

FACTORES HUMANOS. ESTUDOS DE CASO

Carlos de Almeida Roque ¹, João Lourenço Cardoso ²

¹ Aclive, Projectos de Engenharia Civil, Lda., Largo do Chafariz, nº 10, 2790-048 Carnaxide, Portugal
Membro correspondente do Comité Técnico C.2 - *Design and Operation of Safer Road Infrastructure*, da *World Road Association* (AIPCR/PIARC).

email: aclive@vodafone.pt

² Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Departamento de Transportes. Núcleo de Planeamento, Tráfego e Segurança, Av. do Brasil 10, 1700-066 Lisboa, Portugal

Sumário

No domínio da segurança rodoviária, o conceito de Factores Humanos tem em conta as características da estrada que influenciam o bom ou mau comportamento do condutor.

Na presente comunicação apresentam-se, além das regras fundamentais dos Factores Humanos (FH) de acordo com os grupos de trabalho da Associação Mundial da Estrada (AIPCR/PIARC) - TC C3.2 (ciclo 2012-2015) e TC C.2 (ciclo 2016-2019), alguns dos estudos de caso propostos e aceites para três relatórios do presente ciclo, nomeadamente o que foi seleccionado para inclusão no *Road Safety Manual* desta associação.

Palavras-chave: Factores Humanos; Estudos de caso; Medidas de Engenharia de Baixo Custo

1 INTRODUÇÃO

A designação Factores Humanos (FH) tem sido usada como termo técnico desde a década de 1930. Corresponde aos limites psicológicos e fisiológicos estáveis da natureza humana que influenciam o desempenho e a segurança dos sistemas técnicos utilizados pelos seres humanos [1].

No domínio da segurança rodoviária, o conceito de Factores Humanos tem em conta as características da estrada que influenciam o comportamento do condutor. As causas de erro operacional por parte do condutor são consideradas como o primeiro passo numa cadeia de acções que podem resultar num acidente. Muito frequentemente os erros operacionais são identificados ao nível da interacção directa entre as características da estrada e as características de percepção do condutor.

No âmbito da participação do primeiro autor no Grupo de Trabalho “C.2.2-3 - Factores Humanos e definição de limites de velocidade credíveis”, do Comité Técnico C.2 - Projecto e operação de infra-estruturas rodoviárias mais seguras, da *World Road Association* (AIPCR/PIARC), foram propostos estudos de caso portugueses relacionados com a aplicação das noções de FH na rede nacional. Estes estudos de caso foram incluídos nos relatórios *Road Safety Evaluation based on Human Factors Method* e *Catalogue of Case Studies Concerning Road Safety Improvements Relevant to Vulnerable Road Users, Human Factors and Low and Middle Income Countries* e ainda na revisão do *Road Safety Manual*, desenvolvidos no ciclo 2016/2019 dos trabalhos desta associação, os quais serão publicados no âmbito do 26.º Congresso Mundial da Estrada, a realizar em Outubro deste ano.

Na presente comunicação apresentam-se, para além das regras fundamentais dos Factores Humanos, de acordo com o grupo de trabalho de FH citado, dois dos quatro estudos de caso propostos e aceites para aqueles três documentos, nomeadamente o que foi seleccionado para inclusão no *Road Safety Manual*.

2 NOÇÕES FUNDAMENTAIS DE FACTORES HUMANOS

Como já mencionado, no relatório *HF Guidelines for a safer man-road interface* [1], as causas de um erro operacional por parte do condutor são consideradas como o primeiro passo na cadeia de acções que podem resultar num acidente. Muitos dos erros operacionais frequentemente identificados são aqueles que resultam da interacção directa entre as características da estrada e os valores-limite das capacidades de percepção, de processamento de informação e de acção dos utentes da estrada. Uma vez que as características de reacção do condutor não podem ser alteradas, a atenção do projectista rodoviário deve ser focada na obtenção de uma estrada de fácil utilização (*user friendly*, no original) e auto-explicativa, conceito que inclui o ambiente rodoviário.

De acordo com os grupos de trabalho de FH da AIPCR/PIARC:

- a estrada deve proporcionar ao condutor tempo suficiente para reagir (Regra dos seis segundos);
- a estrada deve disponibilizar um campo de visão seguro (Regra do campo de visão);
- a concepção da estrada deve seguir a lógica de percepção do condutor (Regra da lógica).

Isto significa que a estrada e a sua envolvente têm de ser concebidos para majorar as características de clareza e que os seus diferentes trechos têm de ser concebidos de modo a serem facilmente perceptíveis, reconhecíveis e compreensíveis. O utente da estrada não deve ser confundido nem induzido a correr riscos. O objectivo de um projecto rodoviário auto-explicativo é aumentar de forma inequívoca a "legibilidade" das características da estrada sem necessidade de sinalização. Um traçado rodoviário de fácil utilização e auto-explicativo resulta directamente numa redução da frequência e da gravidade dos acidentes.

3 ESTUDOS DE CASO

3.1 Cruzamento de estradas nacionais com elevada concentração de acidentes

Este estudo de caso, bem como o intitulado *Secondary National Road Junction with Strict Constraints*, foram incluídos no relatório *Road Safety Evaluation based on Human Factors' Method. A Guideline to Implement a Non-accident Based Approach in Road Safety Management* [2], em cuja elaboração participou o primeiro autor. Transcreve-se, de seguida, o estudo de caso no formato utilizado no relatório.

O Cruzamento do Infantado, da EN 10 com a EN 119, era uma zona de elevada concentração de acidentes. Em 1998 foi proposta uma intervenção faseada para resolver este ponto negro. Foram analisados os dados de acidentes desta intersecção e as suas características geométricas, tanto *in situ* como através do levantamento topográfico realizado com vista à elaboração do projecto de execução de uma rotunda naquele local.

Esta intervenção, situada ao km 93.450 da EN 10, foi realizada no cruzamento desta EN 10 (a vermelho e amarelo) com a EN 119 (a verde e vermelho) e abrangeu uma extensão de cerca de um quilómetro em cada estrada (Figura 1).



Figura 1. Localização do cruzamento do Infantado

Em 1998 esta intersecção tinha índices de gravidade muito elevados, como se pode verificar na Figura 2. Nos anos de 1995 a 1998 o número de vítimas mortais também tinha sido muito elevado – Figura 3. A primeira fase da intervenção, descrita a seguir, realizou-se em 1998.

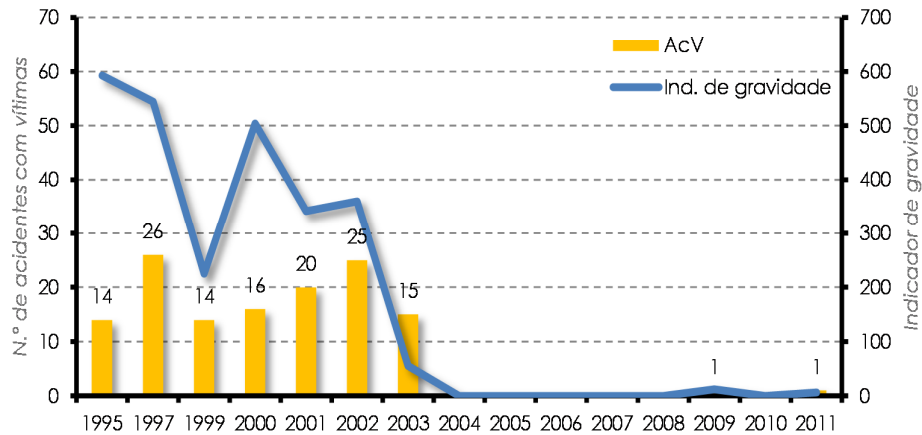


Figura 2. Número de acidentes corporais (AcV) e índice de gravidade (fonte: Estradas de Portugal e ANSR)

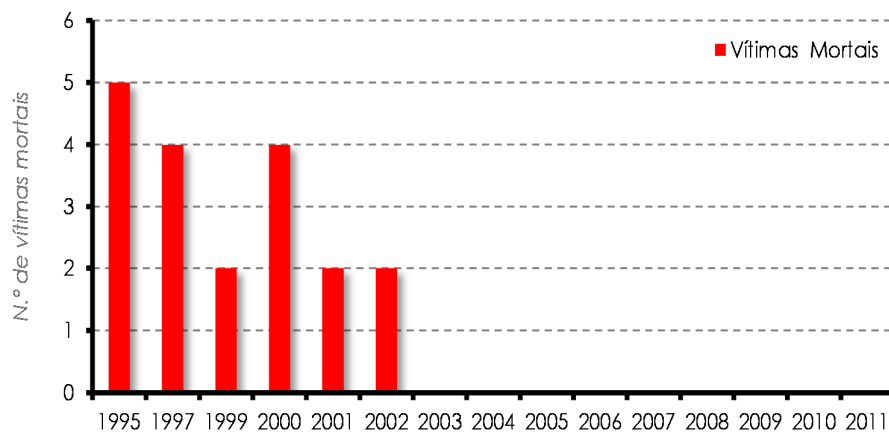


Figura 3. Número de vítimas mortais (fonte: Estradas de Portugal e ANSR)

A geometria do cruzamento existente em 1998 é a do levantamento topográfico feito para a fase de projecto de execução da rotunda – Figura 4.

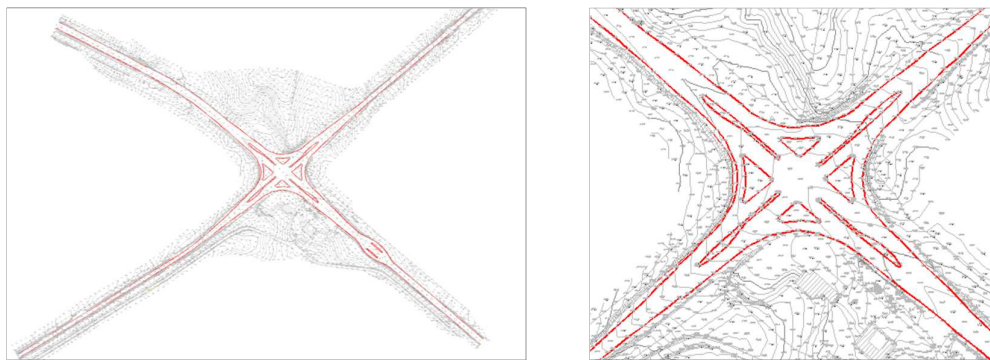


Figura 4. Levantamento topográfico e vista próxima da geometria do cruzamento

Todos os ramos do cruzamento existente à época foram concebidos com a mesma geometria, estando dotados com vias adicionais para viragem à esquerda, como se pode ver na parte direita da Figura 4. Deste modo a expectativa dos condutores em cada ramo era de terem prioridade de passagem, pois a existência num ramo de vias de espera para viragem à esquerda faz admitir que se esteja na estrada principal. Sob o ponto de vista dos Factores Humanos a geometria da via secundária devia ser completamente diferente, de modo a que a expectativa dos condutores na aproximação ao cruzamento não fosse exactamente a mesma em ambas as estradas. Assim a percepção e a expectativa de prioridade de passagem no cruzamento eram as mesmas nos quatro ramos. Acresce que o perfil longitudinal sub-horizontal e o traçado em planta

quase rectilíneo das duas estradas nacionais promoviam velocidades elevadas na aproximação ao cruzamento. Assim, ambas as estradas eram percebidas como estradas principais e como tal nenhum condutor esperava ter de ceder a passagem no cruzamento.

Como referido, foi decidida pela JAE a realização de uma intervenção de segurança faseada. Na primeira fase previu-se a correcção da geometria, a substituição dos pré-avisos existentes por pré-avisos gráficos, incluindo ainda uma tentativa de baixar as velocidades na aproximação ao cruzamento, através de medidas de engenharia de baixo custo a implementar a muito curto prazo. A fase final seria implantar uma rotunda bem concebida, como solução permanente para os problemas existentes (geometria e acidentes), tendo como objectivo o abaixamento das velocidades nos ramos de aproximação e o aumento da segurança nesta intersecção de nível, como é reconhecido acontecer no caso de uma rotunda bem dimensionada.

A primeira fase foi realizada em 1998, tendo sido realizados os seguintes trabalhos:

- eliminação das vias de espera para viragem à esquerda na estrada secundária, pela instalação de lancis e com preenchimento com solos dos espaço resultantes;
- substituição dos pré-avisos existentes (*“pré-avisos de outras estradas”*, segundo a terminologia da Norma de Sinalização de Orientação da JAE) por pré-avisos gráficos, que mostravam claramente um cruzamento;
- colocação de bandas cromáticas com efeito sonoro em todos os ramos do cruzamento, com a intenção de baixar as velocidades de aproximação; e
- renovação de toda a marcação rodoviária.

Com esta intervenção, as estradas principal e secundária do cruzamento puderam começar a ser percebidas de forma diferenciada num curto prazo – ver a primeira fotografia da Figura 5.

A segunda fase consistiu na construção de uma rotunda. Ambas as fases foram decididas e coordenadas, ao nível do projecto, pela Divisão de Circulação e Segurança da JAE, em 1998.



Figura 5. Intervenção da primeira fase e rotunda final (fonte Google Maps)

Como se pode ver nas figuras 2 e 3 a intervenção de baixo custo de 1998 foi muito eficaz, com a redução em 50% do número de mortos e a imediata redução do número de acidentes com feridos graves.

O atraso na construção da fase final permitiu que o número e a gravidade dos acidentes crescesse até aos valores observáveis nas mesmas figuras. A construção da rotunda em 2003 resolveu o problema (figuras 2 e 3), como previsto.

3.2 Medidas de engenharia de baixo custo num Itinerário Principal: tratamento perceptual

Este estudo de caso foi incluído, pelo Grupo de Trabalho C.2.2-3, no Capítulo 8 da revisão do Manual de Segurança Rodoviária (Road Safety Manual [4]), tendo a prioridade da sua inclusão obtido a classificação de 9, numa escala de 1 a 10.

Este estudo de caso, bem como o intitulado *Low cost Engineering Measures on a dangerous trunk road: Road signing and marking*, foram incluídos no Relatório *Catalogue of Case Studies Concerning Engineering Road Safety Improvements Relevant to VRU, HF and LMIC* [3], em cuja elaboração participou o primeiro autor.

Transcreve-se, de seguida, o estudo de caso, incluindo os vários subtítulos a que os estudos de caso obedeceram para inclusão naquele manual.

Objecto: Neste estudo de caso é descrita a abordagem utilizada pela Divisão de Circulação e Segurança da JAE para promover a melhoria das condições de segurança dos nós de ligação de um Itinerário Principal com faixa de rodagem única e dois sentidos, através do qual era feita a ligação entre a costa atlântica portuguesa e Espanha (IP 5). Numa primeira fase foram aplicadas Medidas de Engenharia de Baixo Custo (MEBC) para melhorar as características rodoviárias; na segunda fase, foi desencadeada uma campanha de fiscalização do cumprimento da legislação rodoviária, excepcionalmente intensa e rigorosa, com o objectivo de melhorar o comportamento dos condutores.

As MEBC constituem intervenções físicas na envolvente rodoviária, projectadas para aumentar o nível de segurança do sistema rodoviário, de construção rápida e que implicam um investimento baixo [5].

As intervenções foram efectuadas ao longo do trecho com início em Albergaria (junto ao nó com o IC 2) e fim na fronteira entre Portugal e Espanha, em Vilar Formoso, numa extensão total de 170 km. Diversos motivos ditaram a escolha desta estrada e do método de abordagem do problema: os volumes de tráfego médio diário extremamente elevados (entre 4400 e 10000 veículos); os elevados volumes de tráfego de veículos pesados, quer em números absolutos quer em percentagem do tráfego total (entre 1700 e 3450 veículos, o que corresponde a uma percentagem situada entre 17% e 32% do total); a importância do IP 5 na rede rodoviária nacional naquele tempo, devido à sua utilização por parte considerável do tráfego rodoviário internacional com origem ou destino em Portugal; o excepcionalmente elevado número de vítimas de acidentes rodoviários neste IP (508 acidentes em 1997, originando 35 mortos e 37 feridos graves), quando comparado com os de outras estradas semelhantes; e alguns acidentes notáveis que foram amplamente divulgados pelos média – Figura 6.



Figura 6. A capa da revista Visão, de Outubro de 1997

Este estudo de caso incide nas intervenções correctivas efectuadas nas zonas de aproximação aos nós de ligação do IP5.

Descrição do projecto: Este lanço do IP 5 foi construído na década de oitenta, com base no projecto da Variante à EN 16, estrada nacional que se desenvolve entre aquelas duas localidades passando pelas cidades de Viseu e da Guarda. O projecto da variante previa a realização de “cruzamentos desnivelados” que tinham uma geometria semelhante à utilizada nas intersecções de nível nas ligações entre as estradas envolvidas, cruzando-se contudo as estradas desniveladamente.

A reclassificação desta variante na sequência da aprovação do PRN 85 levou a que constituísse o primeiro itinerário principal a ser completado em Portugal, tendo na fase construtiva sido objecto de várias alterações principalmente no que respeita à concepção das intersecções desniveladas [6].

Aquelas alterações consistiram fundamentalmente na transformação dos “cruzamentos desnivelados” em nós de ligação embora com geometria deficiente, na introdução de vias de lentos, no estabelecimento de áreas de repouso, de serviço e de parques simples, na introdução de desvios de emergência e ainda de um sistema integrado de alerta e informação, que incluiu uma rede de postos SOS (afastados de 3 km), de estações meteorológicas e de detectores de ocupação dos desvios de emergência, ambos com painéis de mensagem variável associados.

As colisões e os despistes – nomeadamente nas curvas, nas zonas de aproximação aos nós de ligação e em zonas com via de lentos – eram os acidentes mais frequentes no IP 5, estando na sua grande maioria ligados à velocidade excessiva e às ultrapassagens irregulares,

No final dos anos 90 havia um conjunto de grandes intervenções previstas e em curso para este IP, incluindo a passagem de vários trechos a dupla faixa de rodagem e a futura transformação em auto-estrada (a actual A 25, construída entre 2003 e 2006). Enquanto estes trabalhos não estavam concluídos, foi aplicado um conjunto de MEBC de modo a melhorar rapidamente as condições de segurança no trecho entre Albergaria e Vilar Formoso.

Foram estabelecidos três conjuntos de medidas correctivas [7]:

- melhoria das condições de segurança e de circulação nos nós de ligação, nomeadamente melhorando a sua visibilidade e legibilidade, e assegurando maior uniformidade operacional e previsibilidade para o tráfego entrando e saindo do IP 5 – Figura 7;
- melhoria das condições de circulação e segurança utilizando alterações significativas do ambiente rodoviário, para influenciar o comportamento dos condutores;
- melhoria das condições de circulação em trechos com vias de lentos, nomeadamente pela aplicação de sinais de trânsito aumentando o número de oportunidades de passagem para veículos ligeiros.

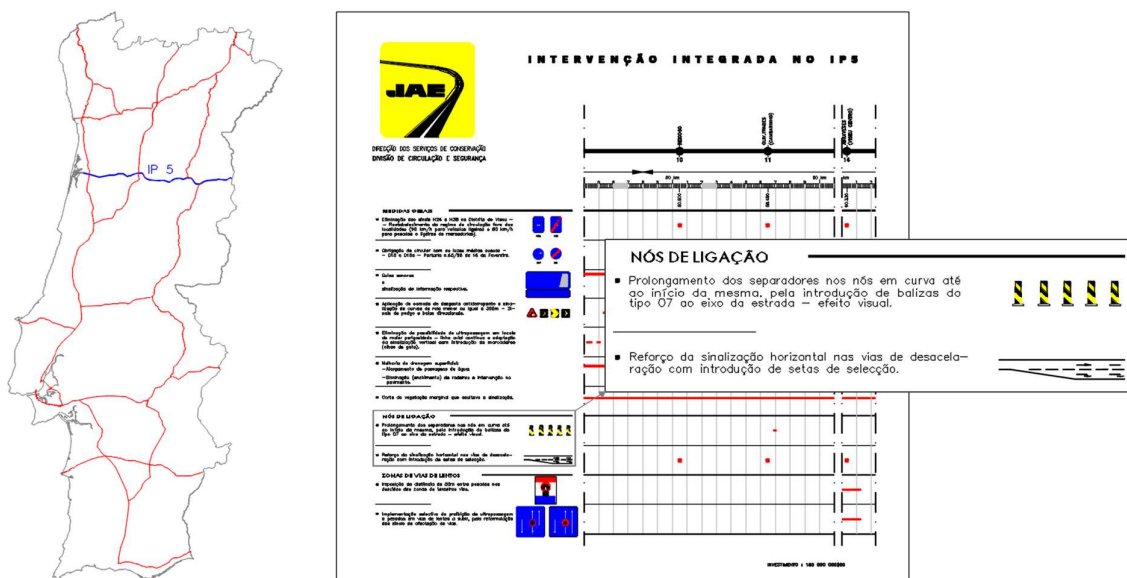


Figura 71. Localização do IP 5 na Rede Rodoviária Nacional (1998) e plano esquemático das medidas correctivas (exemplo)

O primeiro conjunto de medidas [7] visava melhorar as condições de circulação e segurança nos nós de ligação, os quais se sobrepunham quase todos, total ou parcialmente, a curvas em planta, e estavam dotados com separadores centrais menos extensos do que as curvas respectivas. Deste facto resultava o aparecimento repentino e não expectável do separador aos condutores não habituais. Esta detecção tardia do separador espoletava colisões frontais nas zonas de aproximação a estes nós de ligação.

Os condutores não tinham o tempo necessário para se adaptar à nova e inesperada situação, resultante do separador central físico e da transição, associada, de perfil transversal. A instalação de dispositivos adequados no eixo da estrada pretendeu trazer visualmente o separador ao início da curva em planta e ter objectos conspícuos (*eye catching*, no original) no eixo da estrada de modo a disponibilizar um bom guiamento óptico.

As medidas do primeiro conjunto incluíram assim a instalação de balizas plásticas do tipo 07 (balizas de posição) no eixo da estrada, nas zonas de aproximação aos separadores centrais (Figura 8). O afastamento entre balizas foi determinado em função do raio de curvatura (Quadro 1). Conseguiu-se deste modo um prolongamento visual do separador ao início das curvas, de modo a combater o efeito de surpresa referido e fornecer uma ferramenta suplementar para prevenir as ultrapassagens nestes locais – Figura 8.

Foram intervencionados 13 nós de ligação com a instalação de balizas plásticas numa extensão total de 3000 m.



Figura 8. Extensão visual do separador central ao início da curva, em dois nós de ligação

Quadro 1. Espaçamento entre balizas em função do raio de curvatura

Raio de curvatura (m)	300	350	400	450	500	550	600
Espaçamento (m)	5.0	6.0	6.5	7.0	8.0	9.0	10.0

As balizas de posição (Figura 9) eram constituídas por uma base individual, de cor branca, um amortecedor de borracha e uma lâmina vertical, com listras pretas e amarelas (critério cromático de sinalização permanente). Esta lâmina tinha 15 cm de largura (igual à distância entre as linhas contínuas adjacentes) e 50 cm de altura, sendo a cor amarela obtida com tela retrorreflectora de nível 2. A base era fixada ao pavimento com parafusos expansíveis e cola de dois componentes.

Esta intervenção correctiva respeitou as três Regras de Factores Humanos (dos Seis Segundos, do Campo de Visão e da Lógica): os condutores eram alertados para a existência de uma separação física bem antes do separador existente nas curvas; as balizas de posição – objectos conspícuos no eixo da estrada – organizaram o campo de visão criando uma linha de referência muito clara; e providenciou uma zona de transição para a mudança de características da estrada na aproximação ao nó de ligação, de uma para duas faixas de rodagem.

A Divisão de Circulação e Segurança da JAE quantificou e coordenou no local a implementação das MEBC propostas, com a cooperação das Direcções de Estradas dos distritos de Aveiro, Viseu e Guarda.

Os três conjuntos de medidas correctivas da infra-estrutura rodoviária foram executados durante o primeiro trimestre de 1998 (ver a Figura 7). O custo total destas intervenções foi de cerca de 925 000 €, aproximadamente 5 400 € / km [9] (a preços de 1998).



Figura 9. Balizas de posição do tipo O7, de plástico, colocadas no eixo da estrada

Resultados principais: Em resultado das medidas correctivas implementadas o comportamento dos condutores ficou mais homogéneo.

O impacto na sinistralidade das medidas executadas foi avaliado através de um estudo do tipo “antes-depois”, em que todas as restantes estradas da RRN classificadas como IP foram usadas como secções de controlo. O número esperado de acidentes foi utilizado como variável de desempenho da segurança, tendo sido empregue na análise o método empírico de Bayes com regressão multivariada descrito por Hauer [11]. Foi considerado um período “antes” de quatro anos (1994-97), sendo o período “depois” constituído pelos anos de 2001 e 2002. Não foram usados os anos 1999 e 2000 devido à fiscalização intensa (*Segurança máxima, tolerância zero*) aplicada em todo o IP5 nesses anos, o que levou a uma redução maciça no número anual de acidentes com feridos e mortos. A fiscalização intensa terminou antes do final de 2000, altura em que foi retomada a fiscalização normal.

Neste estudo concluiu-se que o número esperado de acidentes com vítimas foi reduzido em 12% devido às MEBC, de 428 para 377 (foi igualmente estimada uma redução de 41%, como resultado do efeito conjunto das MEBC e da fiscalização intensa). O número anual de mortes registadas diminuiu de 85 para 52 (cerca de 39%), e o número anual de mortos e feridos graves passou de 188 para 125 (redução de 34%) [12].

Políticas: A aplicação sistemática de MEBC em trechos de estrada de elevado risco de acidentes é um método económico de redução de acidentes e das suas consequências; trata-se, também, de um procedimento rápido, face aos prazos habituais do ciclo de vida das grandes intervenções na infra-estrutura rodoviária. A aplicação de MEBC está usualmente associada à correcção de zonas de acumulação de acidentes (também conhecidas como “pontos negros”); no entanto, também podem ser aplicadas em trechos de elevado risco de acidentes, como é o caso do exemplo descrito.

Foi a primeira vez que as MEBC foram aplicadas em Portugal a um trecho de estrada. A extensão e a natureza sem precedentes das medidas propostas e aplicadas foram a razão para que o LNEC avaliasse o respectivo impacto nos acidentes e no comportamento dos condutores.

De facto, muitas destas MEBC foram utilizadas pela primeira vez em Portugal: guias dentadas em contínuo; sinalização homogénea de curvas ao longo de um trecho de estrada; utilização obrigatória de luzes de cruzamento (médios); proibição de ultrapassagem para pesados em trechos com vias de lentos; e, especialmente, a utilização de balizas de posição ao eixo da estrada para proporcionar um separador central não materializado, sem precedentes em Portugal e, talvez, na Europa.

Posteriormente foram aplicadas, também pela primeira vez em Portugal, as acções de fiscalização excepcionalmente intensas e rigorosas realizadas pela GNR-BT ao longo deste trecho de estrada [10].

Barreiras / Obstáculos: Uma vez instituída a noção de utilizar um dispositivo colocado no eixo da estrada para promover o prolongamento visual do separador central até ao início das curvas, foi imperativo seleccionar qual o mais apropriado, sujeito ao requisito de que pudesse ser compreendido pelos condutores como um sinal de trânsito incluído no Regulamento do Código da Estrada (RCE). Assim, foram analisados diversos tipos de balizas e foi seleccionada uma com um grafismo semelhante (duas listras) e características cromáticas idênticas às da baliza considerada no RCE - a baliza do tipo O7a da Figura 10. O RCE prescrevia (tal como o actual Regulamento de Sinalização do Trânsito) que esta baliza indicava a posição e limites de obstáculos existentes na via.



Figura 10. Baliza de posição do RCE

Foi utilizada uma ferramenta de concepção assistida por computador (CAD) para avaliar o espaçamento mais adequado entre as balizas para os diferentes raios de curva. Estes critérios de espaçamento, empiricamente determinados, foram validados na estrada, em curvas piloto seleccionadas para o efeito. Nesses locais, a GNR-BT controlou o tráfego durante o pré-posicionamento realizado *in situ*, tendo-se então procedido a uma melhor avaliação do efeito do espaçamento entre balizas e observado preliminarmente o comportamento dos condutores perante estes novos dispositivos. Somente após esta avaliação nessas curvas piloto, foi o sistema aplicado às demais curvas no IP 5.

Lições aprendidas: A utilização de MEBC deve ser decidida com grande precaução e utilizando estudos “antes-depois”, para confirmar se o seu impacto na segurança rodoviária e no comportamento dos condutores corresponde aos objectivos para que foram desenvolvidas ou aplicadas.

As MEBC não devem ser utilizadas em situações que não correspondam ao mesmo tipo de problema para que a medida correctiva foi desenvolvida. Na sequência da utilização destes dispositivos no IP5, foram utilizadas em várias situações em que a sua necessidade e efeito pretendido não eram de todo aplicáveis – ver exemplo na Figura 11.



Figura 11. Utilização inadequada deste tipo de balizas ao eixo da estrada (antes de uma barreira de segurança do tipo New Jersey / DBA, da qual o tráfego não está protegido dada a ausência de terminal adequado)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os exemplos apresentados evidenciam o contributo da aplicação das três regras de boa utilização do conhecimento de Factores Humanos na obtenção de estradas auto-explicativas e de fácil utilização, condição essencial para um sistema de tráfego seguro, onde as limitações psicofisiológicas do Ser Humano são critérios determinantes na escolha das características funcionais a conferir à infra-estrutura.

5 REFERÊNCIAS

- 1 – AIPCR/PIARC - *Human Factor Guidelines for a safer Man-Road interface*, AIPCR/PIARC , publ. 2016R20EN, Paris, 2016.
- 2 – AIPCR/PIARC - *Road Safety Evaluation based on Human Factors Method. A Guideline to Implement a Non-accident Based Approach in Road Safety Management*. Relatório do ciclo 2016/2019 dos trabalhos desta associação, não publicado.
- 3 – AIPCR/PIARC - *Catalogue of Case Studies Concerning Road Safety Improvements Relevant to Vulnerable Road Users, Human Factors and Low and Middle Income Countries*. Relatório do ciclo 2016/2019 dos trabalhos desta associação, não publicado.
- 4 – AIPCR/PIARC - *Road Safety Manual Review*, Relatório AIPCR/PIARC.
- 5 – ETSC - *Low-cost road and traffic engineering measures for casualty reduction*, Brussels, European Transport Safety Council, 1996.
- 6 - Nascimento, A. - IP5 - Melhoria das condições operacionais, Junta Autónoma de Estradas, Portugal, 1996.
- 7 - Almeida Roque, C. - IP5 Melhoria das condições de segurança, Informação N° 97/DSCs/DCS, Junta Autónoma de Estradas, Portugal, 1998.
- 8 - Macedo, A. L., Almeida Roque, C. - Medidas de baixo custo para melhoria da segurança rodoviária. Considerações sobre a sua aplicação em Portugal, Jornada “*Medidas de Ingenieria de Bajo Coste para Carreteras más Seguras*”, *Association Española de la Carretera and European Transport Safety Council (ETSC)*, Bilbao, Espanha, 1998.
- 9 - Cardoso, J. L. - Avaliação do impacte sobre o comportamento dos condutores de medidas correctivas da infra-estrutura para melhoria das condições de segurança no IP5 (2º Relatório), Relatório 297/00, Proc° 093/01/13553 - NTSR, Departamento de Vias de Comunicação, LNEC, Portugal, 2000.
- 10 - Almeida Roque, C., Cardoso, J. L. - *Low cost engineering measures and stricter enforcement. A successful combination to improve road safety on a dangerous rural route*, Routes/Roads N° 311, AIPCR/AIPCR/PIARC , France, 2001.
- 11 - Hauer, E. - *Observational Before-After Studies in Road Safety*. Tarrytown, New York. Pergamon/Elsevier Science, Inc.
- 12 - Cardoso, J. L. - *The effect of low cost engineering measures and enforcement on driver behaviour and safety on single carriageway interurban trunk roads*. In *Advances in Human Aspects of Road and Rail* (ISBN 9781439871232).
- 13 - Macedo, A.L.; Cardoso, J.L.; Arsénio, E.; Dionísio, A.; Figueiredo, A. – Participação do LNEC nos estudos sobre imputação dos encargos pela utilização das infraestruturas. 2º Relatório. Relatório n° 59/00; NTSR, Proc° 093/01/13563. LNEC, Lisboa, 2000.