acidentes desde que seja conhecida uma relação entre conflitos e acidentes que dependerá do tipo de conflito e da definição de conflito grave. A principal vantagem da aplicação das TCT relativamente à análise dos acidentes é que os conflitos são em muito maior número do que os acidentes. Este facto favorece a sua utilização na avaliação dos efeitos de novas medidas correctivas em que se desconhecem os seus exactos efeitos, sem, para tal, ser necessário esperar a ocorrência de acidentes.

3.1.4 Tratamento de locais com elevada sinistralidade

O tratamento de locais de elevada sinistralidade envolve a consideração das seguintes fases (ver Figura 9) que serão depois descritas nos capítulos seguintes:

- Identificação dos locais de intervenção
- Estudo dos locais de intervenção
- Recolha da informação
- Diagnóstico
- Selecção das medidas
- Implementação das medidas
- Monitorização e avaliação das medidas implementadas

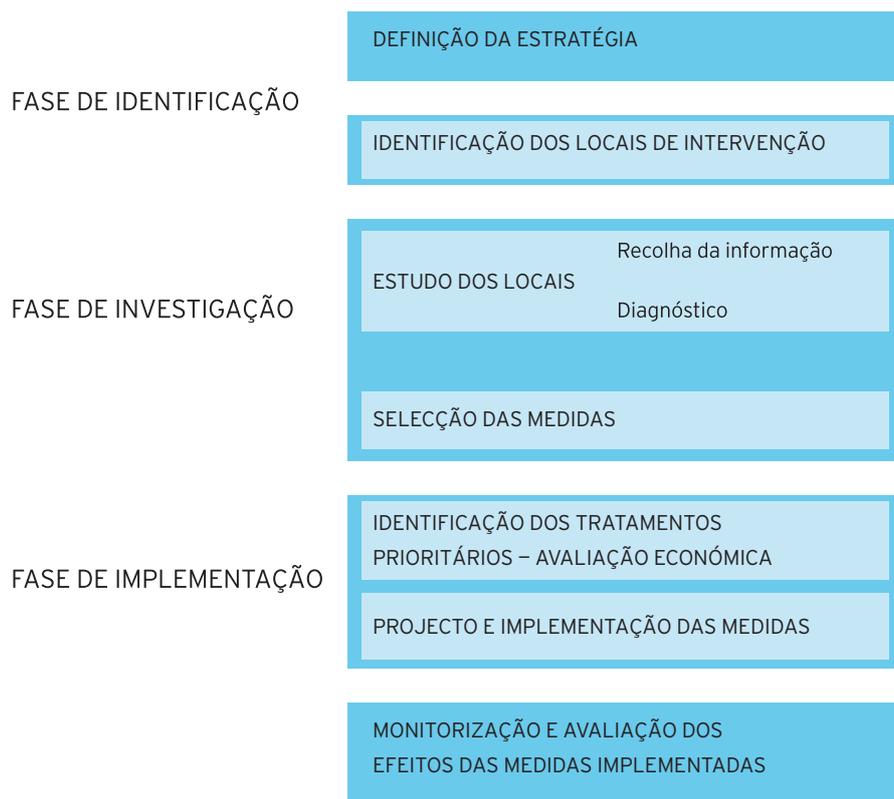


Figura 9 - Fases a considerar no tratamento da sinistralidade

3.2 IDENTIFICAÇÃO DOS LOCAIS DE INTERVENÇÃO

3.2.1 O levantamento e catalogação da sinistralidade

A identificação dos locais de intervenção é o primeiro passo a dar em qualquer programa de Segurança Rodoviária. Os locais seleccionados deverão traduzir a elevada sinistralidade.

Torna-se assim essencial proceder a um levantamento sistemático da informação disponível relativa à sinistralidade na zona ou área em estudo, nomeadamente ao nível da sua localização, tipologia, padrão temporal de ocorrência ao longo de um período razoável, desejavelmente três a cinco anos, bem como relativamente a um conjunto de outros parâmetros que tenderão a ser úteis nas fases seguintes dos processos, como por exemplo fluxos de tráfego, características básicas dos perfis transversais e longitudinais ou dos cruzamentos dos pontos onde se verificaram os acidentes.

Neste processo é sem dúvida uma mais valia a utilização de um Sistema de Informação Geográfica (SIG). Esta ferramenta permite de uma forma expedita avaliar as ocorrências na rede viária.

O processo de aplicação de um SIG desenvolve-se nas seguintes fases:

- Referenciação espacial da rede viária
- Elaboração de uma tabela de atributos da rede
- Elaboração de um registo de acidentes
- Elaboração de uma cobertura de acidentes

A rede digitalizada é composta por arcos e nós. Os arcos representam os arruamentos e os nós as intersecções.

A localização dos acidentes na rede viária através do SIG pode ser realizada por uma das seguintes formas:

- coordenadas x, y
- endereço (rua e número de polícia)
- distância à origem.

Para ser possível aplicar qualquer uma das três hipóteses acima indicadas, é necessário que a tabela de atributos da rede viária esteja referenciada da mesma forma que o registo do local do acidente.

Como tal, a escolha do tipo de referenciação depende em primeiro lugar da informação possível de obter nos registos dos acidentes.

A localização dos acidentes por coordenadas x, y é possivelmente o meio mais exacto, mas para tal é necessário dotar os agentes que registam o acidente de um GPS sendo que a rede viária tem que estar georeferenciada.

A localização dos acidentes pela distância à origem refere-se à medição do comprimento desde o início do arco até ao local do acidente. Essa medição é feita no SIG mas, para tal, é necessário ter uma referência exacta do local do acidente. Essa referência pode ser obtida pela análise da Participação do Acidente ou pela informação de um ponto de referência (exemplo: hospital, escola, etc.) próximo do local da ocorrência que poderia constar no BEAV, sendo neste caso necessário alertar as autoridades para esse registo.

A tabela de atributos da rede digitalizada deve conter, no mínimo, a informação necessária para localizar os acidentes. No entanto, é vantajoso, quer para a análise da sinistralidade quer para a gestão da rede viária, acrescentar informação que caracterize a rede (estado do pavimento, largura da via, volumes de tráfego, transportes públicos, etc.).

Por outro lado, na tabela com o registo dos acidentes é identificado o local da ocorrência mas esta também pode conter mais informação acerca da ocorrência (natureza do acidente, hora de ocorrência, etc.), o que só beneficiará a análise.

O software relaciona o registo dos acidentes com os dados espaciais da rede e automaticamente localiza os acidentes na rede. Esta localização pode ser visualizada por temas de acidentes, por exemplo, acidentes por atropelamento, acidentes nocturnos, acidentes com mortos, etc. Esta diferenciação tem especial interesse quando as acções a empreender para diminuir a sinistralidade são dirigidas apenas a determinado tipo de acidentes.

3.2.2 Critérios de selecção de locais de intervenção

Após a localização dos acidentes o processo de avaliação dos locais sinistrados fica em tudo facilitado.

Para a identificação dos locais para eventual tratamento é necessário escolher um indicador de sinistralidade que medirá a ocorrência de sinistros. Os indicadores mais utilizados são a frequência dos acidentes (número de acidentes por ano, acidentes com vítimas, etc.) e/ou a taxa de sinistralidade (mede a intensidade relativamente à exposição).

A opção a tomar na escolha do indicador não é consensual. Por um lado, a escolha da frequência induz à selecção dos locais com maior número de ocor-

rências aumentando assim o potencial de redução de um maior número de acidentes. Por outro lado, a taxa de sinistralidade poderá identificar locais com situações pouco usuais (por exemplo: local com baixa exposição mas um número elevado de acidentes), evidenciando, as deficiências da infra-estrutura o que facilita a detecção da causa e a eficácia do tratamento.

Neste último caso, a escolha da medida de exposição é importante para melhor caracterizar a situação e assim facilitar o processo de avaliação. As medidas mais usuais são:

- nº habitantes
- nº veículos registados
- nº viagens realizadas
- volume de tráfego
- nº de kms percorridos, etc.

Algumas destas medidas são, contudo, difíceis de obter e nem sempre os valores delas correspondem ao mesmo período de tempo de ocorrência dos acidentes.

Depois de escolhido o indicador, este será em seguida submetido ao critério de selecção. Estes critérios são aplicados para dados referentes a um determinado período de tempo e podem ainda serem aplicados diferenciando intersecções e secções. É, por isso, necessário definir o período de tempo e as intersecções/secções.

Período de tempo: A escolha do período de tempo vai depender dos dados dos acidentes disponíveis. Para uma maior fiabilidade estatística deve-se considerar um período mínimo de dois a três anos. Dado o carácter aleatório da ocorrência de um acidente é provável verificar-se um valor baixo de ocorrências a seguir a um pico alto sem ter havido qualquer espécie de tratamento do local, ou seja, flutuações nos valores acima ou abaixo do valor médio. É o designado fenómeno de "regresso à média". Por isso, a utilização de apenas um único ano acarreta uma excessiva dependência à variação aleatória do fenómeno da sinistralidade e um período de tempo muito elevado (superior a 5 anos) pode introduzir dados muito antigos sem correspondência com a situação presente.

Intersecções/Secções: Para as intersecções considera-se usualmente um raio de 20 a 30 metros. Para as secções a escolha é mais variável. Neste caso, deve-se considerar secções com características uniformes da geometria da via e do tráfego. Deve-se ter ainda em conta que a referenciação dos acidentes pode estar afectada de erro em alguns metros e que alguns acidentes em que ocorre, por exemplo, derrapagem podem-se distanciar do local da causa do acidente. É usual considerar trechos com 50 a 500 metros em estradas de faixa única e com 500 a 1000 metros em estradas de faixa dupla e em auto-estradas.

Depois da escolha das variáveis temporal e espacial são determinados os valores do indicador por local, valores estes que serão avaliados por um critério de selecção.

Na Tabela 2 abaixo sugerem-se alguns critérios.

Tabela 2 - Critérios de selecção

| CRITÉRIOS DE SELECÇÃO |
|--|
| Nº acidentes acima de um valor crítico |
| Nº acidentes com vítimas acima de um valor crítico |
| Índice de gravidade superior a um valor crítico |
| Indicador de gravidade superior a um valor crítico |
| Nº acidentes com tendência crescente nos últimos três anos |
| Nº acidentes/nº habitantes acima de um valor crítico |

Os valores críticos referidos na tabela são obtidos por análise dos acidentes ocorridos no período de tempo em análise (exemplo: valor crítico igual à média do número de acidentes em três anos). Pode-se ainda seleccionar os locais pelo número de acidentes decrescente até perfazer um determinado valor percentual tendo em conta o objectivo definido para redução de sinistralidade.

3.3 ESTUDO DOS LOCAIS SELECIONADOS

Para se avançar para o diagnóstico dos locais seleccionados é necessário recolher informação quer dos locais quer dos acidentes que aí ocorreram.

Através de uma análise mais profunda do BEAV poder-se-ão destacar dados comuns aos acidentes que poderão apoiar a análise do local e posterior selecção da medida. Alguns campos são, neste sentido, particularmente importantes, tais como a natureza do acidente e manobras do condutor, hora da ocorrência, condições de aderência, factores atmosféricos ou ambientais.

A informação do local que deve ser obtida diz respeito ao tráfego, ao ambiente envolvente e ao uso da rua/local. Sugere-se a seguinte recolha de informação:

- Projectos e perfis transversais do local - as plantas devem conter a informação da sinalização, do mobiliário urbano, etc.;
- Fotografias e vídeo obtidos nas diferentes perspectivas (condutores, peões, direcções, etc.) - esta informação é útil para uma análise em gabinete e pode justificar a opção a tomar. Permite analisar volumes de tráfego, composição do tráfego, movimentos dos veículos e peões, etc.;
- Conflitos - a recolha e análise dos conflitos é particularmente importante quando os acidentes não são em número elevado ou quando as características destes não são elucidativas das causas;
- Informação do local junto dos habitantes e dos utilizadores frequentes - com especial relevância nos testemunhos das ocorrências e/ou conflitos e na informação de eventuais alterações do local;
- Dados do tráfego - estes dados devem ser, se possível, compatíveis com o ano, dia e hora dos acidentes. Idealmente estes dados devem conter:
 - Volumes tráfego (total veículos)
 - Volumes de tráfego por classes de veículos
 - Dados de peões (volumes num atravessamento, etc.)
 - Contagens de movimentos nas intersecções e rotundas
 - Contagens especiais (crianças à saída da escola, ciclista na intersecção, etc.)
 - Avaliação das velocidades praticadas com aparelhos de medição
 - Estudos de visibilidade através da medição de distâncias de visibilidade
 - Visitas ao local - indispensável a recolha da informação directamente no local. Deve-se no mínimo visitar o local duas vezes, em que a primeira visita serve essencialmente para verificar se os dados dos acidentes e do local estão em conformidade. A equipa deverá percorrer o local a pé e de carro em diversas trajectórias, em diferentes alturas do dia e em diferentes situações meteorológicas.

25

Com a informação obtida é possível, quer pela análise dos acidentes quer pela análise do local, agrupar os acidentes. É, assim, possível considerar grupos classificados a partir de uma determinada característica comum, geralmente associada à causa do acidente.

No entanto, nem sempre a formação destes grupos é evidente pois um acidente pode ser classificado de diversas formas umas dirigidas às tipologias, outras às causas dos acidentes (por exemplo acidente por colisão lateral, acidente nocturno, acidente por desrespeito da sinalização, falta de visibilidade, etc.).

No final, a escolha dos grupos de acidentes deve, em primeira análise, ter em conta uma classificação que seja indicativa do tratamento a considerar. De

salientar ainda que diferentes tipos de acidentes podem estar relacionados com a mesma causa (por exemplo, a falta de visibilidade num determinado ponto de uma intersecção pode levar a acidentes por colisão lateral e a atropelamento de peões).

Do processo anterior pode resultar um número variado de grupos ao qual correspondem diferentes números de acidentes. Nesse caso, faz-se uma selecção dos grupos com o maior número de acidentes.

Para facilitar o diagnóstico é habitual recorrer-se à elaboração de uma tabela em que cada coluna representa um acidente e as linhas são preenchidas com a diversa informação relativa ao acidente. Deste diagnóstico deverá resultar uma ou mais medidas de tratamento.

3.4 MEDIDAS CORRECTIVAS

As medidas de mitigação dos problemas de segurança devem, à partida, resultar na redução de acidentes. Os efeitos previsíveis podem ser obtidos pela avaliação dos efeitos dessas medidas já aplicadas noutros locais com características idênticas.

No tratamento das zonas de acumulação de acidentes podem ser aplicadas medidas de baixo custo que incluem:

- Bandas sonoras - dispositivos que se destinam a alertar os condutores para a possibilidade de terem de alterar a sua condução
- Sinalização rodoviária - sinalização vertical e marcas rodoviárias
- Iluminação nocturna
- Melhoria das condições da área adjacente à faixa de rodagem - são exemplos a colocação de separador central, intervenções na berma, no talude, remoção de obstáculos ou sua protecção, etc.
- Aplicação de camadas de grande resistência à derrapagem - aplicadas de forma localizada por exemplo em zonas de aproximação a passagens de peões, curvas ou intersecções
- Melhoramento das condições de visibilidade - estabelecer limites de velocidade apropriados às distâncias de visibilidade e nas intersecções, desobstruir o triângulo de visibilidade nas intersecções
- Canalizações dos fluxos de tráfego - por exemplo, através da criação de vias de desaceleração para as viragens à esquerda ou à direita
- Reformulação ou mudança dos sistemas de controlo de tráfego - por exemplo alteração da geometria numa intersecção ou introdução de sinalização luminosa.

Dada a importância assumida pelos acidentes dentro das localidades e, em particular, o peso dos acidentes que envolvem peões e veículos de 2 rodas, têm-se vindo a direccionar algumas medidas correctivas para a defesa especificamente da segurança deste tipo de utilizadores mais vulneráveis da via pública. Existe um conjunto de medidas de engenharia, designadas de medidas de acalmia de tráfego, as quais procuram contribuir para a compatibilização da utilização do mesmo espaço por utilizadores com características diferenciadas, como é o caso de veículo automóvel, o peão e o ciclista.

O capítulo 5 apresenta, de forma simplificada, um conjunto alargado de medidas de baixo custo mitigadoras da sinistralidade, procurando, sempre que disponíveis, apresentar os níveis de eficácia previsíveis resultantes da sua aplicação.

Para as outras estratégias de redução de acidentes é provável que as medidas de tratamento englobem um conjunto diverso de medidas que serão aplicadas a uma área maior. Nestes casos, os custos envolvidos são elevados sendo, por isso, conveniente aprofundar o estudo destes locais.

3.5 IMPLEMENTAÇÃO DAS MEDIDAS

Depois de identificar os locais a tratar e as respectivas medidas de tratamento é conveniente analisar economicamente a aplicação das medidas, de forma a gerir o montante dos recursos financeiros disponíveis para o programa. Além disso, se para um determinado local se apontou para a aplicação de mais do que uma medida, a escolha pode basear-se numa análise económica.

Essa avaliação económica tem em conta que a medida irá reduzir os acidentes e essa redução deverá justificar a implementação. Para isso:

- Avaliam-se os custos de implementação
- Avalia-se o valor dos benefícios
- Verifica-se, em termos económicos, se há outras opções mais atractivas.

A dificuldade numa avaliação económica deste tipo está essencialmente na determinação dos benefícios quer pela estimação da redução dos acidentes quer pelo valor do custo de um acidente. A estimação da redução dos acidentes é já conhecida para algumas medidas, e sendo previsível que se venham a obter mais valores com a monitorização e avaliação dos efeitos da aplicação futura deste tipo de medidas no nosso país. O custo de um acidente é um valor que inclui não só custos materiais mas, também custos sociais e humanos de valor relativo e discutível. No entanto, para uma análise deste tipo é necessário considerar um valor económico representativo. Assim, existem diferentes metodologias de cálculo das quais resultam diversos valores. O mais usual é diferenciarem o custo de um acidente conforme a gravidade deste: acidente só com danos materiais, acidente com mortes, feridos graves e feridos ligeiros. O custo de um acidente resulta da soma de diversas parcelas, destacando-se aqui as principais: custos materiais (veículos e infra-estrutura), custos administrativos e policiais, custos de saúde, perda de produção e ainda custo da dor e sofrimento.

Os custos de implementação incluem custos de construção e materiais mas, também de manutenção, projecto, fiscalização dos trabalhos, monitorização, gestão de tráfego, sinalização temporária, etc.

Existem diversos métodos de análise económica indicando-se a seguir, a título de exemplo, um que tem vindo a ser aplicado em Inglaterra. Neste exemplo, a análise baseia-se numa economia de retorno estimada pela taxa de retorno do investimento ao fim do primeiro ano *First Year Rate of Return (FYRR)*, ou seja, estimam-se os benefícios monetários resultantes da redução dos acidentes no primeiro ano após a implementação, em relação aos custos de implementação.

$$FYRR = 100 * (\text{n}^\circ \text{acidentes em 12 meses antes da implementação} - \text{n}^\circ \text{acidentes previsto nos 12 meses depois da implementação}) * (\text{custo médio acidente} / \text{custo total da implementação da medida})$$

No documento do The Institution of Highways and Transportation (IHT) (The Institution of Highways and Transportation, 1990) são indicados quais os valores aceitáveis para o FYRR relativo às quatro estratégias de redução de acidentes:

- Tratamento de zonas de acumulação de acidentes - FYRR superior a 50%
- Tratamento de um itinerário ou rua - FYRR superior a 40%
- Tratamento de grandes áreas, sobretudo urbanas - FYRR superior a 10%-25%
- Aplicação sistemática de um tipo de tratamento a uma determinada estrada, itinerário ou parcela da rede - FYRR superior a 40%

Na escolha da medida a implementar, para além do indicador económico, deve-se ter em conta a envolvente do local e a integração da medida no contexto nacional.

3.6 MONITORIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DE EFEITOS DAS MEDIDAS IMPLEMENTADAS

3.6.1 JUSTIFICAÇÃO E TIPOLOGIAS DE ABORDAGEM

A avaliação dos efeitos das medidas implementadas pretende estimar, de forma quantitativa, o efeito de uma intervenção sobre o número de acidentes ou de vítimas. Trata-se assim de trabalhos ligados à supervisão da evolução da sinistralidade nos locais intervencionados e à avaliação comparativa dos resultados obtidos.

Esta etapa do processo de segurança é de importância significativa, uma vez que é através da avaliação e quantificação dos sucessos e insucessos resultantes da aplicação das medidas correctivas que se torna possível identificar as tipologias de medidas mais adequadas ao sistema de tráfego nacional, estimar a eficácia associada a cada tipo de intervenção e generalizar a sua aplicação ao país e uniformizar os seus parâmetros relevantes.

Na verdade, essa informação revela-se crucial quer para sustentar uma eventual correcção da medida implementada quer para fundamentar o conhecimento e padronização dos efeitos esperados pela implementação das medidas.

Na maioria dos casos, os estudos para avaliação dos efeitos das medidas são baseados em observações e designam-se correntemente de “antes-depois” (EAD) já que envolvem a comparação de valores de parâmetros correspondentes à situação “antes da intervenção” relativamente à situação “após a intervenção”.

Basicamente um estudo “antes-depois” consiste na quantificação de um indicador representativo do nível de segurança de um determinado local (ou conjunto de locais) durante um período de tempo padrão e na quantificação do mesmo indicador para a situação de “após a intervenção”, caso a sua realização não tivesse sido efectuada.

Os indicadores mais directos e importantes de avaliação das medidas são o número de acidentes ou de vítimas, ou seja, a comparação desse indicador depois de implementada a medida com a situação expectável caso nada tivesse sido feito. Como normalmente a medida implementada é para reduzir um determinado tipo de acidentes, esta comparação pode ser efectuada relativamente a essa tipologia específica de acidentes.

Existem ainda outros indicadores que podem ser monitorizados e que terão maior ou menor importância conforme a medida em estudo. São exemplos:

- Velocidade dos veículos;
- Tempos de viagens - esta variável permite avaliar se a medida provocou um aumento dos tempos de viagens e concluir se este é aceitável ou levará a alterações da trajectória;
- Movimento dos peões - com especial importância nas medidas de tratamento para os peões;
- Comportamento dos utilizadores (condutores, peões, residentes);
- Envolvente (poluição, ruído, etc.);
- Fluxos de tráfego - esta variável permite verificar eventuais alterações nas trajectórias usuais;
- Conflitos - o estudo “antes e depois” de conflitos pode ser usado em complemento com as análises de sinistralidade para melhor compreender alterações na operacionalidade da zona tratada, ou como solução de recurso, em alternativa a estas, como indicadores “indirectos” (*surrogate measures*).

A vantagem destes indicadores é que, em geral, podem ser obtidos em número elevado num curto espaço de tempo. Idealmente estes indicadores deveriam ser medidos no período “antes” um mês antes do tratamento e no período “depois” um mês depois das obras estarem concluídas. No entanto,

uma redução, por exemplo, do número de conflitos ou a diminuição das velocidades praticadas podem não implicar necessariamente uma redução do número de acidentes.

3.6.2 FACTORES CONDICIONANTES DOS ESTUDOS ANTES-DEPOIS DE ACIDENTES

O primeiro factor a ter em consideração é o facto de os estudos “antes-depois” serem métodos de inferência estatística baseados em processos de amostragem.

Dado o carácter felizmente raro dos fenómenos de sinistralidade, a dimensão das amostras disponíveis nas análises de segurança será sempre limitada, implicando sempre um grau de incerteza mais ou menos significativo nas estimativas realizadas.

A minimização desta passa pela utilização de períodos de monitorização tão grandes quanto possível.

Por outro lado, é importante notar que a observação sucessiva de um fenómeno, como a sinistralidade, ao longo de um determinado período de tempo, corresponde a uma série temporal.

O intervalo de tempo entre observações sucessivas pode ser regular (diário, semanal, anual) ou irregular, pelo que os registos anuais de acidentes num determinado local, estrada ou área pode constituir uma série temporal.

O facto de se verificarem flutuações no número total de acidentes leva a que haja dificuldades na comparação de dados de acidentes correspondentes a diferentes períodos.

Assim, os períodos “antes” e “depois” deverão, sempre que possível, corresponder a períodos equivalentes ao nível dos padrões de sinistralidade, sendo que as soluções normais são aquelas em que a duração global e o período do ano em que são realizadas são os mesmos.

29

Uma outra questão que pode condicionar fortemente a qualidade e significância dos resultados obtidos por qualquer estudo “antes-depois”, é aquela que corresponde ao fenómeno matemático de “regresso à média”, que resulta exactamente do carácter aleatório da sinistralidade.

Se se considerar a representação habitual da sinistralidade, enquanto fenómeno aleatório raro através da distribuição de Poisson, verifica-se a existência de uma maior probabilidade de ocorrências de valores próximos do valor médio.

O regresso à média consiste na tendência estatística para que nos períodos subsequentes a um período onde se tenham registado frequências mais afastadas do valor médio se virem a registar novamente valores mais próximos daquele valor. Assim é matematicamente esperável que, após um período em que se tenha registado uma frequência elevada de acidentes, venha a ocorrer um período onde essa frequência é mais baixa, ou vice-versa (Wright e Boyle, 1987).

Correspondendo, habitualmente, os locais intervencionados a sítios onde se registaram, na fase de selecção, níveis elevados de acidentes, este fenómeno de “regresso à média” tende a resultar num decréscimo natural da frequência de acidentes nos períodos subsequentes à intervenção. Ou seja, a frequência dos acidentes tende a diminuir nos locais seleccionados, independentemente deste ter sido sujeito à aplicação de medidas mitigadoras, ou mesmo do grau de eficácia delas.

Trabalhos de investigação neste campo têm mostrado que o fenómeno de “regresso à média”, pode produzir reduções aparentes na frequência dos acidentes na ordem dos 5 a 30% (Wright e Boyle, 1987), sendo que os sítios

sujeitos a elevadas frequências num curto espaço de tempo, tendem a ser mais sensíveis ao seu efeito.

O impacto deste tipo de problema tende a ser tanto maior quanto mais curtos forem os períodos de monitorização “antes” e “depois”, existindo em qualquer dos casos processos de correcção matemática aplicáveis.

Para além de todo este conjunto de questões que está intrinsecamente ligada ao carácter aleatório do fenómeno de ocorrência da sinistralidade, existe um outro conjunto de questões potencialmente importantes associadas ao potencial impacto sobre os níveis de sinistralidade verificados no período “depois” de análise, de factores exógenos à intervenção, cujos efeitos, se não forem contemplados na análise, podem ser somados aos efeitos das intervenções e afectar a comparação directa dos valores, falseando os resultados.

Destacam-se entre outros, as tendências sistemáticas, de longo prazo, no número de acidentes e de vítimas no sistema rodoviário, e portanto também na zona de intervenção, resultantes por exemplo de alterações regulatórias ou estruturais globais como sejam alterações nos limites legais de velocidade ou a generalização do uso de *airbags* nos veículos, ou ainda da evolução normal dos volumes de tráfego ao longo do tempo.

Destacam-se também outros acontecimentos de carácter local mas exterior à zona de intervenção que podem afectar a segurança no período “depois” na zona de intervenção, como sejam, por exemplo, mudanças introduzidas numa intersecção próxima da zona em estudo, que resultem na alteração dos padrões dos fluxos de tráfego que acedem a esta zona.

A probabilidade de ocorrência e a importância potencial deste tipo de questões, de natureza predominantemente física, tende a ser tanto maior, quanto mais longos forem os períodos de monitorização.

A explicitação do seu impacto no âmbito de análises “antes-depois” pode teoricamente ser realizada com recurso a uma de duas abordagens metodológicas possíveis para considerar estes efeitos (Cardoso e Gomes, 2005): a estimação estatística dos efeitos das variáveis perturbadoras; e o recurso a grupos de controlo, relativamente aos quais se possa admitir que o efeito das variáveis perturbadoras será idêntico ao ocorrido no grupo de locais intervencionados. No entanto, a utilização exclusiva da primeira metodologia pressupõe o conhecimento da globalidade das variáveis perturbadoras e que o seu efeito é susceptível de ser modelado matematicamente, o que não é normalmente o caso em problemas de segurança rodoviária.

Finalmente, existem ainda tipos de impactos potenciais das intervenções que, pela sua especificidade, podem colocar problemas particulares na sua identificação e quantificação.

Refiram-se por exemplo alterações registadas ao nível dos padrões de sinistralidade, com diminuição de um determinado tipo de acidente e aumento de outro tipo, ou fenómenos de migração de acidentes provocados, por exemplo, pela transferência de tráfego para outras zonas da rede rodoviária resultante da aplicação das medidas correctivas, etc. (ver, por exemplo, Cardoso e Gomes, 2005).

3.6.3 TIPOS DE METODOLOGIAS ANTES-DEPOIS DE ANÁLISE DE ACIDENTES

No que diz respeito à estrutura base dos estudos “antes e depois” um aspecto fundamental a considerar é o dos períodos de monitorização.

Em função do conjunto de condicionantes acima identificados, o ideal para avaliar a frequência dos acidentes será considerar três anos para os períodos “antes” e “depois”.

No entanto, para uma primeira avaliação, é também válido considerar apenas um ano para o período “depois” a contar a partir do 6º mês depois da obra estar concluída, considerando que nesses primeiros meses há uma adaptação do comportamento do condutor.

Já no que diz respeito ao grau de capacidade para considerar toda esta complexidade de factores intrínsecos e exógenos que podem afectar os padrões temporais de ocorrência dos acidentes existem várias metodologias disponíveis que apresentam potencialidades diferentes. Destacam-se quatro das mais utilizadas:

1. Estudos Antes/Depois simples
2. Estudos Antes/Depois com grupo/área de controlo aleatório
3. Estudos Antes/Depois com grupo de controlo por comparação
4. Estudos Antes/Depois com correcção do fenómeno de regresso à média

O primeiro método permite avaliar de uma forma extremamente simples os efeitos da aplicação de determinados melhoramentos na segurança da infra-estrutura mediante a comparação directa dos valores do indicador seleccionado, nos períodos “antes” e “depois” da introdução das medidas correctivas. Por ser excessivamente simples, já que não permite eliminar o efeito de nenhum dos factores exógenos acima identificados, a aplicação deste método pode originar resultados consideravelmente afastados da realidade, pelo que não é habitualmente recomendável a sua utilização.

Como acima foi dito, uma forma de minimizar alguns dos problemas ligados ao impacto dos factores exógenos sobre os níveis de sinistralidade consiste na aplicação de estudos “antes-depois” com utilização de grupos/áreas de controlo através dos quais se procura ter em consideração os efeitos das variáveis perturbadoras, conhecidas e desconhecidas. Estes grupos são locais onde se espera que indiquem o que teria acontecido ao local tratado caso não o tivesse sido incluindo assim o impacto das alterações sistemáticas na envolvente quer à escala nacional quer local.

Este tipo de metodologia apoia-se em duas hipóteses de base: por um lado, admite que do período “antes” para o “depois”, as variáveis perturbadoras sofrem alterações idênticas quer na zona intervencionada quer nas zonas incluídas no grupo de controlo; por outro lado, assume que, os efeitos dessas alterações são iguais na zona intervencionada e no grupo de controlo.

Como o grupo de controlo serve para estimar o nível de segurança que seria observado na zona intervencionada, no período “depois”, caso a intervenção não tivesse sido efectuada, a escolha do mesmo cobre-se de particular relevância, já que tenderá a condicionar significativamente o rigor e a validade da análise desenvolvida.

Apesar de ser ainda escassa a existência de fundamentação teórica que permita orientar a escolha do grupo de controlo, importa pelo menos definir alguns critérios que permitam confirmar a aplicabilidade, a cada caso, das hipóteses admitidas de base a este tipo de metodologia.

Considera-se que um grupo de controlo para ser adequado deve cumprir alguns requisitos, designadamente:

- um histórico de acidentes semelhante ao registado no local intervencionado;
- um número de acidentes suficientemente grande, de forma a que o peso associado às variações aleatórias no número de acidentes não seja significativo;
- tratar-se de um conjunto de locais não alterados pela medida de segurança em análise;
- dispor de características geométricas semelhantes ao local intervencionado.

Como referido acima, existem duas possíveis abordagens baseadas na análise de grupos/áreas de controlo.

A primeira (método 2) aplica-se quando existem vários locais candidatos ao mesmo tipo de tratamento. Destes locais, escolhe-se aleatoriamente o que será tratado e o que será área/grupo de controlo. O teste estatístico normalmente aplicado a este método é o Teste X^2 para frequências dos acidentes regidas pela lei Poisson.

A segunda (método 3) é idêntico ao anterior mas, aqui o grupo de controlo não é seleccionado aleatoriamente, podendo mesmo ser definido no período “depois”. É claro que idealmente dever-se-ia ter um local semelhante ao local tratado de forma a comparar os valores nos períodos “antes” e “depois”. No entanto, é muito difícil encontrar um local que reúna todas as características do local em estudo.

O método 4 acima referido, por sua vez, procura corrigir a principal causa de erro na avaliação dos efeitos das medidas, especificamente o fenómeno de “regresso à média”. Através da aplicação de um método estatístico estima-se o efeito do regresso à média em locais idênticos ao local tratado.

Existe um conjunto alargado de métodos para estimação deste efeito, aplicado a um só sítio ou a um conjunto de sítios, na sua maioria complexos e integrados em softwares da especialidade.

A mitigação dos efeitos passa pela utilização de estimadores estatisticamente mais robustos por recurso aos métodos Bayesianos de inferência estatística, de que se destaca em segurança rodoviária, o estimador proposto por Abbess et al. (1981)

$$\hat{m}_{LEB} = \frac{\bar{x}^2}{s^2} + \left(\frac{s^2 - \bar{x}}{s^2} \right) x \quad (4)$$

onde:

\hat{m}_{LEB} - número esperado de acidentes para um determinado ano e secção;

\bar{x} - média do número de acidentes para um determinado intervalo de anos;

s^2 - variância do número de acidentes num determinado intervalo de anos

x - número de acidentes para o ano em estudo

A vantagem da aplicação destes métodos em segurança rodoviária é a possibilidade de obter estimativas das frequências dos acidentes com alguma robustez, mesmo mediante informação reduzida sobre a sinistralidade no local.

4. TIPOLOGIAS DE PROBLEMAS AO NÍVEL DA INFRA-ESTRUTURA

4.1 INTRODUÇÃO

O conceito de “Risco Intrínseco” associado a cada “Situação de Tráfego” pressupõe, como acima foi referido, a existência de uma infra-estrutura projectada, construída e mantida de forma eficiente.

A qualidade de concepção, de qualquer projecto de infra-estruturas rodoviárias passa pela observância de um conjunto de princípios básicos que garantam níveis de desempenho adequados quer ao nível da fluidez do trânsito, quer da segurança rodoviária. Justifica-se ainda salientar os princípios básicos de simplicidade de utilização e respeito pelas expectativas naturais dos diferentes utilizadores da via pública.

Mas não basta apostar na qualidade do projecto de execução, sendo indispensável que se proceda à sua adequada construção, manutenção e monitorização, sem o que os níveis de serviço assumidos ao nível do projecto poderão nunca ser atingidos ou poderão deixar de o ser.

Torna-se assim evidente que existe um conjunto alargado de factores potenciadores da sinistralidade associados à infra-estrutura, os quais devem ser tidos em consideração no desenvolvimento de qualquer política ou programa de segurança rodoviária (ver também Seco e Costa, 2002).

Os pontos seguintes apresentam uma breve análise de um conjunto de situações de projecto ou operacionalidade deficientes típicas e com impactos expectáveis ao nível da segurança operacional das soluções.

São especificamente abordadas as seguintes situações: soluções tecnicamente correctas mas sem capacidade de resposta, soluções “sub-standard” ou com manutenção deficiente; soluções desadequadas funcionalmente; soluções tecnicamente deficientes.

33

4.2 SOLUÇÕES TECNICAMENTE CORRECTAS MAS SEM CAPACIDADE DE RESPOSTA

Esta situação de funcionamento traduz-se em soluções com implicações não muito graves do ponto de vista da segurança rodoviária, já que corresponde à existência de elementos da infra-estrutura rodoviária que, embora adequadamente projectados, construídos e mesmo mantidos, não conseguem dar resposta às condições e níveis de tráfego que os solicitam (ver Figura 10).

Este tipo de situações por envolver uma redução do nível de serviço, tende a resultar na perda de qualidade do desempenho da infra-estrutura também ao nível da segurança, já que muitos dos utilizadores não podem ou não estão dispostos a ajustar o seu comportamento às suas novas condições de funcionamento.

A existência deste tipo de problemas leva a que seja essencial realizar uma monitorização sistemática das condições reais de funcionamento de toda a infra-estrutura rodoviária de modo a que, em tempo útil, se possa intervir e corrigir eventuais disfunções que progressivamente vão aparecendo e se vão agravando.



Figura 10 - Ilustração de problemas de funcionamento num nó rodoviário congestionado



Figura 11 - Ilustração de acesso a via rápida praticamente sem via de aceleração



Figura 12 - Exemplo de Via Rápida com marcas rodoviárias deficientes do pavimento



Figura 13 - Exemplo de ruína generalizada do pavimento em Via Rápida

4.3 SOLUÇÕES TÉCNICAMENTE CORRECTAS MAS "SUB-STANDARD"

Este tipo de situação, que ocorre quando, pelas mais diversas e ponderosas razões, se aplicam regras e parâmetros de projecto próximo ou mesmo pontualmente abaixo das especificações mínimas recomendadas, resulta em muitos casos, na existência de um "Risco Real" superior àquele que seria o "Risco Intrínseco" normal associado às situações que ocorrem ao longo da infra-estrutura em causa (ver exemplo na Figura 11).

Relativamente a esta questão ressalta a necessidade de que estas eventuais consequências sejam adequadamente avaliadas ao nível da fase de projecto e que, quando for inevitável a adopção de soluções "sub-standard", se prepare e implemente um plano especial de monitorização de modo a corrigir atempadamente disfunções especialmente significativas que não tenham sido antecipadas.

4.4 SOLUÇÕES TÉCNICAMENTE CORRECTAS MAS COM MANUTENÇÃO DEFICIENTE

Encontram-se com frequência em Portugal elementos de infra-estrutura sujeitos a estados de manutenção deficiente (ver Figura 12 e Figura 13), o que habitualmente se traduz na redução significativa dos níveis de desempenho do sistema de trânsito, nomeadamente em termos de nível de serviço e, algumas vezes, em termos de segurança rodoviária.

Este tipo de situações realça a necessidade de integrar as políticas de segurança rodoviária com todas as outras áreas de intervenção na infra-estrutura nomeadamente, como aqui foi ilustrado, com planos sistemáticos de manutenção das mesmas.

4.5 SOLUÇÕES DESADEQUADAS FUNCIONALMENTE

Nesta categoria incluem-se as soluções que, não sendo necessariamente erradas quando consideradas individualmente, quando avaliadas ao nível da sua adequação à lógica funcional sistémica da ou das redes em que se inserem, apresentam características fundamentais inadequadas para as funções que têm de assegurar.

É o caso, por exemplo, de arruamentos que desempenham funções estruturantes para o tráfego rodoviário, não tendo, no entanto, asseguradas as características físicas mínimas para tal.

É exemplo deste tipo de deficiências, a travessia de um espaço central ou de uma zona residencial (ver Figura 14) por uma via que assegure funções de distribuição de tráfego. Estes espaços caracterizam-se tipicamente por uma procura de estacionamento elevada e sujeita a uma grande rotatividade e a atravessamentos pedonais sistemáticos, sendo estas características incompatíveis com a existência de níveis de tráfego motorizado elevados (característica base a qualquer eixo estruturante). Nestes casos, é expectável a ocorrência de situações de perigo e conflitos rodoviários veículo/peão com uma frequência muito elevada.

Também a falta de uniformidade das condições de funcionamento de uma via e consequente existência de situações de desrespeito pelas expectativas naturais dos utilizadores da via pode constituir um quadro de disfuncionalidade já que, tende a impor aos utentes condições de utilização no mínimo difíceis de cumprir e que originam padrões de sistemático desrespeito, quer deliberado quer inconsciente, das regulações do trânsito.



Figura 14 - Exemplo de arruamento urbano funcionalmente desadequado



Figura 15 - Exemplo de solução deficiente na compatibilização planta-perfil num nó de ligação

Uma situação comum é a alteração sistemática dos limites de velocidade, sem que o ambiente rodoviário, ou as características da via o justifiquem, sendo os mesmos mantidos em troços de extensão muito curtos.

Situações destas tendem a fomentar um nível elevado de desrespeito e descrédito pela sinalização vigente, não só nos locais onde ocorrem mas, e mais grave, alastrando esse desrespeito para outros locais, com consequências ao nível da sinistralidade.

Justifica-se assim, claramente, quer em redes viárias urbanas, quer em redes viárias interurbanas, aprofundar acções de reestruturação viária e de estratégias integradas de gestão das condições operacionais de eixos viários, dando particular ênfase à definição de regras de selecção dos limites de velocidades a adoptar ao longo de um determinado trajecto e das correspondentes tipologias de perfil transversal e de elementos físicos constitutivos da estrada.

Tal deverá levar progressivamente à resolução deste tipo de situações, quer através da desclassificação dos respectivos arruamentos e troços de estrada, quer através da reformulação das suas características geométricas e funcionais através da adopção de soluções padronizadas e que garantam os níveis de serviço desejáveis.

4.6 SOLUÇÕES TECNICAMENTE DEFICIENTES

Este tipo de problemas é, por um lado, aquele onde tendem a verificar-se alguns dos problemas de sinistralidade mais importantes e, por outro, onde a responsabilidade da engenharia é mais directa.

Integram este tipo de situações deficiências das soluções geométricas, ordenamentos do tráfego incoerentes, falhas na resolução dos interesses conflituosos entre diferentes utilizadores do ambiente rodoviário ou deficiente sinalização de situações atípicas.

As Figura 15 e Figura 16 ilustram dois exemplos de deficiências ao nível da solução geométrica e onde se percebem as consequências que tais deficiências originam no comportamento dos condutores.

35

O primeiro exemplo apresenta uma confluência de 2 vias formalizada através de um ângulo obtuso e localizada, em termos de perfil longitudinal, numa curva convexa, com condições de deficientes visibilidade.

As dificuldades sentidas pelos condutores na avaliação das condições de segurança para inserção na corrente prioritária revertem-se numa utilização natural e frequente da berma da estrada, por parte dos condutores já conhecedores do problema mas, por outro lado evidencia o elemento de risco a que estão sujeitos os utilizadores não familiarizados com a geometria da solução.

O segundo exemplo mostra a inserção de 4 vias de entrada no anel de circulação de uma rotunda, o qual apenas disponibiliza 3 vias. Tal solução, por obrigar à confluência de vias em plena entrada/anel de circulação, zona já por si com elevado nível de conflituosidade, estará naturalmente na base de um conjunto de conflitos e de comportamentos inadequados, com consequentes aumentos dos níveis de sinistralidade, no presente caso normalmente associados a acidentes de pouca gravidade do tipo lateral/lateral.

Por sua vez, a Figura 17 ilustra um exemplo de uma solução incoerente caracterizada por um arruamento urbano que assegura funções estruturantes e onde se pode identificar uma total inconstância de soluções de regulação da prioridade em cruzamentos sucessivos.

Esta situação, ao desrespeitar o princípio base de manutenção de uma "lógica de conjunto" que reflecta uma coerência sistémica, entra em clara contradição



Figura 16 - Exemplo de solução geométrica deficiente numa entrada de uma rotunda

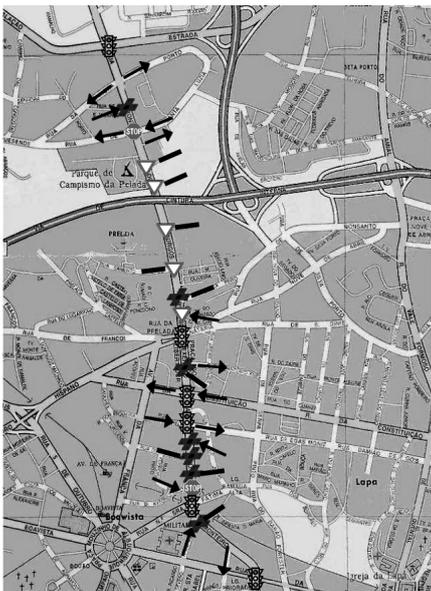


Figura 17 - Exemplo de inconsistência na sequência de regulações dos nós de um eixo viário



Figura 18 - Exemplo de tipologia errada de regulação de um atravessamento pedonal

com os princípios de simplicidade de compreensão e de respeito pelas expectativas naturais dos condutores. Em consequência, gera-se um ambiente rodoviário inconsistente e complexo e, potencialmente perigoso, já que exige um aumento da carga mental do condutor aliada a um aumento da complexidade da tarefa de condução.

Um outro conjunto de problemas igualmente recorrente em Portugal é o ligado a falhas no tratamento de situações conflituosas entre diferentes utilizadores da via pública e, particularmente, entre veículos motorizados e peões.

Uma situação habitual prende-se com a implantação de passagens de peões de nível sem regulação por sinais luminosos em eixos rodoviários que asseguram funções estruturantes do tipo colector e possuidores de desenvolvimentos transversais significativos (ver exemplo na Figura 18 onde o perfil transversal apresenta quatro vias de trânsito, sem separador central fisicamente materializado e onde o eixo está sujeito a níveis de tráfego elevados).

Obviamente nestes casos, por um lado, a colocação de uma passagem de peões deste tipo ao atribuir a prioridade formal de atravessamento ao peão, põe em causa esta estratégia de organização funcional da rede viária já que a lógica de funcionamento de um eixo estruturante deste tipo passa por privilegiar fortemente a fluidez, rapidez e segurança da circulação automóvel.

A agravar, este tipo de soluções resulta normalmente ou na total inutilidade da solução no apoio aos peões (conforto e segurança), ou na indução nestes de um falso sentido de “protecção”, com consequências potencialmente muito negativas ao nível da sinistralidade rodoviária já que essa percepção entra em completo conflito com o tipo de comportamentos “sugeridos” aos condutores pelas características físicas do eixo, designadamente a adopção de velocidades elevadas.

Outro exemplo de falhas no tratamento de conflitos entre diferentes utilizadores da via pública é o representado na Figura 19 a qual representa um arruamento urbano que assegura funções estruturantes e onde coexistem funções importantes de acesso local.

No presente caso é retratado um exemplo extremo onde, em determinados troços, os peões são forçados a usar a faixa de rodagem, já que não são salvaguardadas as condições mínimas de conforto e de segurança à sua circulação. Essas condições teriam que ser oferecidas através da segregação física dos dois sub-sistemas de transporte, designadamente através da construção de passeios.

Por outro lado, pode-se notar que, mesmo quando existem elementos infra-estruturais dirigidos para o apoio e protecção dos peões, estes apresentam falhas claras de interligação.

Finalmente, situações também comuns são as ligadas a soluções deficientes de sinalização provisória associadas a zonas de obra, que tendem a resultar em agravamentos, localizados no tempo, e no espaço da sinistralidade automóvel.

A Figura 20 mostra um exemplo de sinalização provisória utilizada na pré-sinalização de uma zona de obras integrada num arruamento estruturante de uma zona urbana.

O conjunto de situações englobáveis nesta categoria e aqui pontualmente ilustrada é, infelizmente, ainda bastante frequente, realçando a importância de se incrementar a realização de trabalhos de preparação de normas e recomendações técnicas bem como de acções de formação especializada.



Figura 19 - Exemplos de deficiente tratamento da função pedonal em eixo estruturante



Figura 20 - Exemplos de Zona de Obras com sinalização deficiente

5. REGRAS E SOLUÇÕES DE PROJECTO VS. SEGURANÇA RODOVIÁRIA

5.1 INTRODUÇÃO

A selecção das medidas correctivas apropriadas a um determinado local deve ser baseada no tipo de acidentes que nele ocorrem. Devido à grande variedade de factores que contribuem para a frequência e gravidade dos acidentes, existem também diversos tratamentos correctivos possíveis.

As medidas de tratamento a considerar devem, à partida, garantir a redução de acidentes. Esta garantia pode ser obtida pela avaliação dos efeitos dessas medidas já aplicados noutros locais com características semelhantes. Existem alguns estudos internacionais que, para algumas medidas de tratamento, apresentam estimativas percentuais na redução dos acidentes.

No tratamento das zonas de acumulação de acidentes podem ser aplicadas medidas de baixo custo que incluem desde a simples aplicação de sinalização vertical ou horizontal, até à melhoria das condições de aderência do pavimento.

Existem, por outro lado, medidas de engenharia de baixo custo que têm como objectivo único reduzir a sinistralidade dos peões, utilizadores do espaço público particularmente vulneráveis, dos quais são exemplo as travessias pedonais elevadas ou semaforizadas.

Para as outras estratégias de redução de acidentes é provável que as medidas de tratamento englobem um conjunto diverso de medidas que serão aplicadas a uma área maior. Nestes casos, os custos envolvidos são elevados sendo, por isso, conveniente aprofundar o estudo destes locais.

É apresentado de seguida um conjunto de regras e de soluções de projecto, passíveis de aplicação isolada ou integrada, com um impacto potencialmente importante ao nível da segurança rodoviária e, portanto, passível de utilização também no âmbito de medidas mitigadoras, procurando-se ainda enumerar as vantagens e desvantagens associadas à sua aplicação.

37

5.2 MEDIDAS DE CARÁCTER GERAL

5.2.1 MELHORIA DOS NÍVEIS DE VISIBILIDADE

A distância mínima de paragem (DP) representa um factor crítico em termos de segurança e corresponde à distância mínima necessária para que um condutor de um veículo se aperceba da necessidade de imobilizar o veículo e consiga executar essa manobra antes de atingir essa secção crítica. Esta distância incorpora duas componentes fundamentais: distância de percepção-reacção que depende do tempo de reacção (e este de múltiplos factores humanos) e da velocidade de circulação; distância de paragem que depende do quadrado da velocidade de circulação.

A melhoria das condições de visibilidade passa assim por actuar na infra-estrutura em aspectos que possam afectar as componentes referidas, designadamente (Gomes, 2004):

- Escolha adequada dos limites de velocidade a impor nas zonas
- Limpeza e conservação das áreas adjacentes à faixa de rodagem, libertando-as de vegetação e obstáculos que possam afectar os níveis de visibilidade.
- Condicionamento das serventias e de acessos condicionados a locais de boa visibilidade
- Salvaguarda dos critérios de homogeneidade do traçado e das expectativas naturais dos condutores.

Revela-se ainda essencial a aplicação dos critérios de visibilidade apropriadas a cada tipologia de intersecção de forma a que cada condutor disponibilize do tempo que necessita para visualizar, perceber, decidir e executar as manobras necessárias à alteração da sua marcha. Em zona urbana, a visibilidade é maioritariamente condicionada pela existência de vegetação, habitações ou muros de vedação e mobiliário urbano.

Os efeitos da distância de visibilidade na segurança rodoviária das intersecções dependem dos movimentos direccionais envolvidos, das características da intersecção e da eventual existência de outros veículos a aguardar oportunidade de passagem. Segundo Neuman (et. al. referido em Gomes, 2004) a aplicação de correcções às distâncias de visibilidade pode justificar a diminuição de 10 a 67% na frequência dos acidentes.

5.2.2 SINALIZAÇÃO RODOVIÁRIA

A aplicação de sinalização rodoviária em Portugal, está regulamentada pelo Regulamento de Sinalização do Trânsito (RST Decreto Regulamentar nº 22-A/98, de 1 de Outubro, alterado pelos D. R. nº 41/2002 de 20 de Agosto e nº 13/2003 de 26 de Junho), onde se define o significado dos demais sinais, suas dimensões e algumas regras práticas de apoio à sua aplicação.

A sinalização constitui um auxiliar precioso à tarefa de condução, reforçando a delimitação das vias de circulação, complementando a informação visual fornecida pela infra-estrutura e ambiente envolvente e disponibilizando informação adicional sobre restrições à tarefa de condução, alertando para a existência de potenciais situações perigosas.

A sinalização integra um conjunto de equipamentos:

- sinalização vertical
- marcação rodoviária
- equipamento de guiamento e balizagem.

A sinalização vertical é constituída por sinais ou painéis de sinalização que transmitem uma mensagem visual através da sua localização, forma, cor, tipo e ainda através de símbolos e/ou caracteres alfanuméricos.

A sinalização vertical a colocar nas vias públicas compreende sinais de perigo, sinais de regulamentação, sinais de indicação, sinalização de mensagem variável e sinalização turístico-cultural.

A marcação rodoviária permite apoiar a tarefa de guiamento sendo que as marcas se destinam a regular a circulação, a advertir e a orientar os utilizadores da via pública. São utilizadas com diferentes funções e revelam-se extremamente úteis na canalização do tráfego e na selecção de via.

As marcas rodoviárias podem ser materializadas por pinturas, lances, fiadas de calçada, elementos metálicos ou de outro material, fixados no pavimento (Almeida Roque, 2004). Fora das localidades, as marcas devem ser retrorreflectoras. As marcas rodoviárias de sinalização permanente devem ser brancas, excepto as marcas reguladoras do estacionamento e paragem que devem ser amarelas.

O equipamento de guiamento e balizagem é normalmente constituído por um conjunto de dispositivos discretos e que têm por objectivo apoiar a tarefa de guiamento do condutor. Os marcadores aplicados sobre o pavimento e associados a marcas rodoviárias, permitem reforçar a visibilidade destas perante condições de visibilidade reduzida ou durante a noite. Também os delineadores, apoiados sobre o solo ou associados a equipamentos de segurança permitem identificar com mais clareza os limites da plataforma em condições de visibilidade reduzida, melhorando a percepção do traçado. Estes dispositivos são considerados especialmente vantajosos em estradas que não tenham marcação de guias.

A aplicação integrada de sinalização vertical e horizontal tem-se revelado extremamente eficiente na melhoria da segurança de locais particularmente perigosos ou que obriguem a decisões complexas, como intersecções, curvas perigosas, atravessamentos de localidades, etc. Face a outro tipo de intervenções, os investimentos relacionados com a colocação de novos dispositivos de sinalização ou com a sua conservação são significativamente baixos, pelo que são consideradas “Medidas de Engenharia de Baixo Custo” de grande aplicação.

5.2.3 MELHORIA DAS CARACTERÍSTICAS SUPERFICIAIS DOS PAVIMENTOS

A manutenção de características superficiais dos pavimentos que assegurem condições de resistência à derrapagem acima dos valores críticos traduz-se directamente nos valores da segurança, assumindo particular importância em locais onde se pratiquem velocidades elevadas (superiores a 80km/h) ou exista uma grande propensão para a ocorrência de manobras de emergência.

A sua adopção, como medida de baixo custo, justifica habitualmente a sua utilização em zonas confinadas, como seja a aproximação a passagens de peões, aproximação a intersecções ou a curvas de raio pequeno. Devem contudo ser respeitadas as expectativas naturais dos condutores relativamente a uma elevada resistência à derrapagem pelo que a sua aplicação deve ser uniforme e generalizada cobrindo todos os locais que possam ser considerados críticos a este nível.

Na generalidade dos casos, os revestimentos com elevada resistência à derrapagem são conseguidos através da utilização de misturas com agregado de elevado coeficiente de atrito (boas características de microrugosidade e resistência ao polimento elevada) artificiais e com ligantes especiais que resistam aos esforços elevados desenvolvidos sobre o agregado.

Segundo Gomes (2004) é expectável, em estradas inter-urbanas, a redução de 35% no número de acidentes corporais, após a aplicação, nas vias e bermas de intradorso de curvas, de revestimentos superficiais de grande resistência à derrapagem. A sua aplicação no troço montante às intersecções tende a traduzir-se em reduções na frequência dos acidentes, na ordem dos 15%.

39

5.2.4 ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Os níveis de segurança, face às mesmas condições de circulação são significativamente mais reduzidos em condições nocturnas face às diurnas. A condução em períodos nocturnos caracteriza-se por uma redução drástica dos níveis de visibilidade sendo ainda significativamente reduzida a visão periférica dependente das características de contraste. A instalação de iluminação pública procura atenuar estes problemas facultando ao condutor a intensidade de luz suficiente para que os condutores viajem em segurança e conforto. Revela-se ainda determinante na percepção de quebras do traçado tornando notória a presença de ilhéus e de outro tipo de discontinuidades.

Os benefícios, em termos de segurança rodoviária, resultantes da aplicação da iluminação pública são incontestáveis, contudo a sua utilização generalizada continua a merecer uma análise mais aprofundada em termos de custo/benefício.

É contudo consensual que a iluminação pública deve cobrir os pontos críticos da rede rodoviária (intersecções de nível, nós, túneis, zonas de conflito veículo/peão), considerando-se obrigatória em espaços urbanos ou em áreas onde possam existir conflitos resultantes da partilha do mesmo espaço por diferentes tipos de utilizadores.

Deve ainda ser dada particular importância à disposição dos postes eléctricos, já que tal disposição pode constituir uma ferramenta extremamente eficaz na identificação nocturna de eventuais quebras de traçado ou na percepção longínqua da tipologia da intersecção.

A eficácia da iluminação pública é relatada em vários estudos estrangeiros incidentes sobre diferentes elementos do traçado, sendo que a redução do número de acidentes oscila entre os 50% na aproximação a pontes e 75% em intersecções (referido em Gomes, 2004).

5.3 SEGURANÇA EM TROÇOS DE ESTRADA CORRENTE

5.3.1 MELHORIA DAS CONDIÇÕES DE ULTRAPASSAGEM

A avaliação das necessidades de melhorar as condições de ultrapassagem ligadas a um determinado trecho de estrada, está directamente relacionada com o nível de serviço a oferecer pela infra-estrutura, embora possa envolver igualmente problemas de segurança.

A oferta de possibilidades de ultrapassagem depende das características da infra-estrutura (nomeadamente das condições de visibilidade) e da distribuição dos veículos nas correntes de tráfego, pelo que a falta de oportunidade de ultrapassagem aumenta com o aumento do volume de tráfego.

De acordo com a Norma de Traçado (JAE, 1994) a oferta de possibilidade de ultrapassagem é caracterizada pela percentagem de estrada com distância de visibilidade superior ou igual à distância de visibilidade de ultrapassagem, sendo que, em estradas com uma única faixa de rodagem essa percentagem deve ser superior a 40.

Em alternativa, a melhoria das condições de ultrapassagem passa pela adopção de medidas complementares, designadamente:

- vias de ultrapassagem - consistem em vias adicionais associadas a um ou aos dois sentidos de trânsito e destinadas a favorecer a manobra de ultrapassagem. Aplicam-se em trechos críticos, seja por envolverem inclinações longitudinais acentuadas, ou condições de visibilidade reduzida, etc. ou, muitas das vezes, podem ser aplicadas de forma regular. Segundo a experiência internacional a criação deste tipo de vias pode reduzir o número total de acidentes em 25% e o número de acidentes com danos corporais em 30% (apresentado em Gomes, 2004).

- vias de lentos - consistem em vias adicionais destinadas à circulação de veículos lentos com vista a evitar sobretudo colisões de traseira. São aplicáveis em locais sujeitos a volumes significativos de veículos lentos e onde a diferença de velocidade relativa entre veículos o justifique. Os benefícios de segurança associados a este tipo de medida aumentam com a inclinação do trainél, a extensão da subida e a proporção de veículos lentos. É pouco provável a obtenção de melhorias na segurança com a aplicação de uma via de lentos nos primeiros 760 metros de uma zona com 4% de inclinação, nem nos primeiros 550 metros de um troço com 6% (Gomes, 2004). Em termos médios, é expectável que a aplicação deste tipo de medidas resulte na redução de cerca de 20% no número de acidentes.

- estradas com 4 vias - consiste na alteração do perfil transversal tipo da via pelo que normalmente se trata de uma medida que envolve custos elevados associados aos trabalhos de construção civil e de aquisição de terrenos.

- circulação nas bermas - consiste na utilização das bermas como possíveis vias de circulação, destinadas nomeadamente à circulação de veículos lentos. A implementação desta medida tem-se revelado extremamente eficiente nas estradas de 2 vias nos EUA, contudo e face ao enquadramento legal português que proíbe a circulação automóvel nas bermas, a adopção desta medida deverá ser precedida da alteração ao conteúdo da lei e da definição de sinalização em concordância com a lei vigente.

5.3.2 MELHORIA DAS CONDIÇÕES DA ÁREA ADJACENTE À FAIXA DE RODAGEM

A existência de obstáculos rígidos nas áreas adjacentes à faixa de rodagem pode traduzir-se num aumento considerável da frequência e gravidade dos acidentes em caso de despiste ou descontrolo do veículo.

A análise da tipologia dos acidentes registados na Rede Rodoviária Nacional no período 1990-1995, mostra a importância assumida pelos acidentes que envolvem a existência de obstáculos na área adjacente à faixa de rodagem, seja nas bermas, taludes ou separadores centrais. Na realidade o conjunto dos acidentes por colisão ou despiste representa 23% do total das participações, 24% dos mortos e 24% dos feridos graves.

A salvaguarda de uma área adjacente à faixa de rodagem desobstruída traduz-se, em primeira instância no aumento dos níveis de segurança, e, em particular, na diminuição da severidade dos acidentes por descontrolo de um veículo, já que funcionam como áreas de refúgio que permitem ao condutor recuperar, em segurança, o controlo do mesmo. Em complemento esta área serve para melhor integrar a infra-estrutura na paisagem envolvente assumindo funções de âmbito visual, ambiental e auxiliar.

Deve, como tal, ser prevista a desobstrução de áreas adjacentes, materializadas através da remoção de árvores, postes de iluminação pública, vedações, a construção de taludes com inclinações suaves ($v/h=1/4$ ou menos) e a eliminação das bocas das passagens hidráulicas, substituindo-as por sumidouros com grelhas.

Segundo o manual da AASHTO (2001) a definição da zona livre de projecto (área aproximadamente plana e a disponibilizar livre de obstáculos) pode ser feita com base nos valores da velocidade de tráfego e no volume médio diário de projecto. A experiência americana mostra que o aumento da zona livre (traduzida em distância entre a delimitação da via de tráfego e o obstáculo) em 3, 4,6 e 6,1 metros se traduz na redução de 25, 35 e 44% dos acidentes que envolvem obstáculos na área adjacente (referido em Gomes, 2004).

41

5.4 SEGURANÇA NOS CRUZAMENTOS

Em espaços urbanos ou peri-urbanos o desempenho das redes viárias, caracterizado nomeadamente pela sua capacidade e segurança, está ligado directamente ao funcionamento dos cruzamentos uma vez que, normalmente, estes são os seus pontos críticos, aqueles onde primeiro se registam situações de incapacidade de dar resposta à procura e onde ocorrem aproximadamente dois terços de todos os acidentes com feridos e ou mortos. São também os espaços onde, habitualmente, mais se fazem sentir os conflitos de interesse entre veículos motorizados, peões e ciclistas.

Existe um conjunto alargado de tipologias de soluções aplicáveis, designadamente: cruzamentos sem regulação; cruzamentos com prioridade à direita; cruzamentos prioritários; rotundas; cruzamentos semaforizados; cruzamentos desnivelados ou nós.

Por outro lado, existe um conjunto de princípios base de projecto com implicações ao nível da segurança, uns que têm aplicabilidade nas diferentes tipologias, enquanto outros são específicos de cada uma delas. De seguida apresentam-se os mais importantes.

5.4.1 CANALIZAÇÃO DAS CORRENTES DE TRÁFEGO

A canalização das correntes de tráfego consiste numa estratégia de promoção da segurança e procura orientar correctamente os condutores em relação aos trajectos a adoptar, reduzir o número de pontos de conflito e dispô-los em locais menos desfavoráveis do ponto de vista da segurança. A sua mate-

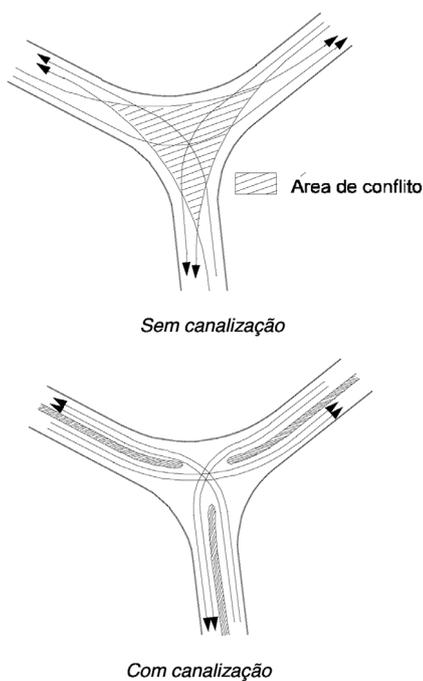


Figura 21 - Minimização das áreas de conflito através de elementos de canalização

rialização passa pela construção de ilhéus e separadores que no seu conjunto procuram assegurar:

- A introdução de elementos especializados (e.g. vias segregadas)
- Simplificação das manobras - procurando ortogonalizar as inserções
- Moderação das velocidades - através da introdução de sinuosidades, redução da largura das vias, materialização física dos separadores
- Melhor delimitação dos trajectos - através da adopção de esquemas de marcações no pavimento padronizadas
- Aumento da capacidade da intersecção.

Em geral, um cruzamento sem canalização é caracterizado pela disponibilização de uma área de conflito significativa, sendo que estas proporcionam a prática de manobras incondicionadas e, por sua vez, perigosas e imprevisíveis. A canalização dos movimentos através da criação de separadores centrais e ilhéus direccionais permite assim condicionar o comportamento do condutor ao minimizar as áreas de conflito, facultando-lhe orientações sobre o encaminhamento a tomar (ver a Figura 21).

A materialização física dos separadores centrais e dos ilhéus separadores, revela-se favorável à segurança rodoviária, ao tornar a intersecção visualmente mais notória e ao incutir no condutor a necessidade de reduzir a sua velocidade de circulação contribuindo ainda para impedir a prática de ultrapassagens.

Por poderem constituir obstáculos físicos, a concepção dos ilhéus deve merecer alguns cuidados especiais:

- os elementos de canalização devem ser colocados em locais bem visíveis sendo que a sua geometria deve evidenciar os trajectos a garantir e os movimentos não admissíveis devem ser inequivocamente proibidos. A forma e localização dos ilhéus deve responder aos critérios de simplicidade, apostando em geometrias padronizadas e conhecidas dos condutores, tendo ainda por base o respeito pelas expectativas naturais dos condutores
- as suas dimensões devem ser determinadas em função dos objectivos a atender. Assim um separador central deverá disponibilizar a largura suficiente para servir de refúgio aos veículos não prioritários que pretendam efectuar o atravessamento ou a viragem à esquerda em duas fases (6 ou 12m consoante se trate de veículos ligeiros ou longos). Os ilhéus devem salvaguardar dimensões mínimas de forma a serem visualmente notórios e permitirem a instalação de sinalização vertical e mobiliário urbano (cada ilhéu deve contabilizar uma área global superior a 10m² sendo que cada lado do ilhéu não deve ter comprimento inferior a 2,5m). Quando associados a travessias pedonais, os ilhéus deverão disponibilizar uma largura mínima de 1,2m, preferencialmente 1,5m.
- o revestimento superficial a adoptar nos ilhéus deve salvaguardar um contraste visual em relação à faixa de rodagem, sendo que quando associados a trajectos pedonais, os mesmos devem garantir a circulação confortável e segura dos peões. Deverão ainda ser rebaixados ou interrompidos no encaminhamento das travessias de forma a favorecer a circulação dos utilizadores de mobilidade reduzida.

Alguns estudos estrangeiros apontam para reduções na ordem dos 25% do número de acidentes após a aplicação de medidas de canalização do tráfego (apresentado em Gomes, 2004).

5.4.2 CRUZAMENTOS PRIORITÁRIOS

Este tipo de cruzamento caracteriza-se pela retirada da prioridade a determinados movimentos pela aplicação de sinais verticais de “paragem obrigatória” ou de “cedência de passagem”.

Estudos estatísticos levados a cabo em Inglaterra revelam que 51% dos acidentes ocorrem em cruzamentos integrados na rede viária urbana e destes mais de metade incide em cruzamentos prioritários. Dos 9% dos acidentes que ocorrem em cruzamentos rurais, quase 50% são em cruzamentos prioritários.

Para os mesmos fluxos afluentes, habitualmente os cruzamentos prioritários, apresentam maiores índices de sinistralidade e maior gravidade dos acidentes do que os outros tipos de intersecções, estando estes maioritariamente relacionados com as manobras de atravessamento e viragens à esquerda e as elevadas velocidades praticadas nas vias prioritárias.

Estes resultados evidenciam a necessidade de condicionar o domínio de aplicação deste tipo de solução e, em complemento, definir regras que promovam o seu funcionamento em segurança.

De forma geral, considera-se que a segurança de um cruzamento prioritário passa essencialmente por apostar em soluções simples e legíveis, por respeitar as expectativas naturais dos condutores, por minimizar o número de pontos de conflito na intersecção e salvaguardar os indispensáveis níveis de visibilidade.

O primeiro aspecto prende-se com a necessidade de padronização das soluções, contribuindo para a:

- Facilidade de compreensão: os utilizadores devem reconhecer a solução e de forma natural e instintiva saber como se comportar
- Simplicidade de utilização: as soluções podem ser geometricamente complexas (desnivelamentos, segregações, ...) mas devem ser sempre simples de utilizar.

O respeito pelas expectativas naturais dos condutores passa pela procura de soluções que não colidam directamente com a expectativa criada no condutor, seja pela experiência de condução seja pelas características do traçado e intersecções antecedentes. Tal violação poderá contribuir para o desrespeito deliberado ou inconsciente das regras de utilização da solução criando-se um potencial elevado para a ocorrência de situações de má compreensão resultando em soluções com problemas potenciais de sinistralidade. Este princípio passa por:

- Induzir comportamentos seguros fazendo a solução parecer mais perigosa do que o é na realidade
- Atribuir a prioridade de passagem às correntes dominantes, ou seja às que registam maiores níveis de procura de tráfego
- No caso dos entroncamentos (intersecções com 3 ramos afluentes) retirar a prioridade de passagem à via que termina. Caso tal princípio colida com a regra anterior, deverá proceder-se ao reordenamento geométrico do entroncamento, de forma a impor deflexões aos movimentos secundários.

O aumento dos níveis de segurança passa ainda pela:

- Redução do número de pontos de conflito - A redução do número de pontos de conflito passa normalmente por procurar proibir alguns movimentos direccionais, canalizando-os, nomeadamente para outras intersecções através de arruamentos marginais. A substituição de cruzamentos de 4 ramos por dois entroncamentos desalinhados é um exemplo que se traduz na redução dos 32 para 18 pontos de conflito.
- Minimização da área de conflito - Esta é conseguida através da implantação de elementos de canalização (espaço a mais vs. espaço a menos).

Finalmente importa ainda referir a importância que assume a salvaguarda dos diferentes critérios de visibilidade aplicáveis a este tipo de intersecções,

cuja materialização passa pelo condicionamento da colocação de obstáculos visuais (tais como sinais de trânsito, plantações, mobiliário urbano, etc.) em determinadas zonas consideradas críticas e resultantes da aplicação de um conjunto de regras técnicas especificadas em documentos da especialidade. Para uma abordagem mais aprofundada ver fascículo “Intersecções Prioritárias e de prioridade à direita” da presente colecção.

Qualquer uma destas medidas apresenta benefícios evidentes nos níveis de segurança da intersecção, embora nem todos esses benefícios estejam quantificados.

A canalização dos movimentos através da implantação de ilhéus direccionais e separadores que minimizem a área ou as características dos conflitos e desincentivem a ultrapassagem durante a zona de atravessamento das intersecções, tem-se revelado eficaz, constatando-se que intersecções com canalização de movimentos podem permitir diminuições do índice de sinistralidade na ordem dos 50%.

Também a substituição de cruzamentos em X por cruzamentos desfasados, apresenta igualmente benefícios ao nível da segurança, com reduções dos acidentes quantificados na ordem dos 60%.

5.4.3 ROTUNDAS

As rotundas caracterizam-se pela circulação giratória em torno de uma placa central de formato mais ou menos circular e onde os veículos que pretendem entrar no cruzamento devem ceder a passagem àqueles que já se encontrem no seu interior. É um tipo de solução “igualitária” já que ao impor a perda de prioridade a todas as entradas dá importância semelhante a todas elas. É assim particularmente indicada para resolver conflitos de cruzamentos de vias com importâncias funcional e de fluxos de tráfego semelhantes.

De forma geral, as regras básicas de segurança a atender no projecto de uma rotunda prendem-se com a garantia de uma visualização atempada da intersecção e com o controlo do comportamento dos condutores na aproximação e entrada da rotunda.

Na verdade, a maioria dos acidentes em rotundas incide nas imediações da entrada, envolvendo conflitos relacionados com a recusa de cedência de passagem, a perda de controlo do veículo isolado com invasão da ilha central ou embates do tipo frente-traseira. Estas tipologias de acidentes relacionam-se maioritariamente com deficiências de percepção atempada da intersecção e, por consequência, por reacções tardias à presença da rotunda.

A resolução deste tipo de problemas, passa em grande parte pela adopção de medidas que tornem a solução mais notória desde a sua aproximação, nomeadamente:

- Salvar bons níveis de visibilidade quer na aproximação e entrada quer dentro do anel de circulação da rotunda. A garantia destas condições de visibilidade, passa pelo condicionamento da colocação de obstáculos visuais (tais como sinais de trânsito, plantações, mobiliário urbano, etc.) em determinadas zonas consideradas críticas e resultantes da aplicação de um conjunto de regras técnicas especificadas em documentos da especialidade
- Evitar colocar intersecções em locais de visibilidade deficiente, nomeadamente em curvas verticais convexas, em trainéis com inclinação acentuada ou associadas a curvas em planta de raio apertado
- Adoptar modelações de terreno e arranjos paisagísticos da ilha central que ajudem a tornar a solução mais notória e a enfatizar a descontinuidade do traçado. Tal não deve passar contudo pela implementação de obstáculos ou elementos rígidos (tais como fontes, monumentos, muros, etc.) que possam aumentar a gravidade dos acidentes em caso de despiste junto a entrada e consequente invasão da ilha central

- Adoptar iluminação pública com ordenamentos que ajudem, em condições nocturnas, o condutor a identificar a existência da intersecção. Os postes devem como tal, contornar exteriormente a rotunda
- Adoptar, sempre que se justifique, medidas e equipamentos complementares de apoio que ajudem a aumentar a notoriedade da solução
- Adoptar (pré)-sinalização de orientação, como medida de ajuda ao reconhecimento atempado da solução, por parte do condutor, devendo ser obrigatória em meios inter e peri-urbanos.

Mas, como dito atrás, os níveis de segurança associados a uma rotunda dependem consideravelmente da sua capacidade em condicionar a velocidade de aproximação e de entrada na rotunda e, por sua vez, o comportamento do condutor durante as fases de entrada, atravessamento e saída da rotunda.

Tal condicionamento passa por:

- Garantir a adequação da velocidade de aproximação e entrada na rotunda. Vários estudos de sinistralidade aplicados às rotundas mostram que a maioria dos acidentes incide nas imediações da entrada, envolvendo conflitos relacionados com a recusa de cedência de passagem, a perda de controlo do veículo isolado, a invasão da ilha central ou embates do tipo frente-traseira.
- Evitar entradas precedidas por traçados rectilíneos muito extensos. A adaptação das velocidades de aproximação deve passar pela adopção de um traçado sinuoso constituído por uma sequência lógica de curvas e contracurvas de raios progressivamente mais reduzidos e que respeitem as regras gerais de homogeneidade de traçado
- Adoptar geometrias de entrada que “convidem” os condutores a adoptar velocidades de entrada próximas dos 30 a 40km/h
- Garantir a deflexão mínima dos movimentos de atravessamento - a investigação nacional demonstra que a deflexão assume um efeito muito significativo no controlo das velocidades adoptadas. Em termos práticos, impor deflexões adequadas às trajectórias dos veículos passa por impedir fisicamente que qualquer veículo consiga atravessar “a direito” a intersecção, sem ser sujeito a uma curvatura mínima e, por consequência, a uma redução da velocidade
- Na mesma linha de acção, devem ser evitadas entradas directas nas rotundas, já que tendencialmente não impõem uma necessidade de redução de velocidade aos condutores e resultam num aumento potencial dos acidentes por recusa de cedência de passagem junto à entrada
- Garantir uma boa canalização dos movimentos. A canalização dos movimentos procura apoiar o condutor na tarefa de guiamento orientando-o directamente para o anel de circulação e facultando-lhe orientações sobre a trajectória a adoptar. Um erro comum, em termos de projecto, relaciona-se com deficiências na concepção do ilhéu separador, o qual em vez de posicionar e orientar devidamente os veículos em relação ao anel de circulação, o faz em direcção à ilha central, induzindo a acidentes por invasão da ilha central. A canalização está associada a um conjunto de informação fornecida através da geometria das bermas, do ilhéu separador e pelas marcas rodoviárias
- Salvaguardar a consistência de velocidades. Este princípio centra-se na percepção de que o condutor não pode mudar bruscamente a direcção do veículo ou a velocidade de circulação, sem optar por comportamentos de risco ou inadequados. Assim a geometria deve apostar em raios de curvatura semelhantes nos vários elementos sucessivos do traçado (entrada, atravessamento e saída).

Todas estas questões são tecnicamente materializadas no projecto geométrico mediante a aplicação de regras claras e objectivas que, por uma questão de extensão do documento aqui não são apresentadas mas que podem ser consul-

tadas nos documentos da especialidade, bem como no fascículo “Rotundas” desta colecção.

A associar a estes princípios gerais há ainda um conjunto de regras mais específicas que passam pela definição de gamas admissíveis a atribuir aos diferentes parâmetros geométricos constituintes da rotunda, tais como raios, ângulos, larguras, etc..

Apesar de ainda existirem alguns problemas relacionados com o funcionamento das rotundas, está cientificamente comprovado que, quando devidamente concebidas e localizadas este tipo de solução, pode constituir uma excelente medida de gestão do trânsito rodoviário assegurando níveis elevados de desempenho geral quer em termos de capacidade quer de segurança rodoviária. A experiência internacional comprova que a transformação de um cruzamento prioritário numa rotunda de nível, reduz, em média as taxas de sinistralidade em cerca de 40%. Essa redução é ainda mais significativa quando relativa aos acidentes com feridos, atingindo em média cerca de 70%, ou aos acidentes com mortos, os quais são eliminados praticamente na sua totalidade, ultrapassando os 90%.

5.4.4 AS SOLUÇÕES SEMAFORIZADAS

As soluções semaforizadas caracterizam-se pela separação, no tempo, de pontos de conflito. Ou seja caracterizam-se pela atribuição em diferentes períodos de tempo e através de sinalização luminosa, do direito absoluto ou parcial de entrada no cruzamento aos diferentes movimentos de tráfego.

Os níveis de segurança rodoviária oferecidos pelos sistemas semaforizados, são genericamente elevados e dependem, em cada caso, de um conjunto de decisões de projecto ligadas, por um lado, ao grau de segregação temporal assumido para a resolução dos diferentes conflitos entre movimentos direccionais pedonais e motorizados possuidores de trajectórias que se intersectam e por outro lado, ao grau de complexidade interpretativa para os condutores ou de conflito com as suas expectativas das sequências de fases resultantes da aplicação dos planos de regulação adoptados e, finalmente, à adequada aplicação de princípios básicos de desenho geométrico e de dimensionamento dos planos de regulação semafórica.

A escolha do adequado grau de segregação temporal entre movimentos direccionais conflituantes é uma das decisões básicas no processo de selecção do plano de regulação semafórica sendo uma questão não trivial já que as diferentes soluções possíveis apresentam níveis potenciais de desempenho ao nível da eficiência operacional e da segurança de sentidos diferentes. Em geral, opções que garantem a máxima segurança tendem a resultar em soluções com um menor potencial de desempenho operacional (capacidade e fluidez).

Assim, naturalmente, as opções a assumir para cada caso estarão à partida enquadradas e condicionadas sobre a importância relativa que for atribuída aos objectivos de segurança e eficiência operacional, embora tendo também como referência base a obrigação de garantia de níveis mínimos adequados de segurança.

Especificamente a decisão base subjacente a este problema é sobre a razoabilidade de existência dos designados “conflitos secundários”, como são por exemplo os conflitos entre movimentos de atravessamento e movimentos opostos de viragem (à direita ou à esquerda), sendo que basicamente estes tendem a ser menos aceitáveis quanto mais vulneráveis forem os utilizadores envolvidos, por exemplo peões particularmente vulneráveis, quanto maior for o risco intrínseco associado ao conflito ligado, por exemplo, à existência de velocidades elevadas, e quanto maior for o nível de exposição, que se prende com a frequência de ocorrência desses conflitos (ver a Figura 22) (para uma abordagem mais aprofundada consultar o fascículo “Sinais Luminosos” da presente colecção).

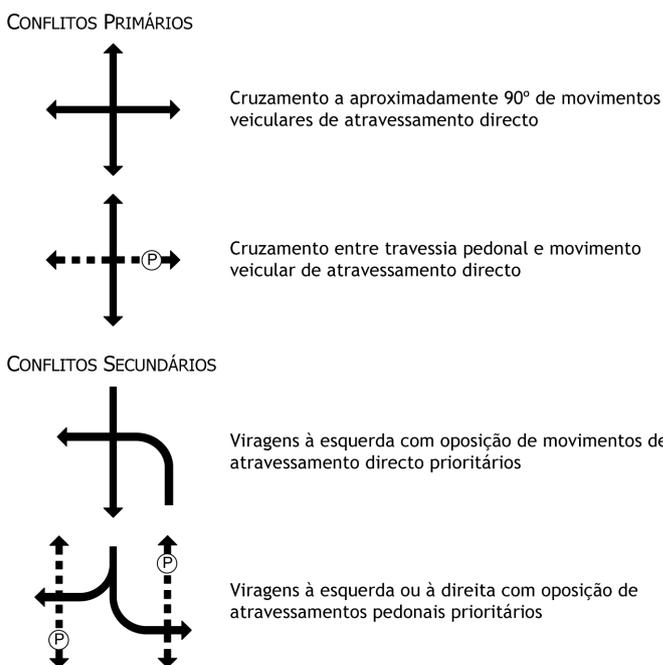


Figura 22 - Tipologias de conflitos entre movimentos direccionais incompatíveis

A enorme variedade das características geométricas (número e posição relativa dos ramos de acesso e das travessias pedonais, movimentos direccionais permitidos, número e dimensões das vias que servem os diferentes movimentos) e da procura (multiplicidade potencial de modos servidos, amplitude e variabilidade temporal dos volumes de tráfego envolvidos) que pode ocorrer num cruzamento semaforizado tem levado ao desenvolvimento de soluções de regulação semafórica cada vez mais complexas tirando, nomeadamente, partido dos mais recentes desenvolvimentos tecnológicos.

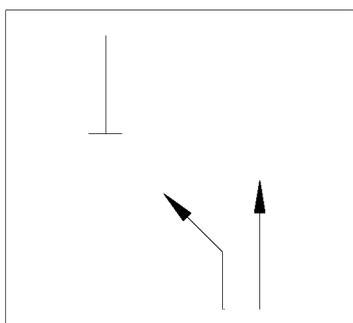
Esta maior complexidade que normalmente permite oferecer soluções com maior potencial operacional (maiores capacidades, menores demoras), tem por vezes como efeito secundário menos positivo, o aumento da complexidade interpretativa para os utilizadores, podendo mesmo, em alguns casos, resultar em soluções que, por irem contra as suas expectativas, podem resultar em soluções menos seguras pelo que a sua adopção deverá ser devidamente ponderada em cada caso e, desejavelmente, a sua implementação adequadamente monitorizada.

Como exemplo deste tipo de situações pode referir-se o tratamento das viragens à esquerda, através de soluções do tipo *late-release* (ver a Figura 23) onde as condições de acesso ao cruzamento para o movimento de viragem à esquerda em determinado momento, passam de acesso sem oposição para acesso com oposição podendo, por vezes, surpreender os condutores.

Um segundo tipo de situações prende-se com a aplicação de soluções actuadas em que a lógica de actuação adoptada pode resultar em que em ciclos sucessivos a sequência de fases activadas vai sendo alterada, introduzindo, deste modo, um elemento de "imprevisibilidade" e de "surpresa" nos condutores que pode resultar em comportamentos incorrectos.

Exemplos de soluções que conflituam com as expectativas naturais dos utilizadores, em particular dos peões são aquelas que, mesmo quando os cruzamentos se encontram a funcionar abaixo do seu limiar de capacidade operacional, implicam a imposição de demoras médias muito significativas. Estas situações podem induzir os utilizadores a adoptarem comportamentos incorrectos, que no caso dos peões pode significar atravessamentos no vermelho, e no caso dos automóveis pode significar acções frequentes de entradas nos

FASE A



FASE B

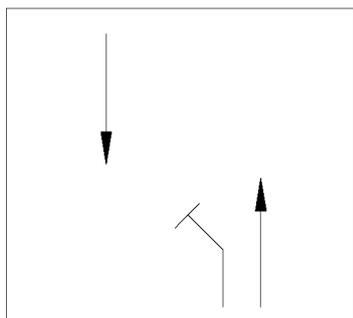


Figura 23 - Estratégia de "Late release"

cruzamentos a “queimar” o vermelho. Naturalmente quaisquer destas acções tenderá a aumentar os níveis de sinistralidade potencial dos locais.

Um último exemplo de desencontro entre a lógica de regulação dos sistemas e as expectativas dos utilizadores prende-se com as dificuldades de, em soluções mais complexas, estes compreenderem a forma como determinados mecanismos de interacção entre si e o sistema funcionam. Estas situações, por vezes, originam dúvidas sobre se estes de facto estão activos ou se têm um desempenho útil, levando, por vezes, ao seu desprezo e conseqüente assumpção de comportamentos incorrectos e potencialmente também perigosos.

Um problema típico é o da utilização nem sempre sistemática pelos peões das “botoneiras” para activação das travessias pedonais devido à percepção que muitos deles têm de que estas ou estão avariadas ou não têm qualquer utilidade. Esta percepção tem vindo a ser adquirida atendo a que, por um lado, em alguns casos estes dispositivos embora estejam presentes estão de facto desactivados ou avariados, e porque, por outro lado, em muitos casos, os sistemas têm programadas respostas às solicitações dos peões, manifestadas pela activação das botoneiras, que são muito desfasadas no tempo relativamente ao momento de activação, perdendo-se assim a possibilidade de estes identificarem com facilidade uma relação de causa-efeito.

Existem, no entanto, presentemente já soluções tecnológicas, ao nível por exemplo de interfaces gráficos colocados junto às botoneiras, que permitem ao sistema interagir em tempo real com os utilizadores de modo a que estes tenham uma melhor percepção da situação podendo, pelo menos, receber uma indicação de que a sua chamada foi detectada ou, mais desejavelmente, sendo informado em tempo real sobre o tempo de espera expectável.

Toda a problemática associada à selecção dos planos de regulação de cruzamentos com sinais luminosos é abordada de forma integrada e aprofundada no fascículo “Sinais Luminosos” da presente colecção.

Ao nível do desenho geométrico os princípios básicos de canalização do tráfego e de padronização das soluções, que já foram apresentados nomeadamente em relação às soluções do tipo prioritário, são directamente aplicáveis nas soluções semaforizadas.

Ao nível do dimensionamento dos planos de regulação os aspectos que são relevantes para a segurança global da solução prendem-se com o adequado dimensionamento dos períodos de transição entre fases, períodos que se destinam a garantir que veículos com movimentos direccionais conflituantes, servidos em fases semaforicas sucessivas, nunca entrarão em conflito dentro do cruzamento sem que um deles tenha infringido as leis do trânsito.

Um dos parâmetros de projecto relevantes a este nível prende-se com o dimensionamento dos “tempos de amarelo” para os movimentos rodoviários e que se destinam a que os veículos que se aproximam dos cruzamentos nos momentos finais das fases que os servem, quando os semáforos passam de verde a vermelho, possam decidir em segurança sobre se devem parar antes da linha de paragem ou se, pelo contrário devem prosseguir a marcha. Para que tal possa acontecer o dimensionamento deverá ser feito de modo a que não sejam criadas situações de “dilema” para os condutores, em que estes seriam confrontados com uma opção impossível entre tentar parar e já poder não o conseguir fazer sem entrar no cruzamento, ou prosseguir e passar já com o vermelho, ao mesmo tempo que se pretende minimizar a probabilidade de situações de “opção” para os condutores, onde pelo facto de eles terem na prática a opção de fazer sem problema qualquer das duas acções acima referidas, tal lhes dá uma “liberdade” que também não é completamente desejável (ver a Figura 24). No fascículo “Sinais Luminosos” da presente série é apresentada uma metodologia de dimensionamento deste parâmetro.

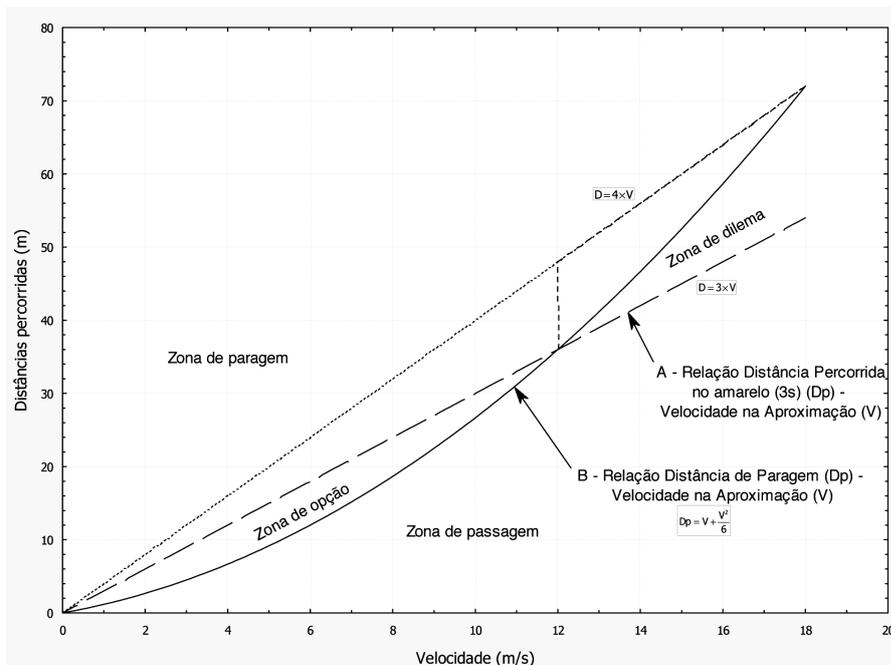


Figura 24 - Zonas de decisão dos condutores em função do tempo de amarelo e da velocidade de aproximação

O segundo conjunto de parâmetros ligados à segurança de funcionamento dos sinais luminosos é o dos “tempos de limpeza” entre movimentos conflitantes.

Basicamente, para cada par de movimentos conflitantes, o tempo de limpeza corresponde ao intervalo mínimo de tempo que deve decorrer entre o momento em que a entrada no cruzamento, por parte de um deles, deixa de ser permitida (no caso dos movimentos veiculares corresponde ao aparecimento da luz vermelha e no caso dos peões corresponde normalmente ao aparecimento do verde intermitente) e o momento em que passa a ser permitida a entrada do outro movimento no cruzamento (através do aparecimento da luz verde ou amarela intermitente) de modo a evitar que ocorram conflitos que podem resultar em acidentes (ver a Figura 25). Também para a quantificação destes parâmetros existem metodologias de referência (ver o fascículo “Sinais Luminosos” já referido).

49

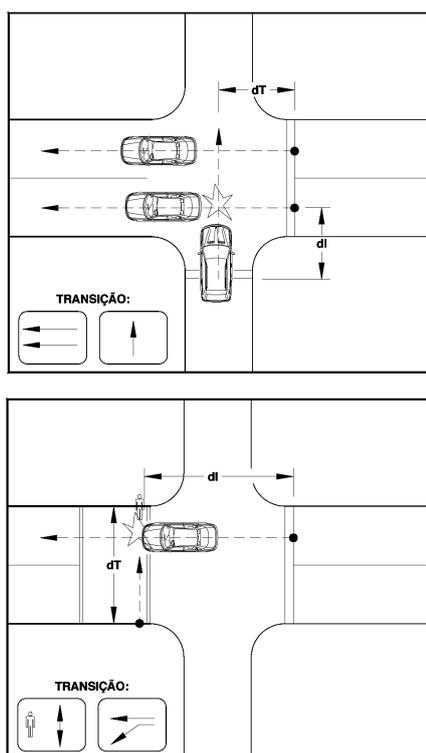


Figura 25 - Pontos críticos de conflito veículos - veículos e veículos - peões

Justifica-se finalmente uma nota para o facto de a aplicação destas metodologias quantitativas de dimensionamento quer dos “tempos de amarelo” quer, principalmente, dos “tempos de limpeza” ter subjacente a assumpção de que os utilizadores do sistema (condutores e peões) têm também a obrigação de se comportar de acordo com todo um conjunto de regras gerais definidas no Código da Estrada ligadas, por um lado, à obrigação de especial precaução e diligência no evitar de acidentes. Assim, se o adequado dimensionamento destes parâmetros, que é feito assumindo características de referência para as diferentes correntes de tráfego veicular ou pedonal, garante a eliminação da esmagadora maioria dos possíveis conflitos de tráfego, existirão sempre situações relativamente às quais, pela muito baixa probabilidade de ocorrência, se assuma que terão a sua resolução dependente também de adequadas decisões e acções assumidas conscientemente pelos utilizadores do sistema. Encontram-se nestes casos, por exemplo, os conflitos resultantes da eventual utilização episódica de um determinado cruzamento de veículos de dimensões excepcionais ou com velocidades de circulação menores do que as assumidas como referência, necessitando eventualmente de tempos de limpeza superiores aos calculados para as condições de referência. Encontram-se também nestes casos os conflitos resultantes da utilização do cruzamento por parte de peões com capacidades de mobilidade excepcionalmente limitadas. Em

qualquer destes casos é adequado considerar que é obrigação absoluta dos outros utilizadores do sistema viário procederem ao necessário ajustamento do seu comportamento de modo que os conflitos se resolvam com segurança. Note-se que a alternativa, que implicaria garantir a segurança de circulação exclusivamente através da regulação semafórica, teria normalmente custos inaceitáveis ao nível do potencial de desempenho operacional obtível com a solução semafórica. Esta questão é analisada em maior detalhe do Fascículo sobre “Sinais Luminosos” já referido, abordando-se nomeadamente a questão das condições de utilização das soluções de sinais luminosos por peões com problemas de mobilidade.

5.5 MEDIDAS DE ACALMIA DE TRÁFEGO

5.5.1 ENQUADRAMENTO GERAL

As soluções de acalmia de tráfego caracterizam-se pela implementação de conjuntos coerentes de técnicas que, alterando adequadamente a geometria convencional das vias e o ambiente rodoviário “forçam” naturalmente os condutores dos veículos automóveis a reduzir a velocidade, protegendo e salvaguardando a segurança dos utilizadores mais vulneráveis da via, particularmente dos peões e dos ciclistas.

Um aspecto central que caracteriza as soluções de acalmia de tráfego é que normalmente aliados aos objectivos de garantia da segurança estão também implícitos objectivos de qualificação urbanística das zonas intervencionadas, salientando-se o potencial que este tipo de medidas tem na requalificação do espaço urbano e na promoção da sua qualidade.

Deste modo, um dos conceitos fundamentais da acalmia de tráfego é o de que as ruas devem ser espaços multi-usos encorajando as relações sociais e as vivências urbanas pela interação harmoniosa de diferentes modos de transporte.

No que diz respeito à sua aplicabilidade, sendo a hierarquização funcional um instrumento fundamental à gestão das redes viárias pela distinção que cria entre as vias destinadas predominantemente à mobilidade automóvel e vias destinadas à garantia da acessibilidade aos espaços confinantes e existindo uma gradação contínua de combinação entre estas duas valências, as soluções de acalmia de tráfego estarão mais adaptadas àquelas cuja função dominante é a acessibilidade, pela necessidade de diminuição de conflitos entre o tráfego motorizado e o não motorizado que aí se observa.

O critério que normalmente assiste à determinação de quais as zonas mais passíveis de receber este tipo de técnicas deverá ser assim o da ‘segurança’ ou seja, dever-se-ão seleccionar as zonas onde se torna urgente a resolução dos conflitos observados entre os peões e os veículos ou simplesmente para zonas onde as características da vivência urbana existentes não sejam compatíveis com grandes intensidades de tráfego e especialmente com velocidades elevadas.

Este é o caso de zonas residenciais, centrais e vias de atravessamento de povoações de importância não muito elevada.

As medidas aplicáveis caracterizam-se por alterações dos alinhamentos horizontais (por exemplo estrangulamentos e gincanas) e alterações dos alinhamentos verticais (por exemplo bandas sonoras, cromáticas e lombas).

As alterações no alinhamento horizontal incluem as medidas que obrigam os veículos automóveis a desvios forçados da sua trajectória e, por consequência, a uma redução da velocidade.

Por sua vez, as alterações nos alinhamentos verticais implicam normalmente a criação de elevações à cota do pavimento, obrigando os condutores a reduzir consideravelmente a velocidade sob pena de impor danos graves nos veículos resultantes da variação acentuada da aceleração vertical.

Importa referir que existe ainda outro tipo de medidas - medidas complementares - que são bastante importantes e, por vezes, indispensáveis na integração das medidas referidas anteriormente, como por exemplo: passeios, passadeiras, ciclovias, etc. Também o mobiliário urbano, tipologias e cores de pavimento, sinalização e a iluminação pretende reforçar o carácter 'obstrutivo' de algumas medidas contribuindo complementarmente para a requalificação paisagística do espaço urbano e para a marcação de alteração ao ambiente rodoviário.

Todas estas alterações podem ser combinadas entre si de forma a obter soluções mais eficazes e podem ser complementadas ao nível do desenho com outro tipo de medidas tais como o uso sistemático e cuidado de elementos de mobiliário e desenho urbano.

A eficácia destas soluções em termos de segurança depende, por um lado, da adequação da medida seleccionada ao local onde é implementada e, por outro lado, das suas características dimensionais.

5.5.2 PRÉ-AVISOS - BANDAS SONORAS/CROMÁTICAS

Os pré-avisos podem ser de dois tipos, bandas sonoras ou bandas cromáticas, e caracterizam-se pela repetição, de forma variável, de bandas ou faixas transversais à faixa de rodagem tendo como principal função alertar os condutores através de um impacto visual e acústico, havendo ainda lugar no caso das bandas sonoras a um ligeiro impacto físico.

Consistem numa sequência de barras transversais à faixa de rodagem as quais podem ser rebaixadas ou elevadas em relação à superfície do pavimento, ou ainda serem conseguidas mediante a simples alteração à macrorugosidade do pavimento.

Apesar das suas características não estarem regulamentadas em Portugal, em Inglaterra considera-se que as bandas sonoras não devem assumir desníveis altimétricos superiores a 15 mm e as arestas verticais a 6 mm. Por sua vez, a construção de bandas cromáticas encontra-se regulamentada na Norma de Marcas Rodoviárias da JAE (1995) devem ser executadas em conjuntos de duas unidades paralelas entre si, com espaçamentos degressivos (Figura 26 e Tabela 3) e com uma espessura de pelo menos 3 mm. Devem ter larguras de 0,5 metros, ser afastadas de 0,30 metros uma da outra e serem colocadas a 0,20 metros das guias, passeios ou linhas axiais (ver Figura 26).

51

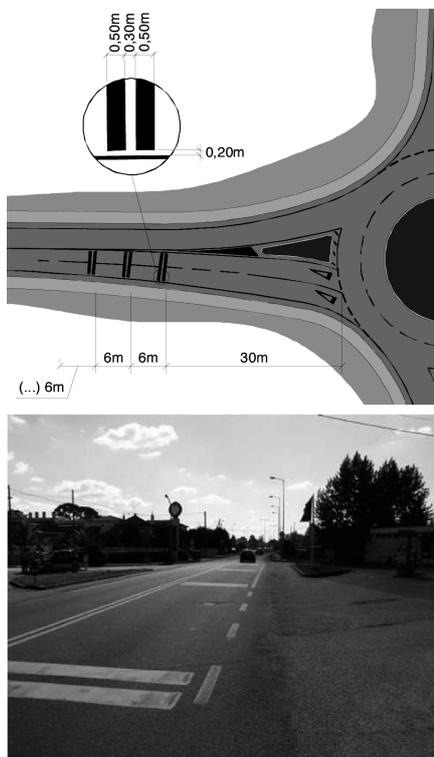


Figura 26 - Bandas cromáticas

Tabela 3 - Espaçamentos de bandas cromáticas para V85 de 80 a 90Km/h (retirado de JAE, 1995)

| Espaçamento entre Barras (m) | |
|------------------------------|----------------------------|
| Para situações de paragem | Para cedências de passagem |
| 18-16-14-12-10-8-6-4-4-4-4 | 14-13-12-11-10-9-8-7-6-6-6 |

O seu domínio de aplicação é extremamente vasto podendo ser associadas a travessias pedonais, à aproximação de cruzamentos, a estreitamentos de via, aproximação de praças de portagens ou no troço final de auto-estrada, sendo ainda adequada a sua aplicação associada a alterações de traçado da estrada que possam justificar o aumento de atenção por parte do condutor, nomeadamente na aproximação a curvas horizontais de raio reduzido, ou em zonas onde tenham sido alterados recentemente os dispositivos de controlo de tráfego.

5.5.3 AS LOMBAS E PLATAFORMAS

As lombas e as plataformas são as medidas de acalmia que mais extensivamente têm sido utilizadas em Portugal, pela sua capacidade em reduzir eficazmente a velocidade dos veículos automóveis. No entanto importa garantir que:

- face às características restritivas das mesmas, este tipo de medidas, não são, à partida aplicáveis a vias de atravessamento de povoações. Os seus domínios preferenciais de aplicabilidade são espaços centrais e residenciais sujeitos a velocidades inferiores a 40km/h
- em termos dimensionais, a inclinação do chanfro não provoque impactos físicos excedentários sendo recomendável a adopção de inclinações próximas de 1/8 (v/h)(ver Figura 27). Também não devem ser utilizadas inclinações muito baixas sob o risco de se tornarem pouco eficazes em relação ao controlo das velocidades. Idealmente a inclinação do chanfro deverá ser ajustada à velocidade desejada na lomba

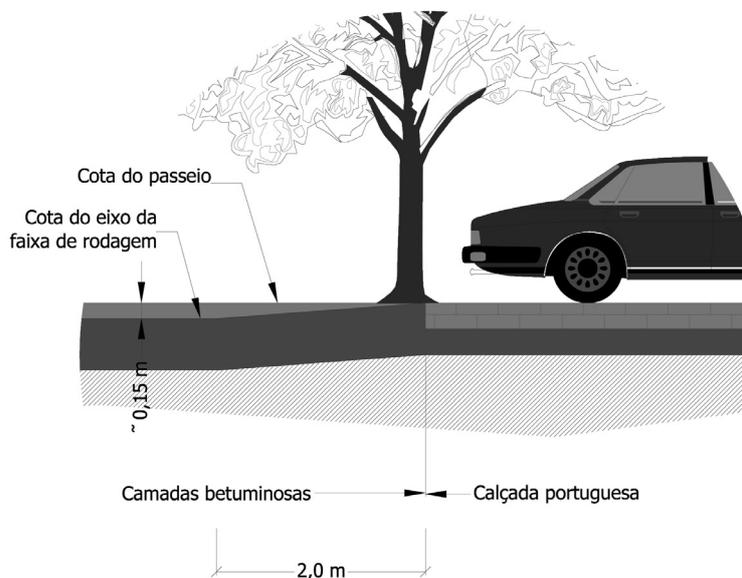


Figura 27 - Lombas ou plataformas

- o esquema de sinalização da lombagem ou plataforma respeite as recomendações previstas no Despacho da DGV nº109/2004 "Instalação e Sinalização de Lombas Redutoras de Velocidade", devendo ser fixada a velocidade alvo (ver Figura 28)
- deve, ainda, ser prevista iluminação pública de modo a minimizar o efeito surpresa pelo "aparecimento" de um obstáculo na via
- No caso de serem associadas a passagens de peões, só deverão ser colocadas em locais providos de passeios.

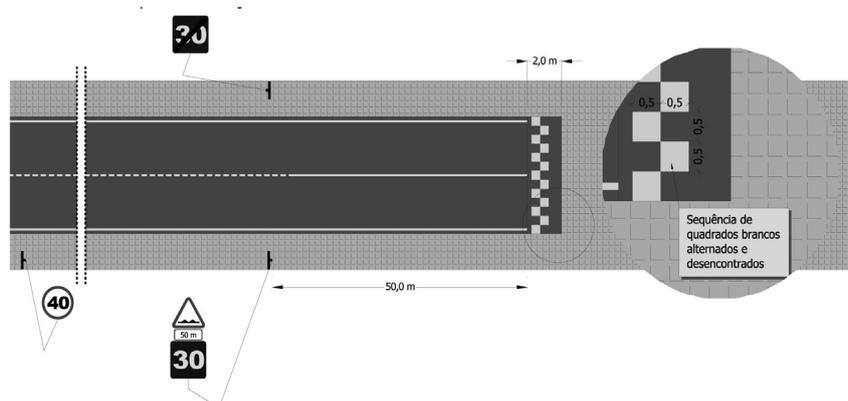


Figura 28 - Esquema de sinalização associado a lombas ou plataformas



Figura 29 - Gincanas

5.5.4 GINCANAS

O domínio de aplicação das gincanas (ver Figura 29) é extremamente alargado. A gincana caracteriza-se pela colocação de forma alternada de obstáculos na faixa de rodagem de forma a impor a deflexões nas trajectórias dos veículos. O efeito de gincana pode ser obtido através da implantação de caixas de vegetação junto às bermas, do desalinhamento do eixo da estrada ou do uso alternado de estacionamento em cada lado da via.

A adequação da gincana às exigências locais passa pela utilização de desvios à trajectória e raios de concordância compatíveis com a velocidade de base da via onde se insere (Ewing, 1999), sendo os valores recomendados os explicitados pela expressão seguinte:

$$R = V^2/127,4021(e+f) \quad (5)$$

Onde:

R- raio da curva (horizontal) (m)

V - velocidade pretendida ao longo do dispositivo de acalmia (Km/h)

e - sobreelevação (m/m)

f - coeficiente de fricção lateral



Figura 30 - Estrangulamentos a partir dos lados e do centro

Em princípio, a imposição de ângulos de desvio superiores a 10° resulta na prática de velocidades inferiores a 40km/h, sendo expectável que ângulos de 15° originem velocidades próximas dos 32km/h.

5.5.5 ESTRANGULAMENTOS

Os estrangulamentos de vias têm vindo a ser muito defendidos e utilizados em alguns países, como forma de marcar alterações ao ambiente rodoviário, nomeadamente nas entradas de povoações.

Verifica-se que a introdução de ilhéus centrais na faixa de rodagem (ver figura 30) apenas provoca reduções na velocidade quando associada a estreitamentos da via. Estes dispositivos, ao possibilitarem o atravessamento pedonal em duas fases, constituem uma medida de apoio ao peão.

Os “estrangulamentos a partir dos lados” são medidas caracterizadas pela redução da largura das vias, através da criação de alargamentos dos passeios, da construção de reservas para vegetação (ver a Figura 30) ou da introdução de lugares de estacionamento.

Este tipo de medida pode ser aplicado apenas com a finalidade de reduzir a velocidade dos veículos motorizados em determinado local, ou pode estar associada a uma travessia pedonal (diminuindo a distância de atravessamento e conseqüente tempo de exposição do peão ao risco) ou a uma paragem de transportes públicos, de modo a proteger os peões.

Por sua vez, “os estrangulamentos a partir do centro” caracterizam-se pela construção de separadores centrais na faixa de rodagem que diminuem o espaço destinado à circulação. Também podem ser utilizados para proteger os peões permitindo o atravessamento da via em duas fases (ver ainda a Figura 30) e como refúgio de veículos nas viragens à esquerda.

Os estreitamentos podem afectar só uma ou ambas as vias de circulação. A velocidade dos veículos através das deflexões das trajectórias é influenciada no sentido crescente pelo aumento da largura da faixa de rodagem e pela redução do ângulo de deflexão das trajectórias por onde o trânsito é desviado.

Em termos dimensionais, importa salvaguardar que a localização e dimensionamento dos estreitamentos sejam cuidadosamente efectuados tendo por

base os problemas de funcionamento do tráfego e a aprovação prévia das populações envolvidas. O troço de transição para integração do separador deve ser suave e concordante com as expectativas dos condutores pelo que, em zonas inter-urbanas, o comprimento de transição (L_t) e os raios de concordância devem ser definidos em função da velocidade de base (JAE, 1990):

$$L_t = v\sqrt{a} \quad , \quad R = L_t^2 / 4,5a \quad (6)$$

onde

v - velocidade de base (km/h),

R - raio de concordância (m) e

a - desvio a impor (m)

A transição é normalmente efectuada por recurso a curva e contra-curva de raio R com um alinhamento recto intermédio.

Simplificadamente considera-se aceitável que em ambientes urbanos se apliquem rácios de desvio menos exigentes (Department of Transport, 1995):

- rácio 1/40 - velocidades de base compreendidas entre 50 a 70 km/h de estradas com 2 faixas de rodagem e 2 vias por sentido;
- rácio 1/20 - velocidades de base compreendidas entre 50 a 70 km/h de estradas com 2 vias;
- rácio 1/10 - velocidades de base inferiores a 50km/h ou sempre que existam propósitos de acalmia de tráfego.

5.5.6 ROTUNDAS DE "ACALMIA DE TRÁFEGO"

As Rotundas foram já objecto de apresentação genérica no ponto 5.4.3. Esta solução é constituída por uma ilha central geralmente circular colocada no centro da intersecção, com o intuito de impor uma deflexão às trajectórias e de obrigar os condutores a circular em torno desta, induzindo-os a reduzir a velocidade de circulação. O tráfego que circula em torno da ilha central tem prioridade em relação ao tráfego que se aproxima.

As rotundas de nível apresentam um domínio de aplicação extremamente vasto e quando concebidas sob princípios de segurança rodoviária, podem constituir uma excelente medida de acalmia de tráfego. Este princípio de dimensionamento assenta na concepção de geometrias capazes de impor claras reduções de velocidade durante a fase de negociação e de atravessamento da rotunda, através da imposição de condicionalismos físicos ao comportamento do condutor. Tendencialmente recai-se sobre soluções com uma única via de circulação e de dimensão compacta.

Não se considera contudo admissível a adopção de mini-rotundas em vias de atravessamento de localidades, devendo a sua aplicabilidade limitar-se a espaços centrais e residenciais sujeitos, só por si, a velocidades de aproximação inferiores a 40Km/h.

Para além das suas inquestionáveis vantagens ao nível da fluidez e moderação das velocidades, estas medidas têm-se revelado extremamente eficientes na marcação da alteração do ambiente rodoviário, nomeadamente nas entradas das localidades ou de uma zona que importa proteger da intrusão automóvel.

5.5.7 SEMÁFOROS DE CONTROLO DE VELOCIDADE

Os semáforos de controlo de velocidade consistem basicamente num sistema que detecta a velocidade dos veículos, accionando o sinal vermelho sempre que o valor medido exceder o valor limite programado. Este conjunto semaforico pode ser também aproveitado para incluir uma passadeira com funcionamento



Figura 31 - Rotunda

actuado. Normalmente utiliza-se para marcar uma transição no ambiente rodoviário em locais onde não é possível alterar a geometria da via (devido a restrições financeiras ou a falta de espaço).

Note-se ainda que a experiência adquirida revela que estes sistemas apenas são eficazes em reduzir localmente a velocidade. A reacção normal perante os semáforos de controlo é a diminuição da velocidade na aproximação, seguida de uma aceleração após a passagem, havendo ainda uma percentagem significativa de condutores que tendencialmente não respeita as indicações fornecidas pelo sistema.

5.5.8 PORTÕES VIRTUAIS

Também os portões de entrada (ver a Figura 32) permitem marcar uma mudança no ambiente rodoviário, nomeadamente nas entradas de povoação, em espaços condicionados ou em espaços residenciais. Os portões podem ser conseguidos mediante a aplicação de elementos de mobiliário urbano, vegetação, por um cruzamento de cota elevada, pelo prolongamento dos passeios criando diversos estrangulamentos e acentuando a ideia, nomeadamente através da alteração de pavimento, de sinalização, e de introdução de iluminação pública, de que se vai entrar numa zona condicionada. No caso de vias de atravessamento de povoações o 'portão' poderá ser criado através de sinalização diversa do tipo 'pré-avisos' ou 'bandas cromáticas', estrangulamento progressivo da faixa de rodagem, plantio de vegetação ou pela colocação de dispositivos ornamentais ou arquitectónicos.



Figura 32 - Portão de entrada

Os portões devem ser preferencialmente combinados com outro tipo de medidas, já que quando aplicados isoladamente tendem a ser pouco eficazes.

5.5.9 NÍVEIS DE IMPACTO PREVISÍVEIS DAS MEDIDAS DE ACALMIA DE TRÁFEGO

Os níveis de eficácia resultantes da aplicação de cada tipo de medida dependem das suas características de base, ambiente envolvente, da sua combinação integrada e, em particular, do espaçamento associado à repetição das medidas.

Os indicadores mais utilizados na avaliação da eficácia das medidas é a diminuição do número e gravidade dos acidentes, a redução da velocidade de circulação/aumento do tempo de percurso e a redução no volume de veículos no local em estudo.

A Tabela 4 apresenta os impactos resultantes da aplicação nos EUA de algumas medidas de acalmia de tráfego de forma isolada, em termos do percentil 85 da distribuição das velocidades.

Tabela 4 - Impactos das medidas de acalmia de tráfego em termos de velocidades (percentil 85) Fonte: www.ite.org

| | Nº de locais | Velocidade após | Alteração na velocidade | Alteração percentual |
|--------------------------|--------------|-----------------|-------------------------|----------------------|
| Lombas 12' | 179.00 | 27.40 | -7.60 | -22.00 |
| Lombas 14' | 15.00 | 25.60 | -7.70 | -23.00 |
| Passadeiras elevadas 22' | 58.00 | 30.10 | -6.60 | -18.00 |
| Mini rotundas | 45.00 | 30.30 | -3.90 | -11.00 |
| Estrangulamentos | 7.00 | 32.30 | -2.60 | -4.00 |
| Fechos parciais | 16.00 | 26.30 | -6.00 | -19.00 |
| Ilhéus direccionais | 10.00 | 27.90 | -1.40 | -4.00 |

Nela se verifica que as medidas físicas que impõem alterações ao perfil longitudinal (nomeadamente as lombas e as passadeiras elevadas) são as que impõem impactos mais acentuados nos valores da velocidade.

Por sua vez, a Figura 33 apresenta a redução da frequência de acidentes por colisão registada em função de cada tipologia de medidas. É notória a eficácia associada às rotundas e às gincanas, embora todas as medidas representadas tendam a traduzir-se em reduções bastante significativas no número de acidentes.

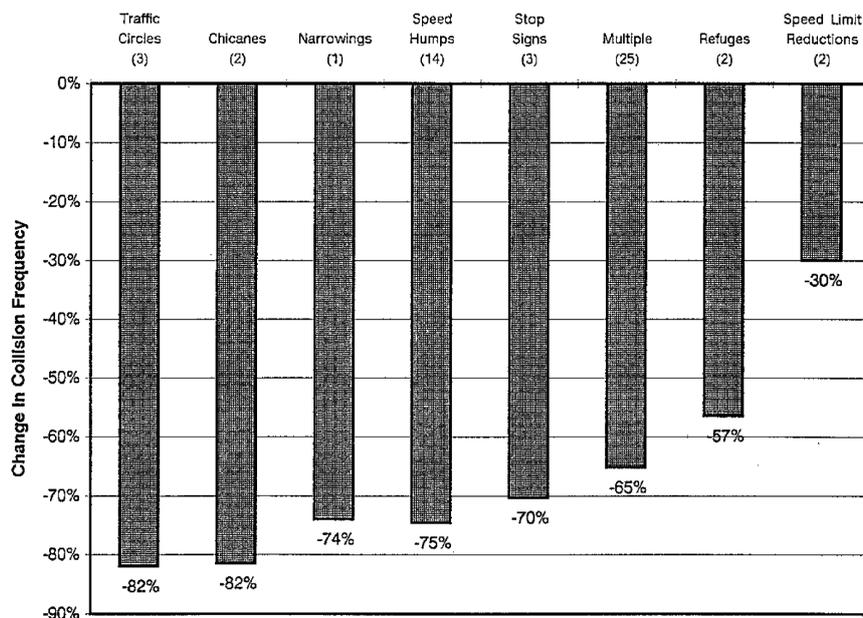


Figura 33 - Impactos previsíveis das medidas de AT - Adaptado de Geddes, E. et al., 1996, p. 38.

BIBLIOGRAFIA

- AASHTO, 2001 - A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, Fourth Edition, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C.
- Abbess, C, Jarret, D., Wright, c.c., 1981 - *Accidents and Black spots: estimating the effectiveness of remedial treatment, with special reference to the "regression-to-the-mean" effect*. Traffic Engineering and Control, Vol.22, Nº10, pp 535-542
- ANSR, 2007 - Sinistralidade Rodoviária, Ano de 2007, Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária, Observatório Nacional de Segurança Rodoviária
- Bairrão, L. F. B. A., 1999 - *Auditorias de Segurança Rodoviária*. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa.
- Cardoso J. P. L., 1996 - *Estudo das relações entre as Características da Estrada, a Velocidade e os Acidentes Rodoviários*. Aplicação a estrada de duas vias e dois sentidos - Tese de dissertação PhD, IST, Lisboa, Maio
- Cardoso, J. P. L., 1998 - *Definição e Detecção de Zonas de Acumulação de Acidentes na Rede Rodoviária Nacional*. (1º relatório). Relatório do Procº 93/19/13004. LNEC, Lisboa, Fevereiro
- Cardoso e Gomes, 2005 - *Avaliação do Impacte sobre a Sinistralidade de Medidas Correctivas em Trecho da EN6*, Relatório 217/05- NPTS, Edição LNEC, Junho
- Department for Transport Local Government and the Regions, 2001- *A Road Safety Good Practice Guide*, Department of Environment, Transport and the Regions. 2002.
- Department of Transport, 1995 - *Geometric Design of Major/minor Priority Junctions* - Department of Transport - TD 42/95 - Volume 6, Section 2, Part 6 of Design Manual for Roads and Bridges- Road Geometry Junctions, U.K., January, 1995
- DGET, 2004 - *European Union: Energy & Transport in Figures; Statistical pocketbook 2004*; Directora-General for Energy and Transport, European Union, 2004
- DGV, 2005 - *Sinistralidade rodoviária 2004* - Elementos estatísticos, Observatório de segurança rodoviária, Maio
- Ewing, Reid H., 1999 - *Traffic Calming State of the Practice, Slide Seminar*" - Institute of Transportation Engineers, Washington DC
- Geddes, E. et al., 1996 - *Safety Benefits of Traffic Calming* - Insurance Corporation of British Columbia, Vancouver.
- Gomes S. C. G. V, 2004 - *Medidas Correctivas da Infra-estrutura para melhoria da Segurança Rodoviária* - Tese de Dissertação de Mestrado em Transportes pela Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Abril
- JAE, 1990 - *Norma de Intersecções*, JAE P5/90 Divisão de Estudos e Projectos da Junta Autónoma das Estradas, Edição JAE, Lisboa-Portugal
- JAE, 1994 - *Norma de traçado JAE P3/94*; Divisão de Estudos e Projectos da Junta Autónoma das Estradas, Edição JAE Lisboa-Portugal
- JAE, 1995 - *Norma de Marcas Rodoviárias JAE P3.1.2/95*; Divisão de Estudos e Projectos da Junta Autónoma das Estradas, Edição JAE, Lisboa-Portugal
- Ministério da Administração Interna (2003). Plano Nacional de Prevenção Rodoviária, Ministério da Administração Interna: 75.
- Seco, A.J.M. e Costa, A.H.P., 2002 - *Estratégias para a Redução da Sinistralidade Rodoviária: a Necessidade de uma Abordagem Sistemática e Integrada*; 2º Congresso Rodoviário Português, LNEC-Lisboa-Portugal, 18-20 de Novembro; Actas do Congresso, Vol I, pp. 385-396.
- The Institution of Highways and Transportation, 1990 - *Accident Reduction and Prevention* (Highway Safety Guidelines). London.
- Wegman, F., 1997 - *The concept of a sustainably safe road traffic system*. Leidschendam, SWOV: 21.
- Wright, C.C, Boyle A.J., 1987 - Road Accident causation and engineering treatment: a review of some current issues - Traffic Engineering and control, pp 475-483, September

