

MEDIDAS DE REDUÇÃO DO RISCO DE ACIDENTES EM AUTOESTRADAS

O caso das zonas de transição entre ambientes
rodoviários

SAMUEL MALHEIRO PEREIRA

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM VIAS DE COMUNICAÇÃO

Orientador: Professora Doutora Sara Maria Pinho Ferreira

JUNHO DE 2021

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2020/2021

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2020/2021 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2021.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

À minha família e amigos,

O sofrimento é passageiro, desistir é para sempre.

Lance Armstrong

AGRADECIMENTOS

Não seria possível elaborar a presente dissertação sem a ajuda e apoio de alguns interveniente e entidades.

Em primeiro lugar agradeço à minha orientadora, Professora Doutora Sara Ferreira, por ter aceite me acompanhar neste trabalho e por toda a disponibilidade prestada ao longo destes últimos meses de pesquisa, bem como a transmissão de conhecimento passada. Agradeço também a toda a secção de Vias de Comunicação pela acessibilidade demonstrada e por me transmitirem um maior conhecimento na área. Uma palavra de agradecimento à Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, por estes 5 anos de formação profissional e me proporcionarem bases sólidas para enfrentar o mercado de trabalho no futuro.

À empresa ASCENDI, nomeadamente à equipa do Serviço de Segurança Rodoviária, agradeço a oportunidade dada de iniciação num ambiente empresarial, proporcionando uma experiência enriquecedora para o meu futuro profissional enquanto engenheiro e pessoa. Agradeço ao meu orientador em ambiente empresarial, Eng.º João Neves por todo o conhecimento transmitido, ajuda e disponibilidade prestada ao longo da execução do trabalho. À minha coorientadora Eng.ª Telma Silva agradeço o acompanhamento prestado e a disponibilidade em esclarecer as dúvidas que iam surgindo. Um agradecimento também ao resto da equipa, ao recém Eng.º Tiago Jorge pelo conhecimento transmitido sobre medições de velocidades e ajuda prestada na recolha de dados no terreno, e também ao Eng.º Carlos Oliveira pela disponibilidade prestada a qualquer dúvida que surgisse.

Por último, e não menos importante, um agradecimento à minha família por me proporcionar as melhores condições para a minha formação e pelo apoio prestados em todos os momentos, e também aos meus amigos que estiveram sempre presentes ao longo destes anos.

RESUMO

A sinistralidade rodoviária continua a ser associada a um dos principais problemas causadores de mortes a nível global. A adoção de uma condução pouco segura, em conjunto com fatores rodoviários e ambientais, aumenta a probabilidade de ocorrência de acidentes. Assim, a segurança rodoviária tem um papel fundamental no combate desta prática bem como na tarefa de mitigação de risco de acidentes rodoviários.

Ao circular em autoestrada (AE) as velocidades praticadas são mais elevadas, muito devido às excelentes condições geométricas das vias. Na transição entre ambientes rodoviários idênticos ou diferentes, deverá existir uma zona de transição que obrigue o condutor a reduzir a velocidade e consequentemente dar a informação sobre esta mesma transição. Normalmente estes locais caracterizam-se por ser nós de ligação, na existência de interseções desniveladas.

A abordagem do condutor a um local de termino de uma AE para meio urbano ou transição entre duas AE's diversas vezes não é a mais adequado, devido a inúmeros fatores. Um conjunto de medidas de redução desse risco podem ser aplicadas nestes locais em particular, desde alteração da sinalização à geometria do local, contribuindo para a eventual diminuição do risco de acidentes.

Neste estudo, foram analisadas zonas de transição da rede de AE da ASCENDI, com o objetivo de selecionar os locais de maior interesse para posterior estudo, desde comparação avaliação das características geométricas, a análise de sinistralidade, e velocidades praticadas. Estas últimas foram medidas em pontos estratégicos nos locais selecionados no âmbito do presente estudo.

Por fim, foi selecionado um local para identificar possíveis soluções de melhoria para implementação de medidas, em função das intervenções já ocorridas no local e da respetiva análise de dados de sinistralidade e velocidade, de forma a minimizar o risco de acidentes no local.

PALAVRAS-CHAVE: Sinistralidade Rodoviária, Autoestradas, Zonas de Transição, Nós de Ligação, Medidas de Redução

ABSTRACT

The traffic crashes continue to be associated as one of the main causes of death around the globe. Dangerous driving, together with other roadway and environmental factors, increase the probability of accidents. So, road safety is a fundamental role in fighting this practice and decreasing the risks associated with road crashes.

When traveling on a motorway, the speeds practiced are higher, due to excellent geometric characteristics of the roadway. The existence of transition zones forces the driver to reduce speed, and, consequently, provides him the information of the roadway changes. Usually, these zones are located in motorway interchanges.

The driver's approach to an exit ramp is often not the most appropriate, due to numerous factors. A set of measures to reduce this risk can be applied in these places in particular, from the smallest change in traffic signs, to a large local geometrical change, all of which contribute in a way to the eventual reduction of the risk of accidents.

With the help of ASCENDI, it was possible to analyse these locations in detail and select those of greatest interest for further study: analysing the geometric characteristics, traffic crashes of each location, and, to support these data, collecting speeds at strategic points of each transition.

In the practical part, a location was selected to implement some proposed measures, depending on interventions that have already taken place at the location and the respective accident rate, in order to minimize the risk of accidents at that location.

KEYWORDS: Roadway Crashes, Motorway, Transition Zones, Interchanges, Decrease Measures

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
1. Introdução	1
1.1. ENQUADRAMENTO	1
1.2. Objetivos	3
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO	4
2. Sinistralidade Rodoviária	7
2.1. A problemática da Sinistralidade Rodoviária	7
2.1.1. Sinistralidade na Rede Ascendi	10
2.2. Principais fatores associados a sinistralidade	12
2.2.1. Fatores Geométricos	12
2.2.2. Fatores Humanos	13
3. Zonas de Transição	17
3.1. CONSIDERAÇÕES INTRODUTÓRIAS E ELEMENTOS BÁSICOS	17
3.1.1. Velocidades	18
3.1.2. Visibilidade	19
3.1.3. Vias auxiliares	21
3.1.4. Ligações entre ambientes rodoviários	22
3.2. TIPOLOGIA DE NÓS DE LIGAÇÃO	23
3.2.1. TIPOS DE RAMOS	23
3.2.2. Tipos de Nós	24
3.2.2.1. Nós de três ramos	24

3.2.2.2. Nós de quatro ramos	25
3.3. Medidas de Redução de Risco.....	26
3.3.1. Enquadramento	26
3.3.2. Medidas de Redução.....	26
3.3.3. Outras medidas	32
3.3.4. Síntese.....	34
4. Metodologia	35
4.1. Enquadramento.....	35
4.2. Identificação dos locais e respetiva sinistralidade	36
4.3. Medições de Velocidade	39
4.3.1. Enquadramento e Objetivo.....	39
4.3.2. Síntese	42
5. Caso de Estudo	43
5.1. Enquadramento.....	43
5.2. Descrição dos locais em estudo	44
5.2.1. Nó de Calvos	44
5.2.2. Nó de Freixieiro (Perafita)	49
5.2.3. Nó de Sendim.....	54
5.2.4. Nó com A5	60
5.2.5. Nó A41/A42	64
5.2.6. Conclusões.....	69
5.3. Medições de Velocidade	70
5.3.1. Medições nos locais	70
5.3.2. Discussão de Resultado.....	72
5.4. Estudo/Proposta medidas nó em estudo	74
5.4.1. Seleção Nó de estudo	74
5.4.2. Proposta de Solução	78

6. Conclusão	83
Anexos	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1.1 – Rede Autoestrada Ascendi [3]	3
Fig.2.1 – Evolução morte EU vs Meta [1].....	7
Fig.2.2 – Distribuição mortes pelo tipo de estrada, 2018 [6].....	9
Fig.2.3 – Comparação Sinistralidade ASCENDI [2]	10
Fig.2.4 – Natureza e causas de acidentes 2020 [2].....	11
Fig.2.5 – Evolução vítimas ao longos dos anos [2].....	12
Fig.2.6 – Campo Visão Condutor [13]	15
Fig.3.1 – Visibilidade em Curva [3].....	21
Fig.3.2 – Via entrada em Autoestrada [18]	22
Fig.3.3 – Via de saída em Autoestrada [18].....	22
Fig.3.4 – Tipo de ramos [4]	23
Fig.3.5 – Tipo nós de três ramos [4]	24
Fig.3.6 – Nós especiais (1-Pêra;2-Forquilha;3-Raquete) [4]	25
Fig.3.7 – Nós 4 ramos [4]	25
Fig.3.8 – Colocação Chevron-adaptado [12]	27
Fig.3.9 – Solução Led possível na sinalização	28
Fig.3.10 – Possíveis soluções a serem aplicadas (Fonte: Google Maps e [12])	29
Fig.3.11 – Radar de velocidade SINCRO [14]	31
Fig.3.12 – Solução com Guardas de Segurança amarelas [23]	32
Fig.3.13- Possíveis soluções com variações de parâmetros [14].....	34
Fig.4.1 – Efeito Mudança de Velocidade [8]	40
Fig.4.2 – Colocação radar no terreno (Fonte: Autor)	40
Fig.4.3 – Forma de instalação aparelho ViaCount II [9].....	41
Fig.5.1 – Nó de Calvos [7].....	44

Fig.5.2 – Condições Meteorológicas, Ramo B	47
Fig.5.3 – Localização Sinalização e colocação Viacount (Fonte:SIG ASCENDI)	48
Fig.5.4 – Nó Freixieiro [7]	50
Fig.5.5 – Condições Meteorológicas	52
Fig.5.6 – Localização Sinalização e colocação Viacount (Fonte:SIG ASCENDI)	53
Fig.5.7 – Nó de Sendim [7].....	55
Fig.5.8 – Condições Meteorológicas, Ramo G	57
Fig.5.9 – Condições Meteorológicas, Ligação	58
Fig.5.10 – Localização Sinalização (Fonte: SIG ASCENDI)	59
Fig.5.11 – Localização Sinalização (Fonte: SIG ASCENDI)	60
Fig.5.12 – Nó com A5 [7].....	61
Fig.5.13 – Condições Meteorológicas, Ramo B e C	63
Fig.5.14 – Transição entre número de vias.....	64
Fig.5.15 – Nó A41/A42 [7]	65
Fig.5.16 – Condições Meteorológicas, Ramo D.....	67
Fig.5.17 – Localização Sinalização (Fonte: SIG ASCENDI)	68
Fig.5.18 – Natureza total dos acidentes.....	69
Fig.5.19 – Sinistralidade total - 1-Condições Meteorológicas; 2-Luminosidade	70
Fig.5.20 – Sinalização Tipo C13	75
Fig.5.21 – Sinalização tipo H32.....	75
Fig.5.22 – Sinalização tipo E1	76
Fig.5.23 – Pormenor zona de bifurcação com atenuadores de impacto	76
Fig.5.24 – Guardas de Segurança metálicas flexíveis.....	77
Fig.5.25 – Baías direcionais em ramo	77
Fig.5.26 – Localização Marcas Rodoviárias	79
Fig.5.27 – Substituição atenuador de impacto [20]	80

Fig.5.28 – Proposta de Solução Ramo A.....	80
Fig.5.29 – Marca no Pavimento de 40 (Fonte: Google maps)	81

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 – Velocidade do Tráfego nas estradas [3]	19
Tabela 4.1 – Cronograma de etapas	35
Tabela 4.2 – Totalidade Nós de Ligação terminal para AE	37
Tabela 4.3 – Locais selecionados e respetiva análise	38
Tabela 5.1 – Características Geométricas-Ramo B, Nó de Calvos	45
Tabela 5.2 – Total de acidentes e Vítimas, Ramo B	46
Tabela 5.3 – Acidentes segundo a Natureza, Ramo B	47
Tabela 5.4 – Tempo entre sinalizações	49
Tabela 5.5 – Características Geométricas Ramo A e B, Nó Freixieiro	51
Tabela 5.6 – Total de acidentes e Vítimas, Ramo A e B	51
Tabela 5.7 – Acidentes segundo a Natureza	52
Tabela 5.8 – Tempo entre sinalizações	54
Tabela 5.9 – Características Geométricas Ramo G, Nó Sendim	55
Tabela 5.10 – Total de acidentes e Vítimas, Ramo G	56
Tabela 5.11 – Acidentes segundo a Natureza, Ramo G	57
Tabela 5.12 – Total de acidentes e Vítimas, Ligação	58
Tabela 5.13 – Acidentes segundo a Natureza, Ligação	58
Tabela 5.14 Características Geométricas Ramo B e C, Nó com A5	61
Tabela 5.15 – Total de acidentes e Vítimas, Ramo B	62
Tabela 5.16 – Características Geométricas Ramo D, Nó A41/A42	65
Tabela 5.17 – Total de acidentes e Vítimas, Ramo D	66
Tabela 5.18 – Acidentes segundo a Natureza, Ramo D	67
Tabela 5.19 – Resumo planificação de medição de velocidades	70
Tabela 5.20 – Principais dados obtidos da medição de velocidade	72

SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

AE - Autoestrada

ANSR - Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária

IMT - Instituto da Mobilidade e Transporte, IP

OMS - Organização Mundial de Saúde

SINCRO - Sistema Nacional de Controlo de Velocidade

SSR - Serviço de Segurança Rodoviária

VB – Velocidade Base

YBC – *The Yellow color guardrail belt*

VT – Velocidade Tráfego

SIG – Sistema de Informação Geográfica

EN - *European Standards*

TMDA - Tráfego Médio Diário Anual

UE – União Europeia

C/V- Com vítimas

S/V- Sem vítimas

1

Introdução

1.1. Enquadramento

De acordo com o «Relatório Mundial sobre Segurança Rodoviária» da OMS, os acidentes rodoviários continuam a ser um dos maiores fatores causadores de vítimas mortais, atingindo só em 2016 as 1,35 milhões de mortes a nível global. A principal causa de mortalidade para jovens e crianças continua a ser a sinistralidade rodoviária [1].

De modo a atenuar/eliminar este elevado número de mortos têm sido desenvolvidos, quer a nível mundial quer na Europa, estratégias no sentido de tornar as estradas num sistema seguro e cómodo. A abordagem foca-se essencialmente na melhoria da construção dos veículos, nas infraestruturas, na redução das velocidades de circulação e na formação do condutor para melhores práticas de condução.

De salientar que a Europa possui das estradas consideradas mais seguras do mundo, sendo que apenas 2% dos 1,35 milhões de mortes mundiais ocorrem em solo europeu. Portugal tem vindo a fazer intensos progressos no campo da redução da sinistralidade rodoviária, encontrando-se, no entanto, ainda acima da média europeia no que diz respeito à percentagem de redução de sinistralidade – Road Safety Annual Report (2020) [2].

A presente dissertação visa estudar medidas para atenuar a sinistralidade em locais muito particulares das autoestradas: zonas de transição entre meios rodoviários, quer entre meios idênticos, no caso de ligação entre duas autoestradas diferentes, ou ligação entre ambientes rodoviários muito distintos, nomeadamente entre autoestrada e meio urbano. Normalmente esta transição ocorre em zonas de interseção desnivelada, nós de ligação, sendo característicos por fazerem a ligação direta através dos seus ramos.

Devido às boas características geométricas e boa visibilidade a montante das transições, estes locais têm um risco acrescido para a ocorrência de sinistralidade devido ao não ajuste de comportamento do condutor. Tendo em vista esta problemática, e partindo do estudo bibliográfico prévio, pretende-se seleccionar e estudar estas transições entre ambientes rodoviários da rede ASCENDI e, posteriormente, analisar medidas de redução de risco de acidentes num dos locais seleccionados.

A Ascendi é uma empresa gestora de ativos e prestadora de serviços de cobrança de portagens e operação e manutenção de infraestruturas rodoviárias. De momento detém a exploração maioritária em 6 concessões portuguesas, num total de 868 km de extensão, 20 áreas de serviços e ainda 199 nós de ligação. As suas concessões são as seguintes:

- **Concessão Norte** – Constituída pela A7 e A11. Possui 33 Nós de ligação ao longo dos seus 179 Km de extensão;
- **Concessão Grande Porto**- Constituída pela A4, A41, A42 e VRI. Possui 28 Nós de ligação ao longo dos seus 55 Km de extensão;
- **Concessão Costa de Prata**- Constituída pela A44, A29, A25 e A17. Possui 35 Nós de ligação ao longo dos seus 105 Km de extensão;
- **Concessão Beiras Litoral e Alta**- Constituída pela A25. Possui 29 Nós de ligação ao longo dos seus 172 Km de extensão;
- **Concessão Grande Lisboa**- Constituída pela A16. Possui 15 Nós de ligação ao longo dos seus 23 Km de extensão;
- **Subconcessão Pinhal Interior** - Constituída pela A13 e A13-1. Possui 17 Nós de ligação ao longo dos seus 93 Km de extensão;
- **Subconcessão Douro Interior**¹- Constituída pelo IP2 e IC5. Possui 42 Nós de ligação ao longo dos seus 241 Km de extensão.

¹ Neste caso a Ascendi não é a concessionária, atuando apenas como Prestador de Serviços de Operação e Manutenção.



Figura 1.1- Rede Autoestrada Ascendi [3]

Sendo a presente dissertação elaborada em ambiente empresarial, nomeadamente no Serviço de Segurança Rodoviária da ASCENDI, foi fundamental recolher dados presentes no sistema informático, e para, posteriormente, serem analisados e estudados ao longo da elaboração da presente dissertação.

1.2. Objetivos

Constatou-se que, apesar da importância e especificidade das ligações terminais e de ramos de ligação na segurança rodoviária, esta não se repercute em número de estudos específicos existentes, uma vez que se revelou difícil encontrar bibliografia com soluções de aplicação genérica e/ou específica para estes locais.

Assim sendo, o presente estudo pretende contribuir para o aumento do conhecimento sobre o fenómeno da sinistralidade rodoviária nestes locais e respetivas soluções para a sua mitigação, através da recolha e análise de dados de locais específicos da rede ASCENDI.

Esta dissertação tem como objetivo:

1. Apresentar e caracterizar a problemática das transições entre ambientes rodoviários em regime de autoestrada, tendo em conta a revisão da bibliografia existente;
2. Apresentar medidas a aplicar em transições rodoviárias, de forma a reduzir a sinistralidade nestes locais tão particulares, quer nos seus ramos de ligação quer nas transições com o meio urbano;
3. Estudar em detalhe vários exemplos práticos de tais transições na rede ASCENDI;
4. Estudar e apresentar medidas mitigadoras de risco de acidentes num local específico da rede ASCENDI: Nó Freixieiro (Perafita).

A metodologia usada ao longo da elaboração da dissertação passou pelas seguintes etapas:

- Pesquisar e compreender todos os elementos normativos para a correta elaboração de um nó, tanto a montante como a jusante deste;
- Enquadrar a sinistralidade rodoviária em AE, bem como ligações rodoviárias e seus constituintes;
- Compreender os principais fatores que influenciam o utilizador na condução e previsão do seu comportamento nos diversos cenários;
- Pré-selecionar os locais de maior interesse, prosseguindo com um estudo detalhado de sinistralidade;
- Recolha e análise de velocidades praticadas na aproximação dos locais em estudo, quer em plena via quer nos ramos e zonas de ligação;
- Apresentar um conjunto de medidas de redução da sinistralidade, aplicando num dos locais de estudo, contribuindo para a redução do risco a acidentes.

Pretende-se assim que aquando da finalização deste documento se obtenha, de forma sintetizada, um conjunto de medidas a serem aplicadas nas zonas de transição, mas também de soluções complementares que visam a diminuição da ocorrência de acidentes que diversas vezes provoca vítimas.

1.3. Estrutura do Trabalho

A presente dissertação está organizada num total de 6 capítulos do seguinte modo:

Capítulo 1 – Introdução: Neste é feito um enquadramento da segurança rodoviária, bem como apresentação da empresa Ascendi e dos objetivos do presente documento;

Capítulo 2 – Sinistralidade Rodoviária: Este capítulo têm como primeiro objetivo informar como se encontra a Europa, Portugal e rede ASCENDI ao nível da sinistralidade rodoviária em autoestrada.

Capítulo 3 – Zonas de Transição: Foram abordados alguns elementos básicos a ter em conta quando se fala em zona de transição entre meios rodoviários, elementos que as constituem e também o tipo de ligação entre cruzamentos em autoestrada. Por fim será apresentado um guião de medidas a aplicar nestes locais específicos;

Capítulo 4 – Metodologia: Neste capítulo foi realizada a descrição de todo o procedimento efetuado na primeira análise a rede ASCENDI, zonas de transição bem como explicação do processo de medição de velocidade.

Capítulo 5 – Caso de Estudo: É abordado o caso de estudo, onde se é feita uma apresentação e descrição detalhada dos locais selecionados, quanto à sua geometria, sinistralidade e velocidade permitida. Após este primeiro subcapítulo é apresentado as medições de velocidade que ocorreram em cada local, nomeadamente a localização e discussão dos resultados obtidos. No último subcapítulo é desenvolvida uma medida de redução de risco para implementação a uma das zonas de transição estudadas.

Capítulo 6 – Conclusão: enunciam-se as principais conclusões resultantes deste trabalho, bem como melhorias futuras e propostas para desenvolvimentos futuros.

2

Sinistralidade Rodoviária

2.1. Sinistralidade Rodoviária

A segurança rodoviária é um dos fatores mais relevantes a ter em conta na gestão de uma rede de estradas. Nesse sentido, apresenta-se neste capítulo uma análise da sinistralidade que permite enquadrar a problemática dos casos de estudos analisados neste trabalho.

Nos últimos 5 anos (2016 a 2020) a sinistralidade tem diminuído quer a nível nacional como europeu, sendo que o progresso de redução da taxa de mortalidade tem estagnado nos últimos anos na EU [1], ainda assim acima da meta definida para o ano transato de 2020, como é possível observar na Figura 2.1.

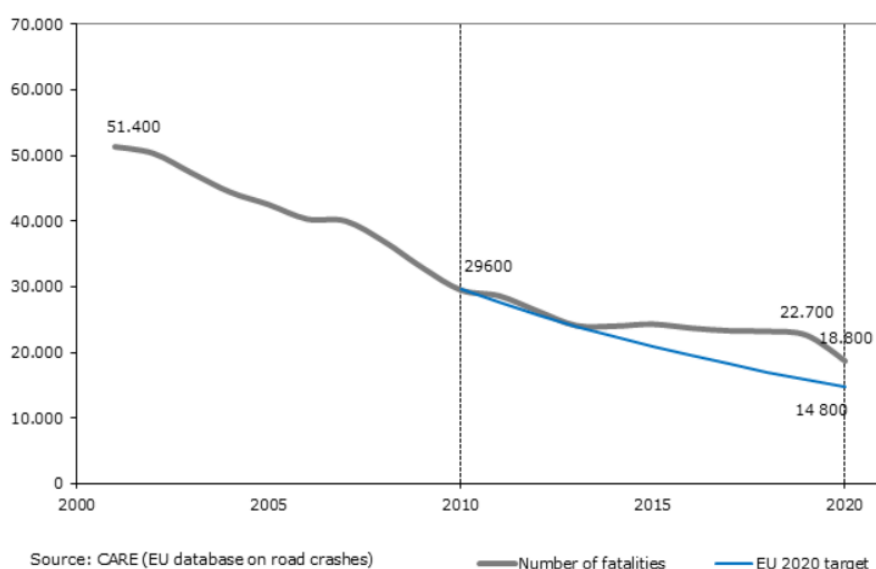


Figura 2.1- Evolução morte EU vs Meta [1]

Ao nível de zonas de transição, nomeadamente nós de ligação e respetivos ramos, não foram encontrados quaisquer dados/documentos que especifiquem a sinistralidade nestes locais. De salientar que a prática de excesso de velocidade ou velocidade inadequada é causadora de cerca de um terço dos acidentes mortais (OCDE/ECMT (2006)), sendo que a prática destas aumenta o risco de acidentes em 12,8 vezes (Dingus et al (2016)).

Em Portugal, a sinistralidade ao longo dos últimos 5 anos mantém-se quase constante, com tendência para diminuir, sendo que se verificou um maior decréscimo no ano de 2020. Este decréscimo deveu-se, essencialmente, ao efeito da pandemia por COVID-19, que alterou de modo significativo os números de mortos dos primeiros meses do ano de 2020 [7]. E existem expectativas que o ano de 2021 seja semelhante, devido às medidas restritivas serem idênticas às do ano de 2020.

As grandes medidas restritivas para conter a propagação pandémica sobre a população resultaram numa redução da atividade económica mundial, no movimento de pessoas, e, consequentemente, no número de acidentes rodoviários. Contudo, o número de mortes foi quase proporcional à redução do de tráfego, sendo que após o primeiro confinamento, a seguir ao mês de maio, os dados revelam que a circulação começou a tender para o “normal”, bem como o número de acidentes e, consequentemente, vítimas mortais [7].

De facto, uma análise dos valores entre o ano de 2019 e 2020, permite constatar que ocorreu uma redução global das principais variáveis de sinistralidade rodoviária. O número de acidentes com vítimas teve uma redução de 27,7%, sendo que ocorreram menos 22,5% de mortos, 23,5% de diminuição de feridos graves, e ainda menos 30,6% de feridos leves, em relação ao ano de 2019.

Traduzindo as percentagens, em Portugal, no ano de 2020 ocorreram menos 9.435 acidentes com vítimas, menos 108 vítimas mortais, menos 550 feridos graves e menos 12.599 feridos ligeiros em relação ao ano transato [7].

Na análise de sinistralidade de diversos países é possível verificar que alguns dos fatores causadores de sinistralidade são comuns, verificando-se uma maior incidência de ocorrência de acidentes sobre os grupos de idades mais avançadas [2].

Um dos fatores contribuintes para aumento da sinistralidade é a distração, normalmente ligada ao uso de telemóvel na condução, não só na condução de ligeiros e pesados, mas também nos motociclistas, ciclistas e peões. O fator mais associado à sinistralidade em ambiente de autoestrada, é a prática de velocidade excessiva bem como a condução sob efeito de álcool/drogas. Todos os países reportaram que a velocidade excessiva e o efeito do álcool contribuíram para a ocorrência de 15%-30% e 10%-30%, respetivamente, dos acidentes [2].

Na maioria dos países, uma grande percentagem dos acidentes com vítimas mortais ocorre em estradas rurais. A escolha inapropriada da velocidade combinada com a falta de separação física entre vias, com o elevado número de cruzamentos e a falta de sinalização aumenta a probabilidade de ocorrência de acidentes rodoviários, bem como a sua gravidade. Entre os tipos de estrada, a autoestrada é considerada a mais segura, pois o risco de acidentes mortais é muito menor comparado com os outros tipos de estradas. Contudo, entre 2010 e 2018, segundo – *Road Safety Annual Report*, foi nas autoestradas que se verificou uma menor redução de mortos.

Na Figura 2.2, pode-se observar a percentagem de mortos que ocorreram no ano de 2018 nos diferentes tipos de ambientes rodoviários [8]. Comparando Portugal com os outros países, é de salientar que em meio rural Portugal apresenta a menor percentagem de mortos, a par da Holanda. Já em ambiente de autoestradas, Portugal registou uma percentagem mais elevada de mortos, comparando com outros países europeus.

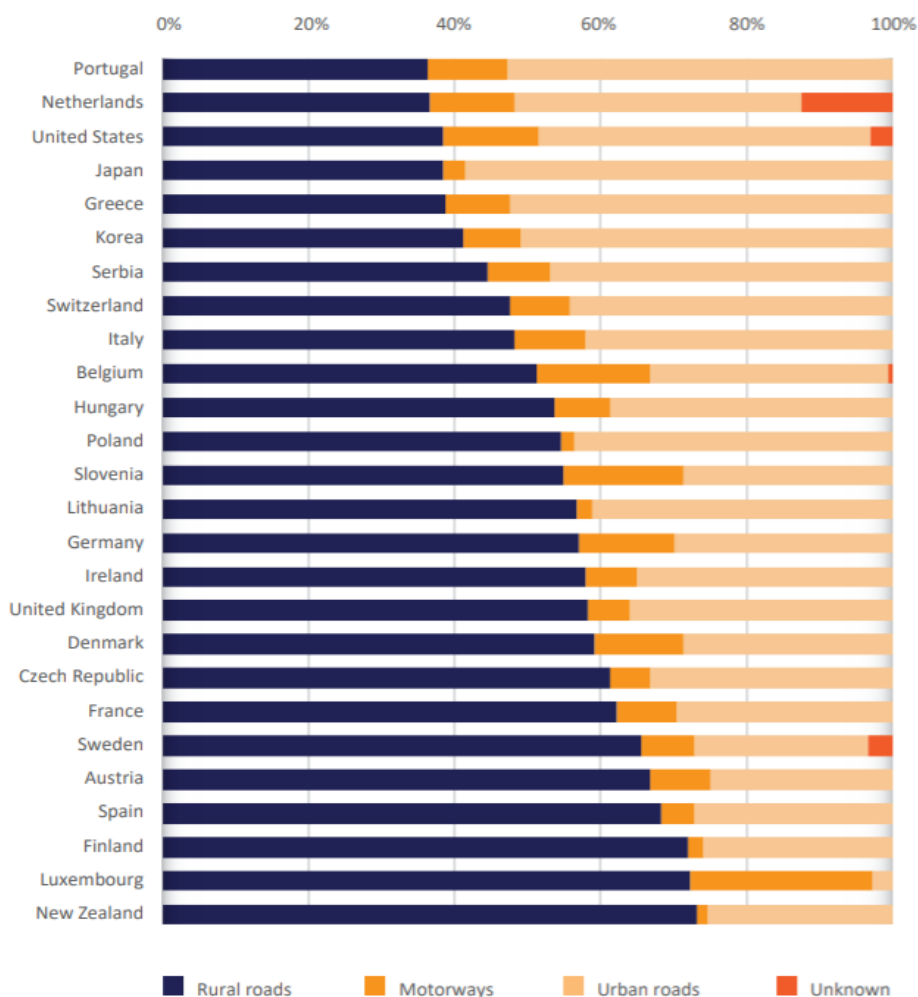


Figura 2.2- Distribuição mortes pelo tipo de estrada, 2018 [8]

É neste enquadramento que surge o interesse em criar estratégias comuns para combater a elevada sinistralidade, sendo a gestão de velocidade uma das ações principais a redução da velocidade é essencial para diminuir a frequência e gravidade dos acidentes rodoviários [1]. A limitação de velocidade apropriada em locais estratégicos pode resultar numa redução substancial do número de acidente e, consequentemente, mortos e feridos graves.

2.1.1. Sinistralidade Rede Ascendi

Na rede ASCENDI os números de 2019 mostram um aumento do Índice de Sinistralidade face a anos anteriores, eventual consequência do ligeiro aumento do tráfego médio diário anual (TMDA) nesse mesmo ano. Já no ano transato de 2020 verificou-se uma diminuição de quase todos os indicadores, muito provavelmente devido à situação pandémica ocorrida a partir de inícios do ano de 2020. O TMDA decresceu cerca de 21% face a 2019, para números abaixo do valor de 2015. Neste caso, em 2020 verificou-se um TMDA de 8558 face ao valor de 10789 do ano de 2019 [3].

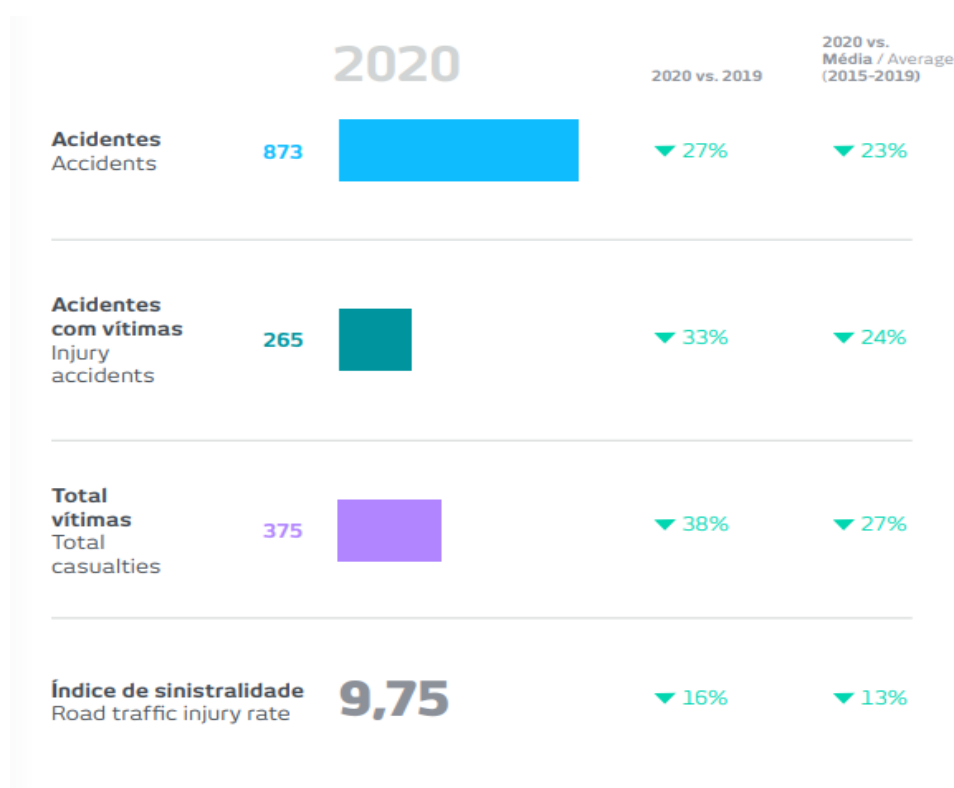


Figura 2.3- Comparação Sinistralidade ASCENDI [3]

Como os dados indicam na Figura 2.3, ocorreu um decréscimo elevado entre o ano de 2019 e 2020, mas também em relação à média dos anos de 2015-2019, o que demonstra o impacto que a pandemia veio ter na normal circulação em autoestrada. De salientar a diminuição do índice de sinistralidade, uma vez que é a razão entre acidentes com vítimas e o percurso efetuado.

Outro dado importante de salientar é a causa e natureza dos acidentes, fundamentais para posteriormente se avançar nas medidas de redução da sinistralidade. Como é observável na Figura 2.4, os acidentes são maioritariamente do tipo despiste e colisões, com uma causa indeterminada ou devido ao condutor. Esta causa indeterminada induz que os acidentes ocorrem devido a diversos fatores, muitas vezes omitidos

pelos condutores, podendo ser desde o excesso de velocidade, distrações ou má adaptação da condução ao local onde se circula, etc.

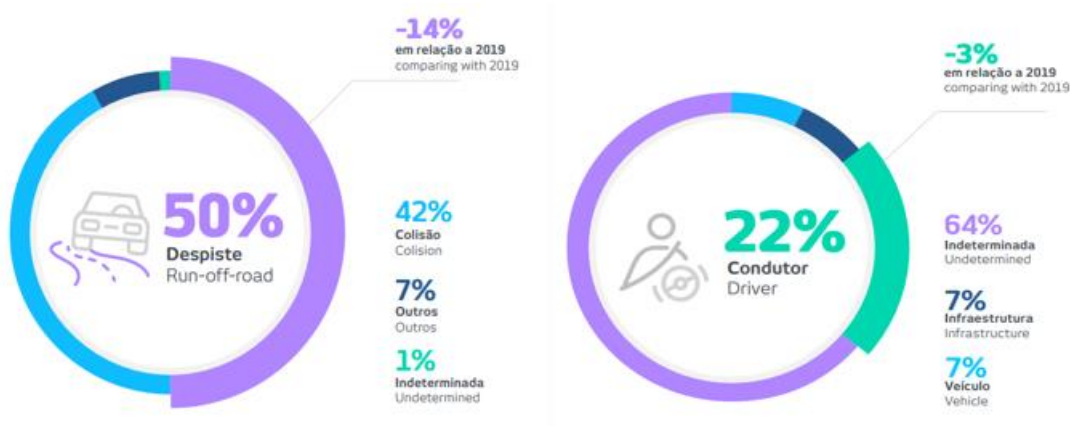


Figura 2.4- Natureza e causas de acidentes 2020 [3]

Feita uma análise a longo prazo, isto é, num período de 5 anos de dados recolhidos é fundamental apresentar não só as vítimas resultantes de cada acidente e respetiva natureza, mas também observar a evolução destas mesmas ao longo dos anos, de forma a ser possível retirar as primeiras conclusões se o caminho certo está a ser seguido.

Como já foi frisado, no ano de 2020 verifica-se um decréscimo de vítimas no geral, muito devido à pandemia por Covid-19 bem como uma diminuição do TMDA. Contudo, é de salientar que o número de vítimas mortais apenas diminui em 1 vítima em relação ao ano anterior. Os dados que estão presentes na Figura 2.5 mostram a evolução do número de mortos e feridos entre o ano de 2015 e 2020. Observa-se um aumento quase uniforme ao longo dos últimos anos, algo negativo no que diz respeito a segurança rodoviária em ambiente de autoestrada.

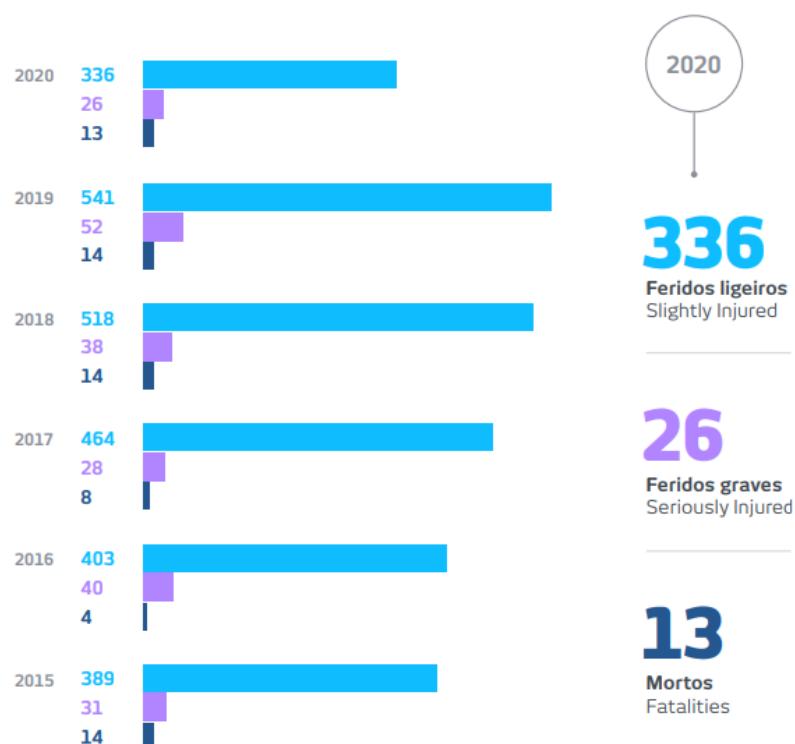


Figura 2.5- Evolução vítimas ao longos dos anos [3]

2.2. Principais fatores associados a sinistralidade

2.2.1. Fatores Geométricos

No caso de uma interseção desnivelada, no presente estudo são os nós de ligação, inúmeras vezes o utente viaja a velocidades excessivas a montante desta, ainda em plena via, enfrentando em simultâneo as tarefas de navegação, orientação e controle. Alguns erros de condução podem ocorrer na aproximação deste local, alguns derivados da falta de informação e zonas de transição impercetíveis, mas também devido a elementos geométricos de traçado e respetivos nós, tais como:

- **Distância entre ramos sucessivos de nós** – Se dois nós sucessivos estiverem a uma pequena distância, isto leva a que exista um conflito entre o condutor que pretende entrar a partir da via de aceleração, e o que pretende sair no término da AE, através da via desaceleração, levando a um aumento do risco de sinistralidade. Assim sendo deve ser cumprido um mínimo de distância entre nós. Isto leva a um melhoramento quer ao nível de segurança da estrutura, mas também na facilidade de perceção de informação por parte do condutor [22];
- **Distância de decisão e sinalização** – Na aproximação a um local de transição, como um nó, existe um aumento de risco de erro por parte do condutor. Isto é devido a ser necessário ler a informação presente na sinalização, mudar de via para escolher a saída de desaceleração e ainda adequar a velocidade segura para realizar a manobra. Assim, a sinalização presente no local deve ajudar o condutor a obter informação o mais rápido possível e sem interferência ou dúvidas [22];

- **Geometria nó ligação** – Se a geometria do nó de ligação for constituída por ramos de pequeno raio exige que o condutor diminuía muito a velocidade, algo que inúmeras vezes não ocorre nas devidas condições, levando assim a reduções insuficientes para circular em segurança. Este valor reduzido de raio leva também a que a visibilidade do ramo esteja condicionada, e, por exemplo, em caso de se ocorrer uma fila de espera de veículos sob a curva leva a que quem circula em autoestrada faça uma aproximação muito rápida e sem visibilidade da situação [22].

2.2.2. Fatores humanos

A interação entre condutor e estrada está diversas vezes condicionada por fatores humanos, isto é, erros psicológicos, de percepção e cognitivos associados assim a um aumento da probabilidade de ocorrência acidentes rodoviários [22].

A condução requer o compromisso de compreensão de diversas tarefas, e muitas delas devem ser efetuadas em simultâneo. Os condutores têm sempre três tarefas básicas em simultâneo, o **Controlo**, função de guiar o veículo dentro dos limites da via e adequar a sua velocidade, a **Orientação**, associada a interação com outros veículos, mantendo distâncias de segurança, respeito por sinalização, etc. E por fim a **Navegação**, a tarefa de seguir o seu caminho desde do ponto de partida até ao destino, guiando-se pela sinalização e marcas.

Desta forma, é fundamental conhecer a ciência do ser humano a nível psicológico, filosófico e fisiológico. Assim, uma atuação a este nível e nas características dos sistemas de informação rodoviários, tende a que seja possível obter o pretendido, uma redução dos erros e uma melhoria significativa na sinistralidade.

Performance e desempenho na condução é diretamente influenciado pelas diferentes características e limitações humanas. Podemos assim subdividir em alguns tópicos de interesse tais como, a atenção e forma de processar informação, capacidade de visualização e percepção, e ainda a escolha adequada da velocidade.

Atenção e recolha de informação

A atenção, inúmeras vezes, fica limitada devido à concentração do condutor nas 3 tarefas bases da condução, Controlo-Orientação-Navegação. Uma elevada fonte de informação, como na aproximação terminal de autoestrada, leva ao utente a ter necessidade de uma maior atenção a imensos fatores, tais como o volume de tráfego, sinais de trânsito, visualização do nó e adequação da velocidade à zona. Isto pode resultar num processo limitado de filtração de informação, levando assim à degradação da sua concentração. As condições do tráfego e operacionais podem sobrecarregar o utente de diversas maneiras, assim este aspeto deve ser considerado num projeto de uma estrada para reduzir ao máximo está carga.

A informação deve ser apresentada de forma desfasada, ser consistente e “atingir” o usuário sem nenhuma refração.

Uma outra forma é a projeção de ambientes familiares do condutor, dentro das suas expetativas, resultando em menos elementos para o condutor processar no momento da realização da manobra. Os condutores criam expetativas de longo e a curto prazo, exemplos disso são [22]:

Longo Prazo:

- A saída da AE está sempre localizada no lado direito;
- Ao cruzar com uma estrada mais secundária não é necessária cedência para quem circula na secundária;

Curto prazo:

- Ao fim de conduzir em estrada de elevada velocidade durante algum tempo, o condutor espera que na secção a jusante seja de igual forma de altas velocidades;
- Depois de conduzir em reta durante alguns minutos o condutor não espera encontrar uma zona de curva, pelo menos de raio reduzido, como o caso de um nó terminal;

Visão e percepção

Cerca de 90% da informação recolhida pelo condutor é através da visão. Esta característica torna-se assim um importantíssimo fator na condução, levando assim a que seja primordial atuação de medidas de melhoria da visão em plena via/nó quer ao nível da infraestrutura como também da sua envolvente. Alguns aspetos na visão são fundamentais para manter a segurança e comodidade, tais como: acuidade visual, sensibilidade ao contraste, visão periférica, movimento em profundidade e procura visual.

Estes aspetos são fundamentais e devem estar presentes em cada condutor, principalmente em autoestrada onde a prática de velocidades elevadas é recorrente [22].

Acuidade visual é nada mais do que a clareza da visão, o conseguir observar com nitidez letras ou números normalmente parados. Assim sendo é fundamental a sanidade desta para se conseguir observar a sinalização e outros objetos adequadamente. Numa aproximação a um nó terminal é necessário, simultaneamente, recolher imensa informação proveniente da sinalização, assim sendo, uma má acuidade visual pode levar a uma aproximação insegura ao nó.

Sensibilidade ao contraste é a capacidade de detetar diferentes brilhos em objetos e o plano de fundo, isto é, variando a luminância e a frequência espacial mede-se os estímulos visuais.

Esta medida é de extrema importância na função visual nomeadamente em condições de pouca luz e nevoeiro, quando o contraste entre os objetos e o fundo é extremamente reduzido. A pouca sensibilidade ao contraste, no caso de condução noturna, agrava a circulação segura, pois aumenta a dificuldade de visão em locais mais escuros e com pouca luz. Isto leva à necessidade de implementar uma boa iluminação em locais de nós para que todos os utilizado consiga efetuar a manobra da forma mais segura e cómoda.

Visão Periférica é a visão além do foco principal visual, isto é, a capacidade de observar toda a envolvente que rodeia o condutor sem perder o foco central. Diversas vezes é necessário recorrer à visão periférica para recolher informações de sinais, detetar movimentos de veículos, em entrada e saídas. Na figura a seguir podemos observar os campos de visão possíveis, sendo o foco central o principal, mas nunca descartando a importância que a medida de visão periférica seja deteriorada. Principalmente quando se circula numa aproximação, ou mesmo num ramo de um nó terminal de AE, é fundamental que haja uma elevada visualização da envolvente para prosseguir a viagem num padrão elevado de segurança e comodidade.

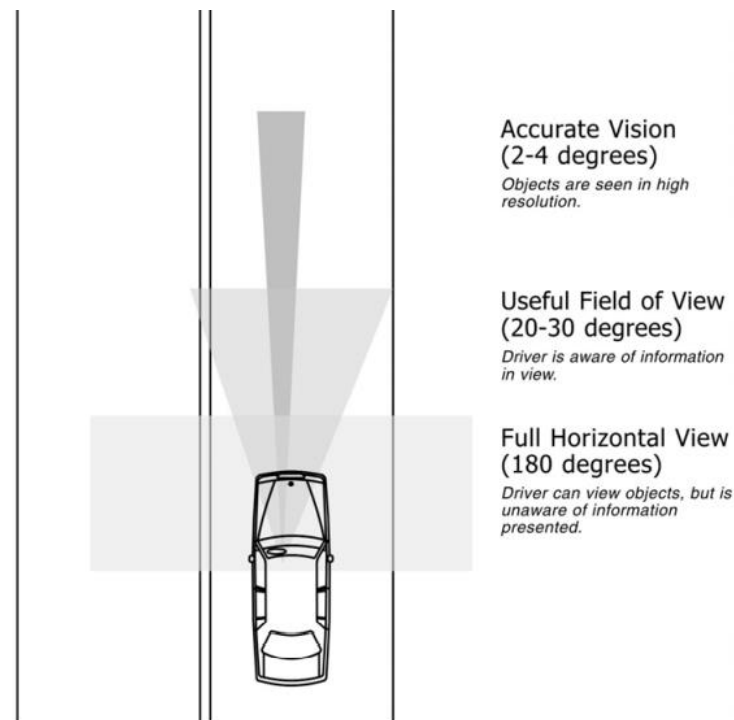


Figura 2.6- Campo Visão Condutor [22]

Movimento em profundidade e a procura visual estão relacionados com a interação com o movimento de outros veículos, quer pela situação de diferentes percepções de tamanho e distância para os veículos que rodeiam, quer também essa mesma percepção para quando existe uma mudança rápida de ambiente. Para o caso em estudo é importante a boa procura visual, principalmente em caso de ligação de AE com meio urbano, pois é uma mudança muito rápida de cenário rodoviário. A absorção e filtração da procura visual do meio em redor deve ser particularmente rápida e precisa, de modo a que o condutor tenha a percepção do tipo de local onde circula e assim adotar uma condução adequada ao local em questão. Estudos indicam [22] que o condutor fixa aproximadamente 90% do seu tempo uma região de 4 graus na vertical e horizontal em relação a sua visão em linha reta. Dentro desta região de foco pouco mais de 50% das fixações são na direção do lado direito, onde se encontra a sinalização. Assim sendo, a procura visual está muito concentrada numa pequena região o que pode levar a não interpretar da melhor forma a mudança de meio por parte do condutor.

Sonolência e Fadiga

A par da escolha de velocidade, que será abordado num capítulo mais avançado, a desatenção e sonolência é também uma das razões de aumento de sinistralidade.

A desatenção ou falta de concentração está imensas vezes ligada à fadiga do condutor e sonolência. Entre "20 e 30% dos acidentes rodoviários dos condutores profissionais estão relacionados com problemas de sonolência" [23]. Fatores normalmente associados a esta fadiga são a falta de descanso, pois um mau descanso diminui drasticamente a concentração na estrada e acelera o cansaço provocado por este. A hora a seguir ao almoço até meio da tarde também é uma problemática, muito agravada por

ingestão de refeições demasiado pesadas, ao nível de comida sólida, mas também ao nível de bebida, que leva a um aumento da sonolência [23].

3

Zonas de Transição

3.1. Considerações introdutórias e elementos básicos

Uma zona de transição pode ser definida como sendo uma área onde se verifica uma alteração de ambiente rodoviário, devendo esta ser comunicada de algum modo ao condutor. O conceito de zona de transição teve uma especial atenção principalmente na transição de estradas principais, com limites de velocidade mais elevados, para meios urbanos e rurais, de velocidades mais reduzidas. Foram assim definidos dois princípios fundamentais para a aplicação de medidas, o primeiro princípio resulta na aplicação de medidas de acalmia de tráfego ao longo do percurso já dentro de áreas urbanas, o segundo princípio contempla que as medidas aplicadas devem ter um carácter de efeito de acumulação de percepção até à entrada de diferentes meios rodoviários [6].

No caso de autoestrada estas transições estão localizadas normalmente em locais de intersecção desnivelada entre AE's, ou seja, nós de ligação, mas também em situações de ligação de término de autoestrada com outras vias, nomeadamente de meio urbano.

No primeiro caso, os dois ambientes rodoviários são idênticos no que se refere ao nível de serviço de circulação, geometria e velocidades de circulação, sendo apoiados pelos nós de ligação que servem essencialmente como zonas de transição. Diminuindo assim naquela área o limite de velocidade e fornecendo ao condutor a percepção de mudança de ambiente rodoviário, mesmo este sendo idêntico.

Na ligação terminal de autoestrada ao meio urbano, a zona de transição deve estar implementada no ramo que efetua esta mesma transição, tendo um efeito de alteração de comportamento no condutor ao longo da ligação e pretendendo que se mantenha depois da mesma (já dentro do ambiente urbano).

Uma boa capacidade de acomodar elevados volumes de tráfego com segurança está muito dependente do tipo e geometria da intersecção entre vias. Em AE's as intersecções são obrigatoriamente desniveladas, também designadas nós de ligação, pois localizam-se numa estrada destinada a velocidades elevadas, sendo impossível a intersecção de nível. As intersecções desniveladas são de certa forma mais eficientes e seguras pois conseguem fazer o cruzamento em níveis diferentes, isto é, intersecção de estradas a cotas verticais diferentes. No caso de um nó que também efetua uma ligação terminal por um dos ramos, normalmente este termina no próprio nó, efetuando assim uma transição entre meios distintos [5].

A escolha destas interseções é influenciada por diversos parâmetros, como a classificação da via, características e composição do tráfego, velocidades de circulação e controle de acesso. É fundamental também no local de implementação existir uma área propícia à construção do nó em conformidade com as normas. Numa fase mais posterior, a correta colocação de sinalização é também um parâmetro de extrema importância, nomeadamente conseguir transmitir ao condutor toda a informação que se pretende dar naquele local.

Apesar de ser uma solução fiável e resolver inúmeros pontos de conflito entre veículos, muitas vezes a segurança não está garantida nestes locais. Em AE's, este elemento se não for bem conseguido na fase de projeto/construção, ou até numa fase mais avançada de exploração, pode-se tornar um ponto de elevado perigo e levar à ocorrência de acidentes.

Contudo, esta ligação à rede viária é muito diversa, o que implica soluções também distintas. No presente estudo pretende-se abordar os casos específicos dos nós e respetivos ramos, que efetuam a transição entre ambientes rodoviários e se caracterizam por se localizarem no final/início da AE com ligação à rede urbana, aqui também designados de ramo terminal, bem como os nós que ligam AE's distintas.

A seguir apresenta-se a descrição de alguns fatores e elementos considerados relevantes para a análise dos locais em estudo.

3.1.1. Velocidades

Na etapa primordial de elaboração de um projeto rodoviário é fundamental ter em conta a variação da velocidade ao longo de todo o traçado. Sendo a velocidade um parâmetro extremamente importante na definição e controlo dos elementos geométricos do traçado, é, portanto, essencial a consideração da **Velocidade base**, velocidade mínima que é estabelecida na elaboração do projeto e deve ser considerada ao longo de todo o traçado, contribuindo assim de certa forma para uma uniformização quer do traçado em geral, quer de outras componentes deste. Também deve ser tida ainda em conta a **Velocidade do tráfego**, que está associada ao percentil 85, isto é, velocidade excedida 15% pelos veículos correspondendo a uma velocidade excessiva que normalmente são perigosas para as condições mais desfavoráveis.

Considera-se assim estas duas definições de velocidades para a determinação de vários elementos de traçado [3], associados à velocidade da seguinte forma:

- **Velocidade Base** – Raio mínimo em planta, inclinação máxima do trainel e perfil transversal tipo;
- **Velocidade do tráfego** – Distâncias de visibilidade e raio mínimo das concordâncias verticais.

Na Tabela 3.1 é apresentando as diferenças consideradas entre a velocidade base e do tráfego [5].

Tabela 3.1 – Velocidade do Tráfego nas estradas [5]

Velocidade Base (VB) (Km/h)	Velocidade do Tráfego (VT) (Km/h)
40	50
50	60
60	80
70	90
80	100
90	110
100	120
110	125
120	130
130	135
140	140

3.1.2. Visibilidade

A visibilidade é um elemento fundamental para garantir uma condução eficiente e circular em segurança. À extensão de via que é visível e perceptível pelo condutor, designamos de distância de visibilidade. Esta deve ser ajustada às condições existentes de forma a permitir que o condutor consiga prever, planear e controlar o seu movimento em segurança.

São definidos três tipos de distâncias de visibilidade, sendo elas:

- **Paragem**, associado à mínima distância necessária para o condutor imobilizar totalmente o veículo em segurança, após observar algum obstáculo na via;
- **Decisão**, necessária para obter informação presente na sinalização ou compreender as alterações das características da estrada;
- **Ultrapassagem**, mínima distância de visibilidade para que seja feita a manobra de ultrapassagem em segurança e comodidade.

Para uma maior segurança e comodidade na circulação em alinhamentos curvos deve ser assegurado uma visibilidade em curva, isto é, a distância mínima de paragem.

Esta deve ser controlada pelo raio mínimo da curva circular, de modo que a existência de obstruções laterais, tais como taludes e obras de arte, seja o menor causador de obstrução aquando da circulação em curva.

É admitido que a linha de visibilidade do condutor interseste ao meio da obstrução e a uma altura de 60 cm, sendo que a distância livre de obstáculos é medida entre o eixo da via interior e o próprio obstáculo. A expressão para a distância mínima da obstrução é calculada pela fórmula seguinte [5]:

$$H_c = DP^2/8R$$

Onde: (1.1)

HC: Distância mínima de obstrução

DP: Distância de visibilidade de paragem

R: Raio da Curva

A *Norma de Traçado* definiu assim um ábaco que permite calcular a distância mínima do afastamento da obstrução em função do raio da curva e da velocidade do tráfego (VT).

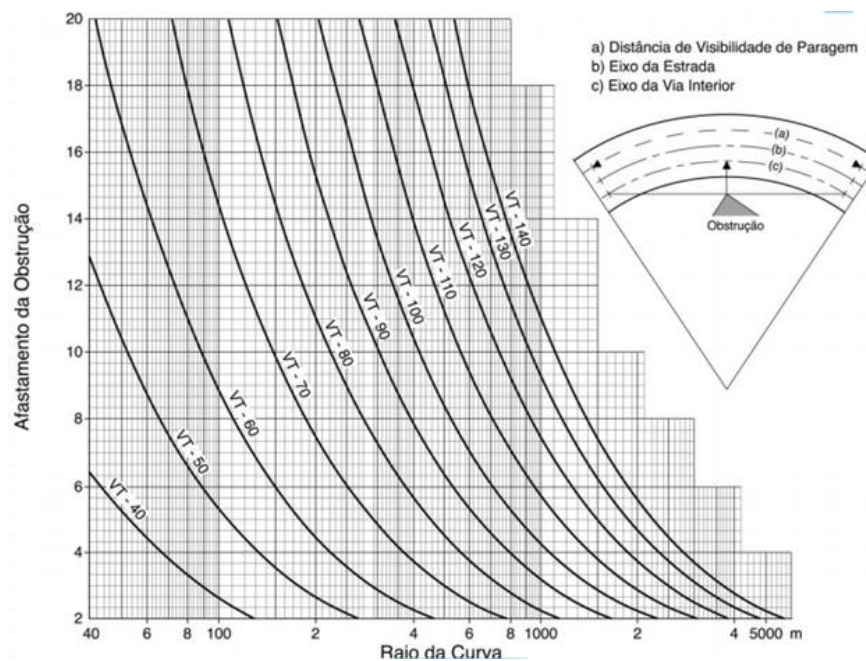


Figura 3.1- Visibilidade em Curva [5]

3.1.3. Vias auxiliares

As vias auxiliares são vias destinadas à desaceleração ou aceleração, presentes em saídas ou entradas da faixa de rodagem. Estas têm como principal função permitir ao condutor efetuar a manobra de entrada/saída com a maior segurança sem que haja o conflito direto com quem já circula na estrada principal. Duas configurações possíveis se podem observar:

- **Ligação em paralelo**, dá-se em alinhamento reto em paralelo com a estrada principal, é preferencialmente usada nas vias de aceleração para que seja possível ao condutor aumentar a velocidade com as condições ideais de visibilidade e em segurança.
- **Tipo diagonal** é também frequente, normalmente em vias de desaceleração, em saídas da estrada principal. Sendo, se possível, de evitar em vias de aceleração, devido a ser mais perigoso ao condutor aumentar a velocidade em curva.

Desta forma deve haver um dimensionamento ao pormenor destas vias, para tentar eliminar o risco de sinistralidade, nomeadamente colisão entre veículos. O dimensionamento é tratado no documento francês [19] de um modo interessante no contexto de autoestrada, quer para a via de entrada e saída.

Segundo este, a via de aceleração deve ser constituída por uma secção de aceleração, secção de manobra e um bisel tal como se pode ver na Figura 3.2. A secção de aceleração deve-se iniciar quando a obliquidade com o eixo da estrada principal se situa entre 3% e 5%, sendo que o seu comprimento depende do raio da curva do ramo, a montante desta. Neste local deve ser assegurada uma velocidade convencional de 55 km/h, com aceleração de 1 m/s^2 aquando a passagem no ponto E [19].

A secção de manobra, onde se pretende que o veículo entre na via principal, deve ter como comprimento 200 m e largura de 3,5m, terminando assim com um bisel de 75m.

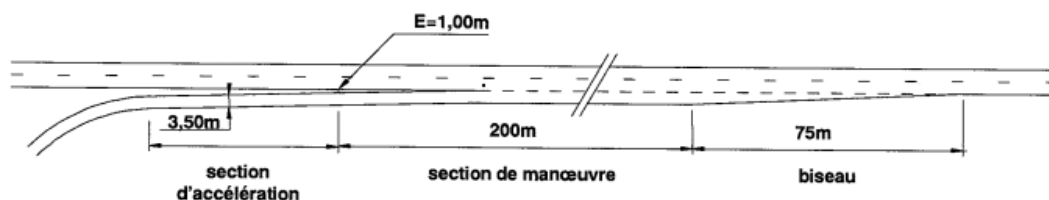


Figura 3.2- Via entrada em Autoestrada [19]

Numa via de desaceleração, de saída de AE, primeiramente é necessário definir uma secção de manobra, já incluído o bisel, de, no mínimo, 150 m até ao ponto em que exista um espaço de 1 m entre as duas vias divergentes. A secção de desaceleração deve ter como comprimento dimensionado para uma velocidade convencional de 70 km/h para um raio inferior de 120 m.

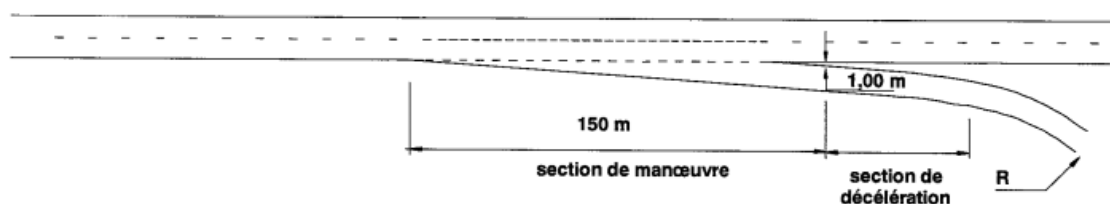


Figura 3.3- Via de saída em Autoestrada [19]

3.1.4. Ligações entre ambientes rodoviários

Num contexto de autoestrada, como é o caso deste estudo, a ligação entre ambientes rodoviários normalmente procede-se através de interseções desniveladas, com a designação de nós de ligação. Neste contexto a diferenciação entre estas ligações em plena via é complicada, visto que apresentam características geométricas idênticas, sendo o elemento nó de ligação um fator que indica que existira uma mudança de ambiente rodoviário, nomeadamente em alguns casos a transição entre o término da AE e uma entrada em meio urbano. É importante que a velocidade seja reduzida, mas também, no caso de entrada em meio urbano, esta redução seja mantida ao longo do trajeto.

Deste modo é essencial existir uma zona intermédia de transição nestas ligações, nomeadamente zonas de diferentes limites de velocidade de modo a que o condutor proceda em segurança à redução de velocidade. A caracterização de tipologia de nó de ligação torna-se assim fundamental.

3.2. Tipologia de Nós de ligação

3.2.1. Tipos de Ramos

Um nó de ligação tem na sua constituição um conjunto de ramos de ligação que, como o próprio nome indica, servem de ligação entre vias em níveis diferentes.

No caso dos nós que se localizam no início/fim da AE (nós terminais) é comum adotar-se soluções do tipo: ramo direto, ramo semi-direto e o ramo em forma de laço, tal como mostra a Figura 3.1.

O **ramo direto** é o que oferece uma ligação mais simples, direta e espontânea, possibilitando assim uma maior capacidade e maior velocidade, e realiza-se através de uma viragem em curva, à direita ou à esquerda conforme for o movimento, tal como mostra a Figura 3.4.

O ramo **semi-direto** possuiu características iguais ao ramo direto, apenas distinto no seu desenho geométrico pois apresenta uma contracurva, formando uma espécie de “S”. Neste caso, a primeira viragem surge à direita procedendo o movimento de viragem a esquerda.

Designado por **ramo em forma de laço ou loop**, este totaliza uma viragem de cerca de 300 graus, motivando assim uma circulação a velocidades mais baixas e em alguns casos manobras com visibilidade menor devido à presença de obras de arte ou taludes.

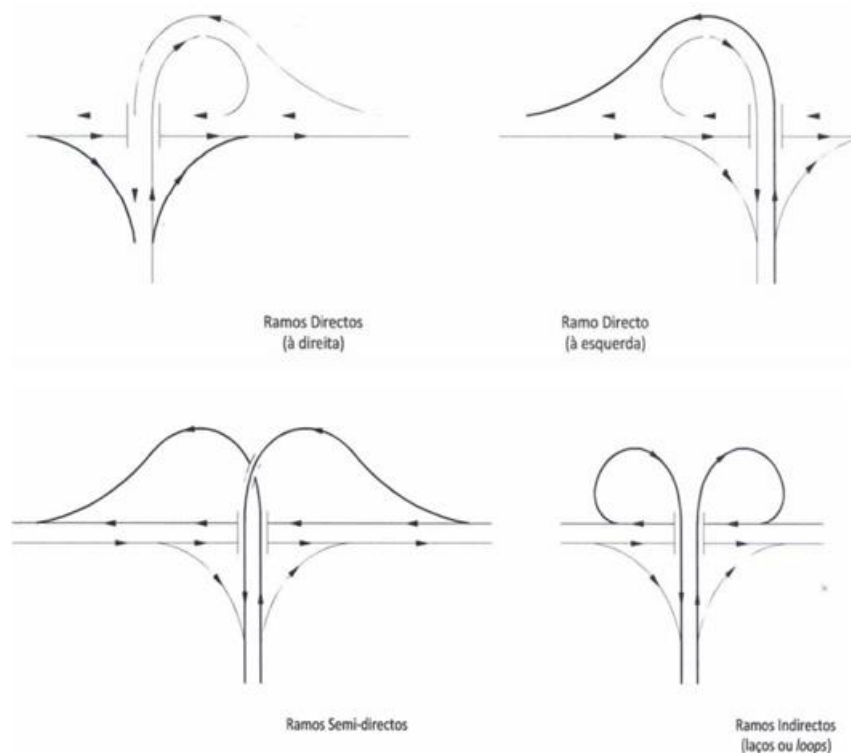


Figura 3.4- Tipo de ramos [6]

3.2.2. Tipos de Nós

Em função do número de ligações entre o cruzamento de estradas que se pretende, existe uma vasta tipologia de nós de ligação, com número de ramos e terminologias distintas.

Um dos tipos de nó mais usuais é o nó de ligação em trompette, nó de ligação terminal constituído por 3 ramos. Normalmente usado no cruzamento de duas estradas da qual uma delas termina naquele mesmo local, marcando neste local a mudança entre meio rodoviário.

3.2.2.1. Nó de três ramos

Nó de três ramos, ou nó de trompette como é designado normalmente, tem na sua constituição primordial três ramos de ligação, dois ramos diretos de viragem a direita, um loop e ainda um ramo direto ou semi-direto de viragem a esquerda. Eventualmente esta configuração pode ser alterada nomeadamente na substituição do ramo semi-direto por um outro loop e mantendo o restante. Esta última situação não é a mais desejada porque vai criar uma zona de maior conflito de entrecruzamento e poderá ainda aumentar o valor/quantidade de obras de arte a realizar.

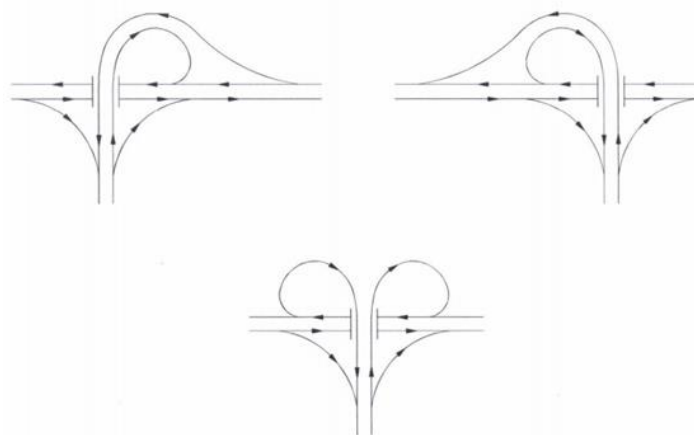


Figura 3.5 -Tipo nós de três ramos [6]

Ainda dentro dos nós de três ramos podemos encontrar os nós especiais, sendo menos comum de encontrar esta solução muito devido à necessidade de haver uma maior construção de obras de arte e por consequência eleva o seu custo. Podendo assim ter nó em pêra, nó em forquilha e um desenvolvimento do anterior, nó em raquete, tal como mostra a Figura 3.6.

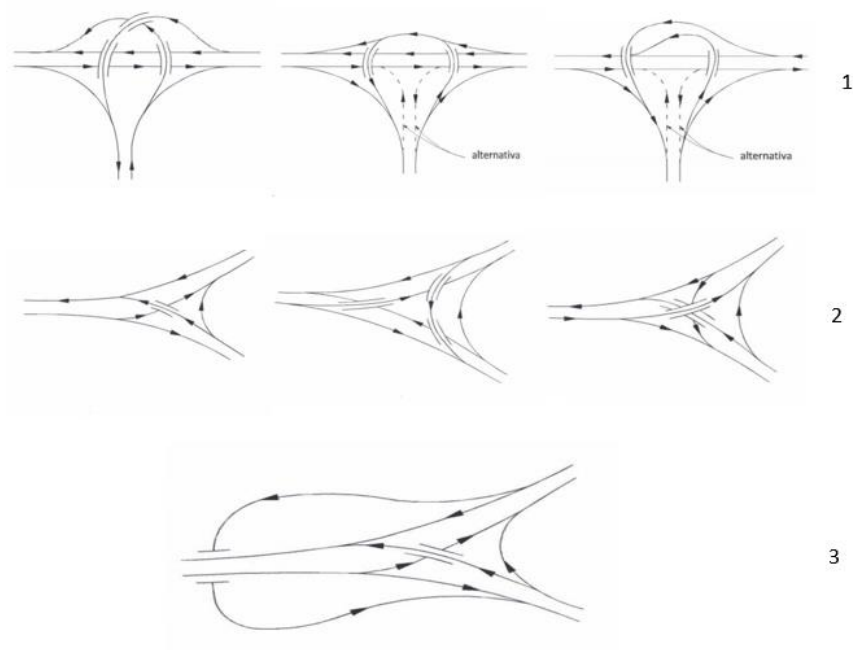


Figura 3.6- Nós especiais (1-Pêra;2-Forquilha;3-Raquete) [6]

3.2.2.2. Nós de quatro ramos

Este tipo de nó é essencialmente usado em cruzamentos desnivelados ao longo da AE, ou seja, não são usuais em zonas terminais. São caracterizados pelos movimentos permitidos sem que haja nenhum conflito direto dos possíveis oito movimentos.

Podendo então classificar-se da seguinte maneira:

- Nós em diamante
- Nó em meio-trevo incompleto
- Nó em meio-trevo completo
- Nó em trevo

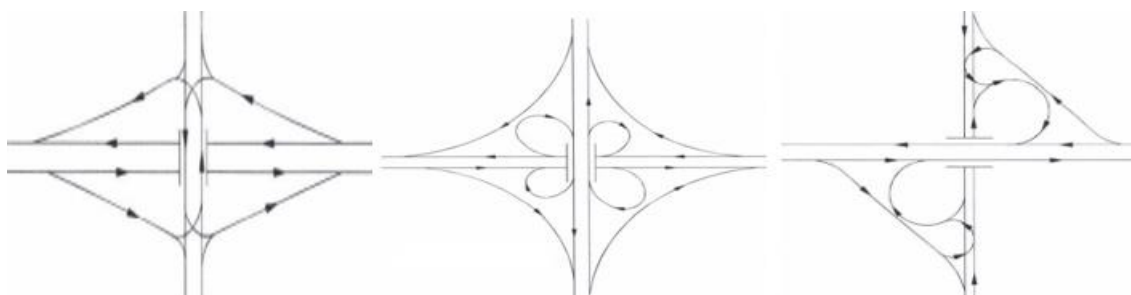


Figura 3.7- Nós 4 ramos [6]

3.3. Medidas de Redução de Risco

3.3.1. Enquadramento

Como sendo locais de transição entre ambientes rodoviários idênticos ou distintos, e sabendo da existência de ocorrência de acidentes aqui localizados, em alguns casos em elevado número, deve existir um conjunto de medidas de redução do risco de acidente a aplicar. Após a recolha de documentos bibliográficos conclui-se que existe diversas soluções a aplicar em transições entre meios diferentes, nas estradas de categorias idênticas ou em mudança de meio rural para urbano.

As medidas de redução de risco poderão ajudar o condutor a obter uma melhor perceção e recolha de informação do local onde circula, nomeadamente nestas zonas de transição. Conforme o número de sinistralidade do local, as medidas podem ser mais severas ou apenas medidas de acalmia, sem grande complexidade.

Em função do que se pretende, antes de aplicar qualquer que seja a proposta de intervenção deve existir um estudo prévio do local, uma caracterização geométrica, análise de sinistralidade, recolha de velocidades, verificação do estado da via, etc. Em prol desta análise a escolha da solução a aplicar deve ter por base a sua eficácia aquando da aplicação no terreno, mas também ter em atenção ao custo/benefício. Algumas vezes as soluções acabam por resolver o problema em determinado ponto, mas criam um problema em outra zona a montante ou jusante do local de intervenção.

3.3.2. Medidas de Redução

A uniformidade no traçado rodoviário, nomeadamente em autoestrada, faz com que o comportamento do condutor não se altere muito, contudo em zonas de transição esta uniformidade pode ser perigosa, aumentando a probabilidade da ocorrência de acidentes.

Desse modo surge a necessidade de denotar a existência de transições rodoviárias utilizando elementos geométrico ou operacionais que alterem a perceção do condutor e consequentemente o seu comportamento, nomeadamente através da adequação de velocidade ao local que circula. Assim, será apresentado algumas possíveis medidas a serem aplicadas em transições.

Baias direcionais-Chevron

A instalação de baias direcionais LED com sensor de proximidade de veículos funciona no sentido de alertar o condutor para a aproximação e respetiva circulação em curvas com raios menores, normalmente em ramo em forma de Loop. O funcionamento em modo sequencial dá indicação ao condutor sobre o sentido da curva, uma enorme ajuda principalmente em condições de reduzida visibilidade, tal como em dias de nevoeiro, chuva ou noite escura, devendo este acender em sequência ativado pela deteção da aproximação de veículos. Estas baias devem ser colocadas ao longo da curva, sendo que a primeira deve estar instalada na perpendicular com a trajetória descrita pelo veículo, à entrada da curva. O espaçamento entre estás deve ser definido para um múltiplo de 4 m, devendo ser visível em simultâneo pelo menos 3 baias utilizando um espaçamento de 1.5 vezes o anteriormente usado [14].

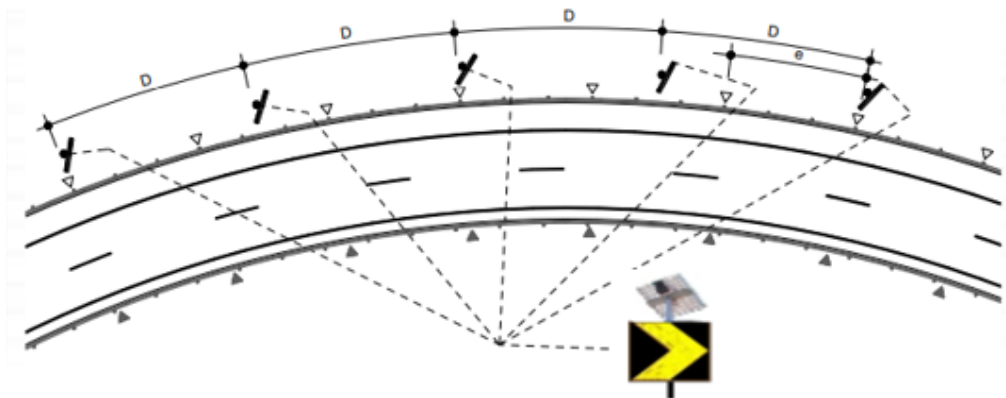


Figura 3.8- Colocação Chevron-adaptado [14]

As principais vantagens da utilização desta sinalização, nomeadamente com auxílio de leds, são:

- Fácil instalação e boas condições de visibilidade;
- Eficiente na acalmia de tráfego e respetiva redução de velocidade;
- Não encadeia os condutores;
- Alimentação a luz solar.

Sinalização C13 LED's

A sinalização vertical está presente em qualquer estrada, independente da categoria viária. A sinalização do tipo C13 é definida como a sinalização de proibição de exceder a velocidade máxima X Km/h, indicando ao condutor que é proibido circular acima da velocidade definida, utilizando sempre múltiplos de 10 na limitação.

Inúmeras vezes esta sinalização não é respeitada pelo condutor, cometendo assim uma infração e adotando uma condução perigosa, aumentando a probabilidade de risco de acidente. Desse modo surge a ideia de utilização desta sinalização com recurso a luz LED. Esta pode ser instalada no contorno externo, interno ou simultaneamente nos dois, aumentando assim a atenção do condutor a esta sinalização. Devido à monotonia de circular em autoestrada, e em particular em longas viagens, os condutores tendem a ignorar ou relevar a sinalização presente na margem da via. Por esse facto a instalação led permite captar mais facilmente a atenção do condutor. A utilização de sistema de focos na sinalização, como é possível ver na Figura 3.9, torna-se também algo recorrente e com idêntica eficácia. De salientar que no Decreto Regulamentar nº 22-A/98 não existe nenhuma referência a qual dos sistemas é preferível usar.



Figura 3.9- Solução Led possível na sinalização

Marcas Rodoviárias

Como funções principais, as marcas rodoviárias inseridas no pavimento, consistem em orientar o condutor visualmente e incentivar uma maior atenção para a informação gráfica inserida na via. A informação que se pretende transmitir deve ser visível, credível e de fácil compreensão. As marcas inseridas no pavimento devem ser de materiais resistentes para resistir às diversas condições atmosféricas e à passagem de todo o tipo de veículos motorizado. Existem diversas marcas rodoviárias que possivelmente podem ser inseridas em zonas de aproximação a locais que requerem uma diminuição de velocidade tais como ramos dos nós, destacando-se a seguir as:

- Bandas Cromáticas (M20) – Inseridas numa sequência de linhas contínuas e transversais à via com um espaçamento degressivo, têm como principal função advertir para necessidade de reduzir a velocidade [14];
- Inscrições no pavimento – de modo a transmitir ao condutor as indicações presentes em sinalização vertical; podem ser utilizadas inscrições no pavimento com caracteres e símbolos de forma a serem mais facilmente legíveis pelos condutores.

Na Figura 3.10 está representado exemplo deste tipo de marcas utilizados em casos reais.

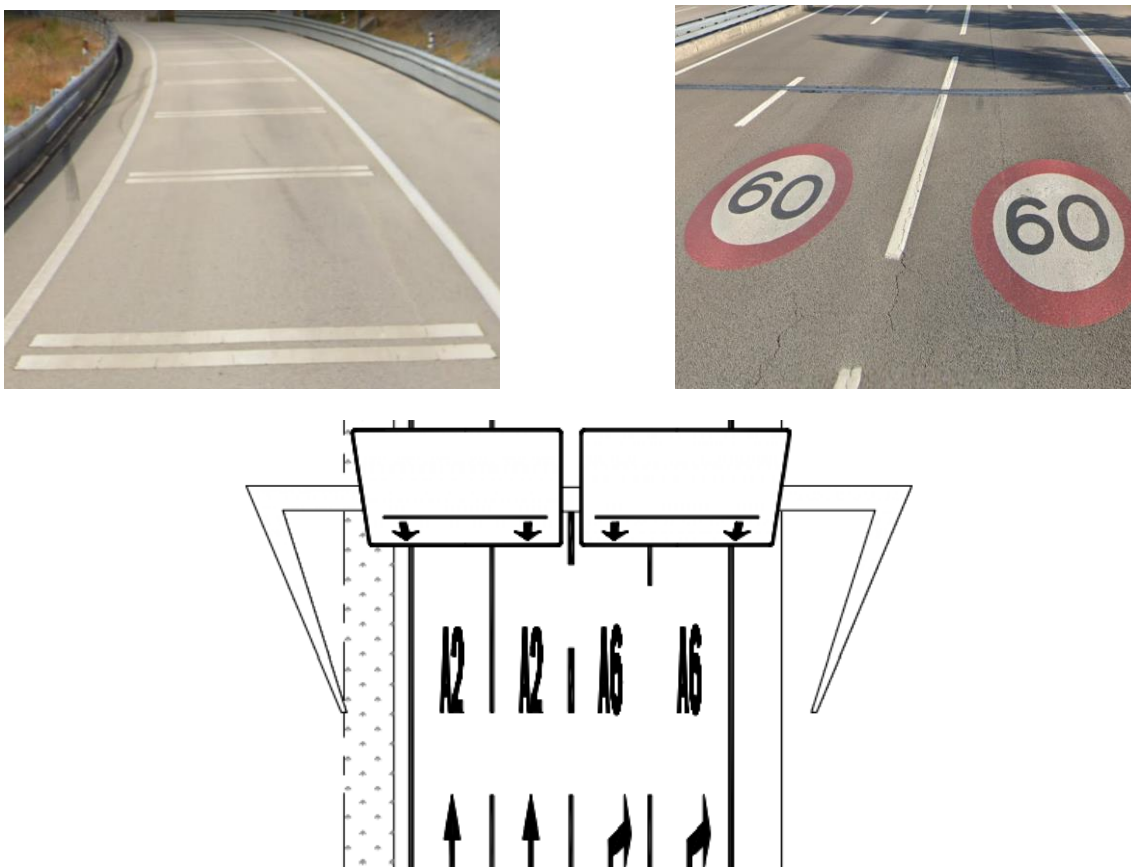


Figura 3.10- Possíveis soluções a serem aplicadas (Fonte: Google Maps e [14])

No caso de marcas rodoviárias com limite de velocidade a função primordial é de obrigação e cativar a atenção do condutor, nomeadamente para a não ultrapassagem do limite estabelecido. No geral, as marcas rodoviárias devem cumprir os requisitos mínimos das características gerais que são as seguintes:

- Cor – devem ser preferencialmente de cor branca, de forma a contrastar com o pavimento, podendo em alguns casos ter cores idênticas a sinalização vertical;
- Visibilidade – talvez a característica mais importante, uma vez que, caso não sejam visíveis, as marcas de nada servem existir. Assim sendo, estas devem ser visíveis de forma a orientar o condutor. O contraste, brilho e tamanho são fundamentais e devem ser conjugados de modo a obter as condições ideais para o condutor visualizar as marcas, quer em condições diurnas quer noturnas por via da iluminação pública ou pelos faróis dos veículos;
- Durabilidade – de modo a ser uma solução fiável e de pouca manutenção esta deve ser durável, o que dependerá muito do nível de volume de tráfego que circular naquele local bem como a composição do tráfego. O estado e tipo de pavimento são também dois fatores que podem alterar a durabilidade das marcas. A forma de obter soluções de maior durabilidade será através da aplicação do material por incrustação, num método de preenchimento com material a quente ou

frio e com recurso a uma fresagem no pavimento ou colagem e incrustação de marcas já pré-fabricadas através de cilindrado [20];

- Aderência – após se verificar todas as características técnicas anteriores não se deve desvalorizar as características de aderências entre superfície e pneu do veículo. O atrito entre estes dois deve ser mantido de forma a não ocorrer derrapagem, esta pode ser melhorada usando agregados antiderrapantes.

Ao nível de dimensão as marcas devem obedecer à largura da via, nomeadamente estarem dentro do limite desta. Podem ser moldadas dependendo das características da via, podendo ser marcas mais circulares ou mais achatadas.

Radares Rodoviários

É uma solução economicamente fiável utilizada em diversos locais ao longo da rede nacional portuguesa e em muitos outros países. Antes da instalação deste deve haver um cuidadoso estudo do local bem como uma recolha de velocidades praticadas. Contudo, a diferença de velocidades praticadas entre o ponto de localização do radar e um ponto mais a jusante pode ser elevado, isto é, no local onde está presente o radar os condutores alteram de forma significativa o seu comportamento, já no ponto a jusante sem qualquer controlo de velocidade o condutor aumenta a sua velocidade para níveis muitas vezes excessivos [10].

Apesar de ser uma solução fiável a aplicar num local com excesso de velocidade de circulação, deve ser tido em conta que se vai verificar a redução de velocidade a montante do radar até ao ponto onde este está instalado, e a jusante pode ocorrer um gradual aumento de velocidade. Será uma medida interessante de aplicar em situações de ligação entre autoestrada a meio urbano, fundamentalmente já próximo do final de ligação a este meio urbano ou então instalar a montante de um ramo constituinte de um nó terminal, isto é, na ligação entre plena via e ramo do nó.



Figura 3.11-Radar de velocidade SINCRO [14]

Rotunda (ligação meio urbano)

A implementação de rotunda na maioria dos casos de transição entre autoestrada e meio urbano continua a ser uma das principais e vantajosas medidas de acalmia de tráfego, obrigando os condutores a reduzirem a velocidade a que circulam, sem ser necessário pararem o veículo. Esta apenas pode ser uma medida a aplicar na transição entre ambientes diferentes, entre autoestrada e meios de circulação a velocidade mais reduzida, pois neste tipo de ligação inúmeras vezes o condutor não adequa a sua velocidade de maneira eficiente muito devido ao perfil de plena via e ramo de ligação serem idênticos, causando uma interpretação errada pelo utilizador.

Como principal vantagem destaca-se a eficiência de redução de velocidade e conceder ao condutor a plena perceção que alcançou o término da autoestrada onde circulava, consequentemente tem o potencial de reduzir o número de acidentes e respetiva gravidade [13].

Em termos de custo, à primeira vista pode ser uma solução mais dispendiosa, pois exige todo um processo de projeto, construção e exploração com custos elevados face a medidas menos dispendiosas. Mas de salientar que não é adequado fazer uma comparação com as anteriores uma vez que não concorre com as anteriores, mas sim complementam-se.

3.3.3. Outras medidas

Para além das medidas tradicionais referidas anteriormente, apresenta-se a seguir a descrição de dois estudos científicos sobre medidas de redução de velocidade em zonas de transição.

Estudos realizados por algumas universidades internacionais [24] sugerem a colocação de guardas de segurança de cor amarela localizadas nas imediações da zona de saída, designadas de “*yellow color guardrail belt (YCB)*”, de forma a transmitir a informação de aproximação à saída de autoestrada ao condutor de forma mais eficaz.

Os autores do estudo referem os seguintes fatores como relevantes para a escolha desta solução: a complexidade que o fluxo de tráfego gera muitas vezes nas saídas/términos dos nós; as diferentes velocidades que cada veículo circula nestas zonas potencia um acréscimo de perigo; e por fim a não observação das placas de indicação, quer devido ao grande fluxo de veículos pesados quer por falta de atenção do utilizador, leva a não ser adotada a melhor aproximação do local por parte do condutor.

Algumas pesquisas levaram a concluir que o olho humano tem uma maior sensibilidade a cores amarelas, sendo esta, tal como o fluorescente, associada muitas vezes a situações de perigo. Em dias de condições atmosférica mais adversas, como nevoeiro, é uma mais valia devido à sua fácil penetração e, assim, visualização.

Pelas razões acima mencionadas, é proposto a aplicação desta cor na guardas de segurança na limitação das vias. Assim sendo é esperado que o condutor fique mais vigilante e tenha tempo suficiente para preparar a sua aproximação à saída, e do mesmo modo diminuir a sua velocidade de circulação na aproximação.

A localização destas guardas deve ser definida de forma a que condutor consiga prever e elaborar a manobra de aproximação em segurança. Para uma velocidade média de 100km/h em 60s é percorrida uma distância de 1667m, neste caso, foi proposto que as YCB fossem colocadas uma primeira a 3167m (1500m+1667m) e uma segunda a 1500m da saída, como é ilustrado na Figura 3.12.

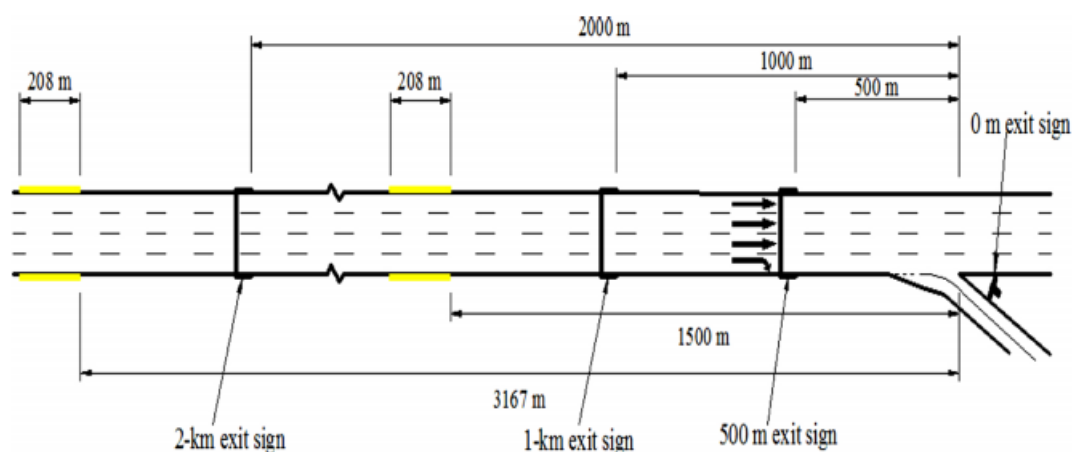


Figura 3.12- Solução com Guardas de Segurança amarelas [24]

Neste estudo os autores recolheram informação de dois cenários reais – antes e depois da colocação das guardas YCB. Uma das variantes mais importantes para a diminuição da sinistralidade é a velocidade, e com este cenário foi possível observar uma diminuição da velocidade em relação ao cenário sem as guardas YCB, sendo maior no local da primeira marca do que na segunda.

Foi ainda utilizado um equipamento de monitorização do olhar do condutor que permitiu observar o movimento/ fixação dos olhos do utilizador nos dois cenários, sem e com YCB. Os dados recolhidos por este equipamento permitiram observar que o tempo de fixação foi mais longo no cenário YCB, levando à conclusão que o condutor teve uma maior preocupação de recolher informação nesse cenário.

A colocação destas em ambos lados da via melhora a vigilância e a recolha de informação por parte do condutor. Existe assim uma melhoria quer ao nível de atenção quer na diminuição da velocidade na aproximação das saídas. Assim, os autores concluíram que esta solução será uma mais valia para um aumento da segurança e consequentemente diminuição da sinistralidade.

De facto, estudos focados na redução de velocidade quando se transita entre zonas com limites de velocidade distintos, referem que é necessário haver uma clara transição garantindo-se uma zona segura.

Neste contexto, uma das medidas propostas por elementos da *Qatar University* e *UHasselt, Transportation Research Institute*, [16] é a aplicação de marcas rodoviárias no pavimento, inscrições no pavimento com limite de velocidade, variando o número de inscrições com alteração do brilho e/ou tamanho ao longo da zona de transição

As diferentes estratégias que se podem usar na marcação rodoviária são:

- 1) Impressão de velocidade aumentada;
- 2) Perceção efeito de estreitamento de estrada;
- 3) Combinação de efeitos (Combinação dos efeitos anteriores).

Esta estratégia permite produzir uma impressão de aumento de velocidade no condutor e assim estimular para uma melhor adaptação da velocidade de circulação. Com o objetivo de estudar a eficácia desta medida os autores utilizaram o ambiente simulado para avaliar o comportamento dos condutores. O uso de simuladores de condução é essencial para entender o comportamento/fatores humanos sem pôr em causa a segurança dos participantes no estudo. São comuns os estudos em simuladores de condução relacionados com o uso de telemóvel na condução, fadiga, condução noturna e sob efeito de álcool.

Assim, neste estudo foram criados 3 cenários tais como mostra a Figura 3.13. O primeiro cenário considerou apenas um aumento do brilho das marcas rodoviárias; o segundo considerou o aumento progressivo do tamanho das marcas rodoviárias; o terceiro consistiu numa combinação dos dois cenários anteriormente descritos. Nesses 3 cenários foram ainda combinados com o estudo de duas zonas de transição de velocidade, uma primeira entre 120 e 100 Km/h e um segundo modelo entre 100 e 80 Km/h.

A combinação dos efeitos está ligada a uma diminuição de velocidade, muito devido ao progressivo aumento do tamanho dos círculos, da redução de espaço entre eles e da diminuição da distância longitudinal entre duas marcações consecutivas. Este efeito cria uma ilusão de falsa perceção de distância.

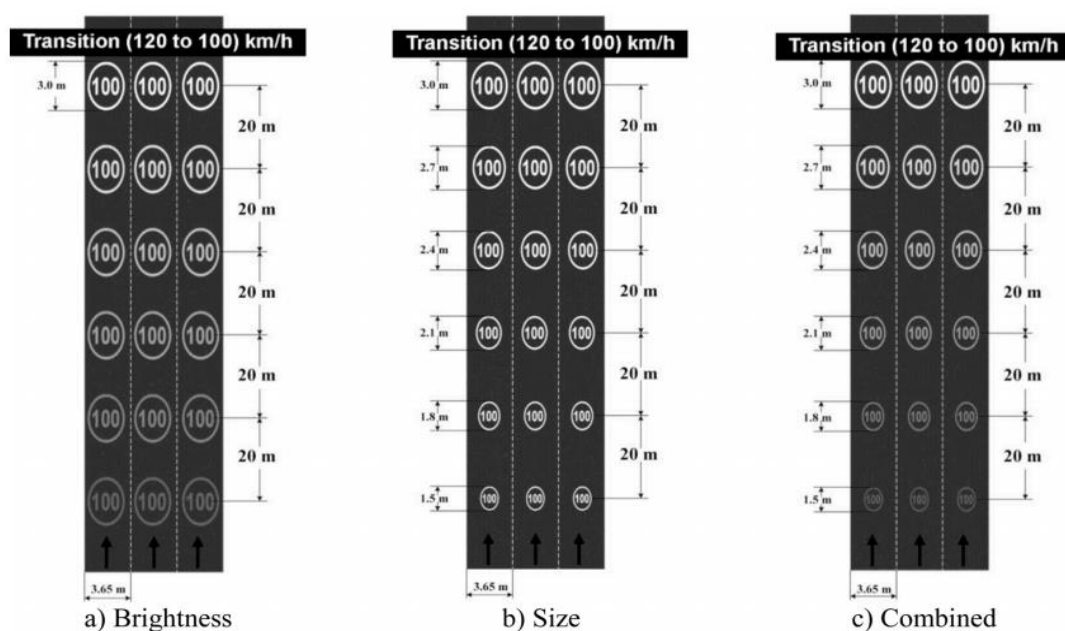


Figura 3.13- Possíveis soluções com variações de parâmetros [16]

Os resultados obtidos neste estudo em simulador demonstram que num cenário de combinação de parâmetros das marcas, o condutor reduz a sua velocidade significativamente. Em conclusão, o efeito produzido pela variação do brilho e tamanho poderá ser uma medida de melhoria de segurança rodoviária em zonas de transição, estimulando o condutor a diminuir a velocidade para as velocidades indicadas na sinalização.

3.3.4. Síntese

Em modo de síntese é observável que existe um variado número de solução a adotar em função da localização, geometria, tipo de transição, sinistralidade etc. No caso de transições entre ambientes rodoviários muito distintos, caso de AE para meio urbano, a solução deve ter uma eficácia não só de informação de condutor, mas conseguir alterar o comportamento deste, nomeadamente na escolha de velocidades a adotar.

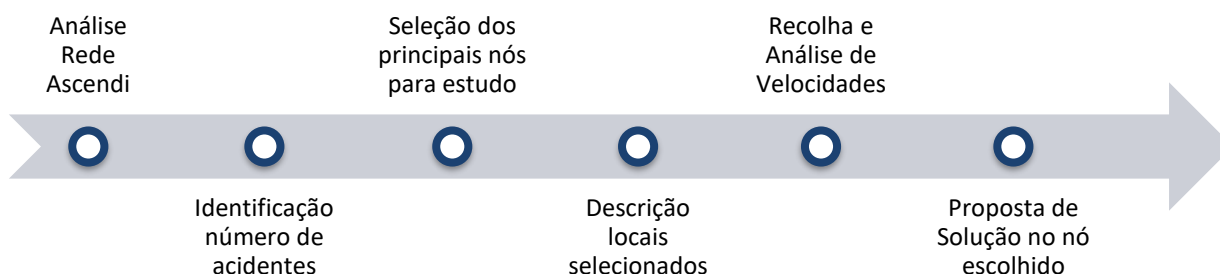
4

Metodologia

4.1. Enquadramento

A presente dissertação, realizada na empresa ASCENDI, teve como principal foco o estudo da segurança rodoviária em zonas de transição entre ambientes rodoviários, nomeadamente em nós de ligação e seus constituintes ramos localizados em locais terminais da AE. Na Tabela 4.1 está representado o cronograma de tarefas que foram planeadas e consequentemente realizadas ao longo desta dissertação.

Tabela 4.1- Cronograma de etapas



Foi fundamental, em primeira estância, compreender e conhecer a rede viária da ASCENDI bem como a identificação dos seus nós e as suas características. Nas 6 Concessões onde opera, existem um total de 14 autoestradas com 30 nós de ligação podendo classificar da seguinte forma, quanto à transição entre ambientes rodoviários:

- 19 nós de ligações entre meio rodoviários idênticos, AE-AE;
- 3 nós de ligações terminais de AE-Meio Urbano;
- 8 nós com ligação com dois tipos de transição - AE-AE e AE-Meio Urbano.

As informações respeitante à classificação está presente na Tabela 4.2.

Após esta identificação foi necessário analisar a sinistralidade em cada um dos 30 locais. Para tal, e com ajuda do sistema de informação geográfico (SIG) e da base de dados da ASCENDI, foi elaborada a Tabela 4.2 onde se introduziu em cada concessão as suas respetivas autoestradas bem como cada nó de ligação selecionado.

Dos 30 locais identificados, foram ainda selecionados os locais mais críticos para serem alvo de um estudo mais específico no âmbito da presente dissertação. Para tal, foi analisado os acidentes registados nos referidos locais incluindo os acidentes ocorridos em plena via, considerando até 500m a montante do nó. Foi recolhido o número total de acidentes, com e sem vítimas, para de seguida selecionar os locais de estudo que apresentam maior número de acidentes, utilizando o indicador acidente com vítimas.

Desta análise resultou uma seleção de locais, definindo-se cada local quanto às características geométricas, bem como analisando com detalhe a sinistralidade de cada um destes nós, nomeadamente a informação relativa a:

- Número de acidentes total, mortos e feridos graves ou ligeiros;
- Natureza dos acidentes;
- Condições meteorológicas;
- Período Horário;
- Luminosidade;
- Via;
- Estado do Piso;
- Tipo de veículo.

Após esta recolha e análise de dados foi fundamental obter dados mais concretos dos locais, nomeadamente velocidades praticadas bem como sinalização e limites de velocidades adotados em cada uma das transições. No enalce de redução do risco, um conjunto de medidas foi analisado e proposto para um dos locais escolhidos sob efeito de algum critério de escolha.

4.2. Identificação dos locais e respetiva sinistralidade

Como já foi descrito anteriormente, o primeiro passo deste estudo consistiu numa análise da rede ASCENDI e posteriormente identificação dos nós de ligação em autoestradas a serem estudados. Numa primeira instância foi analisada a rede através da plataforma SIG, onde se elaborou uma listagem de todos os nós de ligação de término de autoestrada, inclusive nós terminais para concessões da ASCENDI, bem como a identificação do tipo de transição, autoestrada-autoestrada, autoestrada-meio urbano ou mesmo o misto dos dois anteriores, autoestrada-autoestrada e opção de transitar para um ambiente rodoviário de meio urbano. Após esta primeira abordagem surgiu a necessidade de identificar e recolher toda a sinistralidade presente nestes locais. Para uma abordagem uniforme definiu-se os seguintes critérios de análise da sinistralidade:

- Período de análise de 5 anos (2016 a 2021 (março));
- Ramos dos Nós;
- Plena Via (até 500m a montante);

- Ligação a meio urbano;
- Divisão de com ou sem vítimas.

Tabela 4.2- Totalidade Nós de Ligação terminal para AE

Concessão	Autoestrada	Nó de Ligação-terminal	Acidentes C/V	Acidentes S/V	Total	Tipo de Ligação
Grande Porto	A4	Sendim ligação A4-1	13	41	54	AE-AE e AE e meio urbano
		Águas Santas	1	10	11	AE-AE
	A41	Freixieiro (Perafita)	9	9	18	AE-AE
		A41/A42	4	26	30	AE-AE
	A42 (Norte)	A41/A42	0	5	5	AE-AE
		Lousada(A11/A42)	0	17	17	AE-AE
	VRI	Aeroporto	8	6	14	AE-AE e meio urbano
		Custóias	0	0	0	AE-AE
Grande Lisboa	A16	A5	6	30	36	AE-AE e AE e meio urbano
		Crel	1	39	40	AE-AE
Norte	A7	Póvoa de Varzim(A7/A28)	3	5	8	AE-AE e AE e meio urbano
		A7/A24	1	2	3	AE-AE
	A11	Apúlia	0	3	3	AE-AE e AE e meio urbano
		Selho	0	4	4	AE-AE
		Calvos	4	22	26	AE-AE
		Castelões	9	7	16	AE-AE
Costa de Prata	A44	Coimbrões	48	18	66	AE-AE e AE
		A29/A44	3	27	30	AE-AE
	A29	Freixo(A20)	1	29	30	AE-AE
		Angeja(A25/A29)	0	1	1	AE-AE
	A25	Porto de Aveiro	10	9	19	AE- Meio Urbano
		Albergaria	7	2	9	AE-AE
	A17	Mira	0	1	1	AE-AE e AE e meio urbano
		Aveiro Nascente	0	1	1	AE-AE
Beiras Litoral e Alta	A25	Albergaria	7	0	7	AE-AE
		Vilar Formoso	0	0	0	AE- Meio Urbano

Pinhal Interior	A13	A23(Atalaia)	1	2	3	AE-AE e AE e meio urbano
		Coimbra Sul	0	39	39	AE- Meio Urbano
	A13-1	IC2	0	0	0	AE-AE e AE e meio urbano
		Condeixa	0	3	3	AE-AE

Para uma pré-seleção dos locais a analisar, considerando os 30 locais mencionados anteriormente, foi efetuado um ranking dos locais pela sinistralidade mais elevada, selecionando-se assim os que apresentam maior sinistralidade, e que estão identificados na Tabela 4.3 por ordem decrescente do número de acidentes do total de 5 anos.

Tabela 4.3-Locais selecionados e respetiva análise

	Autoestrada	Nó de Ligação	Número acidentes (2016-2021(mar))	TMDA-2019 (veic/dia)	Tipo de Ligação
1	A44	Coimbrões	66	86561	AE-AE
2	A4	Sendim	54	47756	AE-AE e meio urbano
3	A16	CREL	40	20479	AE-AE
4	A16	Nó com A5	36	53491	AE-AE e meio urbano
5	A41	Nó A41/A42	30	21981	AE-AE
6	A44	A29/A44	30	45058	AE-AE
7	A29	Freixo (A20)	30	29009	AE-AE
8	A11	Calvos	26	9016	AE-AE
9	A25	Porto de Aveiro	19	25647	AE-meio urbano
10	A41	Freixieiro	18	30950	AE-AE

11	A42	Lousada (A11/A42)	17	9059	AE-AE
12	A11	Castelões	16	15599	AE-AE

4.3. Medições de Velocidade

4.3.1. Enquadramento e Objetivo

É de salientar que da análise dos registos dos acidentes, verificou-se que na maioria das vezes a causa não é conhecida, sendo registado como “Causa Desconhecida”. Na verdade, depois de ocorrer o acidente torna-se difícil identificar a causa deste, nomeadamente se foi por excesso de velocidade.

Contudo, diversos estudos [10] apontam para que a não adequação da velocidade de circulação ao local, leva a que a capacidade do condutor para recolha de informação bem como do tempo de reação para alteração da condução diminui significativamente, originando assim uma maior probabilidade de ocorrência de sinistralidade rodoviária.

Como a velocidade de circulação é um dos fatores fundamentais na condução segura [1], a correta definição dos limites de velocidade bem como a prática de velocidades adequadas são fatores cruciais para a segurança nos locais, como é possível observar na Figura 4.1 pequenas mudanças de velocidade podem aumentar em muito o risco de acidente.

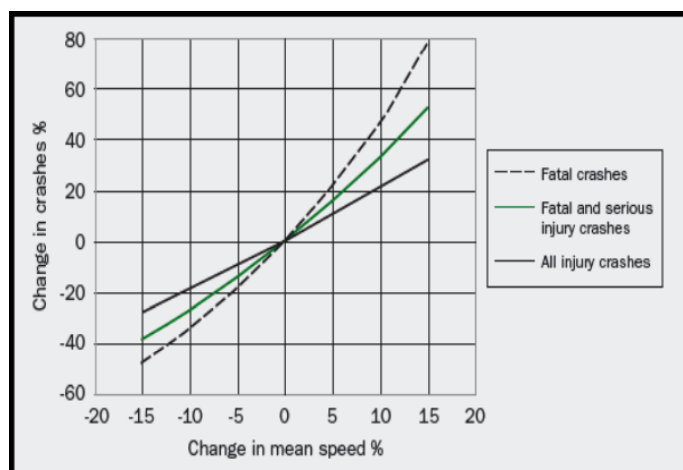


Figura 4.1-Efeito Mudança de Velocidade [10]

Deste modo surgiu a necessidade de realizar uma recolha e posterior análise das velocidades praticadas nos locais, de forma a identificar se a velocidade é uma potencial causa dos acidentes. Como tal, e após efetuar a primeira seleção dos locais e analisar a respetiva sinistralidade, foram definidos pontos estratégicos em cada local para a colocação dos aparelhos de medição velocidade.

Para esta medição foi utilizado o equipamento Viacount II de contagem de tráfego bem como medição de velocidade dos veículos, através de um sensor de radar Doppler. Este regista a velocidade de passagem de cada veículo, seu comprimento, intervalo de passagem entre veículos e ainda a data e hora de cada medição, sendo que a passagem destes dados para computador é feita através de ligação direta por cabo ao aparelho ou sem fios por Bluetooth.



Figura 4.2- Colocação radar no terreno (Fonte: Autor)

Para obter os registos de todas as variáveis foi necessário instalar o aparelho junto à berma da autoestrada, Figura 4.2, tendo em atenção que este deve estar seguro e à altura dos veículos, de modo a que a parte inferior do armário esteja entre 0.5 a 1 m acima da cota das vias de tráfego e ainda com o “nariz do armário” inclinado numa posição diagonal a apontar para as vias em questão.

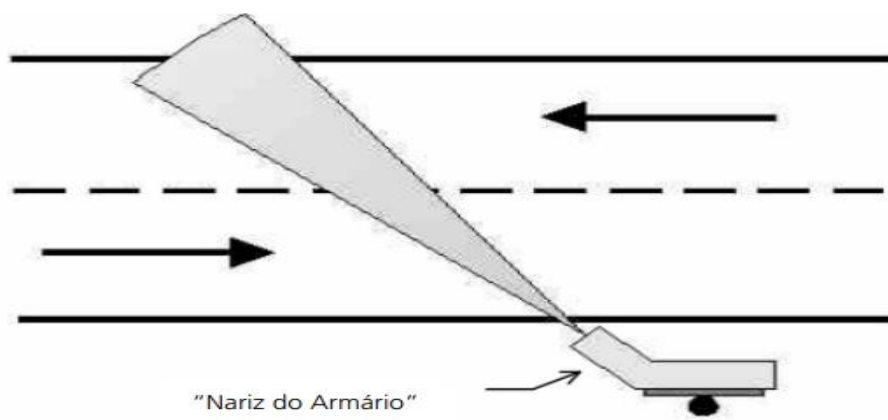


Figura 4.3- Forma de instalação aparelho ViaCount II [11]

Para o processo de medição, foi fundamental elaborar uma planificação com data de início e fim de colocação do aparelho como também a localização específica em cada local de estudo, dentro das respetivas concessões.

Para tal, começou-se por analisar em cada local os elementos de sinalização, nomeadamente a localização e respetivo valor de limitação de velocidade da sinalização vertical, bem como a distância entre os vários sinais, definindo assim zonas de transição de velocidade e respetivo tempo útil para alteração de velocidade. Após efetuada esta análise definiu-se onde colocar o aparelho de medição, com o apoio de bibliografia [12] sobre o tema e com ajuda da equipa SSR da ASCENDI. Contudo, é de salientar que desta análise não foi possível identificar critérios únicos que orientassem a escolha dos locais a colocar os equipamentos, sendo que a escolha destes está dependente da geometria e sinalização de cada local. Dessa forma foram definidos locais estratégicos e diferenciados para cada local de estudo.

Por outro lado, foram ainda estabelecidos os seguintes critérios para o processo de medição a aplicar a todos os locais:

- Período medição de 48h;
- Colocação apenas nos dias uteis, Segunda a Sexta;
- Colocação em 2 ou mais pontos dos nós.

A data de início da colocação dos aparelhos para as primeiras medições foi no dia 26 de abril de 2021, de forma a coincidir com a data do fim do confinamento devido à pandemia por Covid-19. Deste modo foi necessário elaborar um plano estratégico da sequência de locais a colocar.

Após se obter os dados das medições de velocidades, na fase de tratamento de dados selecionou-se as variáveis com maior interesse para este estudo, sendo as seguintes:

- Velocidade instantânea;
- Velocidade máxima;
- Velocidade mínima;
- Velocidade média;
- Desvio padrão;
- V85;
- V15;
- Total de passagens contabilizadas.

4.3.2. Síntese

Após o primeiro filtro de locais com maior sinistralidade, foi necessário estabelecer um número mínimo de locais a serem alvo de uma caracterização quanto à localização, geometria, sinistralidade e, por fim, de análise de velocidades para posterior identificação de soluções a aplicar. Tendo em conta o apoio da empresa através da disponibilidade de recursos materiais e humanos, foi possível selecionar 5 locais de maior interesse ao estudo: três deles com transição entre ambientes rodoviários idênticos, AE-AE, e os restantes dois são uma transição mista, isto é, existe a opção do condutor continuar a circular num meio

rodoviário idêntico, em itinerário principal ou optar por se deslocar para um ambiente rodoviário muito distinto, nomeadamente em termos de velocidades praticas, ou seja, transitar de AE para meio urbano.

O critério principal que levou a esta escolha de locais com maior interesse ao estudo, foi a sinistralidade ocorrida em cada um deles, tendo alguma atenção a locais onde os acidentes resultaram em vítimas, nomeadamente. Contudo foi tido ainda em consideração o facto da empresa ASCENDI ter já elaborado estudos de mitigação de sinistralidade e respetiva implementação de medidas em alguns dos locais anteriormente identificado. Assim não se achou pertinente efetuar o estudo e caracterização de nós que já apresentam intervenções de medidas de redução do risco de acidentes.

Assim sendo, os locais selecionados para o estudo foram:

- Nó de Calvos, A11;
- Nó Freixieiro (Perafita), A41;
- Nó de Sendim, A4;
- Nó com a A5 (apenas caracterização), A16;
- Nó A41/A42, A41.

De frisar que, inicialmente, foi escolhido o nó com a A5 da A16 para estudo e posterior medição de velocidades, mas em simultâneo com a elaboração da dissertação decorria um estudo de mitigação de risco de acidentes, levado a cabo pela ASCENDI. Assim sendo, achou-se pertinente apresentar o local quanto às suas características, mas não se elaboraram medições de velocidade no local, até devido à sua localização geográfica.

5

Caso de estudo

5.1. Enquadramento

Finalizando a recolha de informação sobre cada zona de transição da rede ASCENDI, e a posterior seleção de locais de interesse, foi fundamental existir uma caracterização de cada local quanto à sua localização, características geométricas, e ainda recolha e tratamento estatístico da sinistralidade, bem como analisar as velocidades praticadas.

Assim, em primeiro lugar, realizou-se uma caracterização geométrica e posterior análise da sinistralidade em cada zona, quer nos ramos dos nós, quer nas vias de ligação. A principal função desta análise é identificar os pontos críticos em cada local e tentar perceber o que desencadeia a ocorrência de acidentes nestes locais.

Considerando a influência da velocidade na ocorrência de acidentes e na gravidade dos mesmos [25,26], foi decidido recolher dados das velocidades praticadas através de medições de velocidades em pontos estratégicos dos referidos locais, tendo como suporte recursos materiais e humanos da empresa ASCENDI.

As medições de velocidade visam caracterizar o comportamento dos condutores nestes locais e identificar comportamentos de risco, tais como, excesso de velocidade, que, se combinado com condições de piso molhado e fraca visibilidade, aumenta a probabilidade de ocorrência de acidentes rodoviários, e a gravidade dos mesmos.

Após cuidada análise e tratamento de dados, quer de sinistralidade quer das velocidades praticadas, e em conjunto com a equipa do Serviço de Segurança Rodoviária (SSR) da ASCENDI, foram identificados os locais críticos bem como um conjunto de medidas que visam reduzir a sinistralidade em zonas de transição que geralmente apresentam características muito específicas.

5.2. Descrição dos locais seleccionados

5.2.1. Nó de Calvos

Localizando-se na intersecção de duas AE's, articula o sublanço Guimarães-Calvos (PK 54+000), na A11, com o sublanço Guimarães Sul-Calvos (PK 46+700), na A7. Este nó de ligação terminal para a autoestrada A11, com ligação à A7, corresponde ao típico nó em “trompete”.

Trata-se assim de um nó constituído por quatro ramos unidireccionais (A, B, C, D) e o ramo A+B bidirecional, com todos os ramos a se desenvolver com duas vias na maior parte da sua extensão. Destaca-se também como condicionantes na implantação a orografia acidentada do local, obtendo assim inclinações acentuadas com que se desenvolve os traçados.

Os ramos B e D estabelecem o movimento de saída da A11. A ligação direta pelo ramo D não apresenta nenhuma sinistralidade, sendo que os acidentes se acumulam no ramo semidirecto em forma de “S”, o ramo B. Assim sendo, tornou-se relevante estudar com mais detalhe este local.

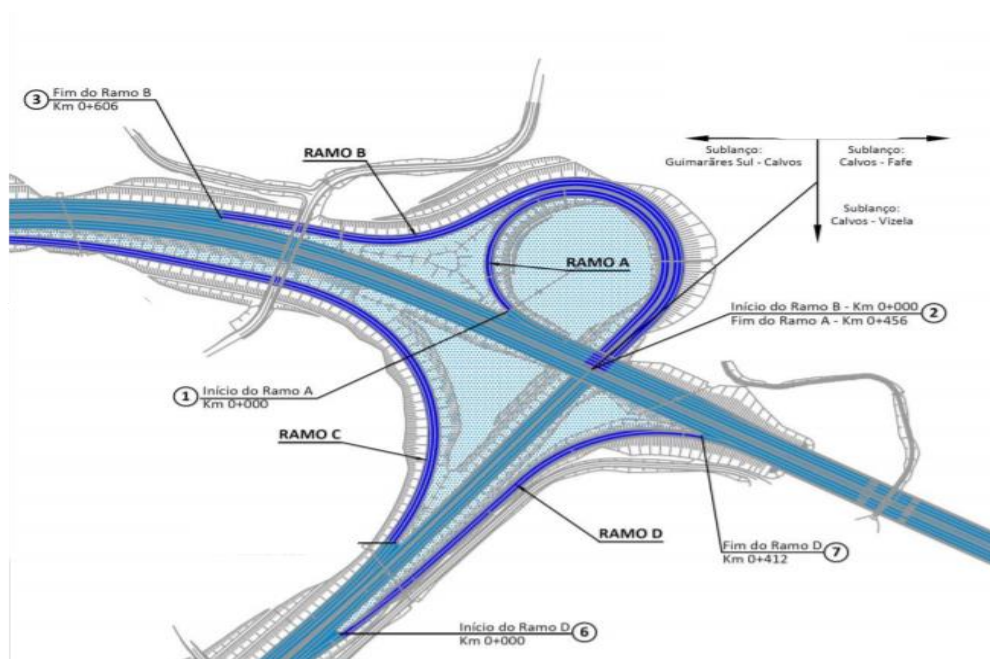


Figura 5.1- Nó de Calvos [9]

De facto, o ramo B apresenta características mais propícias à ocorrência de acidentes, devido à sua forma em loop e por se inserir no final de um longo alinhamento reto, suscetível a uma condução monótona para o condutor. O eixo deste ramo de ligação tem uma extensão total de 556 m e foi projetado para uma velocidade base de 60 Km/h, tendo as suas características geométricas principais representadas na Tabela 5.1.

Tabela 5.1-Características Geométricas-Ramo B, Nó de Calvos

Ramo	Raio mínimo (m)	Inclinação mínima (%)	Inclinação máxima (%)	Concordância convexa mínima (m)	Concordância côncava mínima (m)
B	130	2,1	7	2700	4000

De salientar que na curva de raio 130 m foi introduzido uma sobrelargura com 0,60 m. Numa comparação com as Normas de Traçado [5] é possível observar a conformidade com os valores recomendados pela própria.

Ao nível de perfil transversal tipo, o ramo B, foi considerado com dimensões previstas pela mesma norma para ramo de ligação unidirecionais, com os seguintes valores:

- Faixa de rodagem com 7,00 m de largura, 2 vias de 3,50 m cada;
- Berma exterior pavimentada com 2,50 m;
- Berma interior pavimentada com 1,00 m.

Na zona do Loop localizam-se os ramos A+B separados com separadores do tipo “New Jersey”, sendo que a partir da separação dos dois ramos passa a ser utilizado separador/guardas de segurança metálica semi-flexíveis.

Efetuando uma análise mais a montante podemos observar que este nó é inserido no final do sublanço Calvos -Vizela, A11 sentido decrescente, e encontra-se no final de uma longa reta de aproximadamente 2 Km, entre PK 56+000 e 54+000. Nesta secção de traçado adaptaram-se características geométricas, com valores superiores ao mínimo, correspondentes à velocidade de 120 Km/h e para as inclinações de traineis, que se aproximam de valores máximos, adotou-se velocidade de 100 Km/h.

O perfil transversal tipo da secção corrente está muito em conformidade com a Norma de Traçado, mais nomeadamente características técnicas das AE suburbanas. Assim sendo temos os valores de:

- 3,75 m em cada via, total de 2 vias por sentido (7 m por faixa de rodagem);
- 3,75 m de berma exterior pavimentada;
- 1,00 m de berma interior pavimentada;
- 4,10 m de separador relvado central.

Pela análise de sinistralidade ao nó é observável que todos os acidentes se localizam no ramo/ ou direção do ramo B, como já referido anteriormente, e como tal este ramo foi o selecionado para análise estatística

cujos valores de sinistralidade por ano são apresentados na Tabela 5.2, bem como respetivo número de vítimas.

Tabela 5.2 - Total de acidentes e Vítimas, Ramo B

Ano	Nº Acidentes	Nº Acidentes C/Vítimas	Nº Mortos	Nº Feridos Graves	Nº Feridos Ligeiros
2016	3	1	0	0	1
2017	5	0	0	0	0
2018	8	2	0	0	2
2019	6	0	0	0	0
2020	3	1	0	0	1
2021	1	0	0	0	0
(Jan – Abr)					

Foram contabilizados um total de 26 ocorrências de acidentes no período de tempo considerado, dos quais resultaram 4 vítimas. De salientar que não existiu nenhuma morte nem feridos graves destes 26 acidentes. Com ajuda do SIG da ASCENDI e relatório de acidente elaborado no terreno, foi possível localizar exatamente onde ocorre grande parte dos acidentes, concluindo-se que a maioria dos acidentes se localizam logo no início do ramo B, ao PK 46+697 , sendo que também se verifica alguma sinistralidade na aproximação deste.

Foi fundamental obter informações quanto à natureza dos acidentes, e analisando os dados obtidos observa-se que 96% dos acidentes são do tipo despiste, dos quais 85% sem vítimas e 12% com vítimas. Dos restantes 4% dos acidentes, foram de causa desconhecida. De salientar também que nestes 26 acidentes estiveram envolvidos um total de 26 veículos, dos quais 25 foram veículos ligeiros e apenas 1 veículo pesado.

Tabela 5.3 -Acidentes segundo a Natureza, Ramo B

Despiste	Natureza desconhecida
25	1

Analizou-se ainda as condições meteorológicas de cada acidente, bem como o estado do pavimento. Como se observa na Figura 5.2, existe assim uma distribuição quase idêntica do número de acidentes pelos dois estados meteorológicos – chuva e bom tempo. Esta distribuição indica que a condição meteorológica, nomeadamente em caso de chuva, aumenta o perigo e caso não haja a adequação do comportamento do condutor poderá resultar em acidentes, uma vez que a aderência entre pneu e piso fica reduzida.

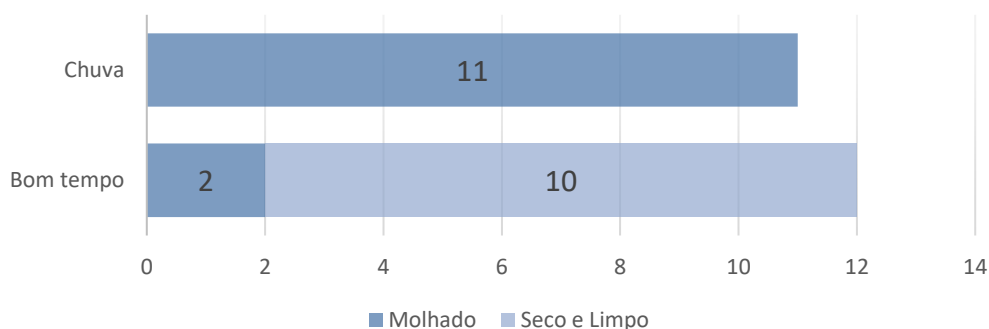


Figura 5.2-Condições Meteorológicas, Ramo B

Como já foi descrito anteriormente, toda a sinistralidade neste nó se localiza no ramo B, como tal a medição foi planeada e realizada na direção deste, nomeadamente na aproximação e circulação no ramo. O primeiro passo, antes das medições, foi identificar e caracterizar o local quanto à existência e localização da sinalização presente no mesmo, nomeadamente os sinais de limite de velocidade permitido.

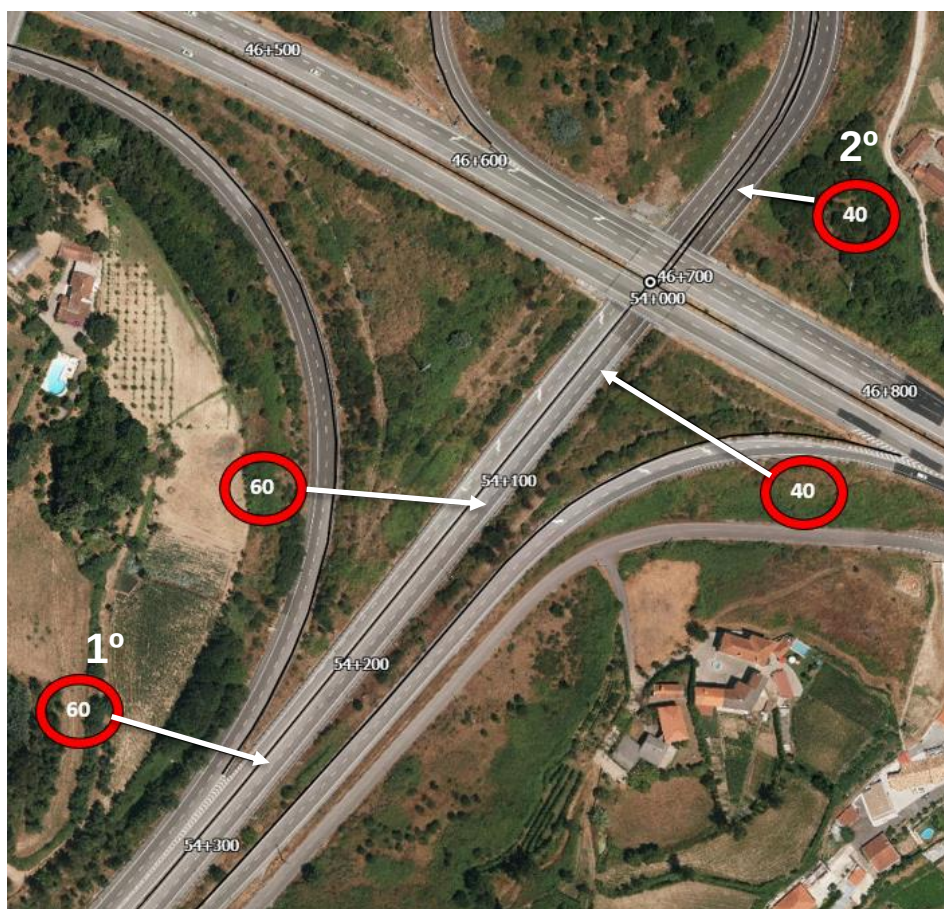


Figura 5.3- Localização Sinalização e colocação Viacount (Fonte: SIG ASCENDI)

No total de 300 m de aproximação ao ramo B, estão presentes 4 sinalizações verticais de limitação de velocidade, duas de 60 km/h e duas de 40 km/h. A distância entre a primeira sinalização vertical (60 Km/h) e a última (40 Km/h), já no início do ramo, é de cerca de 300 m. A distância entre o segundo sinal de 60 km/h e o primeiro de 40 km/h é de cerca de 95 m, podendo considerar aqui uma zona de transição no que diz respeito ao limite de velocidade. Como tal, se o condutor circular dentro dos limites de velocidade demorará sensivelmente 5,7s a percorrer esse espaço.

Na Tabela 5.4, é possível se observar o tempo que um condutor demora entre a transição de duas zonas de velocidades diferente (60 e 40) em função da velocidade a que circula, notando-se que em velocidades acima do permitido o tempo fica bastante reduzido.

Tabela 5.4-Tempo entre sinalizações

Velocidade Circulação (Km/h)	Tempo de circulação entre 2 sinalizações (s)
60	5.7
80	4.3
100	3.4
120	2.9
140	2.4

Assim, no entender que o condutor poderá necessitar de uma maior distância para redução de velocidade entre sinalização, foi decidido fazer a recolha de medições de velocidade na **primeira sinalização de 60**, ao PK 54+250 sentido decrescente, e uma segunda já dentro do ramo, **na última sinalização de 40**, PK 0+050 do sentido crescente do ramo.

Terminado o trabalho de colocação dos aparelhos, e recolha de medições, foi fundamental organizar os dados por velocidades, comprimento de veículos, data e hora. Feito isto elaborou-se então um resumo do relatório de velocidade, contendo os pontos mais importantes já acima descritos, procedendo-se a análise detalhada de cada local. Os resultados obtidos estão representados Tabela 5.20.

5.2.2. Nó de Freixieiro (Perafita)

Insere-se no início/fim da autoestrada A41, na interseção da ligação com o IC1/A28, localizando-se no sublanço Freixieiro-Aeroporto da Concessão Grande Porto. Este nó inicia-se no PK 0+200 até ao PK 0+000, no sentido decrescente da via.

Trata-se assim de uma transição entre ambientes idênticos feito através de um nó tipicamente de três ramos, em forma de “trompete”, sendo que a empresa ASCENDI gere os dois ramos deste nó que realizam esta mesma ligação, os ramos A e B. O ramo A corresponde a uma ligação em loop com a A28 em direção a Sul, Matosinhos, já o ramo B é uma viragem à direita feita de modo direto no sentido A28 norte, Vila do Conde/Viana C. Estes dois ramos apresentam valores de sinistralidade quase semelhantes, e assim a análise deve-se focar nestas duas ligações, A e B.

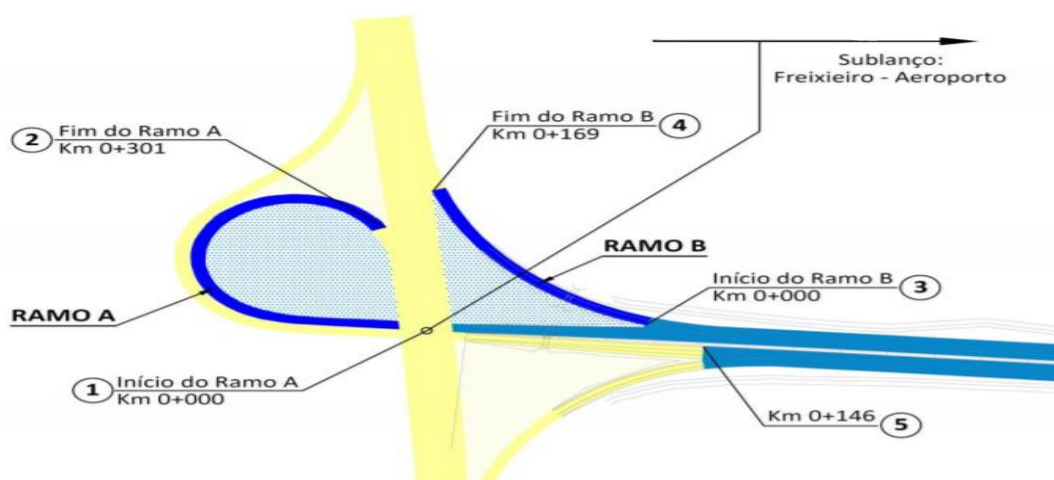


Figura 5.4- Nó Freixieiro [9]

O **ramo A** é uma típica ligação em loop com viragem à esquerda, com um desenvolvimento total 156,5 m, e faz a ligação com a A28. Inicia-se no PK 0+000 da A41, estando limitado a uma velocidade máxima permitida de 40 Km/h, muito devido às suas características, nomeadamente o raio ser de valor baixo e também, aparentemente, ser um local com alguma falta de visibilidade devido ao talude do terreno.

Já o **ramo B** efetua a ligação direta da A41 com a A28 sentido norte, e tem um desenvolvimento total de 178,6 m e inicia-se sensivelmente a partir do PK 0+200, sentido decrescente. É um ramo que começa em ligeiro declive e depois acaba em rampa, aparenta ter uma boa visibilidade ao longo de todo o seu comprimento e está limitado para uma velocidade de 60 Km/h.

Na Tabela 5.5 estão identificadas as principais características geométricas dos dois ramos, sendo que ambos os ramos são do tipo unidirecional e de apenas uma via, então apresentam o mesmo tipo de perfil transversal, com os seguintes valores:

- Faixa de rodagem de via única com 4,00 m;
- Berma esquerda pavimentada de 1,00 m;
- Berma direita pavimentada de 2,50m.

Tabela 5.5-Características Geométricas Ramo A e B, Nó Freixieiro

Ramo	Raio (m)	Inclinação mínima (%)	Inclinação máxima (%)	Concordância côncava (m)
A	145	0,5	5,1	900
B	170	-5,4	2,1	650

Feita a comparação de valores, ambos os parâmetros, geométricos e de perfil transversal, estão de acordo com a Norma Portuguesa de Traçado [5].

Localizado na interseção entre dois ambientes rodoviários idênticos, AE-AE, no qual um deles termina neste nó, este local foi escolhido para análise e possível seleção de medidas de mitigação, não só devido ao seu número total de acidentes, mas em parte por estes resultarem em acidentes com vítimas. Assim foi analisado em conjunto os dois ramos que marcam o término da A41, ramos A e B, mas também parte da plena via, a montante da divergência dos ramos.

Começou-se pela caracterização do número de acidentes e a gravidade de cada um. Dos 18 acidentes totais, 9 localizaram-se no ramo A, 4 no ramo B e os restantes na zona que antecede o nó. Desses 18, resultaram 5 com vítimas no ramo A e as 3 restantes vítimas resultaram dos acidentes no ramo B. O número de acidentes com vítimas corresponde a 44% dos acidentes ocorridos nos dois ramos, contudo, não se registou nem mortos nem ferido graves.

Tabela 5.6-Total de acidentes e Vítimas, Ramo A e B

Ano	Nº Acidentes	Nº Acidentes C/Vítimas	Nº Mortos	Nº Feridos Graves	Nº Feridos Ligeiros
2016	4	1	0	0	1
2017	2	2	0	0	2
2018	5	2	0	0	2
2019	2	1	0	0	1
2020	5	2	0	0	2
2021	0	0	0	0	0

Analisando os dados obtidos e de acordo com a Tabela 5.7, observa-se que 61% dos acidentes tem como natureza o despiste (11), 33% com vítimas e 28% sem vítimas. Os restantes acidentes são do tipo colisão, com amortecedor de choque (indecisão do condutor) e entre veículos traseira/lateral. De salientar que nestes 18 acidentes estiveram envolvidos um total de 20 veículos, 24 ligeiros, 1 pesado e 1 motociclo.

Tabela 5.7-Acidentes segundo a Natureza

Despiste	Colisão com Amortecedor de Choque	Colisão entre Veículos (Traseira)	Colisão entre Veículos (lateral)
11	4	2	1

Na análise das condições meteorológicas e do estado do piso (molhado ou seco), observa-se uma distribuição quase idêntica do número e acidentes por estado da via/tempo.

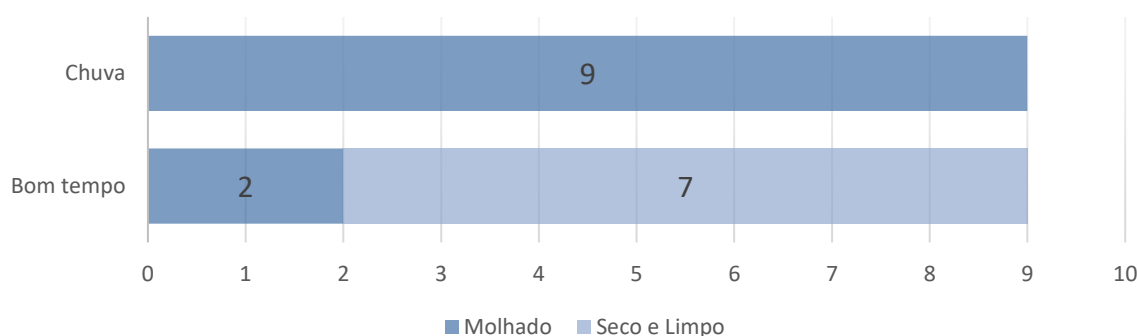


Figura 5.5-Condições Meteorológicas

Neste nó optou-se, assim, pela escolha de 2 locais de medição de velocidade: um primeiro em plena via, com medição de 3 vias no sentido decrescente, de modo a recolher velocidades de quem pretende circular para o ramo A ou B, isto é, de aproximação ao nó; um segundo local já na aproximação ao ramo A, zona a montante do ramo e com 2 vias a ser uma delas suprimida por cedência.

A sinalização neste local localiza-se ao PK 0+300 e sinaliza a velocidade máxima nas 3 vias de **80 Km/h**, no sentido decrescente do sublanço Freixieiro (Perafita)-Aeroporto. Para quem pretende circular na saída direta, no ramo B direção norte, o limite de velocidade é de **60 km/h** no PK 0+200. Já quem circula em direção ao ramo A, ramo em loop, existe uma primeira limitação de **60 km/h** ao PK 0+050, e uma segunda de **40 Km/h** a 100 m mais a frente, já no início da curvatura do loop.



Figura 5.6-Localização Sinalização e colocação Viacount (Fonte:SIG ASCENDI)

Entre a sinalização de 80 km/h e a de 40 km/h, para quem pretende circular na direção do loop, a distância entre eles é de sensivelmente 350 m, enquanto que a distância da limitação de 60 km/h para 40 km/h é de aproximadamente 125m. Para quem pretende circular para o ramo B, a distância entre sinalização é de 100 m. Feito esta primeira análise é necessário obter o tempo útil que cada condutor possui, dependendo da velocidade de circulação, para a recolha de informação bem como a redução de velocidade imposta.

Tabela 5.8-Tempo entre sinalizações

Velocidade Circulação (Km/h)	Tempo de circulação entre 2 sinalizações (80- 40) -350m (s)	Tempo de circulação entre 2 sinalizações (60- 40) – 125m (s)	Tempo de circulação entre 2 sinalizações (80- 60) – 100m (s)
60	21,0	7,5	6,0
80	15,8	5,6	4,5
100	12,6	4,5	3,6
120	10,5	3,8	3,0
140	9,0	3,2	2,6

Desta feita, os aparelhos de medição foram colocados em dois pontos, na própria sinalização de 80 km/h, de modo a obter valores de velocidade de aproximação, visto que aquando da passagem desta o condutor deverá já circular a uma velocidade muito próxima da indicada, e um segundo aparelho na direção do ramo A, na sinalização de 60 km/h. Do mesmo modo para obter a velocidade de aproximação ao loop mas também verificar se existe uma zona de transição de abrandamento de velocidade desde da sinalização de 80 km/h até a de 60 km/h localizada na direção do ramo A.

5.2.3. Nó de Sendim

O IP4, também designado de A4, é classificado como um Itinerário Principal nº4 e abrange a concessão do Grande Porto, localizando-se o limite de concessão no PK 0+600. Neste ponto existe um nó de ligação com o IC1, itinerário complementar nº1, bem como uma ligação direta à cidade de Matosinhos, ou seja, podemos dividir como duas zonas de transição, uma compreende a ligação de AE a AE e um ramo terminal exclusivo de ligação de AE a meio urbano.

É constituído por 8 ramos, sendo apenas 6 da concessão da Ascendi, os ramos de saída da A4 e parte de ramos de entrada na autoestrada, caracterizado por ser um típico nó em forma de trevo.

Como é possível observar na Figura 5.7 este nó é caracterizado por 6 movimentos, sendo apenas dois de maior interesse para o nosso estudo, o de saída à direita, Ramo G até à bifurcação e após esta C e G, e ainda o ramo de ligação ao meio urbano, sentido crescente no sublanço “Sendim-Matosinhos”

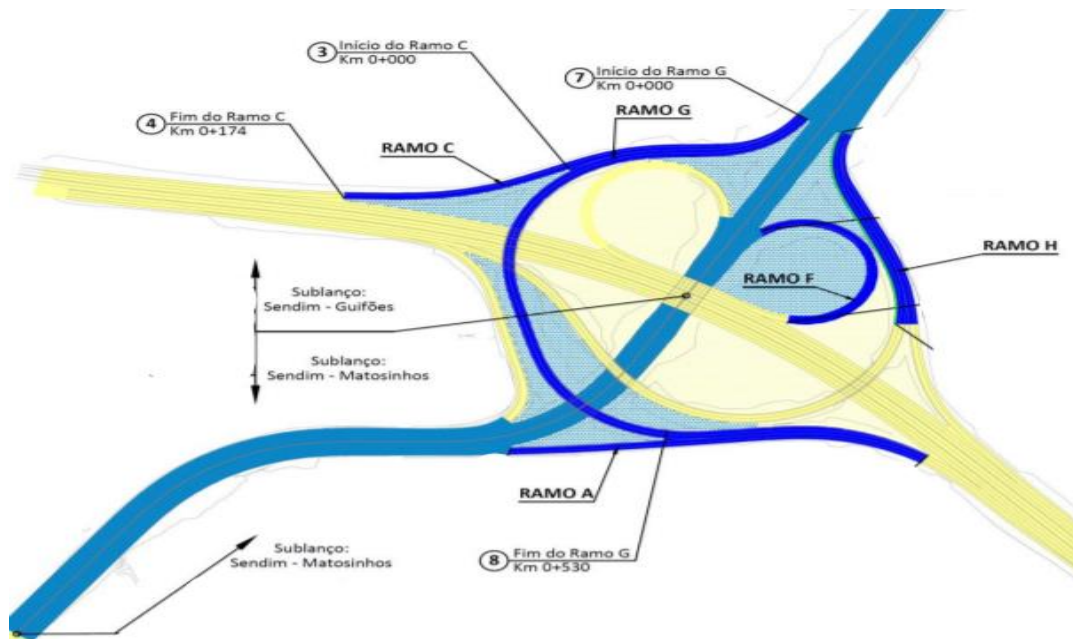


Figura 5.7- Nó de Sendim [9]

Neste nó é fundamental caracterizar as duas ligações distintas, o ramo G de ligação à AE localizada no próprio nó e ainda a ligação A4-1 que serve como meio de ligação à cidade de Matosinhos.

O ramo G apresenta uma extensão total de 700 m e tem duas passagens superiores, uma primeira ao Km 0+378 cruza com a A28 e uma segunda cruza com a A4, Km 0+570. As suas principais características geométricas foram dimensionadas para uma velocidade de projeto de 40 Km/h, são assim enunciadas na Tabela 4.4, sendo possível fazer uma rápida análise destas em comparação com a norma de traçado.

Tabela 5.9- Características Geométricas Ramo G, Nó Sendim

Ramo	Raio mínimo (m)	Raio máximo (m)	Inclinação mínima (%)	Inclinação máxima (%)	Concordância côncava mínima (m)	Concordância convexa mínima (m)
G	75	800	-4,35	+4,5	800	2000

O perfil transversal da faixa de rodagem deste ramo é formado por duas vias de 3,5 m de largura e uma berma à direita de 1,0 m. Comparando com as indicações da Norma de Traçado observa-se que, para este raio mínimo de 75 m, deveria ser considerada uma sobrelargura de 0,30 m a cada via, e ainda a berma direita deveria ter 2,5 m de largura.

É fundamental não só analisar o ramo G do nó de Sendim, mas também a ligação da autoestrada à cidade de Matosinhos, A4-1. Este ramo de ligação têm uma extensão total de 666 m e faz a passagem de ambiente de AE para meio urbano, sendo fundamental haver uma transição cómoda e segura de forma a que cada condutor possa adequar a sua condução ao local onde circula. No sentido crescente este apresenta, no seu início, uma faixa de rodagem com duas vias, entre PK 0+000 e PK 0+200, aumentando para três aquando da ligação de um ramo proveniente da A28, a partir do 0+275. A via auxiliar de aceleração tem como comprimento cerca de 200m e aparece a partir do PK 0+225, o que durante 200 m cria algum conflito entre os veículos que já circulam nesta ligação.

Sendo dois tipos de transição diferentes foi necessário dividir a análise de sinistralidade em dois locais distintos, no ramo G, e na via de ligação na direção de Matosinhos.

Ramo G

Local que à primeira vista apresenta a maior parte da sinistralidade do nó, principalmente localizada nos primeiros metros à entrada do ramo. Na primeira curva deste ramo, a visibilidade fica reduzida devido à passagem inferior da via sob a obra de arte, provocando assim uma ligeira falta de visibilidade em curva.

Resultou assim, como se observa na Tabela 5.10, um total de 29 ocorrências de acidentes, das quais resultaram 7 acidentes com vítimas. De salientar, que não existiu nenhuma morte nem feridos graves destes 29 acidentes.

Tabela 5.10-Total de acidentes e Vítimas, Ramo G

Ano	Nº Acidentes	Nº Acidentes C/Vítimas	Nº Mortos	Nº Feridos Graves	Nº Feridos Ligeiros
2016	4	0	0	0	0
2017	7	3	0	0	3
2018	7	1	0	0	1
2019	8	2	0	0	2
2020	2	1	0	0	1
2021	1	0	0	0	0
(Jan – Abr)					

Quanto à localização, concluiu-se que a maior parte dos acidentes localizam-se na entrada do ramo G, logo na primeira curvatura à direita.

Analisando os dados obtidos, observa-se que 86% dos acidentes tem como natureza o despiste, 25 despistes, 59% sem vítimas e 10% com vítimas. Os restantes acidentes são por colisão entre veículos, tanto traseira como lateral. De salientar que na totalidade dos 29 acidentes estiveram envolvidos 31 veículos, 25 ligeiros, 4 pesados e 2 motociclos.

Tabela 5.11-Acidentes segundo a Natureza, Ramo G

Despiste	Colisão entre Veículos Traseira/Lateral	Carga Caída
25	3	1

Na análise de condições meteorológicas, bem como do estado do piso, é de salientar que a maioria dos acidentes, neste local, ocorre com piso molhado e em condições de chuva, como é possível observar na Figura 5.8.

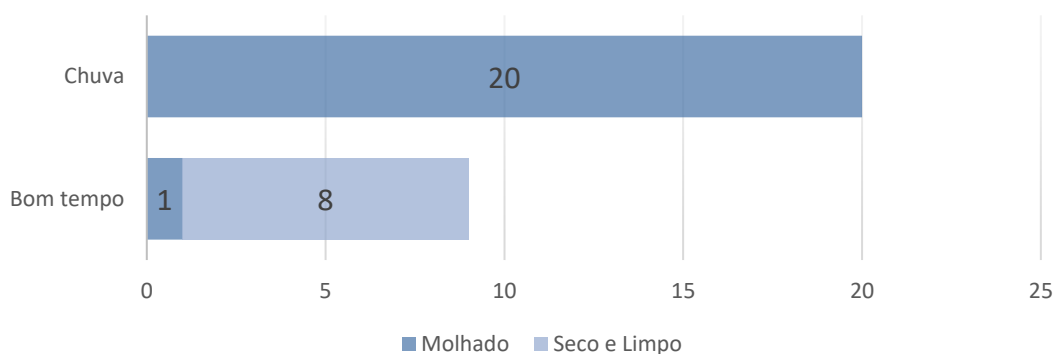


Figura 5.8-Condições Meteorológicas, Ramo G

Ligação A4-1 (Matosinhos)

Esta ligação que serve como transição têm uma extensão total de 666 m e liga a AE a meio urbano, sendo fundamental haver uma transição cómoda e segura de forma a existir a perceção da transição e cada condutor possa adequar a sua condução ao local onde circula.

Verifica-se neste local um total de 16 acidentes ao longo dos 5 anos, dos quais 8 com vítimas com ferimentos ligeiros.

Tabela 5.12-Total de acidentes e Vítimas, Ligação

Ano	Nº Acidentes	Nº Acidentes C/Vítimas	Nº Mortos	Nº Feridos Graves	Nº Feridos Ligeiros
2016	8	4	0	0	4
2017	2	1	0	0	1
2018	1	0	0	0	0

2019	3	2	0	0	2
2020	1	1	0	0	1
2021	1	0	0	0	0
(Jan – Abr)					

Registaram-se um total de 12 despistes, correspondendo a 85% dos acidentes, 44% sem vítimas e 44% com vítimas, e ainda 2 colisões entre veículos que correspondem aos restantes 15% de acidentes ocorridos no local.

Tabela 5.13-Acidentes segundo a Natureza, Ligação

Despiste	Colisão entre Veículos Traseira/Lateral
14	2

Quanto ao estado do piso e condições do tempo, como se observa na Figura 5.9, a maioria, ocorre com tempo de chuva e pavimento molhado.

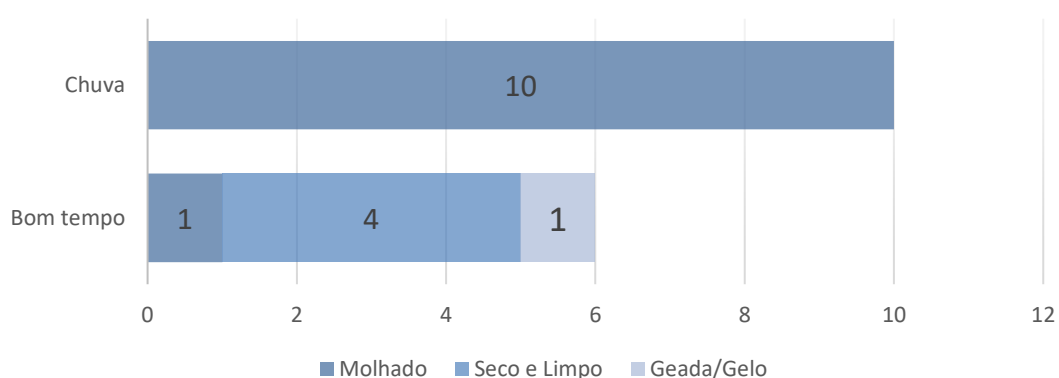


Figura 5.9 -Condições Meteorológicas, Ligação

Neste local surgiu a necessidade de obter informações das velocidades praticadas em duas zonas, na ligação entre AE's, ramo G e também na ligação a meio urbano. Desse modo foi fundamental uma cuidada análise do local, nomeadamente a identificação da sinalização vertical presente no local. De referir que neste local existe já um **radar de velocidade** localizado no sublanço Sendim-Guifões ao PK 0+175 SD, no local da sinalização de 60 Km/h.

No sentido de viragem à direita para o Ramo G, ainda em plena via, existe uma primeira sinalização de 80 Km/h ao PK 0+400 e uma segunda sinalização a 85m desta, de 60 Km/h, que se localiza entre o PK 0+325 e 0+300, sendo estes limites de velocidade referentes a quem circular de AE para AE. Como o grande número de acidentes que ocorrem no ramo G se localizam logo à entrada deste, na curvatura, foi idealizado instalar o aparelho no início do ramo G, sensivelmente a 12,5 m do nó, na aproximação da curvatura à direita, onde a visibilidade é obstruída devido a obra de arte. Este ponto localiza-se a sensivelmente 90 m da última sinalização de limite de 60 Km/h.



Figura 5.10-Localização Sinalização (Fonte: SIG ASCENDI)

Já no sentido de Matosinhos, a primeira sinalização de 60 Km/h está ao PK 0+175 no sentido decrescente, com 2 vias. O mesmo limite de velocidade é sinalizado também a 200 m de distância, já dentro do troço de ligação ao meio urbano, ao Pk 0+025, sendo que este limite se mantém até final da ligação. De salientar que este local já foi fonte de intervenção, nomeadamente de mudança de limite de velocidade na primeira sinalização, que anteriormente era de 80 Km/h.

Então foi definido analisar a velocidade em dois locais da ligação a meio urbano, uma primeira ao PK 0+025 m, ainda localizado no sublanço Sendim-Guifões no sentido decrescente. Para este local já existia uma medição realizada no âmbito da dissertação de Jorge, T [24]. Desse modo o terceiro ponto, localiza-

se no sentido crescente do sublanço Matosinhos-Sendim, no final da ligação da autoestrada ao meio urbano, sensivelmente ao PK 0+425 m, de forma a verificar se após a passagem pelo nó existe algum aumento de velocidade por parte dos condutores, visto que as características desta ligação são idênticas ao perfil da autoestrada a montante.



Figura 5.11-Localização Sinalização (Fonte: SIG ASCENDI)

5.2.4. Nó da A16 com a A5

Localizando-se na Concessão da Grande Lisboa na interseção desnivelada fazendo o término da A16 com a A5 e meio urbano, localiza-se no início do sublanço A5-Alcabideche no sentido decrescente, começando a ter influência a partir do PK 0+400 até ao 0+000, tendo na sua constituição ainda um ramo de ligação ao meio urbano, nomeadamente a uma rotunda que marca esse início.

Trata-se assim de um nó constituído por quatro ramos unidireccionais (A, B, C, D), em formato de pêra. Destaca-se também as condicionantes na implantação a orografia acidentada do local, obtendo assim ocupação e inclinações acentuadas com que se desenvolve os traçados.

Para o presente estudo, os ramos a analisar são os que efetuam uma ligação de término da A16, por um lado, entre ambientes rodoviários idênticos, isto é, transição entre a A16 e a A5, é o caso do ramo B e C, e por outro lado, a ligação ao meio urbano.

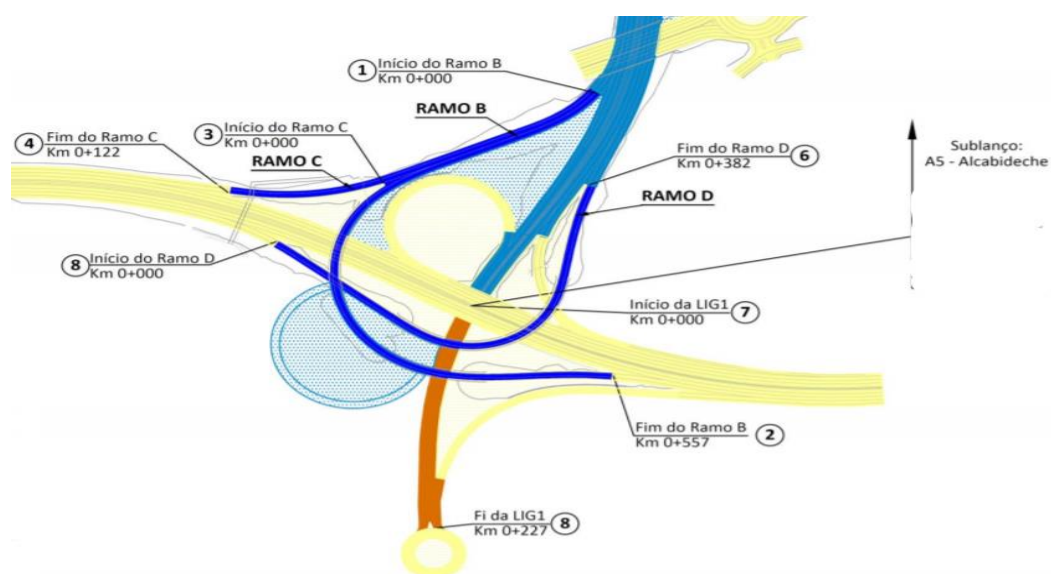


Figura 5.12- Nó com A5 [9]

O ramo B estabelece a ligação terminal da A16 com a A5 no sentido Linhó/Lisboa, através de ramo semidirecto em forma de “S”. O eixo deste ramo tem uma extensão total de 694,4 m e foi projetado para uma velocidade base de 40 Km/h.

Já o ramo C dá continuidade ao ramo B, funciona como ligação de saída da A5 no sentido Linhó/Cascais, através de ramo directo. O eixo deste ramo tem uma extensão total de 262,2 m e foi projetado também para uma velocidade base de 40 Km/h. As principais características estão indicadas na Tabela 5.14.

Tabela 5.14- Características Geométricas Ramo B e C, Nó com A5

Ramo	Raio mínimo (m)	Raio máximo (m)	Inclinação mínima (%)	Inclinação máxima (%)	Concordância convexa mínima (m)	Concordância côncava mínima (m)
B	105	339.8	-0,8	-6,5	1500	750
C	190	-	-0,85	-7,0	700	600

Em comparação com a Norma é de salientar que no ramo B a concordância côncava tem um valor mais baixo do que o mínimo recomendado pela mesma, o que pode causar certos problemas em termo de visibilidade e segurança. Já no ramo C os valores das concordâncias, quer convexa e côncava são bem mais baixos do que o recomendado pela norma, o que leva a concluir que este ramo não está em conformidade com as recomendações [5]. No caso da concordância convexa além de ter um valor bem

mais baixo ainda se encontra em ligeira curva, que faz com que a visibilidade seja reduzida e, assim, ser um causador de um maior risco de sinistralidade no local.

Ao nível de perfil transversal tipo, o ramo B, foi considerado com dimensões conforme previstas pela norma para ramo de ligação unidirecionais, com valores de:

- Nos primeiros 250 m apresenta duas vias sendo que a partir daqui fica reduzido a via única, com faixa de rodagem de 4,0 m;
- Berma direita, pavimentada com 2,5 m;
- Berma esquerda, pavimentada com 1,0 m.

O mesmo acontece como ramo C, com igual perfil na sua única via, 4,0 m, e valores idênticos nas bermas pavimentadas a direita e esquerda, de 2,5 m e 1,0 m, respetivamente.

Sendo duas transições distintas entre ambientes rodoviários, uma entre duas autoestradas e outra entre AE e meio urbano, será necessário analisar separadamente os dois ramos de ligação.

Ramo B e C

O ramo B, como já foi apresentado, estabelece a ligação terminal da A16 com a A5 no sentido Linhó/Lisboa, através de ramo semidirecto em forma de “S”, com acidentes localizados à entrada deste mesmo ramo, durante e após a primeira zona de curvatura sob a obra de arte. Já no Ramo C estão distribuídos de forma uniforme ao longo da sua extensão.

Regista-se assim um total de 29 ocorrências de acidentes, das quais resultaram 4 vítimas. De salientar que neste local, tal como nos anteriores, não existiu nenhuma morte nem feridos graves.

Tabela 5.15-Total de acidentes e Vítimas, Ramo B

Ano	Nº Acidentes	Nº Acidentes C/Vítimas	Nº Mortos	Nº Feridos Graves	Nº Feridos Ligeiros
2016	8	1	0	0	1
2017	4	2	0	0	2
2018	3	1	0	0	1

2019	4	0	0	0	0
2020	8	0	0	0	0
2021	2	0	0	0	0
(jan – mar)					

Dos 29 acidentes, 29 são despistes, correspondendo a 100% dos acidentes, 86% sem vítimas e 14% com vítimas. Dos 29 despistes, resultaram a colisão contra as guardas de segurança e sinalização. De salientar que na totalidade dos 29 acidentes estiveram envolvidos um total de 29 veículos ligeiros.

De salientar que existe um elevado número de acidentes a ocorrerem com o piso molhado, 24, correspondendo a cerca de 82% dos acidentes, sendo que apenas 5 acidentes ocorreram em piso seco, Figura 5.13. Estes valores podem indicar que os condutores não ajustam adequadamente o seu comportamento, nomeadamente a velocidade às condições atmosféricas.

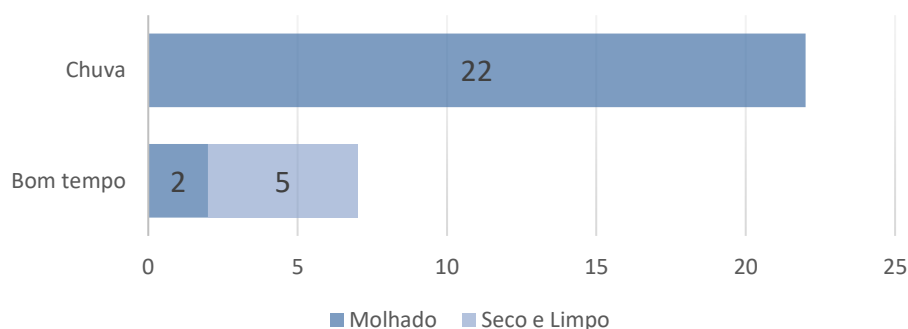


Figura 5.13-Condições Meteorológicas, Ramo B e C

Ramo de Ligação

Estabelece a ligação terminal da A5 com ligação a meio urbano, a sua extensão total é de 225 m e inicia-se aquando a passagem inferior da obra de arte da A5. Esta ligação dá continuação à plena via do sublanço A5-Alcabideche, sentido decrescente. Ao PK 0+500 e 0+300 é de 3 vias neste sentido, passando a duas vias a partir do 0+300 até 0+200, e termina com uma só via até final do sublanço e no ramo de ligação. Para quem circula em direção a meio urbano em apenas 500 m assiste a uma transição de 3 vias para 1 via naquele sentido.



Figura 5.14- Transição entre número de vias

Na caracterização do número de acidentes é de salientar a existência de um total de 7 ocorrências, dos quais resultaram 1 vítima. Não existiu nenhuma morte nem feridos graves destes 7 acidentes, apenas 1 com ferimentos ligeiros.

Quanto à natureza da sinistralidade, dos 7 acidentes observamos que 29% têm como a natureza o despiste, com a colisão entre veículos a apresentar a mesma percentagem. De salientar que esta totalidade de 7 acidentes teve envolvido um total de 10 veículos ligeiros e 1 pesado. Destes 7, 3 ocorreram em dias de chuva com piso molhado, os restantes 4 em condições de bom tempo com piso seco.

Face a estar a decorrer em simultâneo um estudo de medidas de mitigação dos riscos de acidente, por entidades externas contratadas pela ASCENDI, achou-se dispensável a caracterização de localização da sinalização e consequentemente a recolha de velocidades.

5.2.5. Nó A41/A42

O nó A41/A42 abrange a concessão do Grande Porto, localizando-se na ligação entre duas autoestradas, entre a A41 e A42, final da A41 e início da A42.

É um típico nó em forquilha, nó de três ramos, sendo que ramo D marca a transição entre ambientes rodoviários, isto é, caracterizado pela mudança da autoestrada A41 e início da A42.

Este local chama atenção não só devido às características geométricas dos ramos constituintes do nó, mas também pelo elevado número de acidentes que ocorrem apenas neste ramo e a jusante do mesmo, um total de 29 acidentes. Não só deve ser analisada a ligação do ramo D, mas também a plena via a jusante, que de certo modo é influenciada pela existência do nó terminal, uma vez que o ramo D termina a meio de uma curvatura continuando já em plena via.

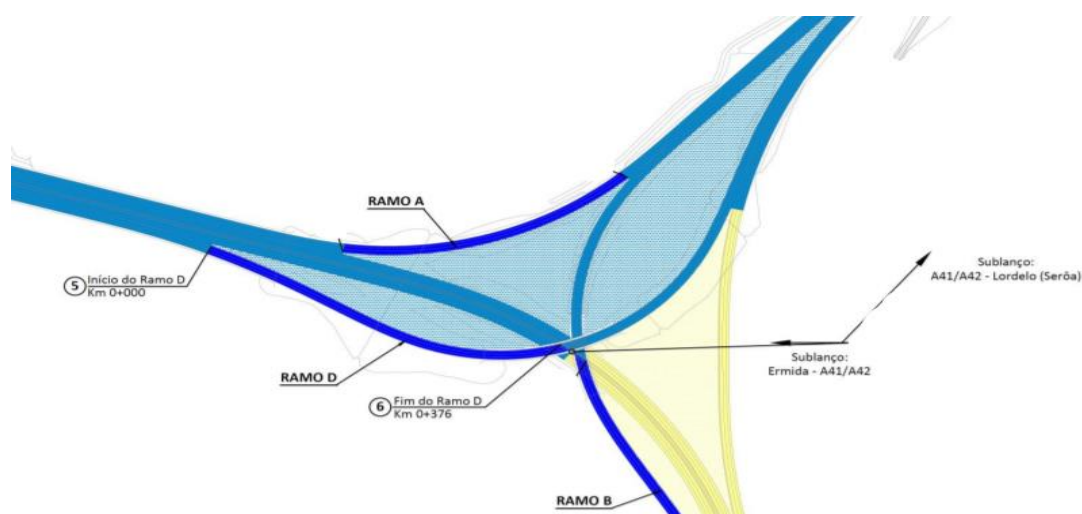


Figura 5.15- Nó A41/A42 [9]

Este ramo destina-se ao movimento de saída da A41, sentido crescente, com ligação a A42 sentido noroeste e têm uma extensão total de 883,5 m sendo a diretriz constituída por duas curvas circulares com raios de 800 e 230 m.

As suas principais características geométricas foram dimensionadas para uma velocidade de projeto de 40 Km/h, são assim enunciadas na Tabela 5.16, sendo possível fazer uma rápida análise destas em comparação com a Norma de traçado.

Tabela 5.16- Características Geométricas Ramo D, Nó A41/A42

Ramo	Raio mínimo (m)	Raio máximo (m)	Inclinação mínima (%)	Inclinação máxima (%)	Concordância côncava mínima (m)	Concordância convexa mínima (m)
D	230	800	2,1	5,0	2000	2000

O perfil transversal tipo da secção corrente está em conformidade com a Norma de Traçado de AE, nomeadamente com as características técnicas das AE suburbanas. Quanto às características do perfil transversão, são as seguintes:

- 3,50 m em cada via, total de 2 vias no sentido (7 m por faixa de rodagem);
- 2,50 m de berma exterior pavimentada;

- 1,00 m de berma interior pavimentada;
- Valetas largas e revestidas a terra vegetal.

Comparando com a norma, podemos ver que em termos geométricos o ramo D foi bem projetado pois apresenta os parâmetros conforme indica a norma [5]. Ao nível de concordâncias apresenta valores mínimos recomendados pela norma, assim sendo, podemos concluir que parte da sinistralidade dada não se deve às características geométricas do ramo.

Sendo uma interseção entre duas AE, em que uma delas termina (A41), surgiu a necessidade de seleccionar o, ou os ramos que mais acidentes apresentam e efetuam essa ligação terminal de AE. Assim sendo, o único ramo do nó que é característico por fazer essa mesma ligação é o ramo D.

Depois de recolher e analisar os dados de sinistralidade para o período de 5 anos (jan. 2016 a abr. 2021), obteve-se um conjunto de dados importantes para a caracterização mais detalhada do local tal como mostra a Tabela 5.17.

Tabela 5.17-Total de acidentes e Vítimas, Ramo D

Ano	Nº Acidentes	Nº Acidentes C/Vítimas	Nº Mortos	Nº Feridos Graves	Nº Feridos Ligeiros
2016	3	0	0	0	0
2017	4	1	0	0	1
2018	11	3	0	0	3
2019	3	0	0	0	0
2020	7	0	0	0	0
2021	2	1	0	0	2
(Jan – Abr)					

Neste local registaram-se um total de 30 ocorrências de acidentes, das quais resultaram 5 vítimas. De salientar, que não existiu nenhuma morte nem feridos graves sendo que as 6 vítimas registadas apresentaram ferimentos ligeiros.

Quanto à natureza da sinistralidade neste ramo, é a presente na Tabela 5.18.

Tabela 5.18-Acidentes segundo a Natureza, Ramo D

Despiste	Colisão entre veículos
26	4

Analisando os dados obtidos, observa-se que 87% dos acidentes têm como natureza o despiste, 70% sem vítimas e 17% com vítimas. Os restantes acidentes são por colisão traseira entre veículos, 13%. De salientar que na totalidade dos 30 acidentes estiveram envolvidos um total de 33 veículos, 31 ligeiros e 1 pesado.

Analisaram-se ainda as condições climatéricas e o estado do piso no momento do acidente, obtendo-se os valores presentes na Figura 5.16.

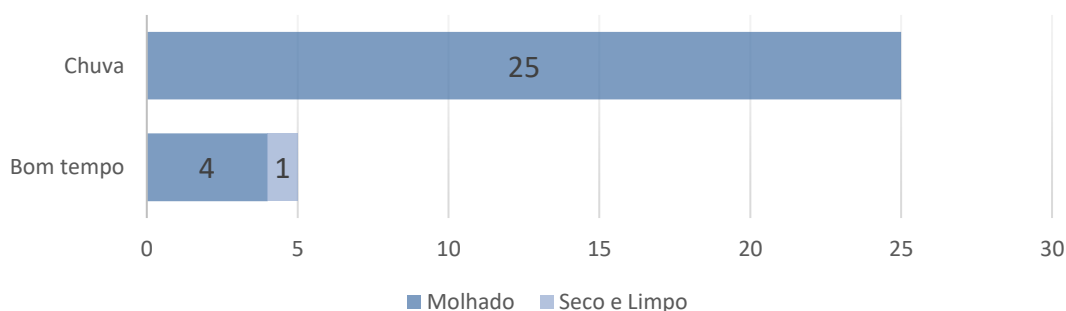


Figura 5.16-Condições Meteorológicas, Ramo

A grande necessidade de obter registo de velocidades praticadas advém de a transição entre autoestradas ocorrer de forma “pouco clara”, nomeadamente entre o final da A41 e início da A42, e que pode não chamar a atenção do condutor a esta mudança.

Assim achou-se importante obter as velocidades de entrada do ramo D, mas também à entrada na plena via da A42. Em primeiro lugar foi necessário identificar o limite de velocidade permitido para circular nesta secção. Como é possível observar na Figura 5.17, é observável a existência de uma transição

continua de limite até alcançar os 60 Km/h permitidos, este verifica-se em quase todo o ramo de ligação. Já dentro do ramo a primeira limitação de velocidade ocorre aos 100m, com sinalização vertical de 80 Km/h, a segunda sinalização e última nesta secção está presente 90m a jusante, 60 Km/h, nos mesmo moldes que anterior, apenas através de sinalização vertical.

Assim foi decidido instalar dois aparelhos medidores de velocidade, um aquando da primeira sinalização de 60 km/h, Pk 0+190 do ramo, de modo a ser possível verificar a que velocidade os condutores fazem a entrada do ramo de ligação, e um segundo local na mesma secção, 310 m a jusante, mas num ponto já considerado plena via, local onde se verifica elevada sinistralidade. Deste modo é possível verificar se o condutor adota medidas mais defensivas ou agressivas na transição entre autoestradas.

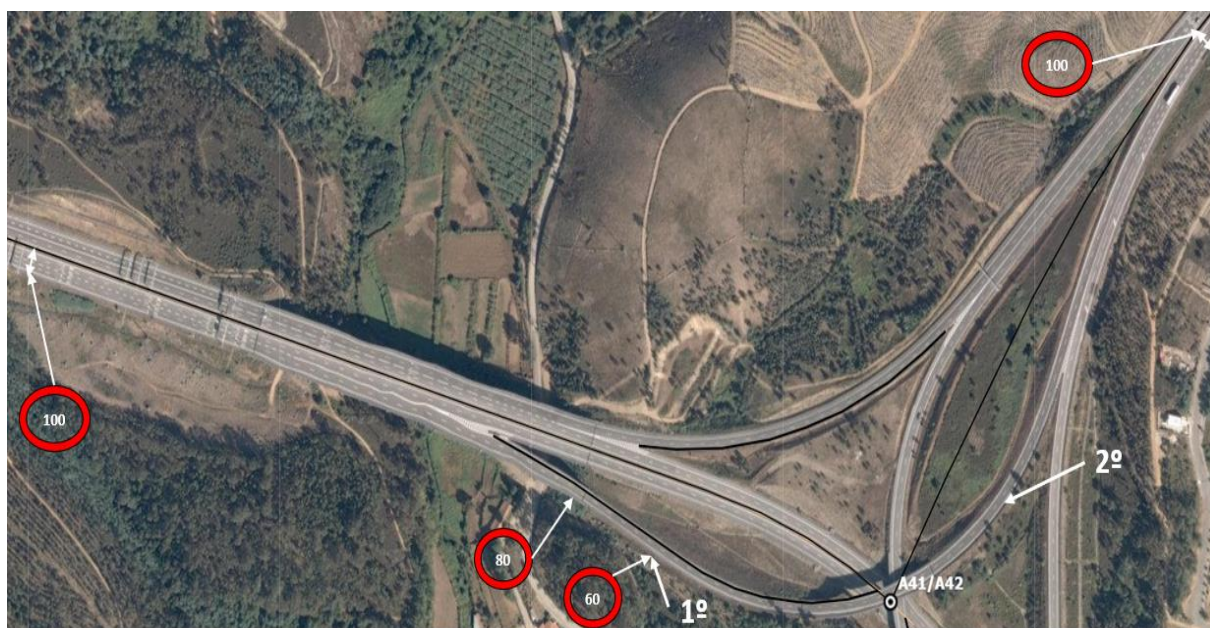


Figura 5.17-Localização Sinalização (Fonte: SIG ASCENDI)

5.2.6. Conclusões

Do processo de recolha e análise de dados referentes à geometria e sinistralidade dos locais foi possível destacar os seguintes pontos:

- No geral, os ramos constituintes dos Nós de ligação cumprem o recomendado pelas Normas, mas em alguns casos, principalmente em ramos em loop, a visibilidade pode estar comprometida devido à passagem inferior sob obras de arte ou a existência de taludes;
- A maioria dos acidentes têm como principal natureza o despiste, pois em todos os locais estudados a maioria dos acidentes resultaram em despiste. Este tipo de acidentes está muitas vezes associado à prática de velocidades excessivas ou desajustadas às condições existentes;
- Grande parte dos acidentes ocorreram em condições meteorológicas de chuva e piso molhado, podendo levar à perda de aderência entre pneu e pavimento, situação que diversas vezes é subestimada pelo condutor, levando a não adequar a circulação às condições meteorológicas;

Em resumo obtém-se os seguintes dados resumos que mais relevância têm na caracterização da sinistralidade, quanto à natureza dos acidentes, meteorologia e luminosidade. Nas Figuras 5.18 e 5.19 está presente o resumo dos nós acima abordados e estudados.

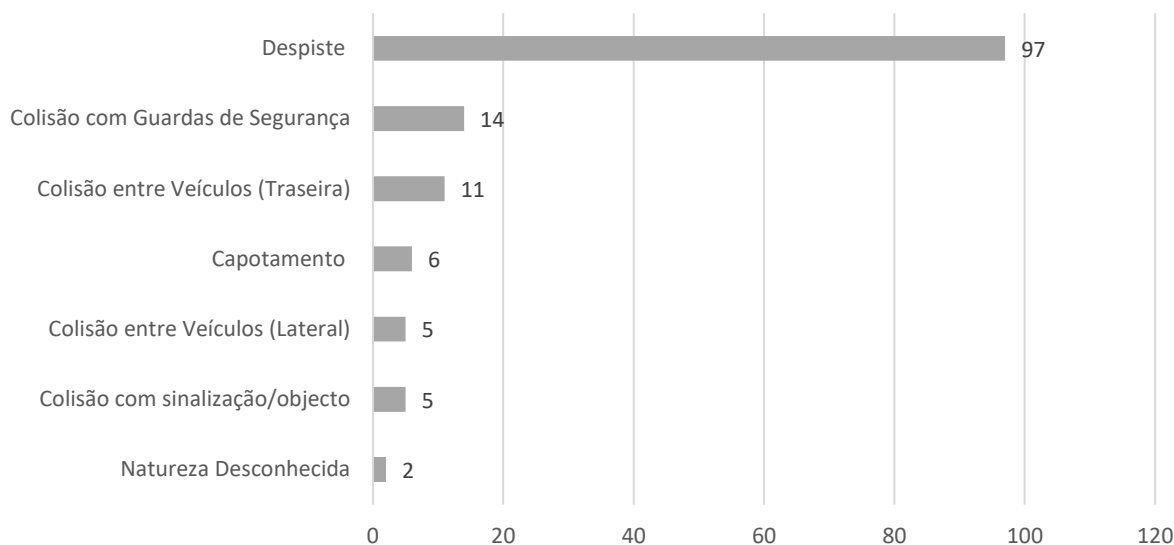


Figura 5.18- Natureza total dos acidentes

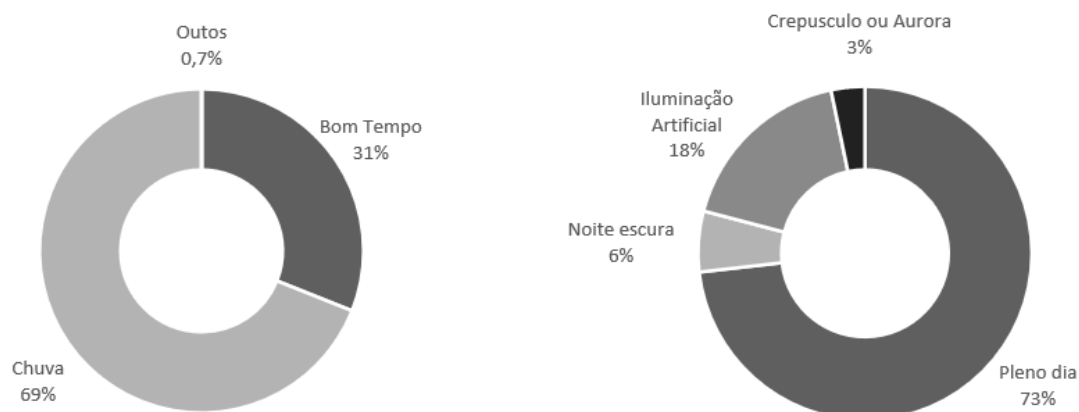


Figura 5.19-Sinistralidade total - 1-Condições Meteorológicas; 2-Luminosidade

Para completar esta análise e identificar eventuais práticas de velocidades excessivas nestes locais, foi realizada uma recolha de dados por medição de velocidades.

5.3. Medições de Velocidade

5.3.1. Medições nos locais

O processo de seleção de pontos estratégicos onde instalar os aparelhos de medição foi crucial para se analisar a prática de velocidades e verificar a existência de excesso de velocidade na aproximação dos ramos e nas vias de ligação como zonas de transição. Na Tabela 5.19 é apresentado o resumo da planificação das medições. De notar que os locais escolhidos são os mesmo que foram descritos em capítulos anteriores à exceção do “Nó com A5”, uma vez que se encontra numa fase de estudos de mitigação do risco de acidentes e respetiva proposta de solução por parte da ASCENDI.

Tabela 5.19- Resumo planificação de medição de velocidades

	Local	Data início	Data fim	Pontos
1	Nó de Calvos	26/04/2021	28/04/2021	1- 54+250, SD (Plena via) 2- 0+050, Ramo B (ramo do nó)
2	Nó Freixieiro (Perafita)	26/04/2021	28/04/2021	1- 0+300, SD (Plena via) 2- 0+050, SD (Plena via, direção ramo B)
3	Nó Sendim	28/04/2021	30/04/2021	1- 0+013 (Ramo G) 2- 0+425 (Ramo Ligação)
4	Nó A41/A42	03/05/2021	05/05/2021	1- 0+190 (Ramo D) 2- 0+150, SC (plena via)

Desse modo e após todo o trabalho de campo, desde definir os pontos, datas, a própria ida ao terreno para instalar e retirar os radares, obteve-se todos os dados em bruto da medição de velocidade.

Após o tratamento destes foi elaborada a Tabela 5.20, onde constam os dados que mais importância têm para este estudo.

Tabela 5.20- Principais dados obtidos da medição de velocidade

Nó	Ponto	Limite velocidade imposto (Km/h)	Velocidade Média (Km/h)	V85 (Km/h)	Velocidade Máxima (Km/h)	Passagens acima do limite permitido (%)	Nº Veículos analisados
Calvos	1	60	106	125	175	98,75	7024 1)
	2	40	86	98	133	99,97	7467 1)
Freixieiro	1	80	84	97	171	59,44	24462
	2	60	89	104	167	98,52	5802
Sendim	1	60	75	84	126	93,54	25501
	2	60	53	59	96	12,00	19481 2)
	3	60	70	80	141	84,79	35235
A41/A42	1	60	80	91	127	97,10	15562
	2	60	99	113	149	99,54	16006

1) A diferença de sensivelmente 400 veículos entre os dois locais de medições poderá dever-se à instalação desfasada dos aparelhos no tempo, bem como devido à circulação de veículos em paralelo, fazendo com que o sensor apenas alcance um dos veículos e se perca algumas medições de velocidade.

2) Valores medidos no mês 11 de 2020, no âmbito da dissertação de Tiago Jorge [24]

5.3.2. Discussão de Resultados

Analisando a tabela resumo dos dados recolhidos no terreno, e o exemplo indicado no Anexo 3 dos dados de velocidade, é possível concluir o seguinte sobre cada nó analisado.

Nó de Calvos

Dos locais analisados, o nó de Calvos apresenta-se como o mais crítico pois para além de ter uma elevada sinistralidade, os dados recolhidos das velocidades indicam que todos os condutores não cumprem os limites impostos na zona, ultrapassando os valores em mais do dobro do permitido. Isto poderá indicar

que não existe uma correta perceção por parte do condutor das condições reais de circulação e consequentemente do perigo que corre ao se aproximar do local, nomeadamente em condições de piso molhado. Verifica-se, contudo, que em média os condutores reduziram em cerca de 20 km/h a velocidade de circulação, como indicam os dados da velocidade média da primeira para a segunda sinalização. Note-se que existe uma diferença aproximada de 400 veículos entre medições, devido à passagem de veículos em paralelo, fazendo com que o sensor apenas alcance um dos veículos e se percam algumas medições de velocidade. Esta diferença de contagem poderá indicar também que no local 2 de instalação do aparelho terão existido diversas ultrapassagens, sendo uma manobra de risco neste local de entrada no loop.

Nó Freixieiro

Neste local a análise pode ser quase subdividida em duas: a primeira resulta da medição de velocidades de todos os veículos que circulavam no sentido de aproximação do nó, em direção de qualquer um dos ramos; a segunda resulta da medição no local de aproximação do ramo A, em loop, resultando por isso, num número de veículos registados menor neste local do que na medição a montante, visto que existe a opção de sair à direita pelo ramo B. Na aproximação ao Nó é de salientar que a velocidade média de circulação está muito próxima do limite imposto, apenas excedida em 4 Km/h, enquanto o V85 é mais elevado, de 97 Km/h. Neste Nó, a aproximação ao ramo A, em forma de loop, é realizada a uma velocidade média de 104 Km/h e com um V85 de 89 km/h. Estes resultados são preocupantes pois no local onde foi instalado o aparelho o limite de velocidade é de 60 km/h, mas apenas 125 m à frente muda o limite para 40 km/h. De referir ainda que neste local uma das vias é suprimida, neste caso a via mais à direita que termina, tendo de ceder passagem a quem circula a esquerda. A aproximação neste sentido é realizada a uma velocidade mais excessiva do que para o ramo à direita. Desta análise pode-se concluir que se deve intervir no sentido de alertar o condutor para a aproximação de um local de transição de ambientes rodoviários e sensibilizar para a diminuição da velocidade.

Nó de Sendim

Neste local existem duas ligações distintas, um nó de ligação entre autoestradas, ramo G, e uma via de ligação entre autoestrada e meio urbano, ligação Matosinhos. Os dados obtidos indicam que a entrada no ramo G, que requer alguma atenção, principalmente em dias de chuva, o valor de velocidade máxima presente na sinalização é infringido por uma amostra de cerca de 99% dos condutores, Este resultado é preocupante pois trata-se de uma zona de elevada sinistralidade, sendo a velocidade média registada de 75 km/h, 15 km/h acima do limite permitido. Na ligação a Matosinhos o cenário altera-se do ponto 2 de medição para o 3, isto é, na entrada da ligação, muito devido a existência de um radar de velocidade no local, registando-se 12% de condutores com excesso de velocidade, com uma média de 53 Km/h. Contudo, este cenário muda totalmente ao longo da ligação, talvez devido às características da via se manterem iguais ao perfil corrente de autoestrada, levando o condutor a aumentar a velocidade em vez de a manter. Assim, no ponto 3 registou-se uma média de 70 Km/h, aumento de 17 Km/h face ao ponto 2 e 10 km/h acima da velocidade permitida, enquanto que a percentagem de condutores a exceder o limite aumenta drasticamente para 85%.

Nó A41/A42

Esta transição entre autoestradas é feita pelo ramo D, que eventualmente, devido às suas boas condições de visibilidade e das características do perfil transversal, induz o condutor a circular a elevadas velocidades. Nos dois pontos de medição foram recolhidos dados que indicam velocidade excessiva. Entre os dois locais registou-se um aumento da média de velocidade por parte dos condutores de mais de 19 Km/h, sendo que o limite em toda a secção analisada é de 60 Km/h. De salientar que a maior parte dos acidentes se localizam na segunda parte do ramo, considerado já como sublanço da A42. Neste mesmo local é preocupante observar um V85 de 113 Km/h, o dobro da velocidade legal permitida para esta secção de estudo. Tal como no nó de Calvos, também aqui se registou uma pequena diferença entre o volume de tráfego entre os dois locais de medição, isto deve-se, de igual modo, a manobras de ultrapassagem por parte de alguns condutores no local de medição de recolha de dados, o que demonstra o cenário crítico do local.

5.4. Estudo/Proposta medidas no nó em estudo

5.4.1. Seleção Nó de estudo

Após todo o processo de estudo de cada nó selecionado, vistos anteriormente, foi fundamental adequar uma solução final a aplicar no respetivo local, de forma a minimizar o risco de acidentes de forma a que o número de acidentes rodoviários diminua.

Em função do tempo disponível para o presente estudo e após uma discussão dos locais descritos anteriormente, foi acordado estudar soluções para o **Nó do Freixieiro (Perafita)**. Face às características do local, à análise de sinistralidade, velocidades registadas e pelo facto de não ter sido alvo de intervenção, nomeadamente ao nível de medidas de mitigação de acidentes, identificou-se esta zona como fundamental para o estudo e aplicação de possíveis medidas de redução de risco de acidentes rodoviários.

Assim, e antes da apresentação de proposta ao local, procedeu-se a um estudo de caracterização do local ao nível de pontos ainda não abordados, tais como:

- Toda a sinalização presente no local;
- Equipamento de Segurança e Guiamento;
- Pavimento;
- Iluminação;

Sinalização Existente

Na aproximação ao local em estudo está instalado uma variedade de sinalização vertical, com um maior interesse na sinalização do tipo C13, E1 e H32 e ainda um conjunto de marcas rodoviários orientadoras de sentido de trânsito [15] cujas Figuras a seguir mostram quer o tipo quer as condições das mesmas e a que PK se encontram.



Figura 5.20-Sinalização Tipo C13 (Fonte: Google Maps)



Figura 5.21- Sinalização tipo H32, PK 0+720 e PK 0+520 (Fonte: Google Maps)



Figura 5.22- Sinalização tipo E1, PK 0+372 (Fonte: Google Maps)

Equipamento de Segurança e Guiamento

Como principal função este equipamento destina-se a manter a segurança ao longo de todo o traçado, e destina-se também ao guiamento em zonas mais difíceis do traçado ou mesmo em condições piores de visibilidade. Foi fundamental observar o tipo de equipamento que existe nesta zona, desde o tipo de guardas de segurança, a existência de baias direcionais e equipamento presente na zona de bifurcação.



Figura 5.23- Pormenor zona de bifurcação com atenuadores de impacto (Fonte: Google Maps)



Figura 5.24- Guardas de Segurança metálicas flexíveis (Fonte: Google Maps)

Nos dois ramos de ligação do nó, A e B, estão instaladas as guardas metálicas flexíveis com proteção para motociclista, como ilustra a figura anterior, e ainda possui baias direcionais normais ao longo do ramo de ligação, 8 no ramo A e 4 no ramo B.

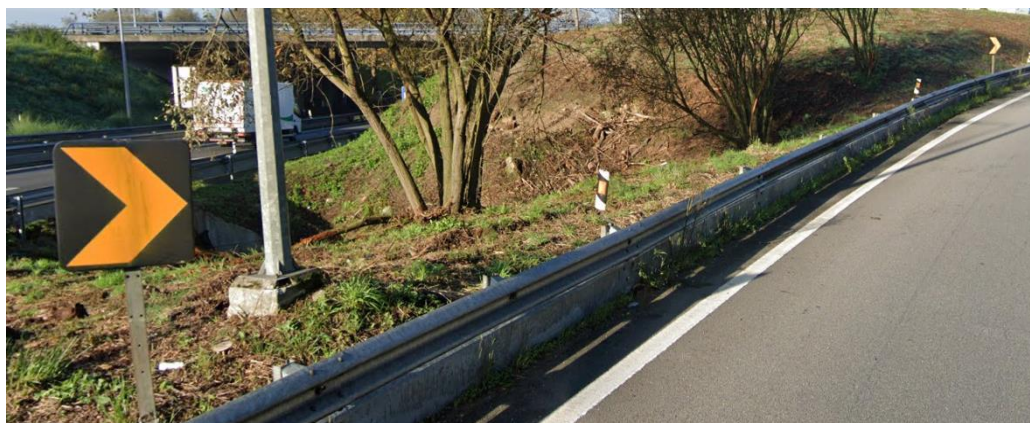


Figura 5.25- Baias direcionais em ramo (Fonte: Google Maps)

Pavimento

Feita uma inspeção visual ao local, aparentemente o pavimento encontra-se em condições, sem qualquer saliência, remendo e sem transições entre plena via e ramos.

Iluminação

Como elemento fundamental no auxílio de condições de segurança e fluidez em períodos noturnos, a iluminação possibilita ao condutor um rápido reconhecimento do traçado onde circula e eventuais obstáculos. Foi então fundamental aferir quais os períodos horários de funcionamento da iluminação viária instalada na zona do Nó de Freixieiro, obtida através de luminárias instaladas em colunas metálicas ao longo dos ramos de ligação.

A iluminação do nó em estudo funciona num período horário reduzido, apenas se ligam após o pôr do sol e apagam-se às 0h, não tendo por isso, um funcionamento durante as restantes horas da noite. Podendo ser composta por um sensor de luminosidade que permite detetar o final do pôr do sol e ligar a iluminação ou apenas estar programado de forma a ligar à hora pretendida e desligar às 00h.

Em síntese, e após esta detalhada análise sobre os elementos presentes nesta zona transição, destaca-se a ausência e utilização não adequada de alguns elementos que possam ajudar na identificação da transição entre ambientes rodoviários diferentes, ainda que da mesma categoria, destacando-se:

1. A utilização de sinalização vertical de um tipo diferente do indicado pelo Decreto Regulamentar nº 22-A/98, nomeadamente do tipo H32 [15];
2. Inexistência de marcas rodoviárias;
3. Atenuadores de impacto pouco eficazes;
4. Mudança de limite de velocidade permitido, passa diretamente de 120 para 80, não existindo zona intermédia de 100.

5.4.2. Proposta de Soluções

Como proposta de solução a implementar no local em estudo, e após toda a análise realizada, é observável a ausência de algumas soluções de acalmia de tráfego e informação que poderiam ser aplicadas nesta zona.

Assim sendo, foram estudadas algumas possibilidades a serem aplicadas no local. Os dados recolhidos sobre velocidade e sinistralidade indicam que deve haver um maior cuidado na aproximação do ramo A, nomeadamente com a introdução de uma solução que frise a necessidade de diminuir a velocidade face à perigosidade do loop. Por outro lado, na aproximação ao respetivo nó, as medidas devem ser um misto de informação sobre a transição que vai ocorrer, mas também de diminuição de velocidade.

Em virtude da análise realizada e dados obtidos, as medidas propostas para redução do risco de acidentes rodoviários no local em estudo são as seguintes (ilustradas no mapa do Anexo 4):

- Substituição sinalização vertical existente por Led;
- Inscrição de Marcas rodoviárias;
- Substituição atenuador de impacto.
- Alargamento do período horário de funcionamento da iluminação artificial a todo o período noturno

Medida 1: Marcação destino e substituição dos atenuadores de impacto

Na **plena via de aproximação ao nó** a solução proposta corresponde à inscrição no pavimento de marcas de orientação, nomeadamente o destino das vias associadas aos indicados na sinalização de pré-aviso, colocado no local indicado na Figura 5.26. Esta marcação é relevante na medida em que se verifica neste local à aproximação a um ponto de divergência e por outro lado, os dados recolhidos indicam que mais de 50% dos condutores excedem a velocidade na aproximação deste nó. Como medida de segurança, nomeadamente através da redução da gravidade dos acidentes, a substituição dos atenuadores de impacto que se encontram na divergência entre ramo B e A, uma vez que 22% dos acidentes ocorridos no local indicam uma colisão com estes atenuadores.

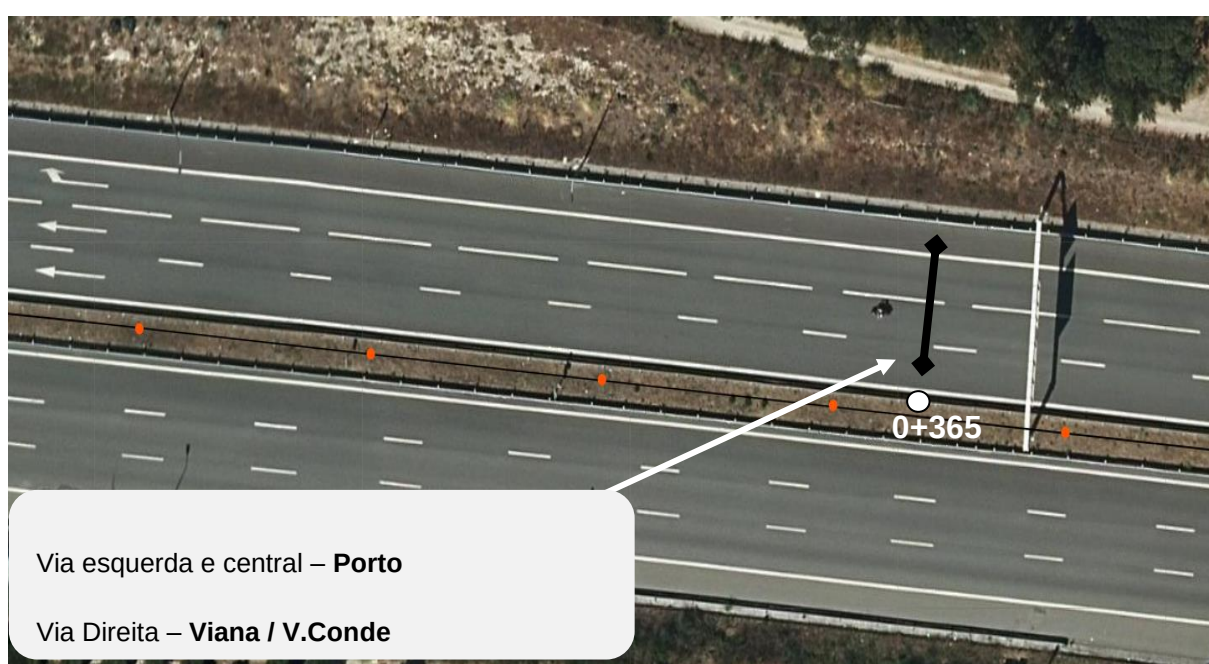


Figura 5.26- Localização Marcas Rodoviárias (Fonte: SIG ASCENDI)

A substituição dos atuais baldes de areia para um modelo superior e com aceitação nas normas de teste de performance do produto, nomeadamente na EN 1317 [21]. Na Figura 5.27 indica a substituição dos atenuadores de impacto, nomeadamente o modelo TAU que requer um mínimo de ancoras para ser instalado, conferindo um maior nível de segurança no caso colisão, um reparo rápido em caso de embate e ainda uma vasta gama de tamanhos [16].

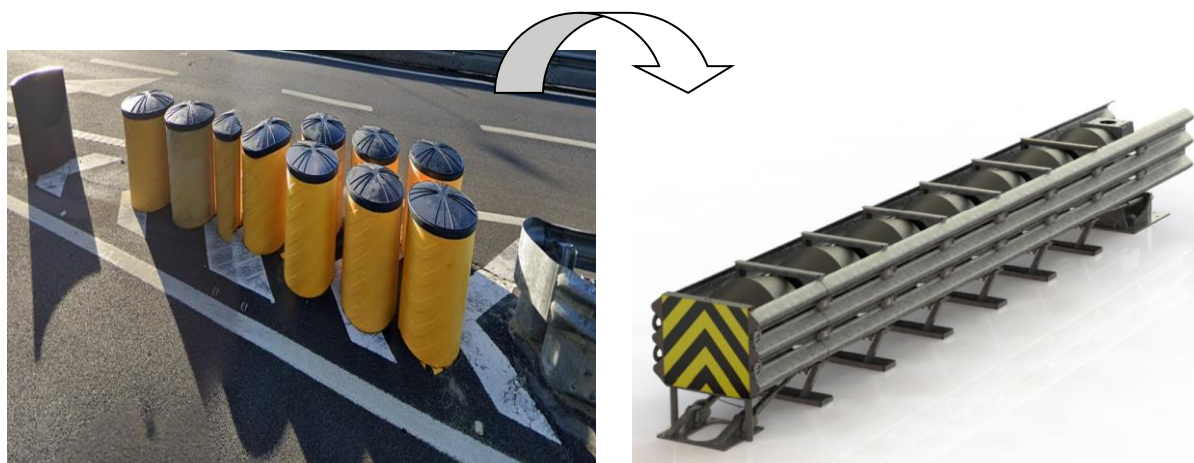


Figura 5.27- Substituição atenuador de impacto [20]

Medida 2: Substituição da sinalização vertical existente por Led e Inscrição de Marcas rodoviárias

No **Ramo A**, a solução proposta pretende alterar o comportamento do condutor face às velocidades praticadas, visto que após a recolha de velocidades se verificou um incumprimento de quase 100% dos condutores face ao limite imposto. Assim, a solução é a substituição dos sinais de limite de velocidade de 40 Km/h e 60 Km/h por idênticos, mas com recursos a Led's, e ainda também as inscrições no pavimento do limite de velocidade na zona de transição desses mesmos limites através de marcas rodoviárias.



Figura 5.28- Proposta de Solução Ramo A (Fonte: SIG ASCENDI)

A escolha da localização para a sinalização vertical será a atual, efetuando-se apenas substituição por sinalização com recurso a Led's, com contorno externo e interno, com funcionamento a 24h e recurso a alimentação solar. Desse modo a localização da sinalização vertical será a seguinte:

- PK 0+045m – Ramo A – 2 Sinalizações Led's de 40 Km/h;
- PK 0+080m – Plena Via SD – 1 Sinalização Led's de 60 Km/h.

Para a marcação rodoviária, nomeadamente a inscrição da sinalização de 40 em termoplástico com retro reflexão [15], existe duas soluções possíveis, apenas inscrição de uma marca como se ilustra na Figura 5.29, ou uma solução como foi enunciado no capítulo 3 na parte de medidas, isto é: inscrição de 4 marcas de modo sequencial, separadas em 10 m cada, variando o tamanho e brilho. Face ao excesso de velocidade observado no local é fundamental criar a ilusão de falsa percepção de distância, bem como alertar o condutor para a diminuição de velocidade.



Figura 5.29- Marca no Pavimento de 40 (Fonte: Google maps)

No Anexo 4 encontra-se uma parte da planta do local com a respetiva solução proposta. No caso de inscrição de apenas uma marca o círculo deve ser adequado a largura da via, de modo a ser perceptível a visão do condutor.

Medida 3: Alargamento do período horário de funcionamento da iluminação artificial a todo o período noturno

Ao nível de boas práticas que podem ser estabelecidas na zona do nó será a alteração do período horário da iluminação presente no local. Esta proposta resulta da análise dos dados recolhidos da contagem de

veículos, pois observou-se que dos 24462 veículos contabilizados nas 48h, 8,4% (2058 veículos) circulam no período noturno em que a iluminação se encontra apagada isto é, entre 00h e 7:59h. Tendo em consideração estas condições noturnas de pouca visibilidade e os 28% de acidentes ocorridos neste período bem como a elevada percentagem de veículos em circulação neste período sugere-se ainda como medida para diminuição do risco de acidente, alargar o período de utilização das luminárias instaladas em colunas metálica, isto é, para o pleno funcionamento entre o pôr do sol e o nascer do sol, como se verifica em outros locais da rede ASCENDI.

6

Conclusão

A zona de transição entre ambientes rodoviários distintos é, na maior parte das vezes, ignorada relativamente às condições de segurança rodoviária. Contudo, inúmeros fatores contribuem para que estes locais sejam de risco, tais como monotonia na condução, distração, sonolência, falta de informação e orientação, velocidades excessivas, etc, levando assim ao aumento da probabilidade de ocorrência de acidentes.

A segurança rodoviária têm sido ao longo dos últimos anos tema de diversos estudos, nomeadamente de estratégias/solução que possam ser aplicadas de modo a diminuir a sinistralidade nas estradas. Desde campanhas de sensibilização do condutor e melhoramento das condições vias / respetiva envolvente. A nível nacional, a elaboração e aplicação de planos estratégicos de segurança rodoviária têm sido uma mais valia no combate à sinistralidade.

No âmbito da presente dissertação e no contexto da rede de autoestradas da ASCENDI foi desenvolvido um estudo sobre zonas de transição em autoestradas, nomeadamente locais de término de autoestrada, com ligação a outra autoestrada e/ou a meio urbano. Numa primeira análise, identificou-se todos os locais da rede ASCENDI com estas características, designados por nós de ligação, marcando o término de autoestrada através dos respetivos ramos.

Após uma pesquisa de bibliografia internacional, verificou-se a existência de inúmeros documentos com incidência no estudo de redução de sinistralidade em zonas de transição, mas não em contexto de autoestrada, sendo geralmente zonas de transição entre meio rural para meio urbano em que as vias apresentam geometria idêntica, mas com diferente tipos e volume de tráfego. Neste contexto, verifica-se a necessidade de se continuar a desenvolver estudos nas zonas de transição em autoestrada.

Reunidos os dados referentes ao número de acidentes localizados nestes locais, elaborou-se o top de locais com maior incidência de ocorrência de sinistralidade, comparando com o TMDA. A necessidade de selecionar alguns locais para serem alvo de um estudo mais minucioso era fundamental, tendo-se considerado como critério principal o número de acidentes bem como um conjunto de informações cedidas pelo grupo de trabalho SSR da ASCENDI. Desta forma, foram selecionados os locais alvos para um estudo mais detalhado, onde se analisaram as características geométricas dos nós e respetivos ramos, os relatórios de sinistralidade, a eventual existência e localização de equipamento de controlo de velocidade na via. Posteriormente, realizou-se ainda a recolha de medição de velocidades em locais

específicos, considerando que a velocidade é um fator que contribui fortemente para a ocorrência de acidentes e suas consequências.

Dos 4 locais caracterizados verificou-se que, no geral, as características geométricas e localização/existência de sinalização estavam em conformidade com a norma portuguesa de traçado, não apresentando incoerências de maior. Na análise de sinistralidade, contabilizaram-se os acidentes nos ramos de ligação do nó bem como a montante do mesmo, sendo que o que mais se destaca é ter-se verificado uma percentagem elevada de acidentes por despiste. Verificou-se ainda que grande parte dos acidentes nos locais analisados ocorreram em piso molhado.

No sentido de verificar o risco acrescido de sinistralidade rodoviária nestas transições entre ambientes, e dada a possibilidade de obter dados no terreno, foi elaborado o processo de recolha e medições de velocidade, através de um conjunto de radares de modelo Viacount II. Antes da colocação destes foi estudado ao pormenor os limites de velocidades impostos em cada local bem como a localização da respetiva sinalização vertical. Foi decidido então a colocação dos radares em mais do que um ponto em cada nó, de forma a ser possível verificar a existência de uma zona intermédia de transição de velocidades.

Os dados obtidos indicaram a existência de uma velocidade excessiva em quase todos os pontos medidos, mas também foi possível comprovar a eficácia de uma das medidas de redução de velocidade, nomeadamente através da medição de velocidades numa zona onde está localizado um radar de velocidade - Nó de Sendim.

Após reunidos os dados e elaborada uma análise e conclusão sobre cada um dos pontos procedeu-se, em função do tempo útil disponível, à escolha de um local para identificação e aplicação futura de medidas de redução do risco de acidentes. Em conjunto com a equipa SSR da ASCENDI, e face aos estudos em curso de alguns dos locais que foram analisados, foi proposto a aplicação de medidas a um local onde, até à data, não foram implementadas medidas e, portanto, com grande potencial de melhoria. Esse local foi o Nó de Freixieiro (Perafita), sendo o décimo local no top 12 de locais com maior sinistralidade.

De forma a propor medidas a aplicar no local foi feita uma caracterização mais profunda da zona, nomeadamente quanto ao estado e tipo de sinalização presentes nos ramos A, B e a montante destes dois, o tipo de equipamento de segurança e guiamento, o estado de conservação do pavimento e ainda o horário noturno da iluminação do nó. Conclui-se que este local apresenta apenas sinalização vertical, com um nível razoável de pavimento. Em termos de iluminação é classificado, pela ASCENDI, como um nó suburbano, e como tal, as luminárias apenas funcionam desde do pôr do sol até às 00h. Os dados de velocidade recolhidos através de um aparelho colocado em plena via na aproximação ao nó e um segundo já na direção do ramo A, demonstram que as velocidades praticadas excedem o limite de velocidade em quase 100% dos condutores no segundo ponto de medição, e cerca de 60% na aproximação ao nó.

Em conclusão, a partir desta análise foram propostas medidas para o local, tendo-se concluído que sendo um nó com alguma sinistralidade e de pouca intervenção até à data, as medidas de redução de risco de acidente deverão ser mais no sentido de aumentar o alerta/atenção do condutor quando na aproximação deste. Assim, as medidas propostas passam pela substituição da sinalização vertical normal presente na aproximação do ramo A por uma do mesmo tipo, mas com recurso a luz LED, e ainda a inscrição no pavimento de marca rodoviário com o limite de velocidade de 40 km/h. A montante destas intervenções,

na plena via de aproximação ao nó, as medidas passam também pela aplicação de marcas rodoviárias no pavimento com os destinos da divergência e também a proposta de substituição dos atenuadores de impacto, para um modelo mais vantajoso. Sugeriu-se ainda, como uma medida para redução dos acidentes, o alargamento de horário de funcionamento da iluminação presente no local.

Esta dissertação tem um papel importante ao apresentar a particularidade destes locais de transição, que algumas vezes é abordado pelo condutor de forma errada devido às suas características geométricas que indiciam à prática de elevadas velocidades. Assim espera-se que o estudo realizado, bem como a implementação das medidas propostas, contribuam para o aumento um da segurança rodoviária.

Propostas Futuras

Para melhor aferir a eficácia das medidas propostas, ainda antes da sua implementação, em locais como os analisados com características muito específicas e distintas, é sugerido o estudo em ambiente simulado. Tão importante como a sugestão de medidas é a verificação da eficácia destas a curto e longo prazo, e como tal, o ambiente simulado, nomeadamente o uso de simuladores de condução, poderão avaliar o desempenho dos condutores face a alterações num determinado local.

Um maior investimento tecnológico, quer ao nível de estudos em simuladores como também em monitorização de velocidades em locais estratégicos de transições entre ambientes rodoviários, principalmente entre limites de velocidade distintos, permitirá desenvolver estudos que avaliem de forma eficiente possíveis medidas de redução de risco de acidentes. Em simultâneo, sugere-se também uma maior permissão para aplicação de medidas de redução de risco inovadoras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Comissão Europeia, “Documento de trabalho dos serviços da comissão”, 2019 .
- [2] International Traffic Safety, “Road Safety Annual Report 2020”, 2020
- [3] Ascendi, “Anuário de Segurança Rodoviária 2020”, 2020.
- [4] European Commission , “Speed and Speed Managemen”, 2018.
- [5] JAE, “Norma de Traçado JAE”, 1994.
- [6] França, Adalberto, "Sebenta Vias de Comunicação 2", 2015.
- [7] ANSR, “Relatório Anual 2020”. 2020.
<http://www.ansr.pt/Estatisticas/RelatoriosDeSinistralidade/Pages/default.aspx>.
- [8] International Traffic Safety, “Road Safety Annual Report 2020”, 2020.
- [9] <https://gis.ascendi.pt/portal/apps/sites/#!/gis>. 2021
- [10] G. Nilsson, “Traffic safety dimensions and the Power Model to describe the effect of speed on safety,” Jan. 2004.
- [11] C. Oliveira, Viacount II - Sistema de Contagem Tráfego. Soltráfego SA, 2008.
- [12] University of Kentucky, “Transition Zone Design - Final Report”, 2014.
- [13] Isebrands, H., S. Hallmark, N. Hawkins. “Effects of Approach Speed at Rural High-Speed Intersections”. Washington, DC, 2014
- [14] Roque, Carlos de Almeida, “Sinalização de Nós de Ligação”, Inir,
- [15] Decreto Regulamentar n.º 22-A/98, 1998
- [16] S Qinaat Hussain, Wael K.M. Alhajyaseen, Nora Reinolsmann , Kris Brijs , Ali Pirdavani , Geert Wets , Tom Brijs , “Optical pavement treatments and their impact on speed and lateral position at transition zones: A driving simulator study”, 2020
- [17] Meio Corte. “Catalogo Geral”. 2020.
https://meiocorte.pt/wp_content/uploads/catalogos/catalogo-geral-meiocorte.pdf
- [18] <https://www.roadsafetraffic.com/products/crash-attenuators/> , 2021
- [19] SETRA, “Instruction sur les conditions techniques d’aménagement des autoroutes de liaison”, 2000
- [20] CCDRn, “Manual do Planeamento de Acessibilidade e transportes- Segurança Rodoviária”, 2008.
- [21] <https://www.lindsay.com/mea/pt/infraestrutura/marcas/barrier-systems/>, 2021

- [22] American Association of State Highway and Transportation Official, "Highway Safety Manual", 2009
- [23] Service de santé au travail multisectoriel (STM), La Prévention Routière (França),
Chambre des Salariés , "O estado físico do condutor", 2012
- [24] Yanqun Yanga, Jianying Chena, Said M. Easac, Sheng Yud, Xinyi Zheng , "Effectiveness of yellow color guardrail belt at freeway exits", 2020
- [25] Jorge, T., "Estudo das velocidades praticadas em contexto de autoestrada-Identificação de pontos críticos". Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2021
- [26] Susanne Holocher & Hardy Holte, " ESRA- Speeding". 18/06/2019.

ANEXOS

Anexo 1

Dados Sinistralidade

Concessão Grande Porto														
Nó Peralita		2016 - Março 2021												
Ano	Ramo	Data	Hora	Nº Acidentes	Nº Acidentes c/ Vítimas	Nº Mortos	Nº Feridos Graves	Nº Feridos Ligeiros	Código Acidente	Meteorologia	Luminosidade	Natureza do Acidente	Causa do Acidente	Estado do Piso
2016	Ramo A	04-11-2016	22:29	1	1	0	0	1		Chuva	Zona de Iluminação	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	0+100	08-08-2016	06:18	1	0	0	0	0		Bom Tempo	Crepúsculo ou Aurora	Colisão com Amortecedor de Choque	Sonolência	Seco e Limpo
	0+100	19-01-2016	06:00	1	0	0	0	0		Bom Tempo	Noite escura	Colisão com Amortecedor de Choque	Incumprimento Regra de Circulação	Seco e Limpo
	0+150	25-11-2016	18:36	1	0	0	0	0		Chuva	Zona de Iluminação	Colisão com Amortecedor de Choque	Causa Desconhecida	Molhado
	Total			4	1	0	0	1	-	-	-	-	-	-
2017	Ramo A	28-04-2017	18:56	1	1	0	0	1		Bom tempo	Pleno dia	Colisão entre veículos(Traseira)	Incumprimento regras de circulação	Seco e Limpo
	Ramo B	17-12-2017	18:05	1	1	0	0	1		Bom tempo	Zona de Iluminação	Despiste	Causa Desconhecida	Seco e Limpo
	Total			2	2	0	0	2	-	-	-	-	-	-
2018	Ramo A	10-03-2018	09:40	1	1	0	0	1		Chuva	Pleno dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Ramo A	05-10-2018	10:15	1	1	0	0	1		Bom tempo	Pleno dia	Despiste	Causa Desconhecida	Seco e Limpo
	Ramo A	07-11-2018	21:23	1	0	0	0	0		Bom tempo	Zona de Iluminação	Despiste	Causa Desconhecida	Seco e Limpo
	Ramo B	27-02-2018	13:34	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno dia	Despiste	Obstáculo na Via	Molhado
	0+125	09-01-2018	07:00	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno dia	Colisão com Amortecedor de Choque	Distração	Molhado
	Total			5	2	0	0	2	-	-	-	-	-	-
2019	Ramo A	14-12-2019	12:30	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno dia	Despiste	Óleo e/ou Outros poluentes	Molhado
	Ramo B	05-11-2019	07:50	1	1	0	0	1		Bom tempo	Pleno dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Total			2	1	0	0	1	-	-	-	-	-	-
2020	Ramo B	02-11-2020	10:20	1	1	0	0	1		Chuva	Pleno dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Ramo A	09-01-2020	13:25	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Ramo A	17-09-2020	20:00	1	0	0	0	0		Chuva	Zona de Iluminação	Colisão entre veículos(Traseira)	Causa Desconhecida	Molhado
	Ramo A	04-11-2020	11:34	1	1	0	0	1		Bom tempo	Pleno dia	Colisão entre veículos(Lateral)	Distração	Molhado
	0+125	25-02-2020	04:00	1	0	0	0	0		Bom tempo	Noite Escura	Despiste	Distração	Seco e Limpo
	Total			5	2	0	0	2	-	-	-	-	-	-
2021 (jan a abr)														
	Total			0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
TOTAL				18	8	0	0	8	-	-	-	-	-	-

Medidas de redução do risco de acidentes em Autoestradas: o caso das zonas de transição entre ambientes rodoviários

Concessão Norte															
A11/A7-Calvos		2016 - Abril 2021													
Ano	Ramo	Data	Hora	Nº Acidentes	Nº Acidentes c/ Vítimas	Nº Mortos	Nº Feridos Graves	Nº Feridos Ligeiros	Código Acidente	Meteorologia	Luminosidade	Natureza do Acidente	Causa do Acidente	Estado do Piso	
2016	Ramo B	08-07-2016	15:39	1	1	0	0	1		Bom Tempo	Pleno Dia	Despiste	Causa Desconhecida	Seco e Limpo	
	Ramo B	23-12-2016	15:45	1	0	0	0	0		Bom Tempo	Pleno Dia	Despiste	Excesso de Velocidade	Seco e Limpo	
	Ramo B	19-04-2016	16:20	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno Dia	Despiste	Incumprimento Regra de Circulação	Molhado	
	Total			3	1	0	0	1	-	-	-	-	-		
2017	Ramo B	03-03-2017	17:15	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno Dia	Colisão com guardas de segurança	Causa Desconhecida	Molhado	
	Ramo B	07-08-2017	00:45	1	0	0	0	0		Bom Tempo	Noite escura	Despiste	Excesso de Velocidade	Seco e Limpo	
	Ramo B	23-05-2017	20:00	1	0	0	0	0		Bom Tempo	Pleno Dia	Capotamento	Distração	Seco e Limpo	
	Ramo B	28-06-2017	08:15	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno Dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado	
	Ramo B	04-03-2017	09:00	1	0	0	0	0		Bom Tempo	Pleno Dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado	
	Total			5	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	
2018	Ramo B	01-07-2018	20:37	1	0	0	0	0		Bom Tempo	Pleno Dia	Despiste	Distração	Seco e Limpo	
	Ramo B	02-09-2018	20:30	1	0	0	0	0		Bom Tempo	Zona de Iluminação	Despiste	Alcoolemia	Seco e Limpo	
	Ramo B	29-10-2018	11:30	1	0	0	0	0		Bom Tempo	Pleno Dia	Despiste	Distração	Seco e Limpo	
	Ramo B	10-11-2018	11:15	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno Dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado	
	Ramo B	16-12-2018	15:30	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno Dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado	
	Ramo B	04-03-2018	00:30	1	1	0	0	1		Chuva	Noite escura	Despiste	Incumprimento Regra de Circulação	Molhado	
	Ramo B	05-03-2018	09:50	1	1	0	0	1		Chuva	Pleno Dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado	
	Ramo B	30-12-2018	12:17	1	0	0	0	0		Bom Tempo	Pleno Dia	Despiste	Causa Desconhecida	Seco e Limpo	
	Total			8	2	0	0	2	-	-	-	-	-	-	
	2019	Ramo B	18-03-2019	00:00	1	0	0	0	0		Bom Tempo	Noite escura	Despiste	Causa Desconhecida	Seco e Limpo
		Ramo B	21-12-2019	09:20	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno Dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
Ramo B		23-12-2019	21:00	1	0	0	0	0		Chuva	Zona de Iluminação	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado	
Ramo B		23-06-2019	12:45	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno Dia	Despiste	Excesso de Velocidade	Molhado	
Ramo B		07-08-2019	14:10	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno Dia	Colisão com guardas de segurança	Causa Desconhecida	Molhado	
Ramo B		11-11-2019	10:50	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno Dia	Colisão com guardas de segurança	Causa Desconhecida	Molhado	
Total			6	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-		
2020	Ramo B	17-01-2020	06:55	1	1	0	0	1		Bom Tempo	Noite escura	Natureza Desconhecida	Causa Desconhecida	Molhado	
	Ramo B	29-02-2020	12:45	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno Dia	Despiste	Incumprimento Regra de Circulação	Molhado	
	Ramo B	23-11-2020	12:30	1	0	0	0	0		Bom Tempo	Pleno Dia	Despiste	Causa Desconhecida	Seco e Limpo	
	Total			3	1	0	0	1	-	-	-	-	-	-	
2021 (jan a abr)	Ramo B			1	0	0	0	0		Chuva	Pleno Dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado	
	Total			1	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	
TOTAL				26	4	0	0	4	-	-	-	-	-	-	

Concessão Grande Porto														
Nó A41.A42			2016 - Abril 2021											
Ano	Ramo/PK	Data	Hora	Nº Acidentes	Nº Acidentes c/ Vítimas	Nº Mortos	Nº Feridos Graves	Nº Feridos Ligeiros	Código Acidente	Meteorologia	Luminosidade	Natureza do Acidente	Causa do Acidente	Estado do Piso
2016	Ramo D	14-04-2016	07:30	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno dia	Despiste	Distração	Molhado
	Ramo D	12-04-2016	10:45	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Não atribuído/ 0+250	27-11-2016	00:14	1	0	0	0	0		Bom tempo	Zona de Iluminação	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Total			3	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
2017	Ramo D	20-10-2017	07:50	1	1	0	0	1		Chuva	Pleno dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Ramo D	29-12-2017	15:58	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Ramo D	04-11-2017	10:15	1	0	0	0	0		Bom tempo	Pleno dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Não atribuído/ 0+900	09-11-2017	17:56	1	0	0	0	0		Bom tempo	Crepúsculo ou Aurora	Colisão entre Veículos (Traseira)	Distração	Seco e Limpo
	Total			4	1	0	0	1	-	-	-	-	-	-
2018	Ramo D	16-03-2018	08:30	1	0	0	0	0	2018-LGP000095	Chuva	Pleno Dia	Colisão entre Veículos (Traseira)	Distração	Molhado
	Ramo D	24-11-2018	09:10	1	0	0	0	0	2018-LGP000352	Chuva	Pleno Dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Não atribuído/0+025	10-04-2018	08:40	1	0	0	0	0	2018-LGP000131	Bom Tempo	Pleno Dia	Despiste	Óleo e/ou Outros Poluentes	Molhado
	Não atribuído/0+050	13-01-2018	17:25	1	0	0	0	0	2018-LGP000024	Chuva	Zona de Iluminação	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Não atribuído/0+050	16-01-2018	19:49	1	1	0	0	1	2018-LGP000027	Chuva	Zona de Iluminação	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Não atribuído/0+100	29-04-2018	12:30	1	0	0	0	0	2018-LGP000148	Chuva	Pleno Dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Não atribuído/0+150	16-03-2018	17:15	1	0	0	0	0	2018-LGP000096	Chuva	Pleno Dia	Colisão com Guardas de segurança	Causa Desconhecida	Molhado
	Não atribuído/0+150	28-03-2018	20:00	1	0	0	0	0	2018-LGP000113	Chuva	Zona de Iluminação	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Não atribuído/0+175	12-04-2018	20:00	1	1	0	0	1	2018-LGP000138	Chuva	Crepúsculo ou Aurora	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Não atribuído/0+175	10-11-2018	09:50	1	0	0	0	0	2018-LGP000333	Bom Tempo	Pleno Dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Não atribuído/0+000	09-11-2018	08:15	1	1	0	0	1	2018-LGP000330	Chuva	Pleno Dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Total			11	3	0	0	3	-	-	-	-	-	-
2019	Ramo D	17-04-2019	19:10	1	0	0	0	0	2019-LGP000093	Chuva	Pleno Dia	Colisão entre Veículos (Traseira)	Distração	Molhado
	Ramo D	29-11-2019	08:54	1	0	0	0	0	2019-LGP000338	Chuva	Pleno Dia	Despiste	Óleo e/ou Outros Poluentes	Molhado
	Não atribuído/ 0+500	01-12-2019	06:20	1	0	0	0	0	2019-LGP000345	Chuva	Zona de Iluminação	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Total			3	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
2020	Ramo D	01-02-2020	04:45	1	0	0	0	0	2020-LGP000034	Chuva	Zona de Iluminação	Despiste	Excesso de Velocidade	Molhado
	Ramo D	20-10-2020	22:30	1	0	0	0	0	2020-LGP000214	Chuva	Noite escura	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Ramo D	07-11-2020	23:05	1	0	0	0	0	2020-LGP000236	Chuva	Zona de Iluminação	Colisão com Guardas de segurança	Causa Desconhecida	Molhado
	Ramo D	09-11-2020	07:30	1	0	0	0	0	2020-LGP000241	Chuva	Pleno Dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Não atribuído/0+025	16-01-2020	18:00	1	0	0	0	0	2020-LGP000010	Chuva	Zona de Iluminação	Colisão entre Veículos (Traseira)	Causa Desconhecida	Molhado
	Não atribuído/0+050	16-12-2020	11:05	1	0	0	0	0	2020-LGP000268	Chuva	Pleno Dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Não atribuído/0+100	06-10-2020	10:05	1	0	0	0	0	2020-LGP000202	Chuva	Pleno Dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Total			7	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-
2021 (jan a abr)	Não atribuído/0+000	26-01-2021	10:45	1	1	0	0	2	2021-LGP000015	Chuva	Pleno dia	Despiste	Distração	Molhado
	Não atribuído/0+000	30-01-2021	13:25	1	0	0	0	0	2021-LGP000016	Chuva	Pleno dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Total			2	1	0	0	2	-	-	-	-	-	-
TOTAL				30	5	0	0	6	-	-	-	-	-	-

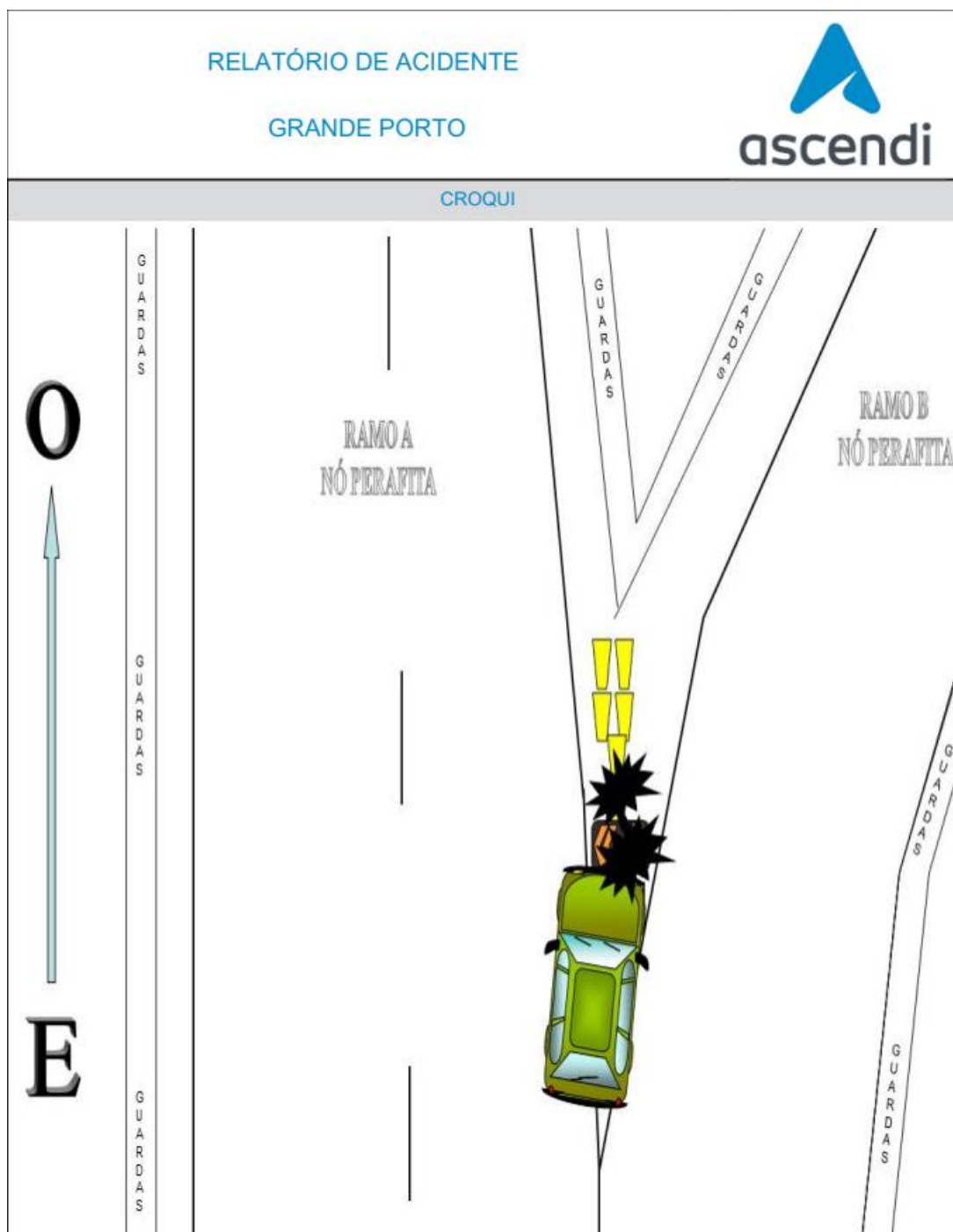
Medidas de redução do risco de acidentes em Autoestradas: o caso das zonas de transição entre ambientes rodoviários

Concessão Grande Porto														
A4 - Nó de Sendim		2016 - Março 2021												
Ano	Ramo	Data	Hora	Nº Acidentes	Nº Acidentes / Vítimas	Nº Mortos	Nº Feridos Graves	Nº Feridos Ligeiros	Código Acidente	Meteorologia	Luminosidade	Natureza do Acidente	Causa do Acidente	Estado Piso
2016	Ramo G	17-01-2016	16:59	1	0	0	0	0		Chuva	Crepúsculo ou Aurora	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Ramo G	14-02-2016	15:40	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno Dia	Despiste	Incumprimento Regra de Circulação	Molhado
	Ramo G	12-01-2016	09:54	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno Dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Ramo G	09-02-2016	23:00	1	0	0	0	0		Chuva	Zona de Iluminação	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Total			4	0	0	0	0	-	-	-	-	-	
2017	Ramo G	29-12-2017	15:46	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno Dia	Despiste	Incumprimento Regra de Circulação	Molhado
	Ramo G	06-03-2017	12:00	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno Dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Ramo G	22-05-2017	20:30	1	1	0	0	1		Bom Tempo	Pleno Dia	Capotamento	Causa Desconhecida	Seco e Limpo
	Ramo G	03-06-2017	16:55	1	1	0	0	1		Bom Tempo	Pleno Dia	Colisão com Guarda de Segurança	Causa Desconhecida	Seco e Limpo
	Ramo G	04-11-2017	20:18	1	0	0	0	0		Bom Tempo	Noite escura	Despiste	Distração	Seco e Limpo
	Ramo G	09-12-2017	09:45	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno Dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Ramo G	11-07-2017	17:04	1	1	0	0	1		Bom Tempo	Pleno Dia	Despiste	Incumprimento Regra de Circulação	Seco e Limpo
	Total			7	3	0	0	3	-	-	-	-	-	
2018	Ramo G	09-01-2018	15:52	1	1	0	0	1		Chuva	Pleno Dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Ramo G	14-02-2018	15:45	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno Dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Ramo G	23-02-2018	04:00	1	0	0	0	0		Bom Tempo	Zona de Iluminação	Despiste	Causa Desconhecida	Seco e Limpo
	Ramo G	04-06-2018	17:45	1	0	0	0	0		Bom Tempo	Pleno Dia	Carga Caída	Perda de Carga/Objecto estranho projectado por outro veículo	Seco e Limpo
	Ramo G	31-10-2018	06:30	1	0	0	0	0		Chuva	Zona de Iluminação	Despiste	Distração	Molhado
	Ramo G	24-11-2018	19:50	1	0	0	0	0		Chuva	Noite escura	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Ramo G	24-11-2018	19:55	1	0	0	0	0		Chuva	Noite escura	Colisão entre Veículos(Traseira)	Causa Desconhecida	Molhado
Total			7	1	0	0	1	-	-	-	-	-		
2019	Ramo G	01-02-2019	12:50	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno Dia	Colisão com Sinalização	Causa Desconhecida	Molhado
	Ramo G	15-04-2019	10:50	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno Dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Ramo G	30-07-2019	11:30	1	1	0	0	1		Bom Tempo	Pleno Dia	Despiste	Incumprimento Regra de Circulação	Seco e Limpo
	Ramo G	22-09-2019	07:20	1	0	0	0	0		Bom Tempo	Pleno Dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Ramo G	13-10-2019	13:05	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno Dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Ramo G	31-10-2019	00:50	1	1	0	0	1		Chuva	Zona de Iluminação	Capotamento	Causa Desconhecida	Molhado
	Ramo G	29-11-2019	08:10	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno Dia	Despiste	Causa Desconhecida	Molhado
	Ramo G	14-12-2019	15:44	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno Dia	Colisão entre Veículos (Lateral)	Causa Desconhecida	Molhado
Total			8	2	0	0	2	-	-	-	-	-		
2020	Ramo G	06-01-2020	09:30	1	1	0	0	1		Bom Tempo	Pleno Dia	Colisão entre Veículos (Traseira)	Causa Desconhecida	Seco e Limpo
	Ramo G	22-12-2020	00:45	1	0	0	0	0		Chuva	Zona de Iluminação	Capotamento	Causa Desconhecida	Molhado
	Total			2	1	0	0	1	-	-	-	-	-	
2021 (jan a abr)	Ramo G	24-01-2021	09:00	1	0	0	0	0		Chuva	Pleno Dia	Despiste	Incumprimento Regra de Circulação	Molhado
	Total			1	0	0	0	0	-	-	-	-	-	
TOTAL				29	7	0	0	7	-	-	-	-	-	

Anexo 2

Exemplo Relatório de Acidente

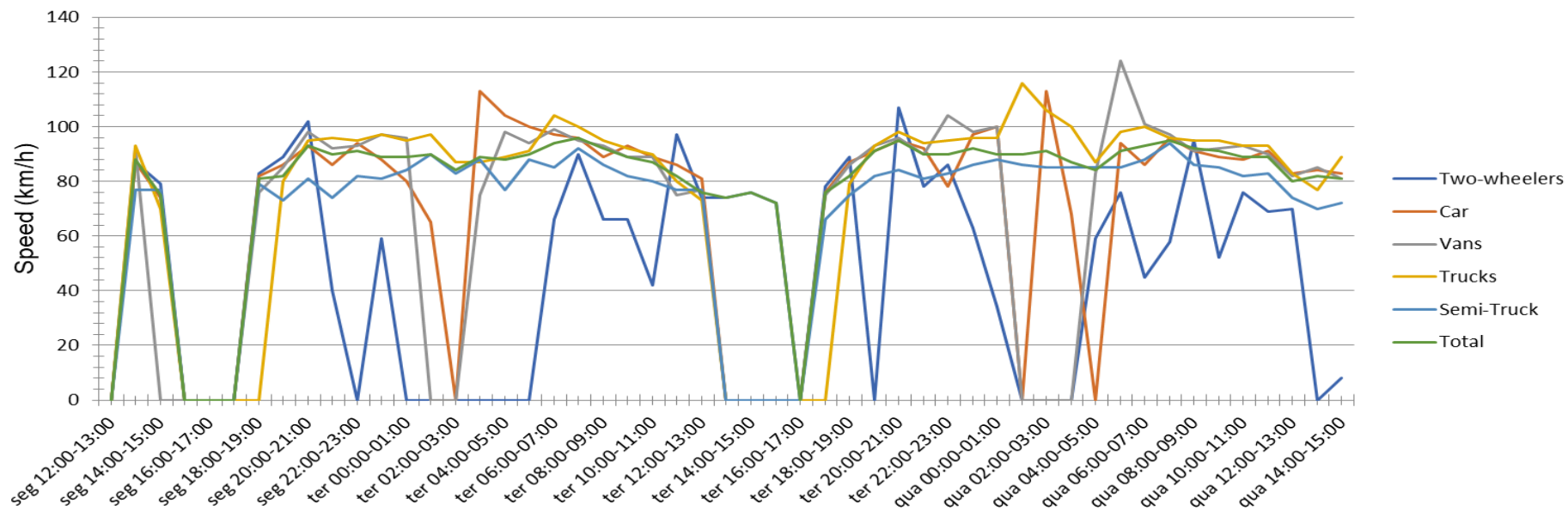
RELATÓRIO DE ACIDENTE					
GRANDE PORTO					
ACIDENTE N.º 2018-LGP000009				DATA 09/01/2018	
Paulo Ribeiro					
Hora	07:01	AE	A41	Via	Via Direita
Participante	BT	PK	0,125	Luminosidade	Pleno Dia
Hora Cheg. Local	07:13	Sentido	D	Meteorologia	Chuva
Hora de Regul.	09:29	Sublanço	Freixeiro - Aeroporto	Estado Piso	Molhado
Hora Prov. Acid.	07:00	Danos	Com Danos		
Observações	Segundo descrição do OAV que foi apurado por este junto do condutor, o veículo circulava no sentido E/O da A41 pela via central com destino a A28 Viana, quando ao chegar ao nó de Perafita o condutor se apercebeu que a via onde circulava dava acesso à A28 Porto. Para tentar seguir o rumo pretendido guinou bruscamente a direção para a sua direita acabando por colidir com o BPD e atenuadores de impacto existente entre os ramos que dão acesso à A28 Porto/Viana (ramos A e B)				
VIATURA 1					
Matrícula	83-06-SO	DANOS		DADOS SEGURADORA	
Marca	Ford	Para-Choques	X	Seguradora	Fidelidade Mundial
Modelo	Focus	Tejadilho		Dependência	
Cor	Cinzento	Vidros		Apólice	754431342
Obs. Cor		Capot	X	Validade	
Categoria	veículo ligeiro	Grelha	X	VIATURA	
Estado Geral	Bom	Pneus		F Ligeiros	0 Mortos 0
Estado Pneus	Bom	Portas		F Graves	0 Ocupantes 1
		Faróis	X		
		Radiador	X		
		Blindagem			
CONDUTOR					
Nome	Nelson da Silva Lima				
Morada	Santa Leocadia Geraz de Lima			Cód Postal	4905-554
Localidade	Viana do Castelo			Proprietário	Sim
BI	15345322	Emissão		Validade	
Carta Condução	VC-68213	Emissão		Validade	



Anexo 3

Exemplo Dados de Velocidade

Sequence Average speed



Evaluation time		26 de abril de 2021,12:00 - 28 de abril de 2021,15:00				
Speed limit	60 km/h	Count	Vd[km/h]	Vmax[km/h]	V85 [km/h]	
Speed violations	98,52 %	Two-wheelers	123	75	136	95
Average gap time	22,59 s	Car	1390	89	160	101
Queue traffic	25,92 %	Vans	827	91	138	105
ADT	2730	Trucks	2117	94	167	107
AYT	996450	Semi-Truck	1345	84	138	97
LGV traffic share	59,67 %					
Evaluation direction	Arriving	Total	5802	89	167	104

Anexo 4

Planta com Medidas Propostas

