



FERSI
Road Safety Research

Estradas secundárias – desafios para a segurança rodoviária

Tradução do Documento de Síntese da FERSI, maio de 2024



FERSI Forum of European Road Safety Research Institutes

www.fer.si.org

Maio 2024

Autores:

João Cardoso (Laboratório Nacional de Engenharia Civil – LNEC, Portugal)

Govert Schermers (SWOV Institute for Road Safety Research, Países Baixos)

Veronika Valentová (Transport Research Centre – CDV, Chéquia)

Referência do documento:

Cardoso, J., Schermers, G., & Valentová, V. (2024) Estradas secundárias – desafios para a segurança rodoviária. Tradução do Documento de Síntese da FERSI. Acedido em <https://fer.si.org/> [data]

Prefácio

Com o Plano de Ação Estratégico para a Segurança Rodoviária para o período 2021-2030, a União Europeia (UE) comprometeu-se a reduzir para metade o número de vítimas mortais e de feridos graves (MAIS 3+) em relação ao valor de referência de 2019. Nesse plano, são dadas ênfase e preocupação consideráveis à melhoria da segurança rodoviária nas zonas urbanas, bem como à redução do número de vítimas mortais e de feridos graves nas autoestradas e nas estradas interurbanas principais. Este facto não é surpreendente, uma vez que também é nestas estradas que circula a maior parte dos volumes de tráfego na UE. Nomeadamente, a publicação das Diretivas 2008/96/CE e 2019/1936/CE estabeleceu o enquadramento para os Estados-Membros (EM) da UE desenvolverem um conjunto exaustivo de procedimentos de gestão da segurança da infraestrutura rodoviária (RISM) aplicáveis a estas categorias específicas de estradas. No entanto, estas diretivas não são aplicáveis ao resto da rede rodoviária interurbana, que proporciona aos utentes rodoviários funções vitais de acesso e de distribuição de tráfego. Nestas estradas secundárias, que constituem uma rede rodoviária extensa mas frequentemente com pouco tráfego, realizam-se viagens essenciais de curto e médio curso.

Com o presente documento pretende-se ajudar a concretizar os ambiciosos objetivos de segurança rodoviária da UE, evidenciando a importante contribuição destas estradas rurais secundárias para o número de lesões e de mortes no tráfego rodoviário, salientando a conseqüente necessidade de enfrentar os desafios específicos de segurança rodoviária e evidenciando várias oportunidades para melhorar a segurança propiciadas pelas novas tecnologias e por investigação e inovação sistemáticas.

Os autores gostariam de agradecer a Mette Møller (*Technical University of Denmark – DTU*), Markus Schumacher e colegas (*German Federal Highway Research Institute – BAST*), e Ingrid van Schagen (secretariado da *FERSI*) pelas suas sugestões e contributos para a finalização do documento.

Índice

Prefácio	3
1. Introdução	5
2. Definições	7
3. Características das estradas secundárias interurbanas	9
4. Desafios de segurança rodoviária atuais	12
4.1 Frequências e taxas de acidentes	12
4.2 Características dos acidentes	14
4.3 Síntese.....	17
5. Intervenções de segurança eficazes durante o ciclo de vida da estrada	18
5.1 Estradas autoexplicativas e área adjacente à faixa de rodagem tolerante ..	18
5.2 Velocidades seguras.....	19
5.3 Seleção e ordenação de intervenções pertinentes	19
5.4 Prevenção de lesões resultantes de despistes	21
5.5 Problemas remanescentes	21
6. Repercussões dos sistemas de transportes inteligentes – ITS.....	23
7. Áreas de investigação promissoras	26
8. Conclusões e possíveis etapas subsequentes	28
Bibliografia.....	29

1. Introdução

Habitualmente, as redes rodoviárias são constituídas por uma rede rodoviária primária, que assegura ligações de velocidade elevada a longa distância entre regiões ou grandes cidades, apoiada por estradas interurbanas secundárias e estradas que asseguram as ligações entre a rede interurbana e os destinos (propriedades). A rede primária (autoestradas e estradas principais) está geralmente bem implantada, tem boas características geométricas e a infraestrutura bem conservada, sendo a sua operação financeiramente bem apoiada e, por conseguinte, relativamente segura. Na União Europeia (UE), esta situação foi reforçada ao nível regulamentar, com a aplicação das Diretivas 2008/96/CE e 2019/1936/CE relativas à gestão da segurança da infraestrutura rodoviária (RISM).

À escala macroscópica, o comprimento das autoestradas e das estradas principais representa um número significativamente menor de quilómetros do que o das estradas de ordem inferior (Meijer et al., 2018). As estradas da rede principal da Rede Transeuropeia de Transportes (RTE-T) representam apenas cerca de 1 % de todas as estradas pavimentadas na UE (Tribunal de Contas Europeu, 2020). A Europa tem uma rede rodoviária que totaliza cerca de 6 992 685 km, dos quais 85 974 km (1,2 %) são autoestradas e 435 979 km (6,2 %) são estradas principais (IRF, 2023). As estradas de ordem inferior (excluindo autoestradas e estradas principais) correspondem à diferença e são classificadas por exclusão destas categorias principais e não por atributos específicos. Isto deve-se, em parte, à grande diversidade de critérios usados na sua conceção e traçado e à pouca importância que é atribuída a estas estradas pelo público e pelos decisores. Não existe consenso internacional geral sobre a classificação das estradas de ordem inferior, como se pode concluir ao comparar bases de dados internacionais, como as da IRF (2023) e do Openstreetmaps (2023). Por exemplo, para Portugal, a IRF inclui apenas estradas geridas pela administração central, enquanto no Openstreetmaps se classifica algumas estradas de ordem inferior como principais.

As estradas são importantes para uma acessibilidade equitativa (passageiros) e para apoiar a logística (transporte de mercadorias). É sobre elas que se desenrola a maior parte do movimento de mercadorias na UE (Eurostat, 2023), com aproximadamente 13 700 milhões de toneladas, de um total de 32 900 milhões de toneladas movimentadas por todos os modos - incluindo o transporte marítimo, ferroviário, fluvial e aéreo (dados anuais de 2021). O transporte de mercadorias com menos de 50 km correspondeu apenas a 6% das toneladas-quilómetro anuais, mas representou quase metade (48%) do total de mercadorias movimentadas (Eurostat, 2023). Tal facto mostra que a logística de curta distância é importante, assim como a rede rodoviária de ordem inferior utilizada nas correspondentes viagens; conclusões semelhantes aplicam-se à acessibilidade de passageiros de curta e média distância, especialmente em áreas não urbanas. Os automóveis são o tipo de veículo predominante, com uma quota média de tráfego de 64%; e 54% das viagens de curta distância (menos de 300 km) são realizadas por veículos ligeiros na maioria dos Estados-Membros. A distância média percorrida por dia (todos os modos de transporte) é de 34,8 km (Armoogum et al., 2022).

Deste modo, as estradas de ordem inferior são importantes para o transporte rodoviário e nada indica que deixarão de o ser no futuro.

A importância do desempenho da rede rodoviária de ordem inferior é reconhecida pela Conferência dos Diretores Rodoviários Europeus (CEDR), que, no seu documento de síntese sobre segurança rodoviária de 2021, classifica as seguintes intervenções de segurança rodoviária como de alta prioridade (CEDR, 2021):

- Financiar intervenções de segurança rodoviária nos itinerários secundários,
- Aplicar os procedimentos RISM em todas as estradas,
- Separar os utentes rodoviários vulneráveis (VRU) dos modos de transporte motorizados que criam maior risco, e
- Fomentar velocidades seguras através do projeto de traçado de estradas de faixa de rodagem única e duas vias de trânsito.

Estes desafios são reconhecidos como requerendo acréscimo de conhecimento, para serem ultrapassados e concretizados. Com o presente documento pretende-se contribuir para superar os desafios de segurança rodoviária das estradas secundárias, destacando algumas das principais questões de segurança e possíveis oportunidades para melhorar a segurança, incluindo as propiciadas pelas novas tecnologias. O trabalho foi apoiado por várias análises de dados da Chéquia, dos Países Baixos e de Portugal.

O presente documento está organizado da seguinte forma: em primeiro lugar, é abordada a noção de “estradas secundárias” (Secção 1), depois são apresentadas as definições formais (Secção 2) e examinadas as principais características da infraestrutura desta categoria de estradas (Secção 3). Em seguida, com base nos resultados de três Estados-Membros de diferentes regiões da UE (Chéquia, Países Baixos e Portugal), são destacados os principais desafios de segurança rodoviária (Secção 4). Na Secção 5 são referidos os princípios-chave para intervenções eficazes destinadas a melhorar a segurança rodoviária nestas estradas e elencadas as referências bibliográficas para exemplos de boas práticas viáveis. Na Secção 6 são mencionadas as potenciais contribuições, bem como os desafios, dos sistemas de transporte inteligentes (ITS) e da condução automatizada e conectada (CAD) para a segurança das estradas secundárias e na Secção 7 são enumeradas várias áreas promissoras de investigação sobre segurança rodoviária. Por último, na Secção 8 apresentam-se as principais conclusões e recomendações para as etapas seguintes rumo a níveis de segurança mais elevados nas estradas secundárias.

2. Definições

Uma categorização frequentemente aplicada às redes rodoviárias identifica três categorias principais de rodovias: arruamentos urbanos, estradas interurbanas e autoestradas.

Esta abordagem é usada na base de dados de acidentes rodoviários CARE da UE, que é a principal fonte de dados harmonizados sobre acidentes rodoviários para a análise comparativa internacional de acidentes ao nível europeu. De acordo com o Glossário CARE (ver termos R-11 e R-12 em *Directorate-General for Mobility and Transport* da UE, 2021):

- Autoestrada - “Estrada pública com faixa de rodagem dupla e, pelo menos, duas vias de tráfego em cada sentido. Todas as entradas e saídas estão sinalizadas e todos os nós de ligação são desnivelados. Existe um separador central em toda a estrada. O atravessamento não é permitido e a paragem só é autorizada em caso de emergência. O acesso está restrito a veículos a motor, estando proibido a peões, animais, velocípedes, ciclomotores, e veículos agrícolas. A velocidade mínima não é inferior a 50 km/h e a velocidade máxima não é superior a 130 km/h (exceto na Alemanha, onde não está definido qualquer limite de velocidade).”
- Arruamento urbano - “Estrada dentro dos sinais de limite de localidade”.
- Estrada interurbana - estrada fora dos sinais de limite de localidade, excetuando as autoestradas (restantes elementos da rede rodoviária pública).

Apesar de ser relativamente simples e direta, esta classificação é demasiado grosseira para ser útil na abordagem da segurança rodoviária na última categoria, as estradas interurbanas. Estas estradas são diversificadas quanto à sua função, configuração e utilização, sendo as características das estradas determinadas de acordo com o seu papel nas redes de estradas principais e secundárias de cada Estado-Membro. Estas estradas podem ser geridas por diversos tipos de administrações rodoviárias – tais como autoridades nacionais, regionais e locais, bem como concessionárias privadas. Em alguns Estados-Membros, acontece também que as estradas geridas pelas administrações rodoviárias regionais e nacionais incluem pequenos trechos dentro de localidades (frequentemente pequenas aldeias ou aglomerados populacionais) que ainda não são geridas como arruamentos urbanos; estas estradas de atravessamento (ver Figura 1) servem tanto o tráfego local como o tráfego de passagem.

A Diretiva da UE 2019/1936 do Parlamento Europeu e do Conselho, que altera a Diretiva 2008/96/CE, regula a atividade de gestão da segurança da infraestrutura rodoviária (RISM) ao nível europeu. Os procedimentos estabelecidos nesta diretiva aplicam-se às estradas que fazem parte da rede rodoviária transeuropeia (RTE-T), essencialmente as autoestradas e as estradas principais de ordem superior das redes rodoviárias dos Estados-Membros da UE, mas também às estradas interurbanas que não servem propriedades limítrofes e que são construídas ou remodeladas com financiamento da UE (excluindo as estradas que não estão abertas ao tráfego geral de veículos a motor e as estradas que não foram concebidas para o tráfego geral). Nos termos do regulamento atual, as estradas RTE-T não servem propriedades limítrofes. De acordo com a Diretiva RISM, as “estradas principais” pertencem à categoria mais elevada de estradas abaixo da “autoestrada” e ligam as principais cidades e regiões. Em algumas jurisdições, estas estradas são também designadas por “*trunk roads*” e, normalmente é raro

servirem as propriedades limítrofes. Sumariando, as ferramentas da Diretiva RISM aplicam-se à rede de autoestradas, à rede interurbana principal e às outras estradas interurbanas que não servem propriedades limítrofes (ver *Figura 1*). No presente documento, os dois últimos conjuntos de estradas são designados por estradas “RISM exceto autoestradas” (NM_RISM).

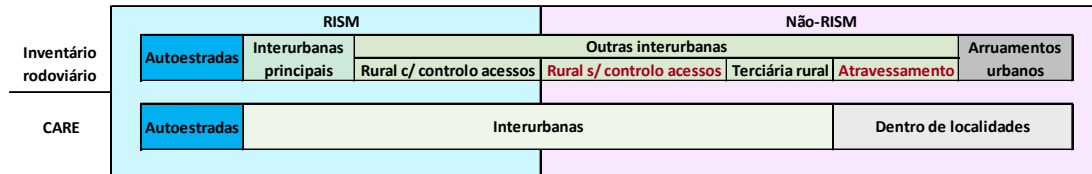


Figura 1: Dados de características da infraestrutura (Inventário rodoviário) vs. dados sobre acidentes (CARE) e o âmbito da segurança das “estradas secundárias”. Estradas sujeitas a RISM estão assinaladas pela banda azul; a banda rosa abrange as estradas não sujeitas a RISM.

Em geral, as estradas que não servem propriedades limítrofes têm algum tipo de controlo de acessos, com estradas de serventia ou alternativas para recolher o tráfego local e destinadas ao trânsito dos utentes rodoviários não permitidos na própria estrada. Na maior parte dos casos, o acesso a estas estradas é assegurado por intersecções desniveladas. São, também, possíveis velocidades de circulação superiores a 70 km/h. Frequentemente, estas estradas são abrangidas pelo âmbito de aplicação do RISM, uma vez que o financiamento da UE é utilizado para a construção de novos trechos ou para a remodelação de trechos existentes.

No presente documento, as estradas públicas interurbanas que não se enquadram nas categorias da Diretiva RISM e que têm relevância regional são agrupadas sob a designação de “estradas secundárias” (subconjuntos com designação a castanho avermelhado na *Figura 1*). Para além dos arruamentos urbanos, excluem-se da categoria de estradas secundárias, por exemplo, todas as estradas rurais terciárias na Chéquia e as estradas florestais em Portugal.

3. Características das estradas secundárias interurbanas

Os parâmetros geométricos e outras características do projeto de estradas interurbanas principais são normalizadas em cada Estado-Membro da UE; contudo, na maioria dos Estados-Membros, estas orientações são ligeiramente menos exigentes do que as das autoestradas. Já as estradas interurbanas secundárias têm regras de projeto muito mais diversificadas, dependendo as suas características da função que desempenham na respetiva rede rodoviária (por exemplo, regional, coletora local ou de acesso) e da entidade administrativa responsável (por exemplo, autoridade nacional ou local) pela construção e operação. Muitas vezes, o traçado das estradas secundárias (em especial a diretriz e a rasante) resulta de sucessivas evoluções históricas e os seus parâmetros de projeto não são adequados à velocidade de circulação vigente. No caso de remodelação, são permitidas muitas exceções às normas de projeto em vigor, frequentemente devido a dificuldades na aquisição de terreno. Como resultado, podem ser detetadas diferenças nos trechos da rede de estradas secundárias, como exemplificado na *Figura 2*.



Figura 2: Exemplos de diversidade da envolvente rodoviária em redes rodoviárias secundárias na Chéquia, Países Baixos e em Portugal.

Na maioria dos Estados-Membros, todos os níveis de autoridades gestoras de rodovias têm algumas estradas secundárias nas suas redes, sendo responsáveis pela sua conceção, construção e exploração. Daí resultam no mesmo Estado-Membro diferentes normas de projeto, características operacionais e programas de manutenção, uma vez que as autoridades nacionais e regionais/locais podem definir e aplicar as suas próprias diretrizes às suas redes.

Estas diferenças estão relacionadas com várias características, tais como a separação física dos sentidos de circulação, o tipo de controlo de acessos a partir dos terrenos adjacentes, o tipo predominante de cruzamentos (rotunda, intersecção com regra de prioridade ou sinalização luminosa, desnivelamento), as características de projeto (por exemplo, velocidade de projeto) e os tipos de utentes permitidos (havendo casos em que não são permitidos velocípedes ou máquinas agrícolas). Muitas vezes, devido à sua função mista, estas estradas têm acesso direto a partir de propriedades limítrofes. São também variadas no que se refere às características das bermas (pavimentadas ou não pavimentadas) e à dimensão da zona livre na área adjacente à faixa de rodagem.

Do mesmo modo, as condições operacionais nas estradas secundárias são variadas, uma vez que as autoridades locais e regionais têm as suas próprias práticas no que respeita a aspetos importantes, como a fixação do limite de velocidade ou os dispositivos de controlo do tráfego. A qualidade da conservação das estradas secundárias também varia consideravelmente consoante as autoridades rodoviárias. Este facto está relacionado com a extensão considerável destas estradas, os volumes de tráfego relativamente baixos, as normas de projeto pouco exigentes e os níveis de habilitação e competência do corpo técnico da autoridade rodoviária. A *Figura 3* mostra um exemplo em Portugal de diferentes níveis de conservação em duas pontes semelhantes, construídas no mesmo período.



Figura 3: Exemplo de condições de conservação de passagens inferiores contemporâneas (e do mesmo tipo) em estrada secundária municipal (esquerda) e nacional (direita).

Por último, as estradas secundárias podem ter relevância regional ou local, o que afeta os volumes de tráfego motorizado e a proporção de tráfego local. Mais importante ainda, estas estradas também diferem em termos da envolvente que atravessam. Algumas estradas podem incluir trechos curtos que atravessam pequenos aglomerados urbanos, acrescentando uma nova dimensão à sua diversidade.

Estes trechos de estradas que atravessam aldeias servem tanto o tráfego local (função de acesso) como o tráfego de passagem (função de tráfego). No entanto, os volumes de tráfego relativamente baixos e a dimensão da população das aldeias nem sempre justificam a construção de uma variante interurbana, sendo assim previsível que esses atravessamentos de localidade mantenham esta dupla função no futuro.

4. Desafios de segurança rodoviária atuais

É difícil avaliar a importância dos danos e desafios da segurança rodoviária nas estradas secundárias interurbanas. Por exemplo, a principal fonte de dados harmonizados sobre acidentes para a análise internacional de acidentes ao nível europeu – a base de dados de acidentes rodoviários CARE – abrange apenas três classes de estradas: autoestradas, arruamentos urbanos e estradas interurbanas (ver *Figura 1*). A última classe inclui todas as estradas não rodoviárias fora das zonas urbanas designadas e não distingue a rede primária das redes secundárias e de nível inferior (CARE, 2012). Esta é a classificação utilizada num relatório recente do Conselho Europeu para a Segurança dos Transportes (ETSC) sobre a melhoria da segurança das estradas rurais (Carson et al., 2024). O mesmo tipo de classificação é utilizado na base de dados IRTAD.

Devido à natureza grosseira da classificação rodoviária da base CARE, a análise comparativa da segurança rodoviária em estradas secundárias ao nível europeu só é possível após uma análise cuidadosa das bases de dados nacionais de acidentes e a aplicação de procedimentos adequados de harmonização de dados. Isto implica não só identificar todos os trechos de estradas secundárias relevantes e selecionar os dados de acidentes correspondentes a ocorrências nesses trechos, mas também garantir que as categorias de estradas dos países comparados sejam semelhantes. No entanto, as comparações diretas devem atender à possibilidade de existirem diferenças entre países no que diz respeito, em particular, à composição do tráfego, à cultura de condução, às velocidades e à regulamentação.

4.1 Frequências e taxas de acidentes

Normalmente, as estradas secundárias correspondem a uma grande percentagem da extensão rodoviária, exigindo uma atribuição eficiente de prioridades às atividades de conservação e de remodelação, de modo a proporcionar a sua melhor operação. Por exemplo, em Portugal, as estradas secundárias (11 919 km) representavam 64% da extensão da Rede Rodoviária Nacional (RRN), administrada pela autoridade nacional. No entanto, a extensão da RRN é apenas uma fração da extensão total da rede rodoviária portuguesa. As estradas interurbanas locais (municipais) têm uma extensão oito vezes superior à da rede rodoviária secundária da RRN e correspondem a 517% da extensão total da RRN. Na Chéquia, apenas 12,7% das estradas são classificadas como autoestradas e estradas principais; as restantes são estradas secundárias ou terciárias (excluindo as estradas locais – ruas – em áreas urbanas). Em 2022, os Países Baixos tinham uma rede rodoviária que totalizava 141 820 km de estradas (CBS, 2024). Destes, 5 571 km eram estradas nacionais, 7 802 km estradas provinciais e 128 315 km eram estradas municipais. As estradas rurais secundárias nos Países Baixos enquadram-se nas três categorias. No entanto, cerca de 46% destas estradas são rurais, com cerca de 50 000 km de estradas de 60 km/h (neste documento referidas como estradas rurais secundárias) e 12 000 km de estradas de 80 km/h (estradas NM_RISM neste documento), (Schermers & Van Petegem, 2013 e 2015; Gebhart, Wijnhuizen & Dijkstra, 2022).

Os dados sobre acidentes da Chéquia (2019-2022), dos Países Baixos (2019-2021) e de Portugal (2015-2019) mostram que os acidentes corporais e as correspondentes vítimas em estradas secundárias representam uma proporção considerável de todas as ocorrências registadas. Nos

períodos analisados, foram registados anualmente 120 acidentes mortais (25% de todos os acidentes mortais) em estradas secundárias na Chéquia, 110 acidentes mortais (21% de todos os acidentes mortais) nos Países Baixos e 291 (48% de todos os acidentes mortais) em Portugal. Como mostrado na *Figura 4*, os acidentes corporais (todas as gravidades) em estradas secundárias corresponderam a mais de 20% dos totais registados na Chéquia e em Portugal; e 12% nos Países Baixos. No que respeita aos acidentes mortais, a importância das estradas secundárias é ainda maior: 21% de todos os casos nos Países Baixos, 25% na Chéquia e 48% em Portugal.

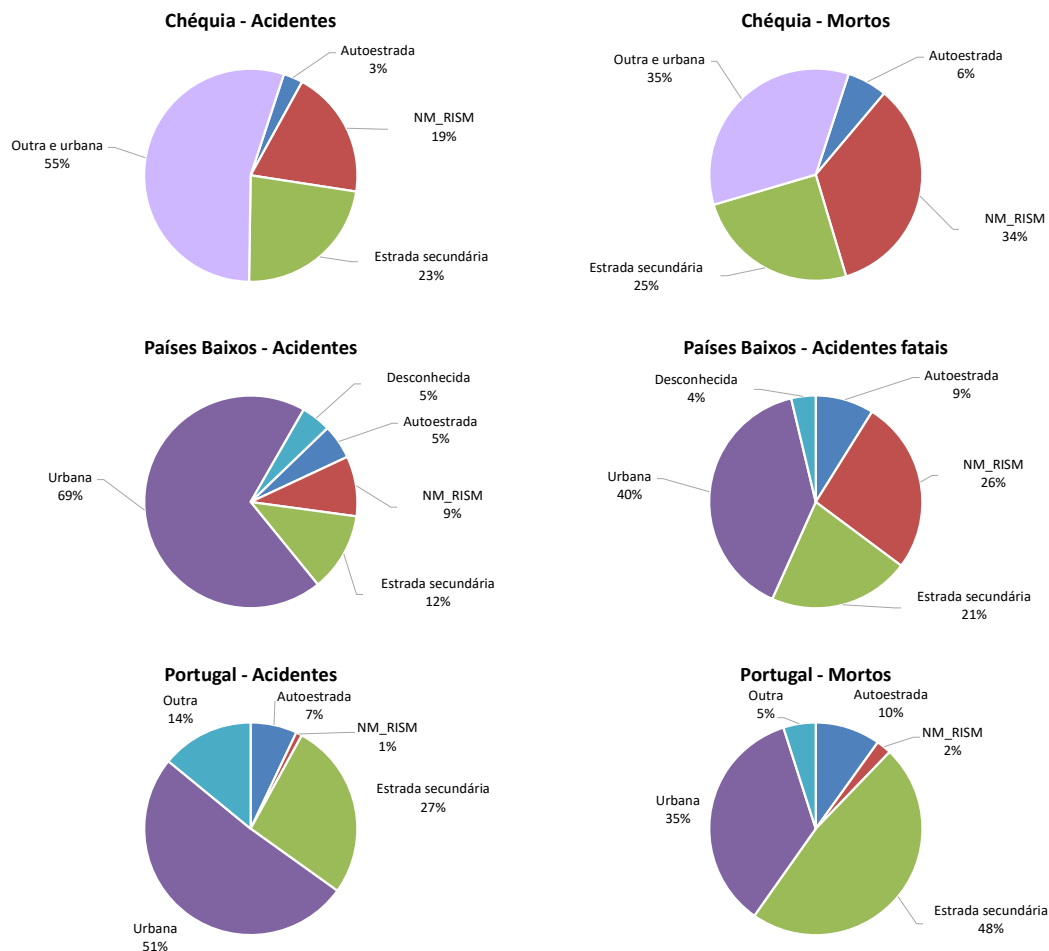


Figure 4: Distribuição dos acidentes corporais (todas as gravidades) e mortos por categoria de estrada (Chéquia, 2019-2022, Países Baixos, 2019-2021, e Portugal, 2015-2019).

Em Portugal, a maioria dos acidentes (55%) e das vítimas graves (60% dos mortos e feridos graves) em estradas secundárias ocorreu na RRN, tendo os restantes ocorrido em estradas municipais interurbanas.

Quando se utiliza a distância percorrida como medida de exposição, o risco de acidentes corporais é mais elevado nas estradas secundárias checas e portuguesas do que nas estradas RISM excetuando as autoestradas (NM_RISM). Os resultados da análise dos dados do total de acidentes (acidentes fatais,

graves, ligeiros e apenas com danos materiais) na Chéquia durante o período de 2017-2021 mostram que o risco de acidentes (acidentes por milhão de veículos×km) é maior nas estradas de ordem inferior do que noutras categorias de estradas (Andrášik & Bíl, 2022). Este facto é mais notório para os percentis mais elevados das taxas de acidentes (*Tabela 1*). Em Portugal, este tipo de análise de risco de acidente só pode ser efetuado para as estradas secundárias pertencentes à RRN, uma vez que não existem contagens de tráfego regulares nas estradas municipais. Enquanto as estradas NM_RISM com duas faixas de rodagem e as estradas secundárias em Portugal têm taxas de acidentes semelhantes (ambas com cerca de 0,11 acidentes por milhão de veículos×km), as estradas NM_RISM com faixa de rodagem única têm taxa de acidentes que é metade da das estradas secundárias de faixa única (0,15 vs. 0,30 acidentes por milhão de veículos×km).

Tabela 1: Percentis superiores da distribuição de taxas de acidentes (por distância percorrida) na Chéquia, por categoria de estrada (2017-2021) (adaptado de Andrášik & Bíl, 2022).

Percentil ¹	Autoestrada	NM_RISM (dupla faixa)	NM_RISM (faixa única)	Estrada secundária	Estrada de 3ª. ordem
95%	1.71	7.14	2.81	4.77	3.10
90%	1.11	4.01	1.89	2.80	1.93
85%	0.93	2.43	1.51	2.09	1.49
80%	0.79	1.83	1.27	1.75	1.21

¹ O percentil corresponde ao valor que não é excedido por essa percentagem de estradas. Por exemplo, o percentil 95 significa que 5% das estradas têm um valor superior ao limiar indicado e 95% inferior.

4.2 Características dos acidentes

As características dos acidentes nas estradas secundárias são bastante diferentes das dos registados nas estradas NM_RISM, tanto em estradas de faixa de rodagem única como em estradas de dupla faixa de rodagem, como exemplificado na *Figura 5*, para os três países analisados. Nesta figura apresentam-se as distribuições de acidentes e mortes por tipo de acidente. As percentagens de despistes, atropelamentos (Atropel.), colisões frontais (Col. Frontal), colisões traseiras (Col. Traseira), colisões laterais (Col. Lateral) e outros acidentes (Outro) são apresentadas para estradas interurbanas principais, tal como definidas pelo RISM (estradas de faixa de rodagem única e dupla, excluindo autoestradas) e para estradas secundárias.

Geralmente, os despistes são o tipo de acidente mais importante nos três países, tanto nas estradas NM_RISM como nas estradas secundárias. Contudo, nas estradas secundárias, a proporção deste tipo de acidente é mais elevada (e semelhante nos três países) do que nas estradas NM_RISM (onde Portugal tem a percentagem mais elevada). As colisões laterais são o segundo tipo de acidente mais frequente na Chéquia e nos Países Baixos em ambas as categorias de estradas; em Portugal, as colisões traseiras são mais importantes nas estradas NM_RISM, em comparação com as colisões laterais nas estradas secundárias. Isto é parcialmente explicado pelo facto de o controlo de acessos ser geralmente aplicado nas estradas NM_RISM portuguesas, mas não nas estradas secundárias – o que também explica porque razão a percentagem de atropelamentos de peões é muito mais baixa nas estradas NM_RISM em Portugal.

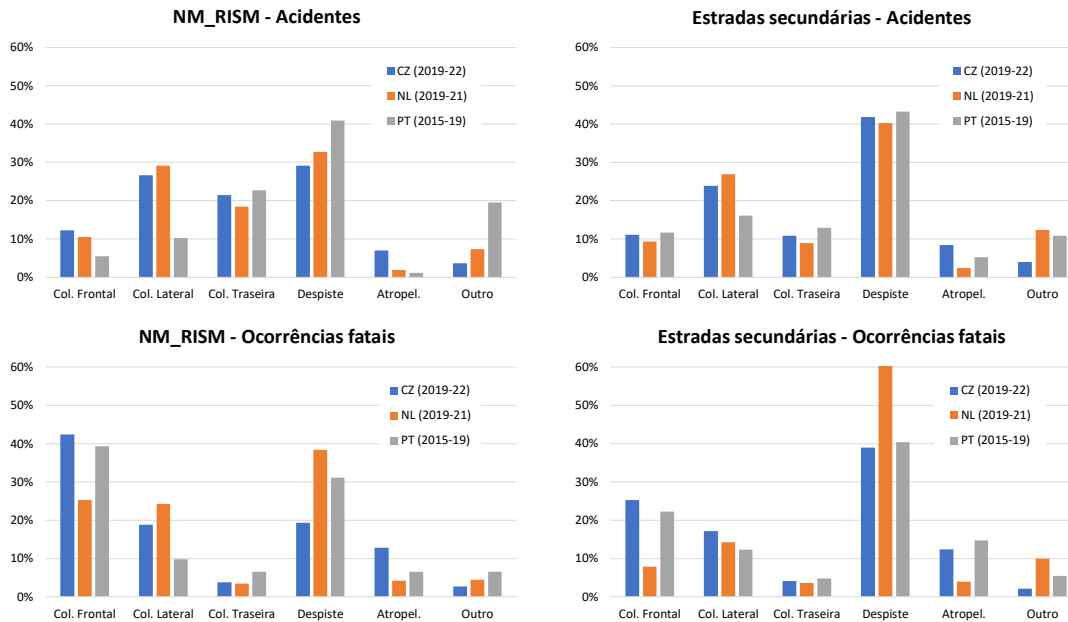


Figura 5: Distribuição dos acidentes por tipo, nas estradas principais e secundárias da Chéquia (CZ), dos Países Baixos (NL) e de Portugal (PT).

A distribuição da sinistralidade mortal (mortes na Chéquia e em Portugal e acidentes mortais nos Países Baixos) nas estradas secundárias por tipo de acidente apresenta percentagens semelhantes na Chéquia e em Portugal (despistes, colisões frontais e atropelamento de peões) e percentagens mais elevadas de colisões laterais em Portugal. Os Países Baixos apresentam uma percentagem especialmente elevada de acidentes mortais por despiste e percentagens muito baixas de acidentes mortais envolvendo colisões frontais e atropelamento de peões.

Globalmente, apesar de uma preponderância de ocorrências mortais relacionadas com despistes, existem diferenças entre países no que respeita à importância relativa dos diferentes tipos de acidentes em estradas secundárias.

Na *Figura 6* apresenta-se uma comparação da distribuição dos acidentes corporais e dos acidentes mortais nas estradas interurbanas NM_RISM e secundárias na Chéquia, nos Países Baixos e em Portugal.

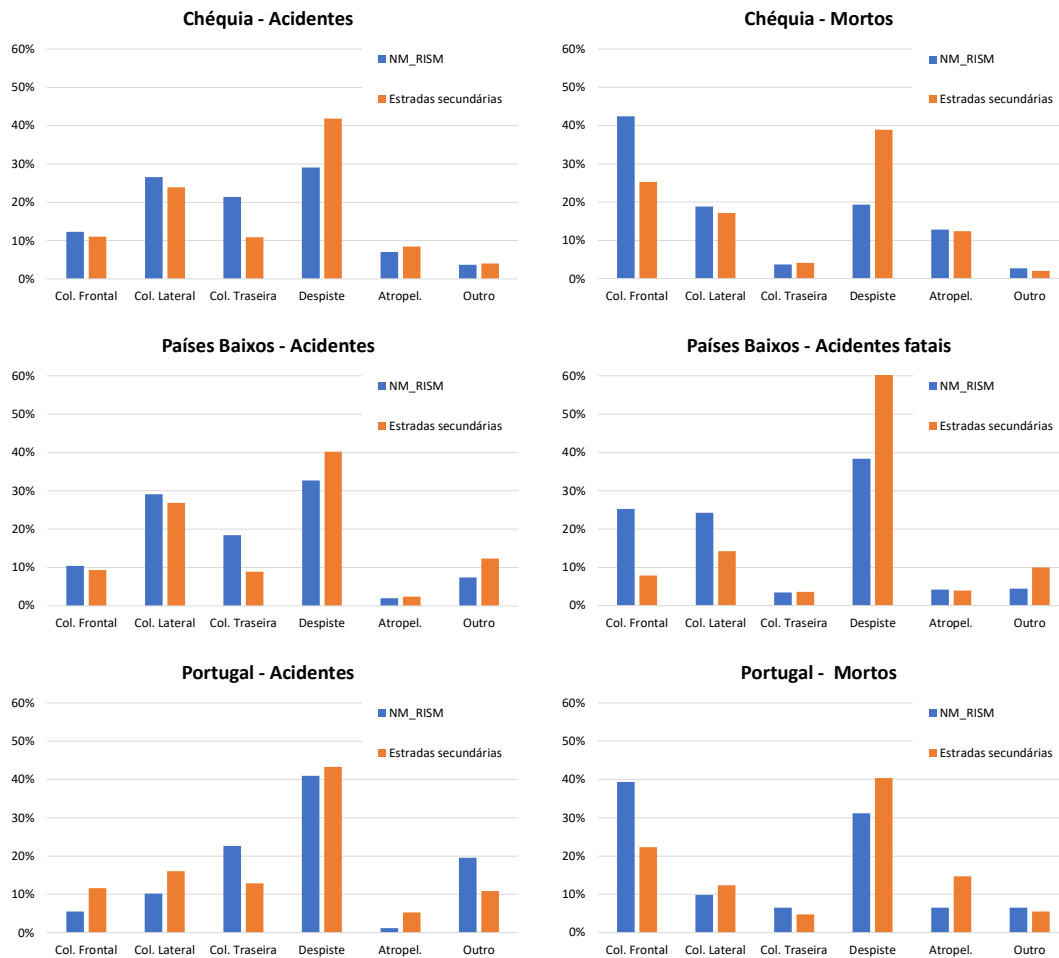


Figura 6: Distribuição dos acidentes corporais e dos acidentes fatais por categoria de estrada e tipo de acidente na Chéquia, Países Baixos e Portugal.

A percentagem de despistes é mais elevada nas estradas secundárias dos três países, sendo mais notória nos acidentes mortais. Nas estradas secundárias, a percentagem de colisões traseiras e a percentagem de colisões frontais são muito mais baixas do que nas estradas NM_RISM. É também interessante verificar que as colisões laterais fatais são menos frequentes em estradas secundárias nos Países Baixos e que, em Portugal, os atropelamentos de peões são mais frequentes em estradas secundárias.

Também é possível detetar diferenças na importância relativa da associação de acidentes com elementos de projeto. Como se mostra na *Figura 7*, na Chéquia, as estradas NM_RISM são mais propensas a ter acidentes em secções retas, especialmente despistes e colisões frontais, provavelmente devido a perda de controlo e velocidade excessiva, enquanto as estradas secundárias são mais propensas a ter acidentes em curvas em planta ou nas transições adjacentes para secção em reta.

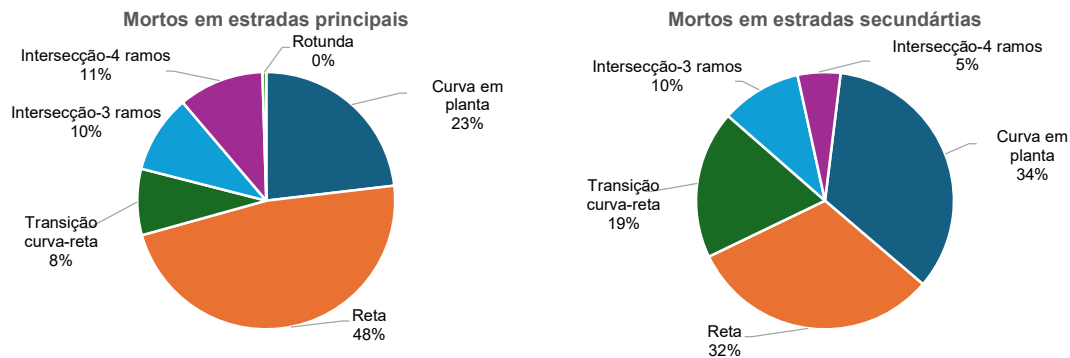


Figura 7: Distribuição das vítimas mortais por tipo de elemento da diretriz na Chéquia (2017-2022).

4.3 Síntese

Em resumo, os dados de acidentes evidenciam que os despistes são o tipo de acidente mais comum tanto na rede rodoviária NM_RISM como na rede rodoviária secundária. No entanto, existem algumas diferenças entre o fenómeno da ocorrência de acidentes na NM_RISM e nas estradas secundárias, o que permite inferir que é necessário adaptar as intervenções de segurança rodoviária eficazes especificamente para esta última categoria de estradas. Os dados mostram também que os acidentes e vítimas resultantes de ocorrências em estradas secundárias, e em particular os acidentes mortais, são um dos principais contribuintes para a dimensão da sinistralidade ao nível de cada EM, concluindo-se que estas estradas também necessitam de gestão da infraestrutura de segurança rodoviária, apesar de, eventualmente, a pormenorização desta poder vir a ser diferente da aplicada nas estradas principais (RISM).

5. Intervenções de segurança eficazes durante o ciclo de vida da estrada

Existem diversas intervenções de segurança eficazes suscetíveis de serem aplicadas nas várias fases do ciclo de vida da estrada: planeamento, conceção, construção e operação. Evidentemente, estas intervenções têm de estar em conformidade com os princípios da abordagem pelo Sistema Seguro – apoiar um comportamento seguro de todos os utentes rodoviários, evitar a exposição a forças acima da tolerância do corpo humano e combinar várias camadas de proteção (ITF, 2016; ITF, 2023). Os princípios de conceção do Sistema Seguro são aplicáveis a todas as estradas. No entanto, a sua utilização tem de ser adaptada especificamente a cada categoria de estrada, o que é especialmente importante no caso das estradas secundárias devido à sua não conformidade geral com uma gama limitada de características e aos volumes de tráfego normalmente baixos que nelas circulam. Devido a este último aspeto, a prática mais eficiente nas estradas secundárias pode diferir da geralmente adotada nas estradas principais (NM_RISM) e nas autoestradas. A ordenação das prioridades para a conceção de novas estradas secundárias ou a adaptação de partes da rede existente é importante e dependerá dos custos e benefícios, bem como de características como a conformidade dos limites de velocidade com a prática de velocidades seguras, a separação dos sentidos de circulação, a combinação de utentes rodoviários permitidos, o tipo de controlo de acessos a partir dos terrenos marginais e o uso do solo.

5.1 Estradas autoexplicativas e área adjacente à faixa de rodagem tolerante

De um modo geral, a configuração da envolvente rodoviária (o projeto do traçado da estrada e as características da separação dos sentidos de tráfego e da área adjacente à faixa de rodagem) deve ser definida de modo a facilitar a perceção correta da velocidade adequada, pelos condutores e outros utentes rodoviários, através da aplicação de estradas autoexplicativas, áreas adjacentes à faixa de rodagem tolerantes e dos conceitos de velocidade segura e de limites de velocidade credíveis.

O conceito de “estradas autoexplicativas” envolve a conceção de um sistema rodoviário em que as expectativas dos utentes criadas por cada envolvente rodoviária estão implicitamente em conformidade com o comportamento seguro e adequado para a estrada. Para este efeito, as diferentes classes (funcionais) de estradas devem ser distintas em termos de características e de projeto; ao passo que devem existir características homogéneas em todas as estradas de uma classe e a ela específicas (Theeuwes & Godthelp, 1995; Aarts & Davidse, 2007). A seleção sistemática de larguras de faixa de rodagem e de bermas distintas, do tipo de pavimentação das bermas, do tipo de cruzamento (por exemplo, desnivelado ou em rotunda) e a aplicação de cores homogéneas na sinalização informativa e de marcas rodoviárias específicas para cada classe de estrada, são elementos frequentemente escolhidos para promover o reconhecimento quase automático de uma categoria de estrada e a adoção da velocidade adequada em cada estrada (ver, por exemplo, Cardoso, 2010). Nos atravessamentos de localidade, questões como o uso do solo, os transportes públicos, a acalmia de tráfego em toda a área e as zonas de transição são aspetos fundamentais a considerar (Greibe et al., 1999). A homogeneidade de traçado é um aspeto intrínseco às estradas autoexplicativas, exceto nas

transições entre diferentes categorias de estradas, onde as discontinuidades de traçado (por exemplo, sob a forma de portões ou rotundas) são usadas para alertar os condutores para as mudanças necessárias no comportamento de condução.

As estradas autoexplicativas podem ser concebidas para impedir a escolha de comportamentos indesejáveis dos utentes rodoviários (como velocidades de circulação não conformes aos limites pretendidos), caso em que são por vezes designadas por “estradas autofiscalizadas”.

Por “área adjacente à faixa de rodagem tolerante” entende-se que a envolvente da estrada (e o separador central, nas estradas de dupla faixa de rodagem) não contém elementos perigosos (como árvores, postes e taludes íngremes) que possam ferir gravemente ou matar os utentes rodoviários no caso de os veículos se despistarem e virem a ter trajetórias não planeadas fora da faixa de rodagem (ETSC, 1998; SWOV, 2002). Este conceito pode ser alargado a toda a estrada, caso em que as características da estrada incitam os utentes a um comportamento não perigoso, por exemplo através de velocidades baixas nos cruzamentos (por exemplo, nas rotundas) ou nas zonas de conflitos entre veículos motorizados e utentes vulneráveis (por exemplo, acalmia de tráfego em atravessamentos de localidades).

5.2 Velocidades seguras

O conceito de velocidade segura é um aspeto importante da abordagem do Sistema Seguro e está diretamente relacionado com a tolerância biomecânica dos seres humanos às lesões prevalentes em acidentes típicos em interações de tráfego prováveis. Estas tolerâncias dependem do órgão humano afetado e da direção, intensidade e duração das forças de impacto, que estão relacionadas com a alteração da velocidade ou com a aceleração, com as direções principais de impacto e com o tipo de veículo e de objeto envolvidos. Os critérios típicos para a definição de velocidades seguras correspondem à velocidade de impacto em que a probabilidade de morte é inferior a 10 %; em alternativa, pode ser utilizado o ponto nas curvas de risco de morte em que este se altera de pouco acentuado para acentuado (OCDE, 2006; Aarts et al., 2010; SWOV, 2018). Este conceito deve ser considerado aquando da integração dos modos de tráfego e explica a necessidade de segregar os utentes vulneráveis do tráfego motorizado a velocidades superiores a 30 km/h. Também fornece base para considerar a tolerância à velocidade em colisões laterais para estradas com densidade média a alta de acessos a quintas e terrenos adjacentes à estrada, e em intersecções. Os dados neerlandeses mostram os benefícios da adoção progressiva de rotundas, no que diz respeito a colisões laterais e frontais graves (SWOV, 2022).

5.3 Seleção e ordenação de intervenções pertinentes

Genericamente, existem diversas fontes bibliográficas úteis para selecionar intervenções eficazes de engenharia de segurança rodoviária, como o *The Handbook of Road Safety Measures* (Elvik et al., 2009), o *Road Safety Decision Support System* do projeto SafetyCube da UE (Martensen et al., 2019), o *Crash Modification Factors CMF Clearinghouse* da FHWA (2023), os *Safer Roads Investment Plans* do iRAP (2023) e o *Road Safety Manual* da Associação Mundial da Estrada – PIARC (2015). No entanto, devido aos baixos volumes de tráfego nas estradas secundárias e à variação não linear das frequências

de acidentes com os volumes de tráfego, recomenda-se cautela quando a análise de custo-benefício é usada para apoiar decisões de ordenação de prioridades (Roque e Cardoso, 2014).

Os benefícios da correção das falhas de homogeneidade de traçado em estradas interurbanas já foram bem demonstrados (por exemplo, Cardoso, 2005; e Ambros & Valentová, 2016). Estas falhas podem ser identificadas utilizando dados de acidentes (Elvik et al., 2009) ou métodos *a priori* de última geração, tais como índices geométricos rodoviários (Andrášik & Bíl, 2016), carga de trabalho de condução, perfis de velocidade não impedida e variação da velocidade necessária na aproximação a curvas em planta (Cardoso, 2001), ou dados de veículos flutuantes (Ambros et al., 2022). Em caso de alinhamento horizontal homogêneo, os dados do veículo flutuante mostram que as diferenças na velocidade de condução dos condutores são pequenas (Ambros et al., 2017, Ambros & Valentová, 2016).

A segregação dos utentes vulneráveis relativamente ao tráfego motorizado, a afixação de limites de velocidade seguros e creíveis e a disponibilização de áreas adjacentes à faixa de rodagem tolerantes são aspetos importantes para melhorar a segurança rodoviária das estradas interurbanas secundárias. A prioridade na ordenação das intervenções adequadas depende dos volumes de tráfego e das velocidades de tráfego prevaletentes. No que diz respeito à separação dos sentidos de circulação, deve ser procurado o equilíbrio entre o investimento para a instalação de dispositivos físicos (por exemplo, um separador, uma barreira de segurança ou uma linha axial contínua dupla) e os custos, face aos volumes de tráfego esperados resultantes da redução para um limite de velocidade seguro. Isto dependerá da dimensão dos volumes de tráfego esperados e da duração média do trajeto. Por exemplo, baixar o limite de 90 km/h para 70 km/h pode resultar num aumento de 5 minutos (em 20) no tempo de viagem necessário para um trajeto de 30 km, ponto a ponto. A experiência de Flandres (Bélgica) mostrou que a redução do limite de velocidade em estradas interurbanas de faixa de rodagem única (com uma extensão de 116 km) de 90 km/h para 70 km/h foi acompanhada por uma redução de 33% nos acidentes com feridos graves e mortais (De Pauw et al., 2014). Em França, na sequência da redução do limite de velocidade para os veículos motorizados em estradas de faixa de rodagem única de 90 km/h para 80 km/h, a velocidade média diminuiu 3,1 km/h (para 83,3 km/h) e constatou-se uma redução de 12% no número de vítimas mortais (menos 389 em 3238 vítimas mortais). Mais de 400 000 km de estradas rurais foram afetados por esta intervenção (CEREMA, 2020). A experiência de Portugal mostra que a redução do limite de velocidade deve ser apoiada por outras medidas incidindo nas infraestruturas, na fiscalização e nas campanhas de informação, para uma maior eficácia (Cardoso, 2011).

A experiência checa mostra que as marcas rodoviárias podem ser utilizadas para influenciar a trajetória dos veículos e a escolha da velocidade. As velocidades diminuíram após a aplicação de linhas de guia e axial; relativamente às posições laterais, as linhas de guia estiveram associadas a trajetórias de circulação mais próximas do centro da estrada e as linhas axiais estiveram associadas à deslocação das trajetórias de circulação para as bermas da estrada (Havránek et al., 2020). Num relatório do ETSC são descritos exemplos de marcas rodoviárias para motociclos e outras intervenções de segurança em estradas rurais decorrentes dos princípios do Sistema Seguro e vocacionadas para os veículos de duas rodas com motor (Carson et al., 2024)

5.4 Prevenção de lesões resultantes de despistes

A prevenção de lesões graves e fatais resultantes de despistes em estradas secundárias é importante, como é evidenciado pela *Figura 5*. Isto implica a referência ao conceito de área adjacente à faixa de rodagem tolerante: um ambiente na berma da estrada que não contenha elementos perigosos (tais como árvores de grande porte, postes ou taludes íngremes) que possam ferir gravemente ou matar os utentes rodoviários se os seus veículos saírem inadvertidamente da faixa de rodagem (ETSC, 1998). A análise dos dados de vítimas mortais mostra que os obstáculos na área adjacente à faixa de rodagem e a falta de zonas livres de obstáculos são aspetos perigosos (especialmente em caso de despistes em curva). Devido aos baixos volumes de tráfego e a restrições de espaço, não é prático preconizar a criação generalizada de zonas livres de obstáculos compatíveis com a velocidade de circulação. Quando não for possível remover os obstáculos perigosos ou afastá-los da faixa de rodagem, os utentes dos veículos devem ser protegidos por barreiras de segurança conformes com a norma CEN/EN 1317. No entanto, deve reconhecer-se que estas barreiras são um fator significativamente correlacionado com lesões graves e fatais de condutores de veículos de duas rodas motorizados (PTW), conforme demonstrado por dados portugueses (Ananou-Johansson et al., 2024), embora em Portugal estas barreiras estejam, na sua maioria, equipadas com dispositivos de proteção para motociclistas. Garantir a regularidade adequada da superfície do pavimento e a resistência à derrapagem em locais críticos (por exemplo, curvas, rotundas e cruzamentos) é também um fator importante nos níveis de segurança dos motociclos e ciclomotores.

De um modo geral, é possível obter orientações para a prevenção de acidentes que envolvam a saída da faixa de rodagem (despistes e um tipo de colisões frontais) no projeto financiado pelo CEDR sob a designação PROGRess, no qual foi desenvolvida uma ferramenta para os gestores de infraestrutura autoavaliarem as suas políticas de conceção e gestão da área adjacente à faixa de rodagem (ver *Roadside risk assessment tool* em <https://cedrprogress.eu/>). Da mesma forma, esta ferramenta permite obter informações sobre questões relacionadas com as práticas correntes de projeto da área adjacente à faixa de rodagem. O estudo também fornece recomendações para melhorar a qualidade da segurança na área adjacente à faixa de rodagem nas fases de projeto, operação e conservação da estrada, aumentando assim a eficácia da gestão da segurança da infraestrutura rodoviária (Weber et al., 2019).

5.5 Problemas remanescentes

Há uma série de questões pendentes que precisam de ser resolvidas.

Em primeiro lugar, deve procurar-se realizar a avaliação custo-benefício da introdução de “postes tolerantes com elevada absorção de energia” (conformes com a norma CEN EN 12767); igualmente, as barreiras de segurança, os terminais e as transições não normalizados devem ser substituídos, progressivamente, por sistemas de retenção conformes com a norma CEN EN 1317.

Além disso, as restrições de espaço e a qualidade dos percursos de desvio (devido à escassez de estradas alternativas) colocam problemas de segurança especiais às obras de conservação e remodelação, bem como à acessibilidade dos serviços de emergência e à gestão de incidentes. É necessária uma abordagem a longo prazo para melhoramento gradual e persistente das estradas

secundárias, devido à extensão suscetível de melhoria das respetivas redes, à diversidade das características das estradas envolvidas e ao número de documentos normativos de projeto a harmonizar e atualizar.

De um modo geral, as ferramentas de RISM também são aplicáveis ao projeto e à remodelação de estradas secundárias (avaliação do impacto na segurança rodoviária e auditorias de segurança rodoviária), bem como às redes existentes (avaliação da segurança da rede e inspeções de segurança rodoviária). No entanto, são necessárias adaptações, devido ao baixo tráfego, ao inventário grosseiro das características das estradas e à baixa disponibilidade orçamental. As avaliações da segurança rodoviária à escala da rede devem ser feitas em toda a rede de estradas secundárias, sendo a abordagem reativa especialmente adequada para definir prioridades de intervenção. Na forma mais simples, podem ser utilizadas taxas ou densidades de acidentes por trecho de estrada; quando viável, também podem ser utilizadas outras abordagens estatísticas mais sofisticadas, como os modelos de estimativa frequência de acidentes (Bil et al., 2013; Schermers et al., 2011). No caso dos cruzamentos, pode ser utilizada o método empírico de Bayes, sendo os trechos e cruzamentos de maior perigo (por exemplo, 20% dos avaliados mais negativamente) alvo de inspeções de segurança rodoviária. Para melhorar a relação custo eficácia, as decisões podem ser apoiadas por análises de custo-benefício e modelos estatísticos, como, por exemplo, no caso das intervenções na segurança da área adjacente à faixa de rodagem (Roque e Cardoso, 2015).

6. Repercussões dos sistemas de transportes inteligentes – ITS

Há a expectativa generalizada de que os ITS e a condução conectada e automatizada (CAD) têm potencial para melhorar a segurança rodoviária, reduzindo os erros dos condutores, que estão associados a uma grande parte dos acidentes (Singh, 2015), e divulgando rapidamente aos outros utentes rodoviários informações de origem coletiva sobre os perigos críticos e as condições da estrada (Eriksson et al., 2014). É claro que, a prazo, isto também poderá afetar a segurança das estradas secundárias, embora os desenvolvimentos em curso incidam ainda sobretudo na rede rodoviária principal.

A FERSI (2018) resumiu os aspetos gerais que merecem ser convenientemente abordados para que a CAD e os ITS contribuam para melhorar significativamente a segurança rodoviária nas estradas europeias. Estes incluem as condições para garantir os contributos positivos mais prováveis para a segurança, o reconhecimento de que alguns problemas não serão provavelmente resolvidos, a identificação de novos problemas que poderão surgir, bem como a aquisição de conhecimento sobre a forma como os ensaios e a certificação podem ajudar a identificar as melhores práticas de ITS e a regulamentar a aplicação das mesmas.

Os níveis de automação continuada (de 0 a 5) e o domínio operacional de projeto (ODD) são aspetos fundamentais e interligados nos sistemas de automação da tarefa de condução de veículos motorizados em estrada (SAE, 2018). O ODD corresponde às condições de funcionamento para as quais um determinado sistema ou característica de automação da condução foi especificamente concebido. O ODD inclui aspetos como as condições ambientais e de envolvente, os condicionalismos geográficos, as restrições de horário, a presença ou ausência de características específicas do tráfego ou da estrada e outras condições necessárias para que o automatismo possa assumir o controlo de um veículo no nível de automação atribuído.

Os atuais sistemas de automação, como o *Adaptive Cruise Control* (ACC) e o *Lane Keeping Assist* (LKA) – individualmente (automação de nível 1) ou em combinação (automação de nível 2) – já permitem reduzir consideravelmente a carga de trabalho do condutor. Há indicações de que estes sistemas podem contribuir para maior segurança de operação, através do aumento da distância entre veículos e de menor frequência de manobras bruscas (Kessler et al., 2012); há também indicações de alguns condutores poderem tornar-se complacentes quando utilizam estes sistemas e dedicar-se a atividades secundárias, prestando menos atenção à tarefa de condução do que numa condução totalmente manual, ou não reagir adequadamente quando os limites do sistema são atingidos (Banks et al., 2018; Endsley, 2017; Morando et al., 2020; Hu et al., 2022). Acresce que estes sistemas ainda têm limitações técnicas: os atuais sistemas de apoio à manutenção na via de tráfego (LKA) têm dificuldade em manter a posição na via de tráfego em curvas de pequeno raio (Reagan et al., 2018) e o ACC pode não detetar um veículo precedente na mesma via de tráfego ou detetar erradamente um veículo numa via de tráfego adjacente (Miyata et al., 2010). Próximo dos limites do sistema de apoio (até ao nível 2), os condutores podem não conseguir controlar o seu veículo como pretendiam (Wiggerich, 2021). Estudos demonstraram também que os condutores tendem a desativar os sistemas que geram uma

elevada taxa de avisos para situações falsamente perigosas, especialmente em estradas com vias de tráfego de pequena largura (Alkim et al., 2004; Schermers et al., 2005; Reagan et al., 2018). Atualmente, as decisões relativas à ativação dos principais sistemas de automação recaem sobre os condutores, que devem estudar e compreender estes sistemas com base na descrição dos correspondentes ODD nos manuais de utilização dos veículos. Os condutores devem então avaliar se as condições prevalentes correspondem às descrições que lhes são fornecidas e manter a consciência situacional (*situational awareness*) necessária para responder atempadamente quando os limites do sistema estiverem próximo de ser alcançados ou forem mesmo atingidos.

Sabe-se que a retoma do controlo de um veículo é mais eficaz quando o ritmo da transferência do comando é definido pelo próprio condutor (Eriksson & Stanton, 2017). Assim, é importante que os condutores saibam, na fase de navegação de uma viagem, que tipo de ITS estará provavelmente disponível num determinado itinerário; e que, uma vez na estrada, sejam informados (por exemplo, através de avisos oportunos em tempo real) se é provável que as condições prevalentes no sistema de tráfego estejam dentro do âmbito do domínio operacional de projeto (ODD) do ADAS dos seus veículos. Seria igualmente útil que o sistema do veículo dispusesse de informações sobre a probabilidade e a frequência da ausência das condições exigidas para o seu ODD.

Tal como os veículos, os elementos da infraestrutura rodoviária (por exemplo, trechos de plena via e intersecções) podem ser categorizados de acordo com as suas capacidades de apoio e orientação de CAD, dependendo do tipo de informação digital disponível para os veículos automatizados. Num projeto de investigação da EU (Inframix) foi proposto um modelo para essa categorização, compreendendo cinco níveis de “apoio à infraestrutura para a condução automatizada” (ISAD – *Infrastructure Support for Automated Driving*) (CEN/TR 17828:2022). No nível mais elevado de apoio (Nível A), a infraestrutura pode fornecer aos veículos cartografia digital (por exemplo, prescrições e informações sobre sinalização estática), sinalização com mensagem variável (por exemplo, avisos sobre incidentes e condições meteorológicas anormais), características microscópicas da situação do tráfego em tempo real, bem como informação de orientação em tempo real (por exemplo, conselhos sobre velocidade e via de tráfego recomendáveis) que permitam otimizar o fluxo global de tráfego. Os dois níveis seguintes correspondem às capacidades da infraestrutura para apoiar digitalmente os sistemas de condução automatizados, fornecendo informações completas em tempo real sobre as situações microscópicas do tráfego (Nível B) ou apenas informações sobre as suas características estáticas e dinâmicas, como sinais verticais, painéis de mensagem variável (VMS) e sinais luminosos (Nível C). Os dois níveis inferiores correspondem à infraestrutura rodoviária convencional, com mapeamento digital apenas de sinais verticais e regras estáticas (Nível D) ou sem qualquer informação digital (Nível E).

É pouco provável que as entidades gestoras de estradas interurbanas secundárias venham a instalar elementos significativos de infraestruturas digitais num futuro próximo. Se o fizerem, será muito provavelmente mediante elementos dos níveis E e D. Este último nível é compatível com o ISA e já permite alertar os condutores para os limites de velocidade em trechos críticos, como as curvas horizontais (Doulabi et al., 2024). É necessário apoiar o condutor nas decisões de segurança relativas à confiança nos sistemas de automação durante a condução em estradas secundárias, bem como

disponibilizar formas de ajudar os condutores a manterem-se concentrados na tarefa de condução nestas estradas, para que possam retomar o controlo com êxito quando os limites operacionais da automação forem atingidos (Reagan et al., 2019). Genericamente, o condutor precisa de ter assegurada uma comunicação adaptada quer à sua função quer à situação de tráfego momentâneas, uma vez que os condutores precisam de compreender claramente o seu papel quando utilizam uma função de condução assistida ou automatizada (BAST, 2024). Garantir níveis adequados de qualidade da superfície do pavimento e da envolvente rodoviária, bem como a manutenção dos sinais de trânsito e das marcações rodoviárias (sobretudo das características ópticas), continuará a ser um desafio para as entidades gestoras de estradas secundárias.

7. Áreas de investigação promissoras

As várias particularidades da segurança rodoviária da atual rede de estradas secundárias analisadas neste documento suscitam uma série de áreas de investigação que podem contribuir para melhorar o seu nível de segurança.

As tecnologias C-ITS e a aplicação da política de descarbonização do transporte rodoviário são os principais impulsionadores de dois desafios de segurança rodoviários emergentes para as entidades gestoras de estradas secundárias: a crescente penetração no mercado dos sistemas avançados de assistência ao condutor (ADAS) e de níveis intermédios de automatização; e o aumento dos volumes de tráfego de utentes vulneráveis nos períodos de primavera e verão, quando os volumes de tráfego motorizado são também mais elevados. Em muitos casos, o bom funcionamento destes sistemas depende de características essenciais da infraestrutura rodoviária e da sua envolvente.

O planeamento passado e atual, bem como as restrições de espaço, são obstáculos à concretização da generalização da segregação do tráfego de velocípedes. Os métodos de ordenação de prioridades das intervenções que segregam estes veículos ou atenuam o seu risco (velocidades mais baixas) têm de ser devidamente ajustados para satisfazer as características locais, as condições de funcionamento (tais como, volumes de tráfego, velocidades, etc.) e as necessidades do gestor da infraestrutura rodoviária local (e respetivos sistemas de gestão de ativos). Também é necessário melhorar os métodos de difusão eficaz de informação aos utentes rodoviários sobre as condições prevalentes, a fim de os sensibilizar e incentivar a adotar comportamentos adequados.

Os motociclos têm necessidades especiais no que se refere à homogeneidade de traçado, resistência à derrapagem (por exemplo, marcas rodoviárias) e barreiras de segurança. Em Portugal, a conformidade com a atual norma técnica EN1317 sobre sistemas que reduzem a gravidade do impacto das colisões de motociclistas não impediu que as barreiras de segurança sejam um fator com impacto negativo na gravidade dos acidentes envolvendo motociclos (Ananou-Johansson et al., 2024).

A médio prazo, as redes rodoviárias secundárias continuarão a ser, na sua maioria, uma infraestrutura convencional, não atingindo níveis de ISAD superiores ao Nível D na maior parte da extensão das estradas. No entanto, as entidades gestoras de estradas secundárias podem beneficiar do progresso na integração de fontes de dados de nova geração para avaliações do estado das estradas e do funcionamento do tráfego nos seus procedimentos de conservação e de gestão da segurança. A atualização convencional dos dados continuará a basear-se em inspeções visuais de baixa frequência e em levantamentos de estado através de veículos instrumentados especializados. No entanto, estão disponíveis dados dos utentes rodoviários (ou seja, dos seus veículos e dos seus *smartphones*) com elevada frequência de atualização, que devem ser explorados para utilizações adicionais. Além disso, as frotas de veículos das entidades gestoras rodoviárias podem ser equipadas com sensores de baixo custo capazes de recolher dados da estrada e da área adjacente à faixa de rodagem. Ferramentas adequadas de análise e visualização de dados permitem apoiar o desenvolvimento e a normalização de indicadores de desempenho inovadores e novos para a segurança a conservação rodoviárias. A partilha destes indicadores com as entidades gestoras rodoviárias locais através do Ponto de Acesso Nacional dos Estados-Membros (criado ao abrigo da Diretiva 2010/40/UE relativa aos ITS) permite a

sua utilização combinada com as atuais especificações técnicas convencionais na avaliação técnica dos ativos e no lançamento de concursos para adjudicação de obras rodoviárias.

Para além de apoiar a gestão da segurança rodoviária baseada em dados e fundamentada em provas pelas entidades gestoras de estradas secundárias, estes dados obtidos através de *crowdsourcing* permitem mapear a probabilidade de disponibilidade de ADAS e fornecer aos utentes rodoviários expectativas adequadas relativamente à possibilidade de os usar em itinerários alternativos, contribuindo para melhorar o desempenho e a utilização dos ADAS nas estradas secundárias.

8. Conclusões e possíveis etapas subsequentes

A Diretiva sobre RISM está a contribuir significativamente para melhorar a gestão da segurança rodoviária na rede rodoviária principal da Europa. Embora isso possa ajudar ao cumprimento dos ambiciosos objetivos de segurança rodoviária estabelecidos pela Comissão Europeia, é discutível que esses objetivos possam ser efetivamente atingidos, dada a importância da sinistralidade nas estradas secundárias rurais e nos arruamentos urbanos. Com base no desempenho da segurança rodoviária em três Estados-Membros aleatórios, neste documento demonstra-se que os acidentes mortais e com feridos graves nas estradas rurais secundárias também são um problema importante. Igualmente se verificou que as redes rodoviárias secundárias estão mal equipadas para lidar com as futuras exigências tecnológicas do sector automóvel. Estas estradas precisam de atenção e, no mínimo, devem ser tomadas medidas para garantir que, progressivamente, também cumpram os princípios do Sistema Seguro e que sejam conformadas aos requisitos da velocidade segura.

Recomenda-se o desenvolvimento de sistemas informativos que indiquem quais as estradas que suportam ADAS e as tecnologias conexas, e que a utilização de tais tecnologias se restrinja às estradas que as podem acomodar. Além disso, deve ser considerada a possibilidade de desenvolver orientações, estratégias e planos de investimento para resolver os problemas que impedem as autoridades rodoviárias de mitigar convenientemente a sinistralidade nas estradas secundárias. Um primeiro passo nesta direção será avaliar a dimensão exata do problema na Europa e desenvolver e concretizar um plano de ação para a aplicação das intervenções corretivas da infraestrutura rodoviária secundária mais eficazes. Simultaneamente, são necessárias orientações para ajudar os gestores rodoviários a tirar partido dos novos desenvolvimentos e melhorar as normas de conceção, as inspeções de segurança rodoviária, a conservação e a gestão da segurança rodoviária nestas estradas. Estas orientações devem também incluir alguma forma de avaliação destinada a indicar o estado de preparação para o C-ITS das estradas secundárias.

Bibliografia

Aarts, L.; Davidse, R. (2007). Recognizability of rural roads in the Netherlands. In: ETC 2007 Congress. Volume 38, 17-19 October 2007, Noordwijk, Netherlands.

Aarts, L.; Pumberger, A.; Lawton, B.; Charman, S.; Wijnen, W. (2011). ERASER-Evaluation to Realise a common Approach to Self-explaining European Roads. Deliverable Nr 3&4 – Road Authority Pilot and Feasibility study. SWOV, Netherlands.

Aarts, L.; van Nes, N.; Donkers, E.; van der Heijden, D. (2010). Towards safe speeds and credible speed limits. In 4th International Symposium on Highway Geometric Design Proceedings. Transportation Research Board, Valencia, Spain.

Alkim, T.; Hoog, A. de; Korse, M.J.; Radewalt, N.M.D.; Schermers, G. (2004). On track!? Results of the trial with the Lane Departure Warning Assistant system. Ministry of Transport, Public Works and Water Management. AVV Transport Research Centre, Netherlands.

Ambros, J.; Usami, D.S.; Valentová, V. (2023). Developing speed-related safety performance indicators from floating car data. IET Intell. Transp. Syst. 17, 557–565. <https://doi.org/10.1049/itr2.12281>

Ambros, J.; Valentová, V. (2016). Identification of Road Horizontal Alignment Inconsistencies – A Pilot Study from the Czech Republic. The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering, vol. 11, no. 1, p. 62-69. ISSN 1822-427X.

Ambros, J.; Valentová, V.; Gogolín, O.; Andrášik, R.; Kubeček, J.; Bíl, M. (2017). Improving the Self-Explaining Performance of Czech National Roads. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, no. 2635, p. 62-70.

Ananou-Johansson, E.; Roque, C.; Cardoso, J.L. (2024). Estimating the effect of roadside features on crash severity of powered two-wheeler single vehicle crashes in Portugal. 2nd TRB International Conference on Roadside Safety, Orlando, USA.

Andrášik, R.; Bíl, M., 2016. Efficient Road Geometry Identification from Digital Vector Data. Journal of Geographical Systems 18(3), 249–264.

Andrášik, R.; Bíl, M., 2022. Calculation of relative accident rates and determination of limits based on quantiles. Centrum Dopravního Výzkumu, v.v.i., Brno, 2022.

Armoogum J.; Garcia, C.; Gopal, Y.; Borgato, S.; Fiorello, D.; Maffii, S.; Mars, K.J.; Tanja Popovska, T.; Schlemmer, L.; Gayda, S.; Bogaert, M.; Vincent, V. (2022). Study on New Mobility Patterns in European Cities Task A: EU Wide Passenger Mobility Survey Executive Summary. Publications Office of the European Union, 2022, ISBN [978-92-76-55029-7] doi: [10.2832/36900].

Banks, V. A.; Eriksson, A.; O'Donoghue, J.; Stanton, N. A. (2018). Is partially automated driving a bad idea? Observations from an on-road study. Applied Ergonomics, 68, 138–145. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.11.010> .

BAST https://www.bast.de/EN/Automotive_Engineering/Subjects/f4-user-communication.html, accessed in 2024-04-29.

Bíl, M., Andrášik, R., Janoška, Z. (2013). Identification of Hazardous Road Locations of Traffic Accidents by means of Kernel Density Estimation and Cluster Significance Evaluation. *Accident Analysis and Prevention* 55, 265–273.

Bíl, M.; Andrášik, R.; Sedoník, J.; Cícha, V. (2018). ROCA – An ArcGIS toolbox for road alignment identification and horizontal curve radii computation. *PLoS ONE* 13(12): e0208407. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208407>.

Cardoso, J.L. (2001). Detection and low-cost engineering improvement of inconsistent horizontal curves in rural roads. 12th Conference Road Safety on Three Continents”, FERSI/VTI/TRB, Moscow, Russia.

Cardoso, J.L. (2005). Safety Assessment for Design and Redesign of Horizontal Curves. TRB’s 3rd International Symposium on Highway Geometric Design, Boston, USA.

Cardoso, J.L. (2010). *Recomendações para Definição e Sinalização de Limites de Velocidade. Prevenção Rodoviária Portuguesa*, Lisboa. ISBN 978-972-98080-4-3.

Cardoso, J.L. (2012). 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).

CARE Glossary (2012). EU’s Directorate-General for Mobility and Transport.

Carson, J; Jost, G; Meiner, M (2024). Reducing road deaths on rural roads. PIN Flash Report 46. European Transport Safety Council (ETSC), Brussels, Belgium. <https://etsc.eu/reducing-road-deaths-on-rural-roads-pin-flash-46/>

CEDR (2021). Position Paper on Road Safety. Conference of European Directors of Roads.

CEN (2022). CEN/TR 17828:2022 Road infrastructure - Automated vehicle interactions – Reference Framework Release 1. Comité Européen de Normalisation.

Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) (2024). Lengte van wegen; wegkenmerken, regio. CBS, (<https://www.cbs.nl/nl-nl/cijfers/detail/70806ned>).

CEREMA (2020) Abaissement de la vitesse maximale autorisée à 80 km/h. Rapport final d’évaluation. CEREMA, France.

De Pauw, E.; Daniels, S.; Thierie, M.; Brijs, T. (2014). Safety effects of reducing the speed limit from 90 km/h to 70 km/h. *Accid Anal Prev.* v.62:426-431. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2013.05.003>.

Doulabi, S.; *, Kunnah, H.M.A.; Hassan, H.M. (2024). Improving road safety at horizontal curves using V2I speed warning messages. *Journal of Safety Research* 88 (2024) 68–77. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.10.009> .

Elvik, R.; Høy, A.; Vaa, T.; Sørensen, M. (2009). *The Handbook of Road Safety Measures*. Second Edition. Elsevier Science, Oxford.

Endsley, M.R. (2017). Autonomous driving systems: A preliminary naturalistic study of the Tesla Model S. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 11(3), 225–238. <https://doi.org/10.1177/1555343417695197>

Eriksson, A.; Lindström, A.; Seward, A.; Seward, A.; Kircher, K. (2014). Can user-paced, menu-free spoken language interfaces improve dual task handling while driving? *Human-Computer Interaction. Advanced Interaction Modalities and Techniques*, 394-405.

Eriksson, A.; Stanton, N.A. (2017). Driving performance after self-regulated control transitions in highly automated vehicles. *Human Factors*, 59(8), pp 1233-1248.

ETSC (1998). *Forgiving roadsides*. Brussels, Belgium.

European Court of Auditors (2020). *The EU core road network: shorter travel times but network not yet fully functional*.

EUROSTAT Homepage, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/transport/data/database> accessed 2023/09/09.

FERSI (2018). *Safety through automation? Ensuring that automated and connected driving contribute to a safer transportation system*. Forum of European Road Safety Research Institutes (FERSI). <https://fersi.org/wp-content/uploads/2019/02/180202-Safety-through-automation-final.pdf>

FHWA (2023). *CMF Clearinghouse*. <https://www.cmfclearinghouse.org/> , last accessed 2023/09/09.

Gebhard, S.E; Wijnhuizen, G.J. & Dijkstra, A. (2022). *Verkeersveiligheidseffecten van '1e-tranchemaatregelen': Schatting slachtoffer- en kostenbesparing als gevolg van eerste deel investeringsimpuls infrastructuur*. SWOV report R-2022-12, SWOV, the Hague.

Greibe, P.; Nilsson, P.K.; Herrstedt, L. (1999). *Speed management in urban areas. A framework for the planning and evaluation process*. DUMAS WP 5 Report. Danish Road Directorate, Report 168. Copenhagen, Denmark.

Havránek, P.; Zůvala, R.; Špaňhel, J.; Herout, A.; Valentová, V.; Ambros, J. (2020). How does road marking in horizontal curves influence driving behaviour? *Eur. Transp. Res. Rev.* 12, 33 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12544-020-00425-7>

Hu, W.; Cicchino, J.B.; Reagan, I.J.; Monfort, S.S.; Gershon, P.; Mehler, B.; Reimer, B. (2022). Use of Level 1 and 2 driving automation on horizontal curves on interstates and freeways. *Transportation Research Part F: Psychology and Behaviour* 89 (2022) 64–71. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2022.06.008>

iRAP. Safer Roads Investment Plans. <https://irap.org/rap-tools/investment-planning/safer-roads-investment-plans/>, last accessed 2023/09/09.

IRF World Road Statistics, <https://irfnet.ch/data-statistics/> accessed 2024/02/21.

ITF (2016). Zero Road Deaths and Serious Injuries: Leading a Paradigm Shift to a Safe System, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789282108055-en>

ITF (2022). The Safe System Approach in Action, OECD Publishing, Paris. <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/safe-system-in-action.pdf>

Martensen, H.; Diependaele, K.; Daniels, S.; Van den Berghe, W.; Papadimitriou, E.; Yannis, G.; Van Schagen, I.; Weijermars, W.; Wijnen, W.; Filtner, A.; Talbot, R.; Thomas, P.; Machata, K.; Aigner Breuss, E.; Kaiser, S.; Hermitte, T.; Thomson, R.; Elvik, R. (2023). The European road safety decision support system on risks and measures. *Accid Anal Prev.* v.125:344-351. doi: 10.1016/j.aap.2018.08.005. Epub 2018 Aug 18. PMID: 30131100. (<https://www.roadsafety-dss.eu/#/> , acc. 2023/09/09.

Meijer, J.; Huijbregts, M.; Schotten, K.; Schipper, A. (2018). Global patterns of current and future road infrastructure. *Environ. Res. Lett.* 13 064006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aabd42>

Miyata, S., Nakagami, T., Kobayashi, S., Izumi, T., Naito, H., Yanou, A., Nakamura, H., & Takehara, S. (2010). Improvement of Adaptive Cruise Control performance. *EURASIP J. Adv. Signal Process.*, Article 295016. <https://doi.org/10.1155/2010/295016>

Morando, A.; Gershon, P.; Mehler, B.; Reimer, B. (2020). Driver-initiated Tesla Autopilot disengagements in naturalistic driving. *Proceedings of 12th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (AutomotiveUI '20)*. doi: 10.1145/3409120.3410644 .

OECD (2006). Speed management. Organisation for Economic Co-operation and Development Publishing, Paris.

Openstreetmap Main page, https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Highway:International_equivalence last accessed 2023/09/09.

PIARC (2015) Road Safety Manual. A guide for Practitioners. World Road Association.

Reagan, I.J.; Cicchino, J.B.; Kerfoot, L.B.; Weas, R.A. (2018). Crash avoidance and driver assistance technologies – Are they used? *Transportation Research Part F*, vol 52, pp176-190. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2017.11.015> .

Reagan, I.J.; Hu, W.; Cicchino, J.B.; Seppelt, B.; Fridman, L.; Glazer, M. (2019). Measuring adult drivers' use of level 1 and 2 driving automation by roadway functional class. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 2019 Annual Meeting*.

Roque, C., Cardoso, J.L. (2015). SAFESIDE: a computer-aided procedure for integrating benefits and costs in roadside safety intervention decision making. *Safety Science*, V74, pp195-205. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2015.01.001>

Roque, C.; Cardoso, J.L. (2014). Investigating the relationship between run-off-the-road crash frequency and traffic flow through different functional forms. *Accident Analysis & Prevention*, Vol.63, pp121-132. DOI: 10.1016/j.aap.2013.10.034.

SAE International. (2018). *Taxonomy and definitions for terms related to driving automation systems for on-road motor vehicles*. PA: Warrendale.

Schermers, G.; Cardoso, J.L.; Elvik, R.; Weller, G.; Dietze, M.; Reurings, M.; Azeredo, S.; Charman, S. (2011). RISMET-Project title: Road Infrastructure Safety Management Evaluation Tools. Deliverable Nr7 – Guidelines for the development and application of evaluation tools for road safety infrastructure management in the EU. SWOV, Netherlands.

Schermers, G.; Malone, K. M.; van Arem, B. (2005). Dutch evaluation of chauffeur assistant traffic flow effects on implementation in the heavy goods vehicle sector. In ITS (Ed.), *Proceedings 11th World Congress on ITS, "ITS for Liveable Society"*. Nagoya, Aichi, Japan, 18 - 24 Oktober 2004. ITS.

Schermers, G.; Petegem, J.W.H. van (2013). *Veiligheidseisen aan het dwarsprofiel van gebiedsontsluitingswegen met limiet 80 km/uur : Aanbevelingen voor de actualisatie van het Handboek Wegontwerp*. SWOV report D-2013-2, SWOV, Leidschendam.

Schermers, G.; Petegem, J.W.H. van (2015). Safety considerations for cross-sectional design of 80km/h rural roads in the Netherlands. *Proceedings of the 5th International Symposium on Highway Geometric Design*, 22-24 June 2015, Vancouver, Canada.

Singh, S. (2015). *Critical reasons for crashes investigated in the National Motor Vehicle Crash Causation Survey*. (DOT HS 812 115). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.

SWOV (2002). *Safety Standards for Road Design and Redesign – SAFESTAR Deliverable D 9.2 - FINAL REPORT*. Leidschendam, Netherlands.

SWOV (2018). *Sustainable Safety. 3rd edition – The advanced vision for 2018-2030*. SWOV Institute for Road Safety Research, Netherlands.

SWOV (2022). *Roundabouts and other intersections*. SWOV fact sheet, June 2022. SWOV, The Hague.

Theeuwes, J.; Godthelp, H. (1995). Self-explaining roads. *Safety Science*, 19, 217-225.

UE, National Access Points. https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/intelligent-transport-systems/road/action-plan-and-directive/national-access-points_en, last accessed 2023/09/09.

Weber, R.; Schermers, G.; Petegem, J.W.H. van; Cardoso, J.L.; Roque, C.; Connell, T.; Hall, G.; Erginbas, C. (2019). *Provision of Guidelines for Roadside Safety (PROGRess) – Roadside safety elements, state of the art report*. WP5 Quality management and final report. CEDR Call SAFETY.

Wiggerich, A. (2021). Expectation Mismatch Phenomenon: Why do drivers fail to react in System Limit Situations? Auto[nom]mobil, Würzburg.