

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento do tema

Constata-se que um dos grandes problemas da manutenção do Nível de Serviço das vias e, em especial, da Segurança Rodoviária, se coloca no campo das acessibilidades, sendo utilizadas diversas metodologias para a sua adopção, em termos europeus.

Tanto para sair, como para entrar numa via principal, os condutores têm que abrandar ou acelerar os seus veículos, respectivamente, de modo a sair ou integrar-se no fluxo de tráfego sem provocar quaisquer tipo de acidentes, para tal, são adoptadas vias de desaceleração e vias de aceleração.

A existência de vias de aceleração e de desaceleração associadas a ramos de nós de ligação, ou a intersecções, baseia-se na necessidade de garantir a adequada segurança a quem circula na secção corrente, tendo em conta o diferencial de velocidades associadas aos veículos que pretendem entrar ou sair da mesma, nos pontos de ligação existentes entre esta e a rede viária envolvente, encontrando-se estes conceitos definidos em publicações existentes em Portugal[1] e [2].

As normas portuguesas abordam esta matéria de forma incompleta, estando remetida para a Norma de Intersecções[3] a sua caracterização e extensão, pelo que não existe um tratamento específico na Norma de Nós de Ligação[4].

Ora, a extensão das vias de aceleração e de desaceleração depende de diversos factores, entre os quais se incluem: a velocidade de circulação em secção corrente, a velocidade de circulação no ramo ao qual se pretende associar a via em causa, a inclinação longitudinal da secção corrente, os volumes de tráfego, capacidade, tipo das estradas e distância média entre as intersecções. Estes aspectos não estão tratados de forma profunda e completa nas normas existentes em termos nacionais.

Nos restantes países da União Europeia e nos Estados Unidos, por exemplo, adoptam--se diferentes metodologias para decidir sobre a inserção deste tipo de vias e para a realização do seu cálculo. É importante conhecer e dar a conhecer essas diferentes abordagens, realizar a sua análise, compará-las e produzir recomendações e conclusões que permitam estabelecer o grau de validade dos diferentes métodos utilizados.

1.2 Objectivos e metodologia

O presente trabalho visa abordar um tema decorrente dos nossos dias, relacionado com a Segurança Rodoviária, nomeadamente com as vias de aceleração e de desaceleração, ou seja, indiferentemente da concepção geométrica adoptada para uma via, esta deverá ser capaz de assegurar uma circulação fluida, segura e confortável.

Como tal, é importante a escolha de soluções que induzam regras mais rígidas no dimensionamento de intersecções, mas que ao mesmo tempo sejam de simples adopção. Neste sentido, pretende-se coligir a documentação existente em Portugal sobre esta matéria, detectar eventuais lacunas legislativas e emitir algumas recomendações e conclusões, visando a criação de um documento que estabeleça critérios idênticos aos usados na União Europeia. Para tal, foi feita a análise de três países de referência, em que se investigaram os métodos utilizados para a situação decorrente, sendo eles: A França, a Espanha e a Itália.

Assim os objectivos do presente trabalho são:

- Análise de documentação existente em Portugal, verificando-se as diversas situações actuais, e quais os critérios utilizados para a sua adopção;
- Análise de documentação existente na União Europeia, com a escolha de três países de referência: França, Espanha e Itália, comparando os vários métodos e onde são implementados;

- Análise comparativa das metodologias usadas nos diversos países de modo a implementar um conjunto de critérios semelhantes, entre as medidas adoptadas na EU e em Portugal.
- Por último, propor medidas normativas.

Quanto aos critérios a adoptar para a realização do presente trabalho, os mesmos, consistem nas seguintes fases de desenvolvimento:

- A) a primeira fase consiste numa pesquisa bibliográfica;
- B) a segunda fase tem por fim o contacto com as entidades para a recolha de mais elementos de informação;
- C) a terceira fase tem por objectivo consultar, analisar e organizar toda a documentação existente;
- D) a quarta e última fase corresponde à redacção da dissertação.

1.3 Estrutura do trabalho

Este trabalho está organizado nos seguintes capítulos:

Capítulo 1: “Introdução”, Faz uma pequena abordagem e enquadramento do tema desenvolvido, no presente trabalho, referindo-se a sua importância em termos de Segurança Rodoviária. Neste capítulo, são focados igualmente os objectivos do trabalho, bem como a metodologia e estrutura adoptadas.

Capítulo 2: “ Análise da documentação existente em Portugal”

Capítulo 3: “ Análise da documentação existente na União Europeia”

Capítulo 4: “Análise comparativa das metodologias usadas nos diversos países”

Capítulo 5: “Proposta de medidas normativas”

Capítulo 6: “Conclusões e recomendações para trabalhos futuros”

2 ANÁLISE DA DOCUMENTAÇÃO EXISTENTE EM PORTUGAL

2.1 Generalidades

Qualquer condutor que pretenda efectuar uma mudança de direcção numa intersecção tem que reduzir a velocidade antes de a iniciar. Pelo contrário, os que entram numa estrada principal têm necessidade de acelerar, até atingirem a velocidade da corrente de tráfego dessa estrada. Acontece que estas mudanças de velocidade (aceleração e desaceleração) provocam perturbações na secção corrente das vias principais, originando, muitas vezes, acidentes graves.

Aquando da execução dos projectos, nomeadamente, das intersecções e dos nós de ligação, devem prever-se vias de aceleração e de desaceleração. Ao considerar-se estas vias, tem-se o garante que as variações de velocidade serão efectuadas de uma forma mais segura, contribuindo-se assim para a tentativa de anular ao máximo os acidentes nas entradas e saídas das vias principais. A consideração das presentes vias tem a ver com diversos factores, nomeadamente: velocidades, capacidade, volume de tráfego, tipo das estradas e distância média entre as intersecções.

Quanto à sua geometria, as vias de aceleração e desaceleração podem ser do tipo diagonal ou directo e do tipo paralelo.

Alguma documentação existente em Portugal foca o tema das vias de aceleração e vias de desaceleração, no entanto quando se aborda este tema em termos de dimensionamento, é obrigatoriamente adoptado o estipulado nas Normas da antiga Junta Autónoma de Estradas, actualmente Estradas de Portugal, nomeadamente a Norma de Intersecções[3] e a Norma de Nós de Ligação[4].

Existem outras publicações, embora quase sempre muito idênticas em termos de definição, ao preconizado nas citadas normas, definindo este tipo de vias como “vias de mudança de velocidade que têm por fim facilitar as manobras dos veículos para se integrarem nas correntes de circulação a que se vão juntar ou para abandonarem aquelas de que divergem”[1], ou como “vias auxiliares, designando-se assim as vias

adicionais à faixa normal de uma estrada, construídas *com o objectivo de proporcionar aos veículos espaço adequado que lhes permita manobras de variação de velocidade (aceleração ou abrandamento), sem provocar interferências com o tráfego principal*"[2].

A adopção de vias de aceleração e de desaceleração tem como objectivo principal permitir que os veículos que queiram inserir-se ou abandonar uma determinada corrente de tráfego, consigam acelerar ou reduzir a velocidade, sem provocar quaisquer tipos de perturbações. A sua boa utilização depende dos volumes de tráfego, verificando-se que são tanto melhor quanto mais elevados os volumes.

2.2 Vias de aceleração

Existem dois tipos de vias de aceleração, tipo diagonal ou directo e tipo paralelo.

- As vias de aceleração do tipo diagonal ou directo, conforme figura 2.1, são as vias que se desenvolvem segundo a trajectória dos veículos que saem ou entram na via principal, progredindo em forma de bisel alongado, apresentando largura de vias variáveis, entre a secção inicial e a secção da via tangente com a curva de concordância com a via secundária, sendo recomendadas para as viragens à direita de entrada na via principal, nos casos em que a velocidade prevista para a zona de influência do cruzamento for pelo menos igual a 80 km/h e o volume de tráfego previsto seja maior ou igual a 200 veíc./dia[2].



Figura 2.1 – Via de aceleração do tipo directo

A extensão deste tipo de vias de aceleração incluirá a distância necessária para que o veículo atinja a velocidade a que se efectua a manobra de inserção, tendo em conta a velocidade de circulação da corrente de tráfego na via principal, bem como o

intervalo entre os veículos. Há, no entanto de ter em conta outros factores, tais como: a velocidade de circulação admitida na via de inserção e a inclinação do trainel da estrada principal[2].

- As vias de aceleração do tipo paralelo são as que apresentam um troço de largura constante, devendo a sua área ser assinalada por meio de pavimento de cor ou textura diferente, são constituídas por uma parte rectilínea paralela à estrada principal e de um bisel, de acordo com a figura 2.2.

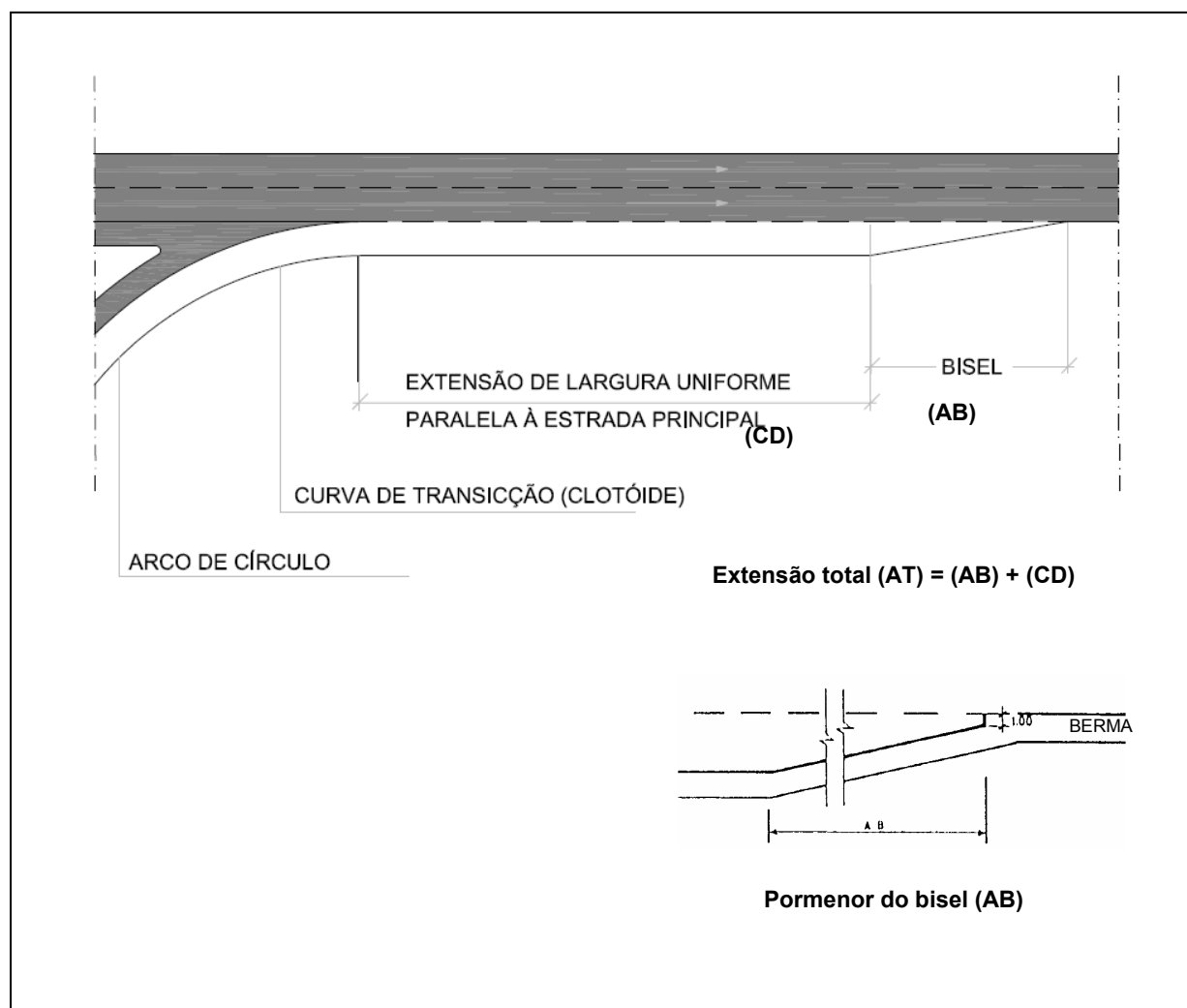


Figura 2.2 – Pormenorização das vias de aceleração do tipo paralelo

Os valores do bisel (AB) e da extensão (AT), são função da velocidade, conforme indicado no Quadro 2.1

Quadro 2.1 - Extensão das vias de aceleração[3]

VELOCIDADE DE PROJECTO (km/h)	60	80	90	100	> 110
EXTENSÃO TOTAL (AT) (m)	140	180	210	240	270
BISEL (AB) (m)	50	50	75	75	75

Estas vias têm a mesma largura das restantes, a sua extensão é definida em função da velocidade base da estrada, sendo utilizadas no traçado de nós de ligação e em intersecções quando a estrada principal tiver 2x2 vias.

Neste tipo de vias de aceleração, não há qualquer recuo do vértice formado pela aresta exterior da faixa de rodagem e interior da via de aceleração. A largura da curva que precede a via de aceleração deve ser o mínimo necessário para assegurar uma via de tráfego, a fim de os veículos entrarem numa única fila.

Este tipo de vias, vide fig. 2.3, são as mais aconselhadas, de acordo com estudos experimentais efectuados, em especial nos Estados Unidos, com base na metodologia do *Highway Capacity Manual – HCM – 2000*, sendo as adoptadas no dimensionamento das vias de aceleração, pelas Estradas de Portugal[3],[4].



Figura 2.3 – Via de aceleração do tipo paralelo

Em Portugal, as “Normas de Nós de Ligação”[4], remetem para as “Normas de Intersecções”[3] a questão do dimensionamento das vias de aceleração.

Normalmente, quando se trate de auto-estradas, deve seguir-se o preconizado nas figuras 1 e 2 em anexo.

Referem as “Normas de Nós de Ligação”[4] que todas as saídas e entradas devem ser localizadas, dentro do possível, em alinhamentos rectos, de modo a que se usufrua de uma boa distância de visibilidade e de óptimas condições operacionais de tráfego, conforme fig. 2.4. No entanto, quando necessário localizá-las em curva, os respectivos biséis das vias de aceleração também o deverão ser, devendo o raio da curva do bisel ser idêntico ao da estrada principal.



Figura 2.4 – Pormenor de via de desaceleração em alinhamento recto

Quando as saídas em curva se localizem em zonas de corte, dever-se-á proceder, se necessário, ao afastamento dos taludes, de modo a assegurar-se uma boa distância de visibilidade, caso não seja possível o alargamento da plataforma da estrada, deverá ser construída uma via auxiliar a montante da saída, não devendo a mesma exceder 300,0 metros, podendo ser inferior caso o seu início se dê num alinhamento recto.

Outras propostas induzidas pelas “Normas de Nós de Ligação” [4] são as seguintes:

- Se o perfil longitudinal da estrada principal for em concordância convexa, a saída deve localizar-se após o vértice;
- As entradas devem preferencialmente ser localizadas em declive, a fim de se facilitar a aceleração do veículos pesados;
- O traçado ideal para as saídas e entradas é aquele em que, numa extensão de pelo menos 60,00 metros, o perfil longitudinal do ramo de ligação seja idêntico ao da via exterior da estrada principal.

2.3 Vias de desaceleração

As vias de desaceleração, tal como as de aceleração, podem ser do tipo directo e do tipo paralelo.

O comprimento destas vias baseia-se essencialmente em três factores, combinados[2]:

- a velocidade a que circula o veículo antes de entrar na via de desaceleração;
- a velocidade a que o veículo curva depois de percorrida a via de desaceleração;
- a taxa de desaceleração do veículo.

Em Portugal, em termos de dimensionamento, e como acontece com as vias de aceleração, devem ser adoptadas as “Normas de Intersecções”[3] e as “Normas de Nós de Ligação”[4], em função dos volumes de tráfego e da velocidade de circulação, cujos aspectos mais relevantes serão a seguir indicados.

2.3.1 Vias de desaceleração para viragens à direita

O traçado para as vias de desaceleração para a viragem à direita deve ser do tipo directo ou diagonal, de acordo com a trajectória do veículo. O seu início deve ter uma largura de 1,00 metros, assim assinalando antecipadamente e de uma forma clara a sua existência.

As vias de desaceleração deste tipo são constituídas por um bisel de saída em recta, uma curva de transição percorrida com desaceleração constante e um arco de círculo, devendo ser adoptado o esquema de traçado da figura 3 em anexo, com excepção para as auto-estradas.

A extensão do bisel (EB), é definida em função da velocidade base da estrada e do raio da curva circular, conforme Quadro 2.2

Quadro 2.2 - Extensão do bisel em vias de desaceleração do tipo directo para viragem à direita[3]

VELOCIDADE DE PROJECTO (km/h)	<90	100	120			
RAIO DA CURVA (m)	>15	>25	40	45	50	>60
EXTENSÃO TOTAL (EB)(m)	80	110	145	135	125	110

A utilização deste tipo de vias de desaceleração depende dos volumes relativos ao tráfego directo e ao que efectua viragens à direita, devendo ser efectuada de acordo com os ábacos da figura 2.5.

A largura das vias de desaceleração deste tipo depende da sobrelargura da curva, não devendo ser inferior a 4,00 metros. A berma direita deverá ter a mesma largura que a da estrada secundária, devendo no mínimo ter 1,50 metros. Caso exista lancil, a largura da via deverá ser aumentada de 0,50 metros.

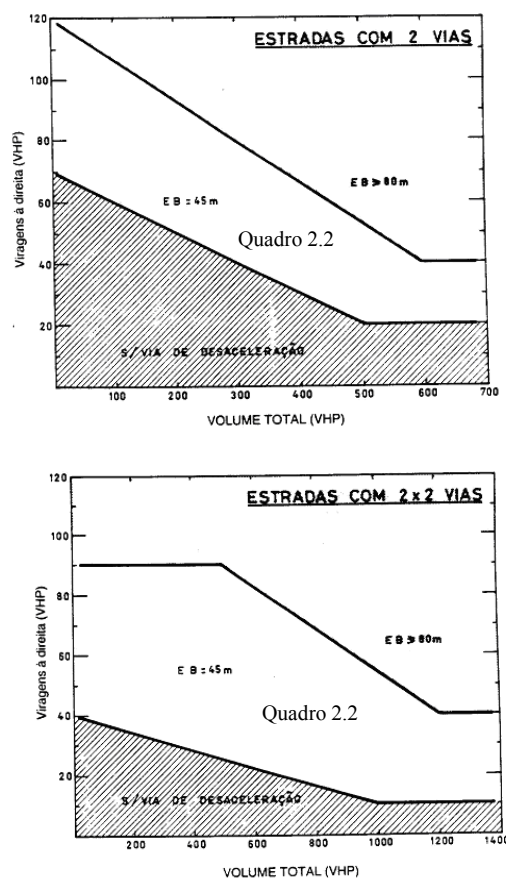


Figura 2.5 – Vias de desaceleração do tipo directo – Ábaco de utilização[3]

2.3.2 Vias de desaceleração para viragens à esquerda

As vias de desaceleração utilizadas para viragens à esquerda devem ser centrais, e do tipo paralelo. Para o seu dimensionamento, deve admitir-se que os condutores desaceleram durante três segundos e seguidamente travam com comodidade, manobras estas que serão efectuadas exclusivamente na via de viragem à esquerda.

A extensão destas vias deve ser a indicada no Quadro 2.3.

Quadro 2.3 - Extensão do bisel em vias de desaceleração do tipo paralelo para viragem à esquerda[3]

VELOCIDADE BASE (km/h)	60	80	100	120
EXTENSÃO DA VIA (DT) (m)	95	130	170	240
BISEL (DB) (m)	40	50	60	75

A largura destas vias de desaceleração deve ser sempre de 3,50 metros, independentemente de qual for a velocidade base da estrada.

A geometria dos biséis não tem que ser necessariamente a correspondente à trajectória dos veículos, dado que a sua função é meramente de orientação óptica.

Caso não se adoptem lancis, para delimitar o separador, o bisel pode ser constituído por um alinhamento recto, caso contrário, o traçado mais conveniente é uma curva e contracurva, com um alinhamento recto intermédio, conforme fig. 2.6.

Nas vias de desaceleração para viragem à esquerda, há também que se considerar a extensão da via de viragem necessária à paragem dos veículos que queiram efectuar essas mudanças de direcção, a qual depende directamente do seu volume.

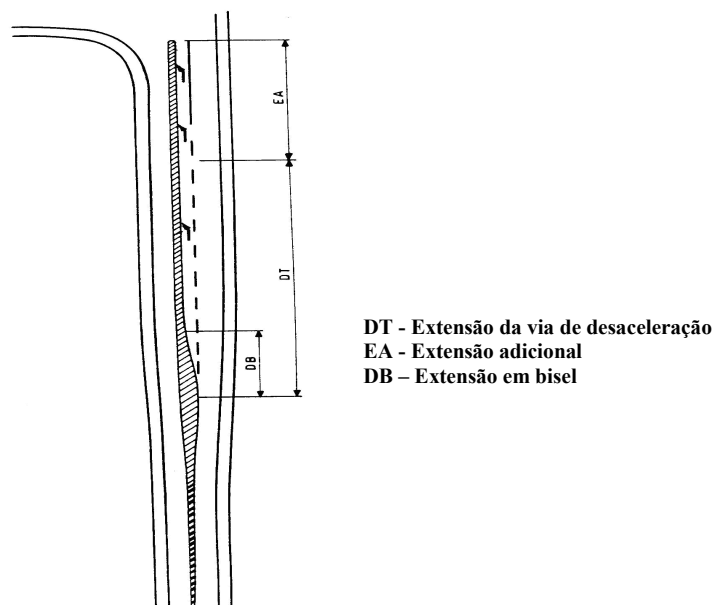


Figura 2.6 – Vias de desaceleração do tipo paralelo[3]

No Quadro 2.4, refere-se a extensão aconselhável, em função do volume horário de projecto, relativo a essas viragens.

Quadro 2.4 - Extensão adicional para paragem e espera dos veículos das vias de desaceleração para viragem à esquerda[3]

VOLUME HORÁRIO DE PROJECTO (viragens à esquerda)	30	60	100	200	300
EXTENSÃO ADICIONAL (EA) (m)	8	15	30	60	75

Nos casos em que a presença de espaços disponíveis é limitada, ou em caso de soluções provisórias e económicas, pode adoptar-se sinalização horizontal para a materialização das vias de viragem à esquerda, conforme fig. 4 do anexo, mantendo-se, no entanto, essa sinalização em excelente estado de conservação.

Os valores anteriormente indicados para a extensão das vias de desaceleração, tanto directas (Quadro 2.2), como paralelas (Quadro 2.3), correspondem a rasantes com inclinações longitudinais inferiores a 3%. Quando a inclinação das rasantes é igual ou

superior a 3% devem ser adoptados os valores de correcção indicados no Quadro 2.5.

Quadro 2.5 - Extensão das vias de desaceleração, factores de correcção devidos à inclinação da rasante[3]

INCLINAÇÃO DA RASANTE	TRAINEL ASCENDENTE	TRAINEL DESCENDENTE
3 a 4 %	0,90	1,20
5 a 6%	0,8	1,35

2.4 Conclusões

Como se verificou, não estão salvaguardados todos os aspectos referentes ao dimensionamento das vias de aceleração e de desaceleração, nomeadamente nos Nós de Ligação e em concreto quando se trata de auto-estradas. Neste caso, somos remetidos para o preconizado em dois esquemas de traçado, um para as vias de aceleração e outro para as vias de desaceleração, respectivamente.

A Norma de Nós de Ligação, indica que para o dimensionamento das vias de aceleração e de desaceleração se deve recorrer à Norma de Intersecções, no entanto, quando se consultam estas, nomeadamente os valores atribuídos à extensão das vias de aceleração e desaceleração e em especial para velocidades superiores a 110 km/h, dá-se conta de valores manifestamente inferiores aos que se encontram padronizados nos esquemas citados, no caso particular dos comprimentos a adoptar do bisel.

Não se têm em conta os veículos pesados, dizendo-se somente que as entradas devem ser localizadas de preferência em declive, de modo a facilitar a sua acessibilidade à via principal.

Após a análise, às normas existentes nos outros países em estudo, será feita uma comparação com o estipulado para o assunto recorrente em Portugal.

3 ANÁLISE DA DOCUMENTAÇÃO EXISTENTE NA UNIÃO EUROPEIA

3.1 Generalidades

Após pesquisa à documentação existente na União Europeia, dada a quantidade de informação existente e diversidade em termos de abordagem ao tema em estudo, houve a necessidade de reduzir o conjunto de países, de modo a tornar-se viável a análise de uma forma coerente com o que se pretende. Neste sentido, foram escolhidos três países de referência, para efeitos de comparação das metodologias adoptadas para a utilização de vias de aceleração e vias de desaceleração, sendo eles, Espanha, França e Itália. Em primeiro lugar, e antes de se entrar em termos comparativos da documentação destes três países com a existente em Portugal, foi feita uma análise da documentação de cada país separadamente.

3.2 Documentação existente em Espanha

Apesar da existência de mais documentação, a adopção e dimensionamento de vias de aceleração e de vias de desaceleração em Espanha remete para a Norma 3.1-IC Trazado de la Instrucción de Carreteras[8], aprovada através do Boletín Oficial del Estado, “BOE” número 28, de 02 de Fevereiro de 2000[7]. Esta norma contempla todas as especificações dos elementos básicos para o estudo e projecto de estradas, incluindo as vias de aceleração e de desaceleração. Em Espanha projectam-se vias de mudança de velocidade de aceleração e desaceleração, independentemente da existência ou não de vias suplementares, nos seguintes casos:

- Entradas e saídas em vias rápidas, estradas convencionais de Classe C-100 e C-80⁽¹⁾ ;
- Entradas e saídas de estradas da Classe C-60⁽¹⁾, que tenham uma IMD⁽²⁾, superior a 1500 veículos;
- Em qualquer outro caso com prévia justificação.

⁽¹⁾ Estradas convencionais, “C” indica a classe das estradas, o valor numérico a seguir corresponde à velocidade de projecto.

⁽²⁾ Intensidade Média Diária (IMD), número total de veículos que passam durante um ano por uma secção transversal da estrada, dividido por o número de dias do ano.

Em estradas com separador não são admitidas ligações que necessitem de mudança de velocidade, no lado esquerdo da via, caso exista mais que uma via em cada sentido.

3.2.1 Tipo de vias de aceleração e de desaceleração

O tipo de vias de aceleração e desaceleração utilizados são os seguintes:

- Paralelo, em que a faixa de mudança de velocidade, anexada à estrada principal, incorpora uma transição de largura linear variável, no extremo contíguo à dita via.
- Directo, em que a faixa de mudança de velocidade, é tangente à estrada principal ou forma com ela um ângulo muito pequeno, cuja co-tangente não será inferior a vinte grados, e não ultrapasse trinta e cinco grados, quando seja de desaceleração.

As vias de aceleração serão sempre do tipo paralelo fig. 3.10, enquanto as vias de desaceleração fig. 3.11, serão de uma forma geral também do tipo paralelo, excepto em casos devidamente justificados, em que podem ser do tipo directo, fig. 3.12, com curvaturas progressivamente crescentes.

Definem-se como secções características de uma via de mudança de velocidade, as seguintes:

- Secção característica de 1,50 metros: aquela em que a abertura da via de aceleração/desaceleração, medida perpendicularmente ao eixo da via principal, desde os limites desta, seja de 1,50 metros.
- Secção característica de 1,00 metros: aquela em que a separação entre os limites da via de aceleração/desaceleração e da estrada principal, medida perpendicularmente ao eixo desta, seja de 1,00 metros.

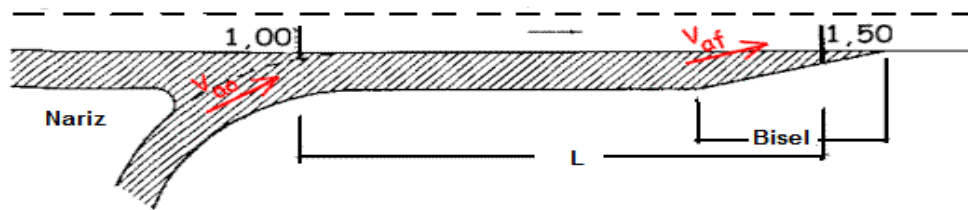


Figura 3.10 – Via de aceleração do tipo paralelo[7]

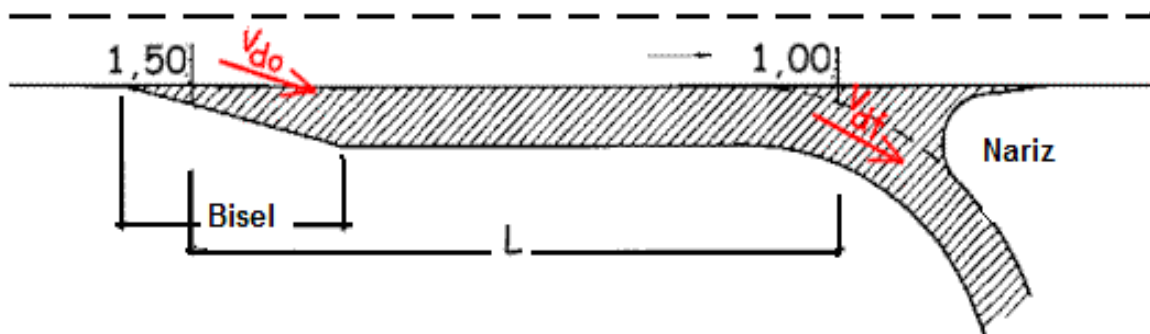


Figura 3.11 – Via de desaceleração do tipo paralelo[7]

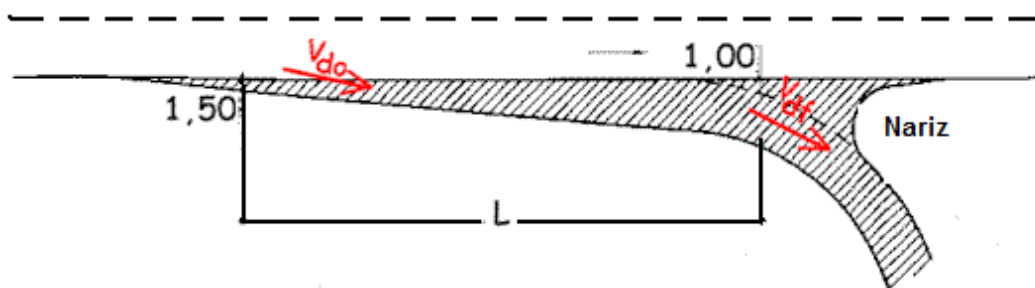


Figura 3.12 – Via de desaceleração do tipo directo[7]

3.2.2 Dimensões das vias de aceleração e de desaceleração

As vias do tipo paralelo têm uma largura de 3,50 metros, quando não separadas da estrada principal. Tanto as vias do tipo paralelo como as do tipo directo, dispõem de uma berma direita igual à da via principal.

As vias do tipo paralelo, fig. 3.10 e 3.11, no extremo contíguo ao da estrada principal, deverão ter uma transição de largura em forma de cunha triangular (bisel), cujo comprimento se explicita no quadro 3.6, em função do menor dos valores, da velocidade de projecto (V_p) e a máxima sinalizada na altura da secção característica de 1,50 metros.

Quadro 3.6 - Extensão da cunha triangular de transição[7]

Mín. (V_p' limitada) (km/h)	Desaceleração	Aceleração
≤ 80	70	133
100	83	167
120	100	175

Para efeito do cálculo do seu comprimento, supõe-se que a velocidade de um veículo, ao longo de uma via de mudança de velocidade, varia entre os valores seguintes:

- Vias de aceleração,
 - V_{ao} valor da velocidade específica (V_e) do elemento da via de aceleração, que contém a secção característica de 1,00 metros.
 - V_{af} é o valor menor dos valores seguintes:
 - Velocidade de projecto (V_p)
 - Velocidade máxima sinalizada na estrada principal, a altura da secção característica de 1,50 metros.
- Vias de desaceleração,
 - V_{do} é o menor dos valores seguintes:
 - Velocidade de projecto (V_p)

⁽³⁾ V_{af} , valor da velocidade específica no final da extensão de aceleração, no ponto específico, da secção característica de 1,50 metros. V_{do} , valor da velocidade específica no início da via de desaceleração, no ponto da secção característica de 1,0 metros.

- Velocidade máxima sinalizada na estrada principal, a altura da secção característica de 1,50 metros.
- V_{df} valor da velocidade específica (V_e) do elemento da via de desaceleração, que contém a secção característica de 1,00 metros.

Para determinar o comprimento das vias de mudança de velocidade entre as secções indicadas, podem aplicar-se as seguintes expressões:

- Em vias de aceleração:

$$L = 1120 \frac{1-2 \cdot i}{(1+2,65 \cdot i)^3} \cdot \ln \frac{175 \cdot (1-2 \cdot i) - V_{ao} \cdot (1+2,65 \cdot i)}{175 \cdot (1-2 \cdot i) - V_{af} \cdot (1+2,65 \cdot i)} - 6,4 \cdot \frac{V_{af} - V_{ao}}{(1+2,65 \cdot i)^2} - \frac{V_{af}^2 - V_{ao}^2}{96 \cdot (1+2,65 \cdot i)} > 200 \text{ m} \quad [5]$$

- Em vias de desaceleração:

$$L = \frac{V_{do}^2 - V_{df}^2}{254 \cdot i + 50} > 100 \text{ m} \quad [5]$$

Em que:

- L = Comprimento da via de aceleração e desaceleração (m) entre as secções características;
- i = inclinação da rasante, tendo em conta o seguinte: positiva em rampa, negativa em pendente;
- V_{ao} , V_{af} , V_{do} e V_{df} = velocidades indicadas através das fórmulas (km/h).

Nos quadros 3.7 e 3.8 indicam-se os comprimentos das vias de aceleração e de desaceleração para valores descritos de i , V_{ao} , V_{af} , V_{do} e V_{df} .

Só se podem empregar vias de desaceleração do tipo directo quando os valores do comprimento L não sejam superiores a 180,00 metros, ou seja, quando o valor for superior devem adoptar-se vias de desaceleração do tipo paralelo.

Quadro 3.7 - Extensão das vias de aceleração[7]

Velocidade $V_{af} = 60$ km/h	
V_{ao} (km/h)	Inclinação da Rasante (%)
	$-7 \leq i \leq 7$
$0 \leq V_{ao} \leq 60$	200

Velocidade $V_{af} = 80$ km/h	
V_{ao} (km/h)	Inclinação da Rasante (%)
	$-7 \leq i \leq 7$
$0 \leq V_{ao} \leq 60$	200

Velocidade $V_{af} = 100$ km/h															
V_{ao} (km/h)	Inclinação da Rasante (%)														
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
0	200	200	200	200	200	200	200	205	217	232	248	267	290	318	353
10	200	200	200	200	200	200	200	204	216	231	247	266	289	317	352
20	200	200	200	200	200	200	200	201	213	228	244	263	286	314	348
30	200	200	200	200	200	200	200	201	208	222	238	247	279	307	341
40	200	200	200	200	200	200	200	200	200	212	228	247	269	296	330
50	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	214	232	253	280	313
60	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	210	231	256	288

Velocidade $V_{af} = 120$ km/h													
V_{ao} (km/h)	Inclinação da Rasante (%)												
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
0	261	275	291	308	328	351	378	410	449	498	561	647	777
10	261	274	290	307	327	351	377	410	449	497	560	647	776
20	258	272	287	305	325	348	375	407	446	494	557	643	772
30	253	267	282	300	319	342	369	401	440	488	551	637	766
40	246	259	275	292	311	334	360	392	430	478	541	626	755
50	235	249	263	280	299	321	348	379	417	464	526	611	738
60	221	234	248	264	283	304	330	360	397	444	504	588	715

Quadro 3.8 - Extensão das vias de desaceleração[7]

Velocidade $V_{do} = 60$ km/h			
V_{df} (km/h)	Inclinação da Rasante (%)		
	-7	-6	$-5 \leq i \leq 7$
0	112	104	100
10	109	101	100
$20 \leq V_{df} \leq 60$	100		

Velocidade $V_{do} = 80$ km/h															
V_{df} (km/h)	Inclinação da Rasante (%)														
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
0	199	184	172	161	151	142	135	128	122	116	111	106	102	100	100
10	196	181	169	158	149	140	133	126	120	114	109	105	100	100	100
20	186	173	161	151	142	134	126	120	114	109	104	100	100	100	100
30	171	158	147	138	130	122	116	110	105	100	100	100	100	100	100
40	149	138	129	120	113	107	101	100	100	100	100	100	100	100	100
50	121	112	105	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Velocidade $V_{do} = 100$ km/h															
V_{df} (km/h)	Inclinação da Rasante (%)														
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
0	310	288	268	251	236	223	211	200	190	182	174	166	159	153	148
10	307	285	265	248	234	220	209	198	188	180	172	165	158	152	146
20	298	276	257	241	227	214	202	192	183	174	167	160	153	147	142
30	282	262	244	228	215	203	192	182	173	165	158	151	145	139	134
40	261	242	225	211	198	187	177	168	160	153	146	140	134	129	124
50	233	216	201	188	177	167	158	150	143	136	130	125	120	115	111
60	199	184	172	161	151	142	135	128	122	116	111	106	102	100	100

Velocidade $V_{do} = 120$ km/h														
V_{df} (km/h)	Inclinação da Rasante (%)													
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	
0	7 414	386	361	340	321	303	288	274	261	250	239	230	221	
10	411	383	359	337	318	301	286	272	260	248	238	228	219	
20	403	375	351	330	312	295	280	266	254	243	233	223	215	
30	388	362	339	319	301	284	270	257	245	234	224	215	207	
40	368	343	321	302	285	270	256	244	232	222	213	204	196	
50	342	319	299	281	265	251	238	226	216	207	198	190	182	
60	311	290	271	255	240	228	216	206	196	187	180	172	166	

3.2.3 Inclinação transversal das vias de aceleração e de desaceleração

As vias de aceleração e de desaceleração têm a mesma pendente transversal que a estrada principal, na distância compreendida entre o ponto de união de ambas as estradas e a secção característica de 1,00 metros.

3.3 Documentação existente em Itália

Tal como nos outros países, a implementação de vias de aceleração e de vias de desaceleração, são estabelecidas em normas próprias. No caso concreto de Itália, esta matéria é remetida para a “Norme sulle caratteristiche funzionali e geometriche delle intersezioni stradali”, publicada em 24 de Julho de 2006, na Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana[10]. Na presente Norma, são definidos os principais elementos que compõem uma intersecção e que são:

- As rampas, que são os troços de ligação entre ramos de intersecção de nível (cruzamento);
- As vias especiais, destinadas aos veículos que estão prestes a efectuar manobras de inserção e/ou saída na via principal, sem causarem distúrbio excessivo, na corrente de tráfego principal. Podem ser de entrada (aceleração), de saída (desaceleração, tipo paralelo e tipo directo) e de desaceleração de viragem à esquerda, podendo ser implementadas em intersecções lineares, divididas por níveis, consoante o tipo de estradas, conforme quadro 3.11.

Quadro 3.9 – Tipo de estradas [10]

Tipo de estrada principal	Tipo de via especial		
	De saída	De entrada	De acumulação para viragem à esquerda
Estrada Extra Urbana			
A	Obrigatória	Obrigatória	Não permitida
B	Obrigatória	Obrigatória	Não permitida
C	Permitida	Não permitida	Permitida
F	Permitida	Não permitida	Permitida
Estrada Urbana			
A	Obrigatória	Obrigatória	Não permitida
D	Permitida	Permitida	Não permitida
E	Permitida	Permitida	Permitida
F	Permitida	Permitida	Permitida

As vias especiais são desenvolvidas, em geral, em anexo à estrada a que está associada. Em particular, as vias de aceleração e de desaceleração de viragem à esquerda assumem uma configuração paralela à estrada principal. As vias de desaceleração podem ser realizadas com configuração paralela, mas mediante a adopção de bisel, conforme fig. 3.14.

3.3.1 Vias de aceleração

As vias de aceleração, são compostas dos seguintes elementos conforme fig. 3.13:

- Extensão da secção de aceleração $L_{a,e}$
- Extensão da secção de transição $L_{i,e}$
- Extensão do elemento de junção $L_{v,e}$

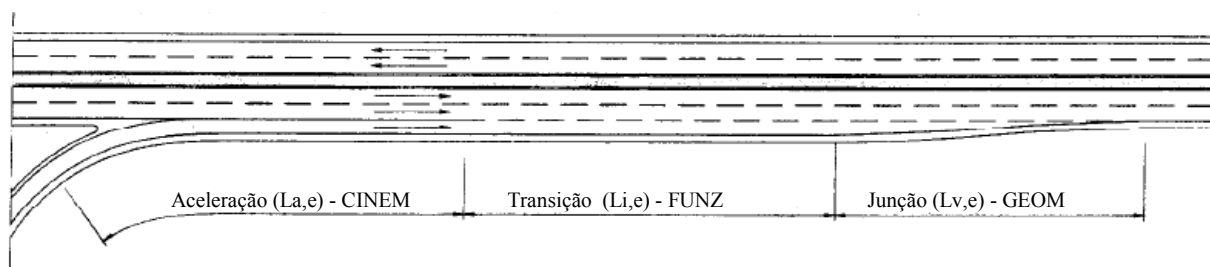


Figura 3.13 – Via de aceleração, tipo paralelo[10]

3.3.2 Vias de desaceleração

As vias de desaceleração, são compostas dos seguintes elementos:

- Uma secção de manobra com um determinado comprimento $L_{m,u}$
- Uma secção de desaceleração, $L_{d,u}$ (compreende metade do comprimento da secção de manobra $L_{m,u}$) paralelo ao eixo principal da estrada, no caso do tipo paralelo, fig. 3.14, ou coincidente internamente com o elemento de curvatura variável, no caso do tipo directo, fig. 3.15.

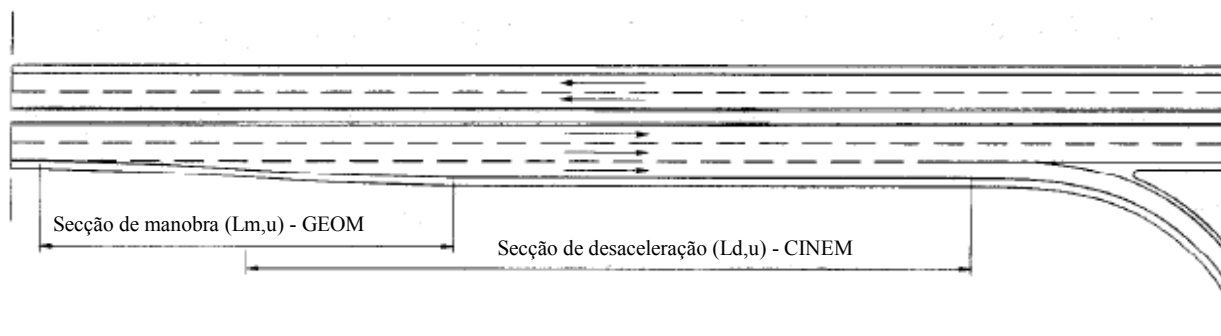


Figura 3.14 – Via de desaceleração, tipo paralelo[10]

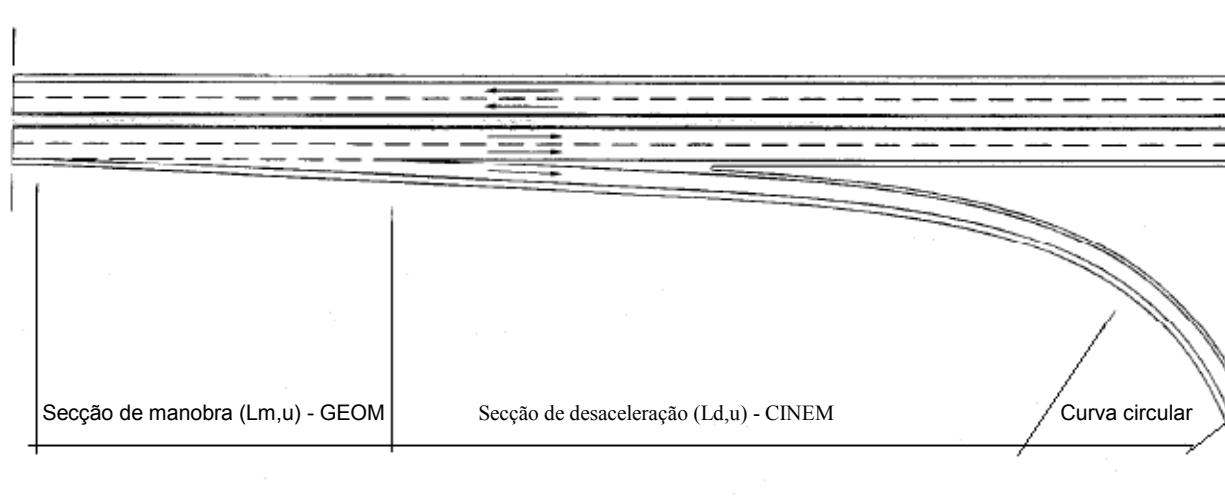


Figura 3.15 – Via de desaceleração, tipo directo[10]

3.3.3 Vias de desaceleração de viragem à esquerda

As vias de desaceleração para virar à esquerda, conforme fig. 3.16, são compostas das seguintes características elementares:

- Extensão do elemento de junção $L_{v,a}$;
- Uma secção de manobra com um determinado comprimento $L_{m,a}$;
- Uma secção de desaceleração $L_{d,a}$;
- Uma secção de acumulação $L_{a,a}$.

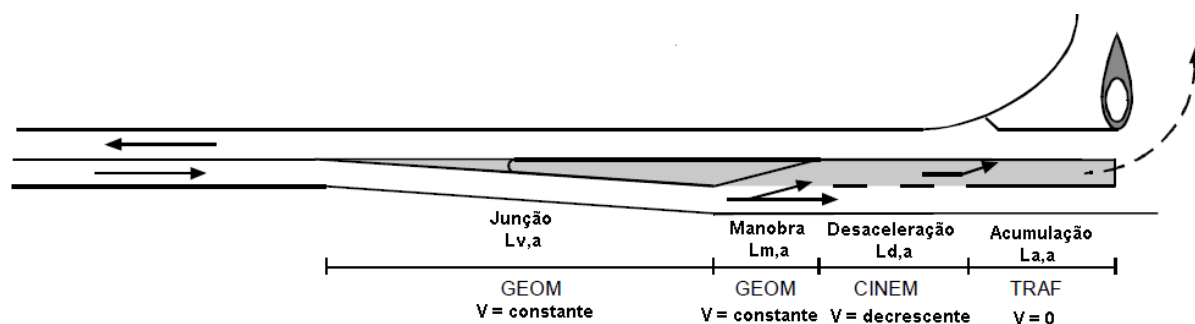


Figura 3.16 – Vias de desaceleração de viragem à esquerda[10]

- Legenda:** **GEOM** – Elementos de dimensionamento com métodos geométricos
CINEM – Elementos de dimensionamento com métodos cinemáticos
TRAF – Elementos de dimensionamento com base no fluxo de tráfego

3.3.4 Zonas de entrecruzamento

As áreas de entrecruzamento, têm sentido quando existe um cruzamento de duas ou mais correntes de tráfego que se deslocam no mesmo sentido ao longo de um determinado comprimento de estrada e no qual não exista a ajuda de mecanismos de controlo de tráfego, conforme fig. 3.17.

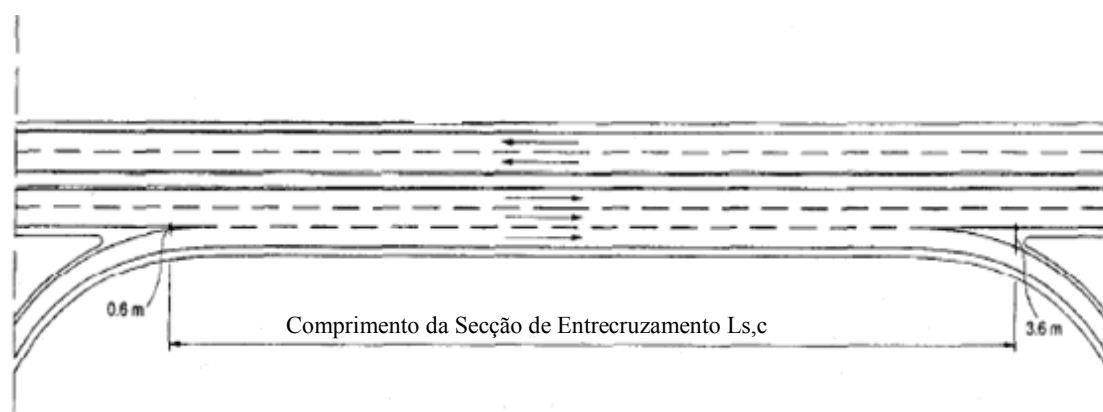


Figura 3.17 – Zonas de entrecruzamento[10]

Os troços $L_{a,e}$, $L_{d,u}$, $L_{d,a}$ são dimensionados com critérios cinemáticos, tendo em conta o prescrito no ponto 3.3.5.

Os troços $L_{v,e}$, $L_{m,u}$, $L_{v,a}$, $L_{m,a}$ são dimensionados com critérios geométricos, tendo em conta os requisitos fixados no ponto 3.3.6.

Os troços $L_{i,e}$, $L_{a,a}$, L_{sc} são dimensionados com critérios funcionais, segundo o prescrito no ponto 3.3.7.

3.3.5 Elementos de dimensionamento longitudinal com critérios de cinemática

Para se determinar o comprimento dos troços de variação cinemática na vias de desaceleração e de aceleração, adopta-se a seguinte expressão:

$$L = \frac{v_1^2 - v_2^2}{2a} \quad [10]$$

donde:

L (m) é o comprimento necessário para a variação cinemática;

$V1$ (m/s) é a velocidade de ingresso no troço de desaceleração e de aceleração;

$V2$ (m/s) é a velocidade de saída do troço de desaceleração e de aceleração;

a (m/s²) é a aceleração, positiva ou negativa, assumida para a manobra.

O valor de $V1$ e de $V2$ e de a , a serem incluídos na fórmula acima, são os seguintes:

- Vias de desaceleração,
 - para $V1$ assume-se a velocidade de projecto do troço de estrada, a partir do qual os veículos saem, sendo determinada pelos diagramas de velocidade segundo o reportado no *Decreto Ministeriale* de 5/11/2001[9];
 - para $V2$ assume-se a velocidade de projecto correspondente ao raio da curva de desvio, para os outros utentes da estrada;
 - para a assume-se os valores abaixo indicados:

- a) para estradas do tipo A, $3,0 \text{ m/s}^2$, e o mesmo valor para estradas do tipo B quando estas possuem características idênticas às anteriores;
 - b) para todas as outras estradas, $2,0 \text{ m/s}^2$.
- Troço de desaceleração nas vias de viragem à esquerda,
 - para $V1$ assume-se a velocidade de projecto da estrada principal, por sua vez, determinada a partir dos diagramas de velocidade, indicadas no *Decreto Ministeriale* de 5/11/2001[9];
 - enquanto para $V2$ se assume o valor $6,95 \text{ m/s}$;
 - para a assume-se o valor de $2,0 \text{ m/s}^2$.
 - Vias de aceleração,
 - para $V1$ assume-se a velocidade de projecto da rampa no ponto de início do troço de aceleração;
 - enquanto para $V2$, assume-se o valor correspondente a 80% da velocidade de projecto da estrada sobre a qual se insere a via de aceleração, sendo esta velocidade determinada pelo estipulado no diagrama de velocidade, conforme estipulado no *Decreto Ministeriale* de 5/11/2001[9].
 - para a assume-se o valor de $1,0 \text{ m/s}^2$.

3.3.6 Elementos de dimensionamento longitudinal com critérios geométricos

3.3.6.1 Secções de junção $L_{v,a}$ e manobra $L_{m,a}$ na faixa de acumulação de veículos para a viragem à esquerda no cruzamento

O comprimento das vias de ligação $L_{v,a}$ depende da velocidade de projecto V_p (km/h) e do alargamento d (m) a ser atingido, conforme fig. 3.18. Deve ser igual à largura da via de acumulação incrementada de 0,50 metros (largura essa necessária para a materialização do elemento separador de dois sentidos).

Este comprimento é calculado utilizando a seguinte fórmula:

$$L_{v,a} = 0,6 \cdot V_p \cdot \sqrt{d'} \text{ [m]} \quad [10]$$

em que: V_p – Velocidade de projecto (km/h);

d – largura a atingir (m).

No entanto, deve ser garantido um comprimento L de, pelo menos, 20,00 metros.

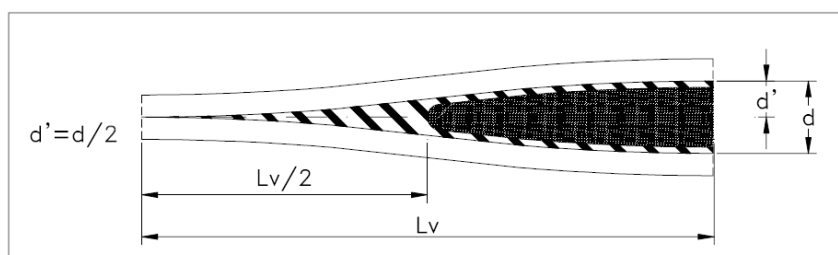


Figura 3.18 - Comprimento das vias de ligação $L_{v,a}$ [10]

O comprimento do troço de manobra $L_{m,a}$ determina-se com base no estipulado no quadro 3.12:

Quadro 3.10 - Comprimento do troço de manobra $L_{m,a}$ [10]

Velocidade de projecto V_p [km/h]	Comprimento do troço de manobra $L_{m,a}$ [m]
$V_p \geq 60$	$L_{m,a} = 30$
$V_p < 60$	$L_{m,a} = 20$

3.3.6.2 Troço de manobra da via de saída nas intersecções

O comprimento do troço de manobra da via de saída é igual a 30,00 metros e 20,00 metros, respectivamente no âmbito rural e urbano.

3.3.6.3 Troço de ligação da via de entrada nos cruzamentos de nível superior

O comprimento do troço de junção $L_{v,e}$, na via de entrada determina-se em função da velocidade de projecto da estrada sobre a qual a via se insere, com base no estipulado no quadro 3.11.

Quadro 3.11 – Comprimento do troço de junção $L_{v,e}$ [10]

Velocidade de projecto V_p [km/h]	Comprimento do troço de junção $L_{v,e}$ [m]
$V_p > 80$	75
$V_p \leq 80$	50

3.3.6.4 Troço de manobra da via de desaceleração nos cruzamentos de nível superior

O comprimento do troço de manobra $L_{m,u}$, numa via de saída ou de desaceleração determina-se com base na velocidade de projecto do troço de estrada da qual deriva essa via, segundo o quadro 3.12.

Quadro 3.12 – Comprimento do troço de manobra $L_{m,u}$ [10]

Velocidade de projecto V_p [km/h]	Comprimento do troço de manobra $L_{m,u}$ [m]
40	20
60	40
80	60
100	75
≥ 120	90

3.3.7 Dimensionamento funcional das intersecções

Além das regras de carácter geométrico indicadas nos itens anteriores, uma intersecção deve ser dimensionada em relação ao tráfego e em relação às manobras consentidas.

Os elementos e parâmetros a serem determinados de acordo com o volume de tráfego, referindo-se ao período de ponta do projecto, são:

- para os cruzamentos de nível: o comprimento das vias de acumulação;
- para a intersecção da rotunda: a capacidade da rotunda, e o nível de serviço da solução adoptada;
- para intersecções de nível superior: o comprimento das vias de aceleração e áreas de entrecruzamento;

Independentemente dos critérios de cálculo utilizados, deverá ser feita sempre a sua análise através de critérios funcionais, de uma forma independente uns dos outros, o comprimento $L_{i,e}$ (de entrada), L_{sc} (mudança de direcção) e $L_{a,a}$ (para as vias de acumulação), ou na sua totalidade de modo a garantir-se um nível de serviço, para o qual foi projectada.

3.4 Documentação existente em França

As normas para a adopção de vias de aceleração e desaceleração em França, estão parametrizadas nas publicações do “Service d’Études Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA)”[10], e do “Centre d’études sur les réseaux, les transports, l’urbanisme et les constructions publiques (Certu)” [11] ou seja, tal como nos casos anteriores, as normas de projecto, são estabelecidas em publicações estatais, tais como a “Instruction sur les Conditions Techniques D’Aménagement de Autoroutes de Liaison (ICTAAL)”[10] ou a “Instruction sur les Conditions Techniques D’Aménagement des Voies Rapides Urbaines” [11]. As vias de aceleração e de desaceleração, segundo as normas francesas, são tratadas de forma diferenciada de acordo com a categoria das estradas: Auto-estradas, Vias Rápidas Urbanas (VRU) do

“tipo A”, com características de auto-estradas, sendo dimensionadas para velocidades de referência de 80 km/h ou de 100 km/h e outras Vias Rápidas Urbanas do “tipo U”, sem características de auto-estradas sendo dimensionadas para velocidades de referência de 80 km/h ou 60 km/h.

3.4.1 Acesso à auto-estrada

3.4.1.1 Vias de aceleração

As entradas nas auto-estradas, são realizadas através de vias de aceleração (inserção), em que este dispositivo de entrada compreende o seguinte[10]:

- Uma secção de aceleração cuja obliquidade com o eixo da auto-estrada está compreendida entre 3 e 5%. O seu comprimento depende do raio da última curva, de acordo com o gráfico da fig. 3.19, deve atingir no ponto $E=1$ metro, a velocidade convencional de 55 km/h, com um nível de aceleração de 1m/s^2 , conforme fig. 3.20;
- Uma secção de manobra adjacente à auto-estrada, com 200 metros de comprimento e 3,50 metros de largura;
- Um bisel com 75 metros.

L_0 (m) – Comprimento da secção de aceleração

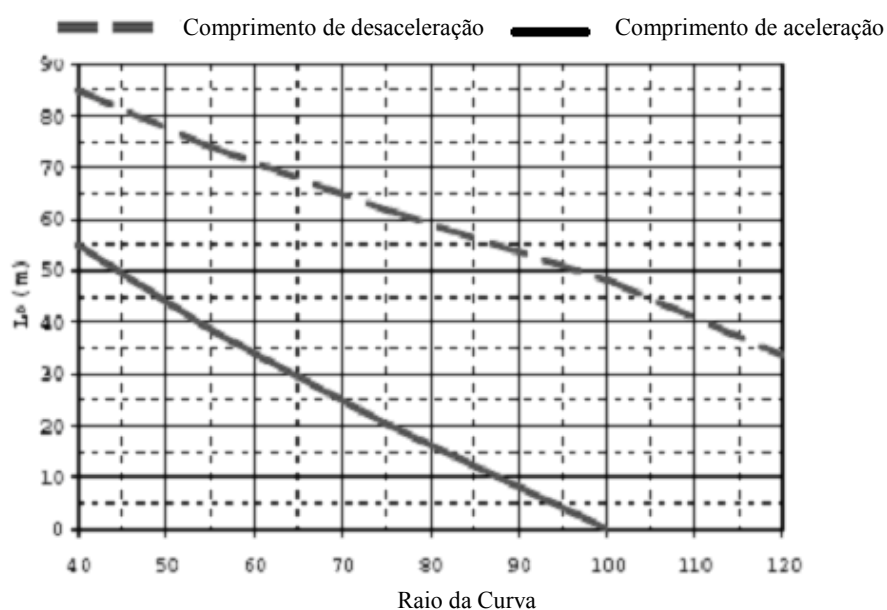


Figura 3.19 - Comprimentos de desaceleração / aceleração no ponto L_0 em função do raio da curva da primeira / última curva da rampa[10]

O comprimento de uma zona de aceleração ou desaceleração em função da inclinação é dada pela fórmula:

$$L_{d/a} = L_0 / (1 - 10 \cdot p) \quad [10]$$

Onde: - p é a inclinação em valor algébrico

- $L_{d/a}$ comprimento da zona de desaceleração ou de aceleração
- L_0 comprimento da zona de desaceleração ou de aceleração em função do raio da curva

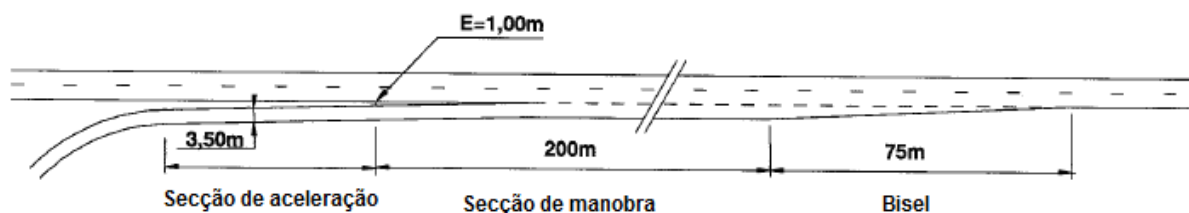


Figura 3.20 - Dispositivo de entrada na auto-estrada
(Via de aceleração)[10]

3.4.1.2 Vias de desaceleração

As saídas das auto-estradas, são realizadas através de vias de desaceleração, comportando este dispositivo de saída o seguinte[5]:

- Uma secção de manobra que é um bisel contíguo à auto-estrada, com um comprimento de 150,00 metros, até onde essa divergência atinge 1,00 metros de largura;
- Uma secção de desaceleração, permitindo este troço passar da velocidade convencional de 70 km/h, no fim da secção de manobra, à velocidade associada ao raio da primeira curva encontrada (ver fig. 3.21 e 3.22), com uma desaceleração de cerca de $1,50 \text{ m/s}^2$.

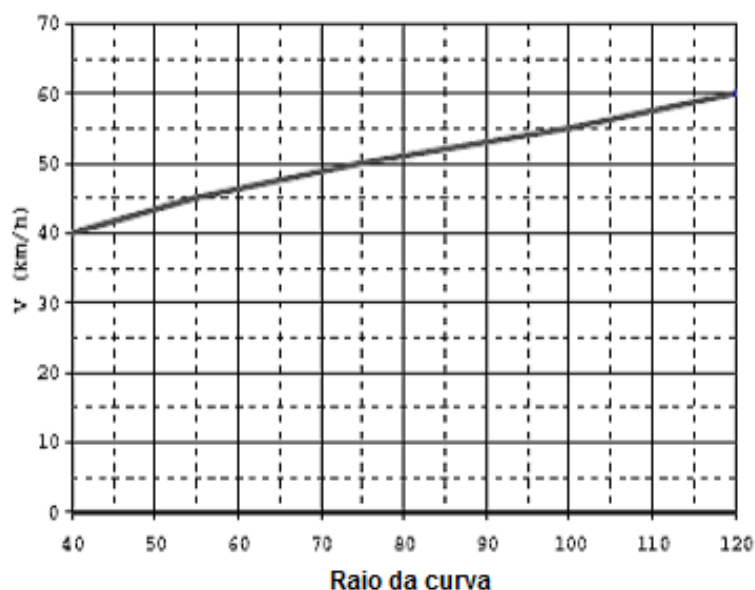


Figura 3.21 - Velocidade convencional numa rampa em função do raio da curva[11]

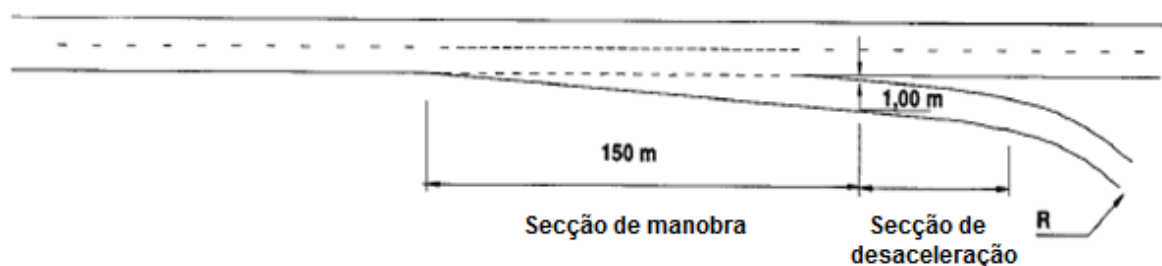


Figura 3.22 - Dispositivo de saída da auto-estrada
(Via de desaceleração) [10]

3.4.2 Acesso a vias com características das auto-estradas “tipo A”, e vias sem características das auto-estradas “tipo U”

3.4.2.1 Dispositivos de entrada

Para a concepção dos dispositivos de acesso às vias com características de auto-estradas “tipo A”, e a vias sem características de auto-estradas “tipo U”, (ver fig. 3.23 e quadro 1 em anexo), são estabelecidos valores mínimos, de acordo com o guia de *Conception des accés sur voies rapides urbaines de type A*[12], que são aplicados

para os acessos sobre uma VRU do tipo A80 com velocidades prescritas de 70 ou 90 km/h, e sujeita à seguinte condição[10]:

Na entrada: débito máximo ≤ 600 uvp/h⁽⁴⁾;

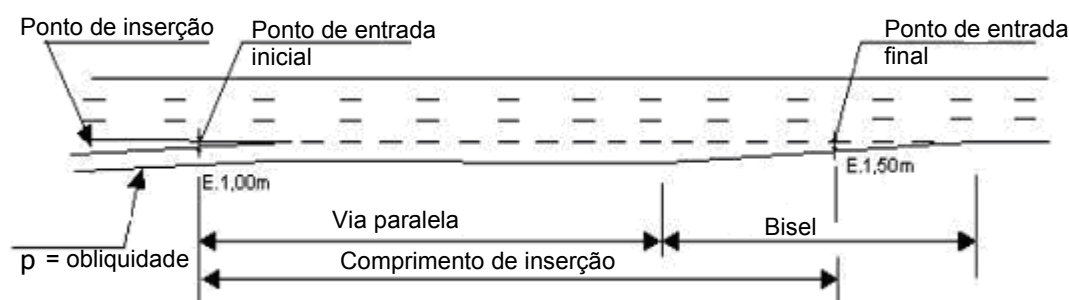


Figura 3.23 - Esquema de uma entrada do tipo: Ei 1⁽⁵⁾ “em inserção”[11]

3.4.2.1.1 Regras de visibilidade

As regras de visibilidade para seguir nas proximidades de uma entrada são:

- A partir da via principal pode-se aplicar a regra constante do artigo 4.5 (géométrie liée à la vitesse de référence) pág. 35[11], que consta no seguinte: para uma entrada, teremos, para os condutores que circulam na via principal que recebe a via de aceleração, uma distância de visibilidade mínima sobre a retaguarda de $h = 0,60$ m acima do solo, sobre um veículo situado na entrada, à direita do ponto E.1,00 m, e a distância de chegada (d_a) sobre a velocidade indicada no quadro 3.13.

Quadro 3.13 – Distância de chegada ao ponto E.1,00m em função da velocidade

V (km/h)	50	70	90	110
d_a (m)	50	85	130	195

⁽⁴⁾ uvp/h – unidades de viaturas particulares por hora.

⁽⁵⁾ Ei 1 – dispositivo de entrada tipo “entrada em inserção, sobre uma via principal”.

- A partir da rampa de entrada, é necessário prever a distância de vista do ponto E.1,00 m.

3.4.2.1.2 Obliquidade: p

A obliquidade deve estar compreendida entre 1/20 e 1/30:

- Se $p > 1/20$: a obliquidade é muito forte, ou seja muito nítida entre a rampa e a junção com a estrada;
- Se $p < 1/30$: a obliquidade é baixa, o meio de inserção pode ser atingido mais cedo do que o pico devido à incapacidade de implementar sistema de retenção.

3.4.2.2 Dispositivos de saída

Tal como o estipulado para os dispositivos de entrada, na concepção de dispositivos de saída das vias com características de auto-estradas “tipo A”, e das vias sem características de auto-estradas “tipo U”, (ver fig. 3.24 e quadro 2 em anexo), são também adoptados valores mínimos, de acordo com o guia de *Conception des accès sur voies rapides urbaines de type A*[12], sujeitos à seguinte condição[10]:

Na saída: débito máximo ≤ 650 uvp/h⁽⁴⁾;

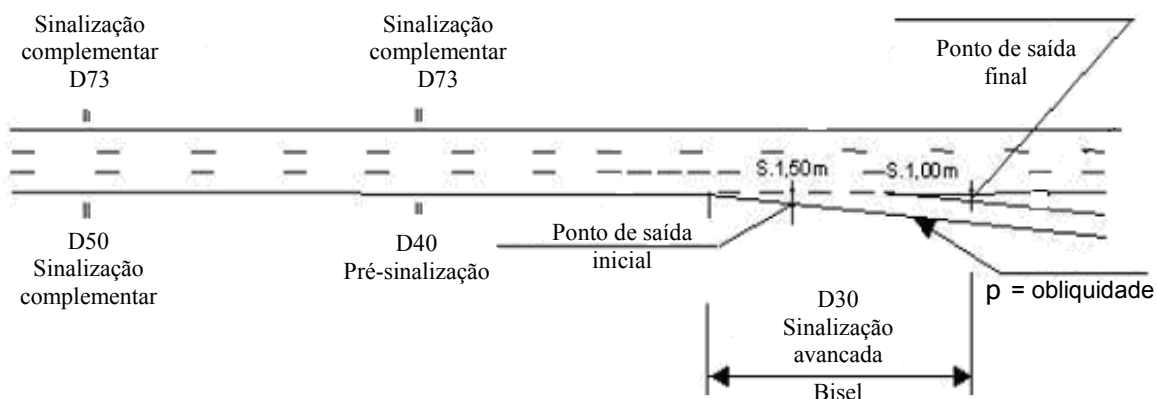


Figura 3.24 - Esquema de uma saída do tipo Sb 1 “deslocamento de uma via”[11]

3.4.2.2.1 Regras de visibilidade

As regras de visibilidade para seguir nas proximidades de uma saída são as constantes do artigo 4.5 (géométrie liée à la vitesse de référence) pág. 35[11], devendo respeitar duas condições mínimas:

- distância de percepção 1 (**dp1**), entre os painéis de sinalização complementar e os painéis de pré-sinalização. Ela corresponde à distância percorrida em 3 segundos com a velocidade indicada no quadro 3.14.
- distância de percepção 2 (**dp2**), sobre a zona de sinalização adiantada, deve ser assegurada ao usuário que se aperceba simultaneamente da visibilidade de $h = 1,0\text{m}$ acima do solo e de 5m antes do início do bisel. Ela corresponde à distância necessária de modo a permitir a decisão a tomar, numa distância segura percorrida em 6 segundos, com a velocidade indicada no quadro 3.14.

Quadro 3.14 – Distância de percepção de saída em função da velocidade

V (km/h)	50	70	90	110
dp1 (m) 3s	45	60	75	90
dp2 (m) 6s	85	120	150	185

3.4.2.2.2 Obliquidade: p

Varia dependendo do comprimento do bisel nas saídas, mas deverá estar compreendida entre 1/20 e 1/30.

3.4.2.3 Dispositivos de entrada e saída à esquerda

Todos os acessos à direita devem ser favoritos, em relação a um acesso à esquerda, dada a especificidade dos mesmos. Os acessos à esquerda conforme quadro 3 em anexo, devem ser considerados apenas em situações muito excepcionais, nas configurações onde seja especificamente obrigatório[11].

A sua necessidade deve ser justificada através de:

- relatório de avaliação do tráfego, concebido sobre os acessos existentes o mais próximo à direita;
- o número de veículos pesados (PL) envolvidos deve ser inferior a cinquenta por hora;
- estudo da realização de um acesso à direita e seu custo.

3.4.3 Geometria das zonas de aceleração e de desaceleração

As secções de desaceleração ou de aceleração que compreendem as clótóides de ligação à curva de raio R devem permitir a passagem de V_s e V_i a $V(R)$, velocidade admissível praticada na secção curva da rampa, de acordo com o quadro 3.15 e quadro 3.16 respectivamente.

Esta disposição é obrigatória para vias do “tipo A” com características de auto-estradas, e recomendado para vias do “tipo U”, vias sem características de auto-estradas[11].

O dimensionamento do comprimento destas secções, faz-se do seguinte modo:

- Nas saídas, a distância L entre o ponto de saída, o mais tardar S.1.00 e o primeiro ponto correspondente ao raio R deverá corresponder à distancia de desaceleração necessária para passar de velocidade de saída (V_s) à velocidade admissível praticada na secção curva da rampa de saída $V(R)$, com um valor de desaceleração de cerca de $1,5 \text{ m/s}^2$;

$$L = \frac{V_s^2 - V(R)^2}{3} \quad [11]$$

Em que:

- L é em m;

- velocidade de saída (V_s) em m/s;

- velocidade admissível praticada na secção curva da rampa de saída $V(R)$ em m/s;

Quadro 3.15 - Distância de desaceleração L (em m) em função de V(R) e Vs (em km/h) [11]

V _s \ V(R)	30	35	40	45	50	55	60	65
40	18	10						
50	41	33	23	12				
55	54	46	36	25	13			
60	69	61	51	41	28	15		
70	103	95	85	74	62	48	33	17

Nota: V(R) versus R, são valores dados a seguir no ponto 3.4.4

Nas entradas, a distância L entre o fim da secção curva de raio R e o ponto de entrada E.1.00 deve coincidir com a distância de aceleração em incrementos de 1 m/s².

$$L = \frac{V_i^2 - V(R)^2}{3} \quad [11]$$

Em que L é em m

- velocidade de entrada (Vi) em m/s;
- velocidade admissível praticada na secção curva da rampa de entrada V(R) em m/s;

Quadro 3.16 - Distância de aceleração L (em m) em função de V(R) e Vi (em km/h)[11]

V _i \ V(R)	30	35	40	45	50	55	60	65
40	27	14						
50	62	49	35	18				
55	82	69	55	40	20			
60	104	92	77	61	42	22		
70	154	142	127	111	93	72	50	26

A presença de rampas muito acentuadas vai influenciar as velocidades praticadas e as possibilidades de aceleração e de desaceleração.

As secções de aceleração, e sobretudo as secções de desaceleração devem ser, conforme os casos, alongadas ou eventualmente reduzidas.

Admite-se:

Para um declive de 8%, os valores de aceleração de 1,5 m/s² e de desaceleração de 1 m/s²;

Para uma rampa de 7%, os valores de aceleração de 0,5 m/s² e de desaceleração de 2 m/s².

A fórmula para determinar os comprimentos de aceleração e de desaceleração, é a seguinte:

$$L \text{ ou } L' = \frac{V_s^2 \text{ ou } V_i^2 - V(R)^2}{2\Upsilon} \quad [10]$$

Com: valor de aceleração ou de desaceleração

L ou L' em m

V_s, V_i e V(R) em m/s;

Υ em m/s²

3.4.4 Geometria das zonas em curva

A geometria das zonas em curva, cujo raio mínimo admissível numa ligação é de 20,0m, deve assumir valores de velocidade máxima em função do raio R, conforme o estipulado no quadro 3.17.[11]

Quadro 3.17 – Velocidade máxima V(R)

V(R) km/h	30	35	40	45	50	55	60	65	70
R em m	22	33	45	60	80	100	125	155	185

3.4.5 Conclusões

Após a análise da documentação existente nos países em estudo, concluiu-se que o dimensionamento das vias de aceleração e de desaceleração, é tratado de forma diferenciada, apresentando tabelas com comprimentos mínimos a adoptar e com algumas particularidades, uns em relação aos outros. Neste sentido, no capítulo seguinte, vão comparar-se os diferentes métodos adoptados, de modo a obterem-se de uma forma simplificada as diferenças existentes, para que posteriormente seja possível propor algumas recomendações.

4 ANÁLISE COMPARATIVA DAS METODOLOGIAS USADAS NOS DIVERSOS PAÍSES

4.1 Generalidades

Conforme se pode constatar nos capítulos anteriores, nas vias de aceleração, a geometria do ramo de acesso deve permitir que os veículos acelerem a partir do final da curva de entrada, até atingirem uma velocidade de segurança que lhes permita entrar na via principal.

A geometria das vias de desaceleração deve facilitar aos veículos desacelerar após a sua saída da via principal, até atingirem a velocidade de segurança da via secundária onde se pretendem inserir.

Após análise das Normas existentes, nomeadamente: dos seus conceitos, das suas finalidades, onde e como são adoptadas, como são constituídas e como é feito o seu dimensionamento, partiu-se para a sua comparação em termos de constituição e dimensionamento nos países em estudo, uma vez que estes dois factores condicionam todos os restantes.

Assim sendo, nos quadros 4.18 e 4.19 apresentam-se os aspectos mais relevantes em termos do que foi focado anteriormente.

Posteriormente, serão apresentados esquemas de dimensionamento de vias de aceleração e de desaceleração, consoante as várias normas em análise, de modo a verificar-se de uma forma expedita as diferenças existentes, de país para país.

4.2 Análise comparativa

Quadro 4.18 – Vias de aceleração do tipo paralelo, análise comparativa

Vias de aceleração do tipo paralelo					
(1/3)	Portugal	Espanha	Itália	França	Observações
Constituição	- são constituídas por um arco de círculo, seguidas de uma curva de transição, de um troço rectilíneo e de um bisel, possuindo uma largura de 3,50m, fig. 2.2 pág.15.	- são constituídas por uma curva de transição, um troço recto e uma transição de forma triangular, fig. 3.10 pág. 25.	- são constituídas por uma extensão de aceleração L _a e, uma extensão de transição L _i e, e uma extensão de junção L _v e, fig. 3.13 pág. 32.	- as vias de aceleração para acesso à auto-estrada são constituídas por uma extensão de aceleração, dependendo o seu comprimento do raio da última curva, uma secção de manobra adjacente à auto-estrada, com 200 metros de comprimento e 3,50m de largura e um bisel com 75 metros. Para as vias rápidas urbanas do tipo "A", vias rápidas urbanas do tipo "U" sem características de auto-estradas, são adoptados diferentes tipos de via de aceleração consoante as "regras de visibilidade" e a obliquidade, fig. 3.24 pág. 44.	Conforme se pode comparar em termos de constituição, as vias de aceleração, assumem modelos diferentes no que concerne ao modo como são adoptadas nos países aqui analisados. No entanto, a sua constituição, compreende essencialmente uma curva de transição, que dá ligação a uma extensão recta (extensão de aceleração), e de uma extensão de transição de forma triangular (bisel), de modo a facilitar as manobras dos veículos para se integrarem nas correntes de circulação a que se vão juntar, provocando o mínimo de perturbações, na corrente de tráfego principal.
Dimensionamento	- São dimensionadas em função da velocidade, em que os valores do bisel e da extensão desde a curva de transição até à entrada da corrente principal de tráfego, estão estipulados no quadro 2.1 pág. 16; - Não existe quaisquer diferenciação em	- são dimensionadas em função da velocidade e da inclinação da rasante. - para o cálculo do seu comprimento, utilizam-se as expressões da pág. 27, supondo-se que a	- todos os troços são dimensionados com critérios diferenciados de modo que: L _a e é dimensionado com critérios cinemáticos, de acordo com a formula da pág.	- todos os troços são dimensionados com critérios diferenciados de modo que: • No dimensionamento do comprimento das secções de aceleração, a distância L entre o fim da secção de raio R e o ponto de entrada E 1,00, deve coincidir com a distância	O dimensionamento de vias de aceleração do tipo paralelo, de uma forma generalizada são efectuadas em função da velocidade, da aceleração, do volume de tráfego e da inclinação da rasante. Após a análise às Normas dos países em estudo, verificou-se que não são adoptados os mesmos critérios em termos de dimensionamento, por exemplo, em Portugal, não existem quaisquer diferenciações em termos do comprimento

Quadro 4.18 – Vias de aceleração do tipo paralelo, análise comparativa (cont.)

Vias de aceleração do tipo paralelo					
(2/3)	Portugal	Espanha	Itália	França	Observações
	<p>termos de comprimento das vias de aceleração, quer sejam feitas em trainel ascendente ou em pendente, somente a recomendação que preferencialmente deverão ser localizadas em declive, afim de se facilitar a aceleração dos veículos pesados.</p> <p>- São adoptadas vias de aceleração com dimensões específicas para as auto-estradas na Norma de Nós de Ligação, fig. 1 em anexo.</p>	<p>velocidade de um veículo, ao longo de uma via de mudança de velocidade, varia entre os valores seguintes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vao, valor da velocidade especifica (Ve) do elemento da via de aceleração, que contém a secção característica de 1,00 metro; • Vaf que é o menor dos seguintes valores: velocidade de projecto (Vp), ou velocidade máxima sinalizada na estrada principal, à altura da secção característica de 1,00 metro. 	<ul style="list-style-type: none"> • 35, em função da velocidade e da aceleração; • Lv,e é dimensionado segundo critérios geométricos, utilizando a formula da pág. 38, dependendo da velocidade de projecto (Vp), Quadro 3.11 pág. 38, e do alargamento d a ser atingido, devendo no entanto ser garantido para Lv,e um comprimento L de pelo menos 50 metros, para $Vp \leq 80$ e de 75 metros para $Vp > 80$. • Li,e é dimensionado em relação ao tráfego e em relação às manobras consentidas. 	<p>de aceleração em incrementos de 1 m/s^2, fig. 3.23 pág. 43 e Quadro 3.16 pág.47. A presença de trainéis, cujo perfil da rasante, sejam muito acentuados, devem-se tomar os valores para um declive de 8%, os valores de aceleração de $1,5 \text{ m/s}^2$, e para um trainel ascendente com uma inclinação de 7% os valores de aceleração de $0,5 \text{ m/s}^2$, sendo a formula para determinar os comprimentos de aceleração, a da pág. 48.</p>	<p>das vias de aceleração, consoante as mesmas se efectuem em trainel ascendente ou em pendente, sómente se recomenda que deverão ser efectuadas em declive de modo a facilitar a aceleração dos pesados, enquanto que na Espanha, o factor da inclinação da rasante é fundamental para o dimensionamento da extensão de aceleração. No que diz respeito, aos critérios de dimensionamento adoptados pela Itália, são completamente diferentes dos restantes países, uma vez que são utilizados: critérios cinemáticos, que têm a ver essencialmente com a velocidade e aceleração; critérios geométricos, que dependem da velocidade de projecto e do comprimento do troço de manobra e com o volume de tráfego e às manobras consentidas. Quanto à metodologia adoptada pela França, os critérios de dimensionamento das vias de aceleração, têm a ver com regras de visibilidade, com a obliquidade p e a velocidade, chamando no entanto, a atenção para que as secções de aceleração devam ser alongadas ou reduzidas, adoptando-se determinados valores para a aceleração, consoante se esteja em presença de um declive com 8%, ou de uma rampa com 7%.</p>
	Dimensionamento				

Quadro 4.18 – Vias de aceleração do tipo paralelo, análise comparativa (cont.)

Vias de aceleração do tipo paralelo						
(3/3)	Portugal	Espanha	Itália	França	Observações	
Dimensionamento		<p>- no extremo contíguo ao da estrada principal, deverão ter uma transição de largura em forma de cunha triangular, dimensionada em função do menor dos valores: da velocidade de projecto (V_p) e a máxima velocidade sinalizada na altura da secção característica de 1,50 metros, fig. 3.10 pág. 25.</p> <p>- são definidas secções características de uma via de mudança de velocidade: secção característica de 1,50 metros e de 1,00 metro.</p> <p>- têm uma largura de 3,50 metros.</p>				

Quadro 4.19 – Vias de desaceleração do tipo paralelo, análise comparativa

Vias de desaceleração					
(1/4)	Portugal	Espanha	Itália	França	Observações
Constituição	<p>- As vias de desaceleração para viragens à direita são constituídas por um bisel e saída em recta, uma curva de transição percorrida com desaceleração constante e um arco de circulo.</p> <p>- As vias de desaceleração de viragem à esquerda são constituídas por um bisel, um alinhamento recto intermédio e uma extensão da via de viragem necessária à paragem dos veículos que queiram efectuar a mudança de direcção, fig. 2.6 pág. 21.</p>	<p>- as vias de desaceleração do tipo paralelo, são constituídas por uma transição de forma triangular, um troço recto e uma curva de transição, fig. 3.11 pág. 25.</p> <p>- as vias de desaceleração do tipo directo a faixa de mudança de velocidade é tangente à estrada principal ou forma com ela um ângulo muito pequeno</p>	<p>- as vias de desaceleração para viragem à direita, são constituídas pelos seguintes elementos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • uma seção de manobra com um determinado comprimento • uma seção de manobra com um determinado comprimento associada ao raio da primeira curva encontrada, Lm,u • uma seção de desaceleração, Ld,u, paralelo ao eixo principal da estrada, no caso do tipo paralelo, fig. 3.14 pág.33, ou coincidente internamente com o elemento de curvatura variável, no caso do tipo directo. <p>- as vias de desaceleração de viragem à esquerda são compostas das</p> 	<p>as vias de desaceleração para saída da auto-estrada são constituídas por uma seção de manobra, que é um bisel contíguo à auto-estrada, com um comprimento de 150 metros e uma seção de desaceleração, permitindo nesse troço passar-se da velocidade convencional para a velocidade associada ao raio da primeira curva encontrada, fig. 3.22 pág. 42. Para as vias rápidas urbanas do tipo "A", vias rápidas urbanas do tipo "U" sem características de auto-estradas, são adoptados diferentes tipos de vias de desaceleração consoante as "regras de visibilidade" e a obliquidade, Quadro 3.13 pág. 43.</p> <p>Vias de desaceleração de saída à esquerda, tais dispositivos devem ser considerados apenas em situações muito excepcionais, dando-se preferência sempre que possível as saídas à direita.</p>	<p>Embora a finalidade das vias de desaceleração seja idêntica em todos os países em análise, tendo como objectivo facilitar as manobras dos veículos para abandonarem uma determinada corrente de tráfego, permitindo reduzir a velocidade, sem provocar quaisquer tipo de perturbações, a sua constituição é diferenciada, dado nem todos têm por base os mesmos princípios para a sua adopção. Nas Normas de todos os países é aconselhado o uso de vias de desaceleração de viragem à direita, do tipo paralelo, sendo constituídas em geral por uma transição de forma triangular (bisel), um troço recto (de desaceleração) e uma curva de transição. Portugal, em relação aos restantes países é o que foca mais pormenorizadamente a constituição das vias de desaceleração do tipo directo, que são constituídas por uma faixa de mudança de velocidade tangente à estrada principal, uma curva de transição e um arco de circulo.</p> <p>Quanto às vias de desaceleração de viragem à esquerda, são utilizadas em todos os países com excepção de Espanha, no entanto a França, alerta que este tipo de dispositivos deverá sómente ser considerado em situações excepcionais, sendo em geral constituídas por um bisel, um alinhamento recto intermédio e uma seção de viragem/acumulação.</p>

Quadro 4.19 – Vias de desaceleração do tipo paralelo, análise comparativa (cont.)

Vias de desaceleração					
(2/4)	Portugal	Espanha	Itália	França	Observações
	<p>- As vias de desaceleração para viragens à direita são do tipo directo sendo dimensionadas em função da velocidade base da estrada e do raio da curva circular, quadro 2.2, pág. 18, sendo a sua utilização condicionada aos volumes relativos ao tráfego directo e ao que efectua viragens à direita, devendo a sua adopção ser efectuada de acordo com os ábacos da fig. 2.5 pág. 19.</p> <p>- Todos os valores indicados, correspondem a rasantes sensivelmente horizontais, sugerindo-se a utilização de valores de correcção quando a inclinação das rasantes é igual ou superior a 3%, quadro 2.5 pág. 22, tomando valores diferentes caso se trate de um</p>	<p>• são dimensionadas em função da velocidade e da inclinação da rasante.</p> <p>• - para o cálculo do seu comprimento, utilizam-se a expressão da pág. 27, supondo-se que a velocidade de um veículo, ao longo de uma via de mudança de velocidade, varia entre os valores seguintes:</p> <p>• Vdo que é o menor dos seguintes valores: velocidade de projecto (Vp), ou velocidade máxima sinalizada na estrada principal, à altura da secção característica de 1,00 metro.</p> <p>• Vdf, valor da</p>	<p>seguintes características elementares:</p> <ul style="list-style-type: none"> • extensão do elemento de junção Lv,a; • uma secção de manobra com um determinado comprimento Lm,a; • uma secção de desaceleração Ld,a; • uma secção de acumulação La,a. <p>- todos os troços são dimensionados com critérios diferenciados, de modo que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ld,u e Ld,a são dimensionados com critérios cinemáticos, de acordo com a formula da pág. 36, em função da velocidade e da aceleração; • Lm,u, Lv,a 	<p>- para as vias de desaceleração para saída da auto-estrada, são adoptados os procedimentos da fig. 3.22 pág. 42.</p> <p>- para as vias rápidas urbanas do tipo "A" vias rápidas urbanas do tipo "U" sem características de auto-estradas, todos os troços são dimensionados com critérios diferenciados de modo que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No dimensionamento do comprimento das secções de desaceleração, a distância L entre o ponto de saída, o mais tardar S.1.00 e o primeiro ponto correspondente ao Raio R deverá corresponder à distância de desaceleração necessária para passar de Vs a V(R) e a velocidade, chamando no entanto, a de desaceleração de 1,5 m/s². 	<p>- Conforme se pode constatar nas Normas da maioria dos países em estudo, as vias de desaceleração do tipo paralelo são as mais aconselhadas, sendo os critérios para o seu dimensionamento diferente de uns para os outros, com excepção de Portugal. No nosso país são adoptadas as vias de desaceleração do tipo directo sendo dimensionadas em função da velocidade base da estrada e do raio da curva circular, dependendo dos volumes relativos ao tráfego directo e ao que efectua viragens à esquerda, sendo remetido o seu dimensionamento para a utilização de ábacos, e aconselhando o uso de valores de correcção, no caso da inclinação das rasantes ser igual ou superior a 3%.</p> <p>Na Espanha, as vias de desaceleração adoptadas são do tipo paralelo, sendo as mesmas dimensionadas em função da velocidade e inclinação da rasante, já a Itália tal como nas vias de aceleração, as vias de desaceleração são dimensionadas em função de três critérios: cinemáticos, geométricos e funcionais e a França com regras de visibilidade, com a obliquidade p e a velocidade, chamando no entanto, a atenção para que as secções de desaceleração devam ser alongadas ou reduzidas, consoante se esteja em presença de um declive com 8%, ou de uma rampa com 7%.</p>
	<p>Dimensionamento</p>				

Quadro 4.19 – Vias de desaceleração do tipo paralelo, análise comparativa (cont.)

Vias de desaceleração					
(3/4)	Portugal	Espanha	Itália	França	Observações
	<p>trainel ascendente ou descendente.</p> <p>- A largura das vias de desaceleração deste tipo, não devem ser inferiores a 4,0 metros, sendo aconselhado, o seu início fazer-se de uma forma clara com 1,0 metro de largura, fig. 2.6 pág. 21.</p> <p>- São adoptadas vias de aceleração com dimensões específicas para as auto-estradas na Norma de Nós de Ligação, fig. 2 em anexo.</p>	<p>velocidade específica (Ve) do elemento da via de desaceleração, que contém a secção característica de 1,00 metro.</p> <p>velocidade específica (Ve) - no extremo inicial ao da estrada principal, deverão ter uma transição de largura em forma de cunha triangular, dimensionada em função do menor dos valores: da velocidade de projecto (Vp) e a máxima velocidade na altura da secção característica de 1,50 metros, fig. 3.11 pág. 25.</p> <p>- são definidas secções características de uma via de mudança de velocidade:</p>	<p>e Lm,a são dimensionados segundo critérios geométricos, dependendo da velocidade de projecto (Vp), Quadro 3.10 pág. 37, e do alargamento da ser atingido, devendo no entanto ser garantido para Lm,a um comprimento L de pelo menos 20 metros nas estradas urbanas e de 30 metros nas vias extra-urbanas.</p> <p>Quadro 3.10 pág. 37.</p> <p>La,a é dimensionado em relação ao tráfego e em relação às manobras consentidas, dependendo da</p>		
	<p>Dimensionamento</p> <p>- As vias de desaceleração de viragem à esquerda, devem ser centrais e do tipo paralelo em que para o seu dimensionamento deve admitir que os condutores desaceleram durante três segundos e seguidamente travam com comodidade, sendo todas estas manobras executadas na via de viragem à esquerda.</p>				

Quadro 4.19 – Vias de desaceleração do tipo paralelo, análise comparativa (cont.)

Vias de desaceleração					
(4/4)	Portugal	Espanha	Itália	França	Observações
	<p>A extensão destas vias é a indicada no quadro 2.3 pág. 20.</p> <p>- A largura das vias de desaceleração deste tipo deverá ser sempre de 3,50 metros, independentemente de qual for o valor base da estrada.</p> <p>- Quanto à extensão adicional para paragem e espera dos veículos das vias de desaceleração para viragem à esquerda, a mesma é dada pelo Quadro 2.4 da pág. 21.</p> <p>- Todos os valores indicados, correspondem a rasantes sensivelmente horizontais, sugerindo-se a utilização de valores de correcção quando a inclinação das rasantes é igual ou superior a 3%, quadro 2.5 pág. 22, tomando valores diferentes, caso se trate de um tranel ascendente ou descendente.</p>	<p>secção característica de 1,50 metros e de 1,00 metro.</p> <p>- têm uma largura de 3,50 metros.</p> <p>- só se podem empregar vias de desaceleração do tipo directo quando resultados do comprimento L, não seja superior a 180,00 metros</p>	<p>velocidade de projecto Vp e do alargamento d a ser atingido, fig. 3.16 pág. 34</p>		
	Dimensionamento				

4.3 Conclusões

Após análise comparativa dos quadros 4.20 e 4.21, e de modo a obter-se uma confrontação que nos transmita de forma conclusiva as diferenças existentes em termos práticos nos diferentes países, efectuou-se o dimensionamento de uma via de aceleração e de uma via de desaceleração, segundo as várias normas em curso.

4.3.1 Vias de desaceleração

As normas das Estradas de Portugal (antiga JAE)[3] e [4], não adoptam as vias de desaceleração paralelas de viragem à direita, utilizando para o efeito as designadas por tipo directo ou diagonal.

Assim, para efeitos de dimensionamento da extensão de desaceleração de uma via, usámos em todos os casos, os seguintes dados: velocidade de projecto superior a 100 k/m por hora, inclinação da rasante igual 0%, no caso de Portugal termos o resultado apresentado, na figura 4.25.

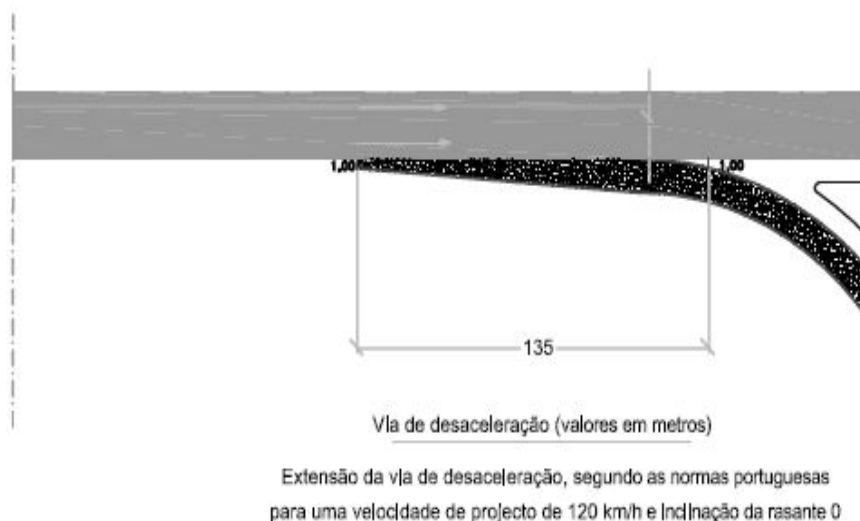


Figura 4.25 – Via de desaceleração, tipo directo utilizada em Portugal[4]

Quanto às normas de Espanha[5], adoptam as vias de desaceleração paralelas para viragens à direita, desaconselhando o uso das designadas por tipo directo ou diagonal, em que estas, só devem ser adoptadas nos casos em que é impossível ter-se valores de L, superiores a 180 metros.

Assim, para o caso concreto, teremos o resultado apresentado na figura 4.26.

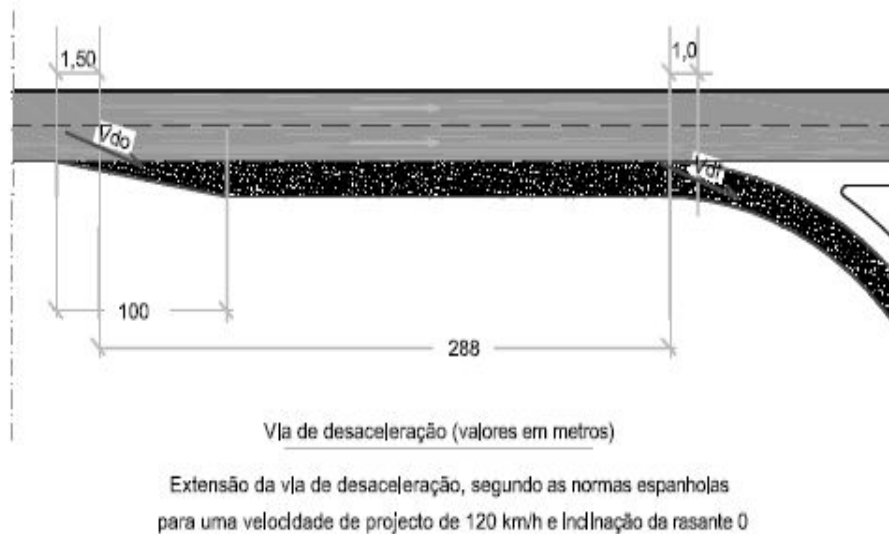


Figura 4.26 – Via de desaceleração, tipo paralelo utilizada em Espanha[5]

As normas de Itália[8], adoptam as vias de desaceleração paralelas para viragens à direita, para o caso em estudo, teremos o preconizado na figura 4.27.

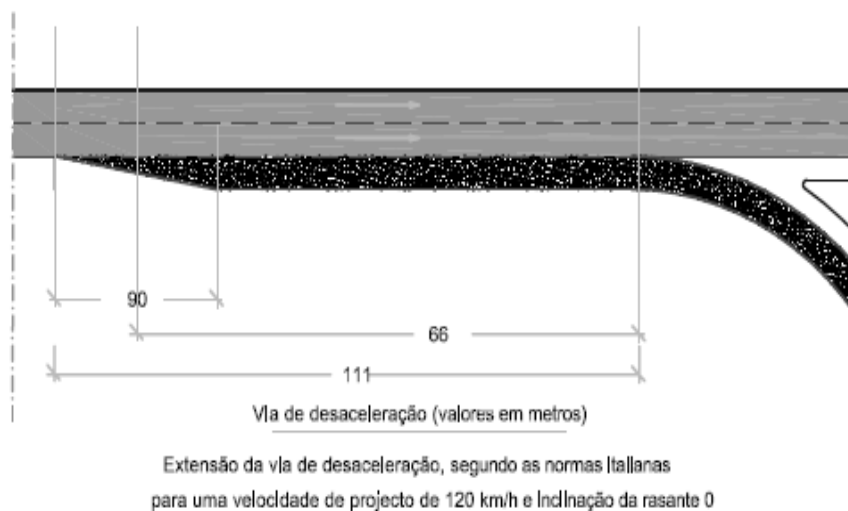


Figura 4.27 – Via de desaceleração, tipo paralelo utilizada em Itália[8]

Por fim, as normas de França[10], tal como as de Portugal, adoptam as vias de desaceleração do tipo directo para viragens à direita. Assim para o caso apresentado, teremos o seguinte, conforme a figura 4.28.

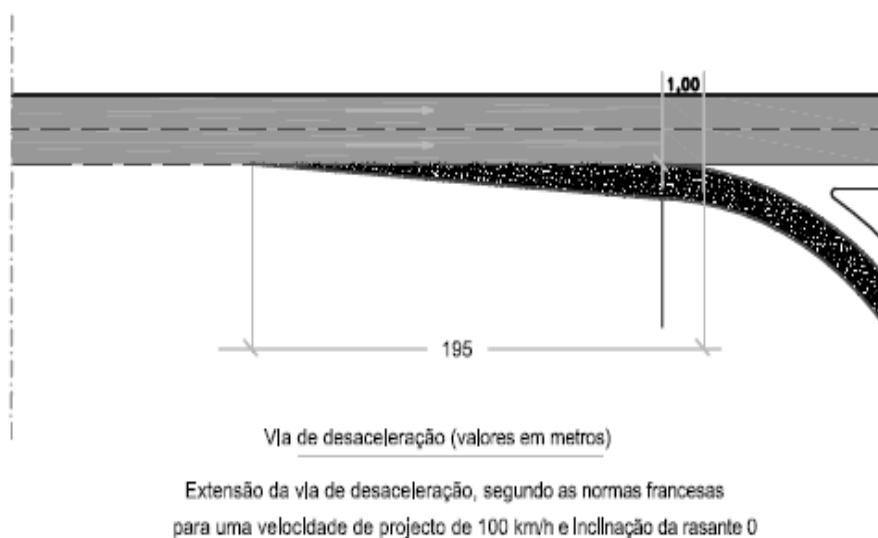


Figura 4.28 – Via de desaceleração, tipo directo utilizada em França[10]

Quanto aos diferentes modelos adoptados, podemos concluir que a Espanha é o país que usa os maiores comprimentos para o dimensionamento das extensões de desaceleração, tanto para os biséis como para a extensão de aceleração propriamente dita.

Estes factos permitem oferecer maiores garantias de segurança, inclusive no que concerne à sua utilização por parte de veículos lentos.

4.3.2 Vias de aceleração

Tal como anteriormente demonstrado com as vias de desaceleração, as vias de aceleração aconselhadas, no caso específico de Portugal, são as do tipo paralelo. Assim, para o modelo em apresentação, para uma velocidade de projecto superior a 100 km/h por hora, teremos o indicado na figura 4.29.

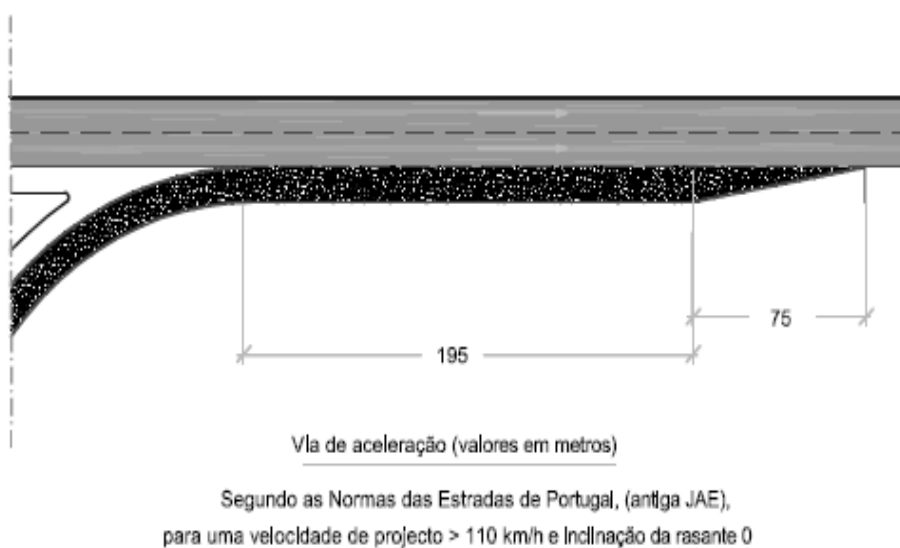


Figura 4.29 – Via de aceleração, tipo paralelo utilizada em Portugal[3]

Quanto às normas de Espanha[5], adoptam as vias de aceleração paralelas, conforme figura 4.30.

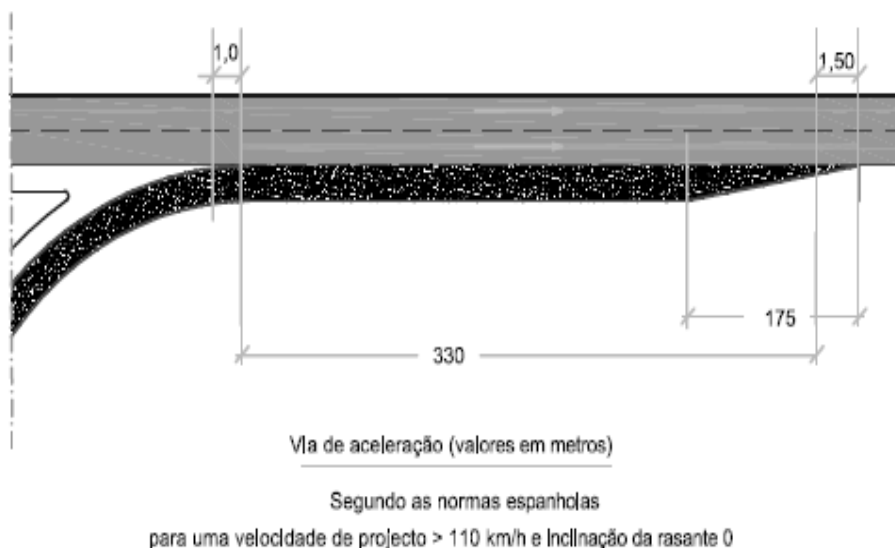


Figura 4.30 – Via de aceleração, tipo paralelo utilizada em Espanha[5]

As normas de Itália[8], também elegem as vias de aceleração tipo paralelo para viragens à direita, assim teremos o seguinte, de acordo com a figura 4.31.

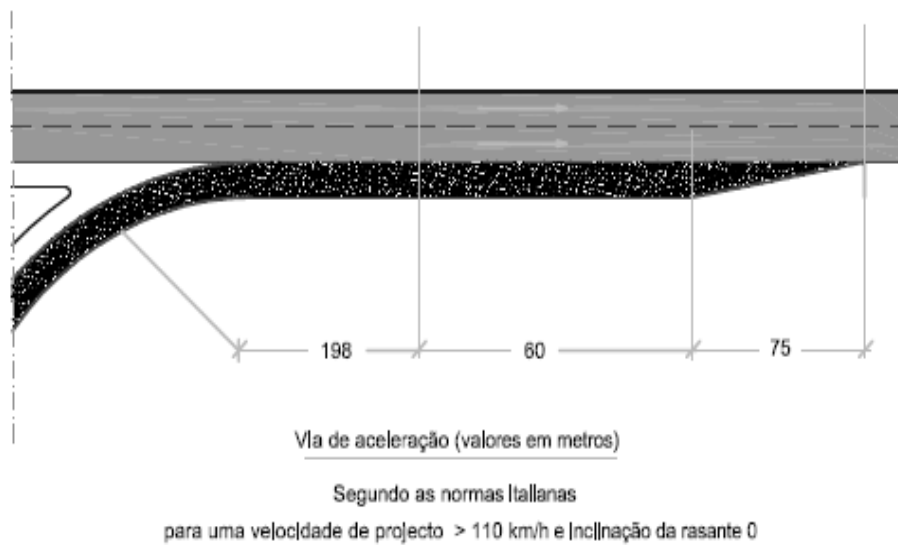


Figura 4.31 – Via de aceleração, tipo paralelo utilizada em Itália[8]

Finalmente, as normas de França[10], tal como os anteriores países em análise, também usa as vias de aceleração do tipo paralelo, assim, para o caso apresentado, teremos o seguinte, conforme a figura 4.32.

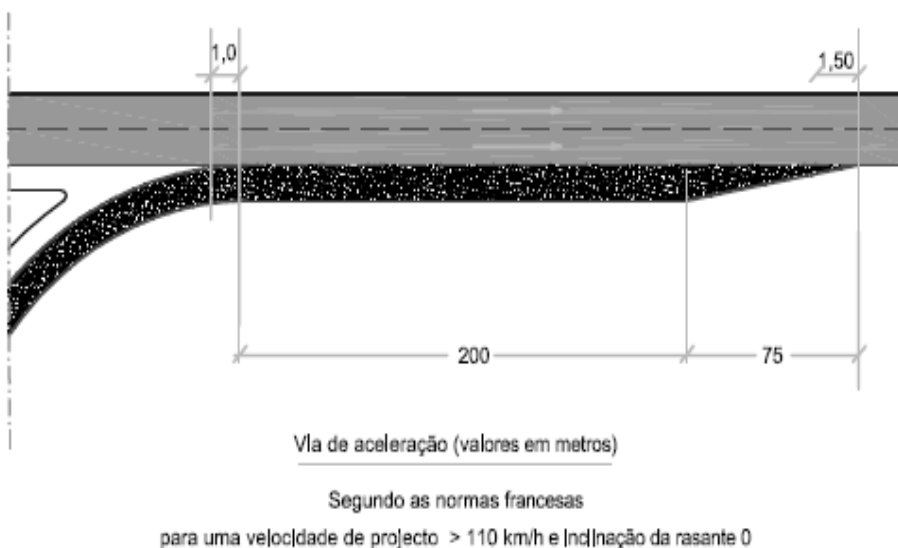


Figura 4.32 – Via de aceleração, tipo paralelo utilizada em França[10]

Em termos comparativos podemos concluir, que entre todos os países em análise, a Espanha é o que trata com maior rigor o problema recorrente das vias de aceleração e de desaceleração em termos de dimensionamento, pois além de adoptar maiores extensões tanto de aceleração como de desaceleração, também prevê de uma forma muito específica a inclinação das rasantes, utilizando factores de correcção que permitem que sejam usados valores diferentes, consoante se trate de rasantes positivas (trainel ascendente), ou de rasantes negativas (trainel descendente), obtendo-se assim, inclusive, valores mais coerentes, quando estas vias são usadas por veículos lentos.

5 PROPOSTA DE MEDIDAS NORMATIVAS

5.1 Generalidades

Para entrarem numa estrada principal os condutores têm que acelerar até atingirem a velocidade do fluxo de tráfego corrente, bem como para sair têm que reduzir a velocidade antes da saída.

Se as mudanças de velocidade fossem executadas dentro das próprias vias principais, com uma velocidade e intensidade de tráfego elevados, surgiam perturbações no fluxo reduzindo assim a sua capacidade, e tornando-se estas perigosas. Desta forma e de modo a minimizarem-se todas estas interferências e reduzir-se os potenciais acidentes, são adoptadas faixas especiais para se efectuarem essas manobras, ou seja vias de mudança de velocidade.

Conforme demonstrado nos anteriores capítulos, dada a diversidade de modelos adoptados para o dimensionamento das vias de mudança de velocidade nos vários países europeus, constatou-se que as extensões de aceleração e de desaceleração são definidas especialmente em função da velocidade base da estrada, da sua capacidade, do tipo de via e do volume de tráfego na via principal.

Após uma análise cuidada às publicações consultadas, nomeadamente as normas francesas, italianas, espanholas e portuguesas, e dada a grande importância nas intersecções de vias de alta velocidade e elevados volumes de tráfego, as vias de aceleração e de desaceleração propostas, são baseadas segundo os critérios que se indicam no desenvolvimento do presente capítulo.

5.2 Vias de Aceleração

Deverão ser adoptadas vias de aceleração, nas ligações aos Itinerários Principais (IP), aos Itinerários Complementares (IC), às vias rápidas e às Auto-estradas e em qualquer outro caso desde que devidamente justificado.

As vias de aceleração a propor são as do tipo paralelo, uma vez que:

- permitem que um veículo, aumente a sua velocidade até um valor que lhe permita entrar na corrente de tráfego principal com segurança e com um mínimo de interferências;
- proporciona aos veículos que se deslocam na via principal, tempo e distâncias suficientes para que efectuem os ajustes necessários para permitir a entrada de novos veículos;
- permite aos veículos pesados, a sua inserção na via principal, com o mínimo de interferências no fluxo de tráfego corrente.

Este tipo de vias são constituídas por uma curva de entrada, e uma faixa de mudança de velocidade, rectilínea e paralela, associada à estrada principal, onde será incorporada uma transição de largura variável (bisel), no extremo de inserção da mencionada via, conforme 5.33.

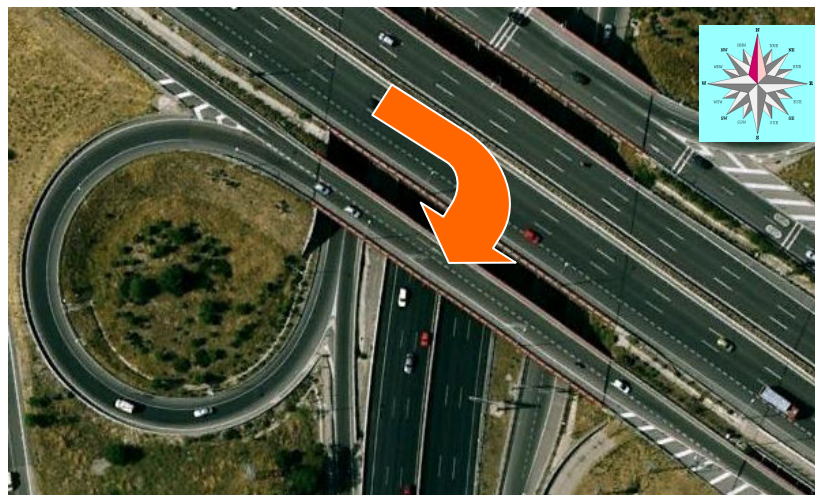


Figura 5.33 – Via de aceleração, tipo paralelo

O comprimento desta faixa de aceleração, deverá ser suficiente, de modo a que o veículo acelere a partir do ponto final da curva de entrada, até atingir uma velocidade igual à velocidade de projecto da estrada principal, aguardando a oportunidade de mudar de faixa, fazendo desde modo, com que a sua entrada no fluxo de tráfego, seja

o mais semelhante possível ao de uma simples mudança de faixa de rodagem, na via principal.

A curva de entrada, preferencialmente, deverá ter um raio de 300,00 metros ou mais, com um comprimento de pelo menos 60,00 metros, uma vez que, se essa curva tiver um raio muito pequeno, o condutor terá tendência a entrar directamente, na corrente de tráfego principal, sem que chegue a usar o troço de aceleração.

Deverão ser adoptadas secções características, nas mudanças de velocidade, tanto em vias de aceleração, como em vias de desaceleração, nomeadamente, na separação entre os limites da via de aceleração e da estrada principal, cuja medida deverá ser de 1,00m, medida perpendicularmente ao eixo desta, e uma secção de 1,50m, medida também perpendicularmente ao eixo da via principal e desde os seus limites, na zona de inserção da via de aceleração na corrente de tráfego principal, conforme figura 5.34.

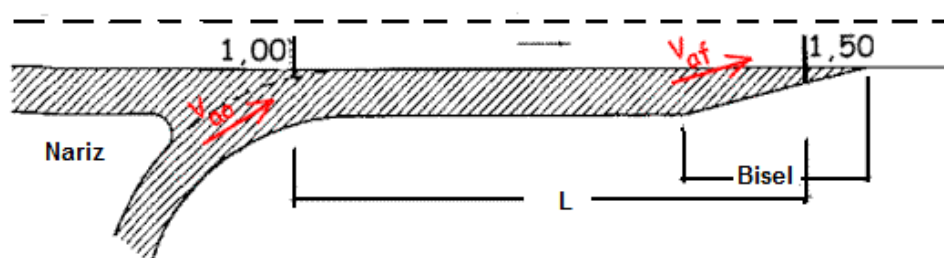


Figura 5.34 – Via de aceleração, tipo paralelo

5.2.1 Dimensões das vias de aceleração

As vias de aceleração terão sempre a mesma largura da via principal, com os valores mínimos de 3,50 a 3,60 metros, permitindo deste modo que um condutor de um veículo se desloque lateralmente de uma faixa de aceleração para uma faixa de tráfego principal, o mais cómodo possível, sem que se aperceba do mesmo, sendo a sua extensão definida em função do menor dos seguintes valores: da velocidade de projecto (VP), e/ou da máxima velocidade indicada para ao troço onde se insere a secção característica, na via principal.

Os valores do bisel (AB) e da extensão do troço de aceleração (AT) a serem adoptados deverão ser em função da velocidade e conforme o desenvolvimento do trainel, adoptando-se comprimentos mais elevados se estivermos em presença de um trainel ascendente (rasante positiva), e menores, caso o trainel seja descendente (rasante negativa).

Conforme anteriormente referido, o bisel é calculado em função da velocidade e segundo o princípio de que o tempo que os condutores levam em média para se deslocarem lateralmente de uma faixa de tráfego corrente para uma adjacente de mudança de velocidade varia entre 3 a 4 segundos.

Como tal, considera-se 3,50 segundos, para valor adequado a adoptar para o cálculo do comprimento do bisel, valor este que corresponde à velocidade de deslocamento lateral de 1,00 m/s para a largura mais usual que é de 3,50 metros.

Os valores a adoptar para o dimensionamento do bisel, deverão ser os do Quadro 5.20, dado que, em função da sua extensão garantem as margens de segurança necessárias para as manobras na inserção nas vias principais.

Quadro 5.20 - Extensão do Bisel L (em m)[5]

Velocidade de Projecto (km/h)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Velocidade média (km/h)	38	46	54	62	71	79	86	92	98
Comprimento mínimo (m)	39	45	53	60	69	77	84	89	95
Comprimento arredondado (m)	40	45	55	60	70	80	85	90	100

Para determinação dos valores do comprimento das vias de aceleração, deverá ser

adoptada a expressão da página seguinte, com base nas Normas de Traçado, Boletín Oficial del Estado (BOE nº 28) de Espanha[5], uma vez que:

- se verifica que os comprimentos obtidos são suficientes para que um veículo, acelerando confortavelmente, atinja no final do bisel a velocidade média da via principal;
- permite de uma forma simplificada, obter valores coerentes para o comprimento, em função da inclinação da rasante, ou seja, obter comprimentos mais elevados se estivermos em presença de um trainel ascendente (rasante positiva), e menores, caso o trainel seja descendente (rasante negativa);
- recomenda-se por razões económicas, dado que permite que seja executado sómente o comprimento de troço estritamente necessário, para aquela via específica;
- porque se têm revelado bastante satisfatórios os resultados obtidos, com a sua adopção, num país com condições de infra-estruturas idênticas a Portugal.

$$L = 1120 \frac{1 - 2 \cdot i}{(1 + 2,65 \cdot i)^3} \cdot \ln \frac{175 \cdot (1 - 2 \cdot i) - V_{ao} \cdot (1 + 2,65 \cdot i)}{175 \cdot (1 - 2 \cdot i) - V_{af} \cdot (1 + 2,65 \cdot i)} - 6,4 \cdot \frac{V_{af} - V_{ao}}{(1 + 2,65 \cdot i)^2} - \frac{V_{af}^2 - V_{ao}^2}{96 \cdot (1 + 2,65 \cdot i)} > 200 \text{ m} \quad [5]$$

Em que:

- V_{ao} é o valor da velocidade específica (V_e) do elemento da via de aceleração, que contém a secção característica de 1,00 metro.
- V_{af} é o menor dos valores seguintes:
 - Velocidade de projecto (V_p)
 - Velocidade máxima sinalizada na estrada principal, a altura da secção característica de 1,50 metros.
- L = Comprimento da via de aceleração e desaceleração (m) entre as secções características;

- i = inclinação da rasante, tendo em conta (positiva em rampa, negativa em pendente);

No quadro 5.21 indicam-se os comprimentos das vias de aceleração para os valores descritos de i , V_{ao} , V_{af} , calculados de acordo com a expressão anterior.

Quadro 5.21 - Extensão das Vias de Aceleração (em m)

Velocidade $V_{af} = 60$ km/h	
V_{ao} (km/h)	Inclinação da Rasante (%)
	$-7 \leq i \leq 7$
$0 \leq V_{ao} \leq 60$	200

Velocidade $V_{af} = 80$ km/h	
V_{ao} (km/h)	Inclinação da Rasante (%)
	$-7 \leq i \leq 7$
$0 \leq V_{ao} \leq 60$	200

Velocidade $V_{af} = 100$ km/h															
V_{ao} (km/h)	Inclinação da Rasante (%)														
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
0	200	200	200	200	200	200	200	205	217	232	248	267	290	318	353
10	200	200	200	200	200	200	200	204	216	231	247	266	289	317	352
20	200	200	200	200	200	200	200	201	213	228	244	263	286	314	348
30	200	200	200	200	200	200	200	201	208	222	238	247	279	307	341
40	200	200	200	200	200	200	200	200	200	212	228	247	269	296	330
50	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	214	232	253	280	313
60	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	210	231	256	288

Velocidade $V_{af} = 120$ km/h													
V_{ao} (km/h)	Inclinação da Rasante (%)												
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
0	261	275	291	308	328	351	378	410	449	498	561	647	777
10	261	274	290	307	327	351	377	410	449	497	560	647	776
20	258	272	287	305	325	348	375	407	446	494	557	643	772
30	253	267	282	300	319	342	369	401	440	488	551	637	766
40	246	259	275	292	311	334	360	392	430	478	541	626	755
50	235	249	263	280	299	321	348	379	417	464	526	611	738
60	221	234	248	264	283	304	330	360	397	444	504	588	715

5.3 Vias de desaceleração

Tal como preconizado para as vias de aceleração, as vias de desaceleração também deverão ser adoptadas nas saídas dos Itinerários Principais (IP), dos Itinerários Complementares (IC), das vias rápidas e das Auto-estradas e em qualquer outro caso desde que devidamente justificado.

Dado que as vias de desaceleração, são vias destinadas à redução da velocidade, tendo como objectivo permitir que um veículo, que sai da via principal diminua a sua velocidade para uma velocidade segura compatível com as características do ramo ou da via de conexão que se segue, não interferindo com o veículo que o antecede.

A adopção de faixas de desaceleração é sempre vantajosa, em especial em vias de elevado volume de tráfego, dado que os veículos que abandonam estas vias têm necessidade de reduzir a velocidade, reduzindo-se desta forma potenciais acidentes e o mínimo de interferência no fluxo corrente de tráfego.

As vias de desaceleração propostas são do tipo paralelo, conforme fig. 5.35, dado que:

- este tipo de via indica de uma maneira muito evidente aos condutores a existência de uma saída;
- permite que as velocidades sejam reduzidas fora das faixas de tráfego;
- dada a sua extensão, permite aos condutores que não querem abandonar a via principal, a retomarem sem recorrerem ao uso de manobras bruscas;
- permite aos veículos pesados abandonarem mais comodamente a via principal.

Este tipo de vias são constituídas por uma transição de largura variável (bisel), uma faixa de mudança de velocidade, rectilínea e paralela, associada à estrada principal e uma curva de saída.

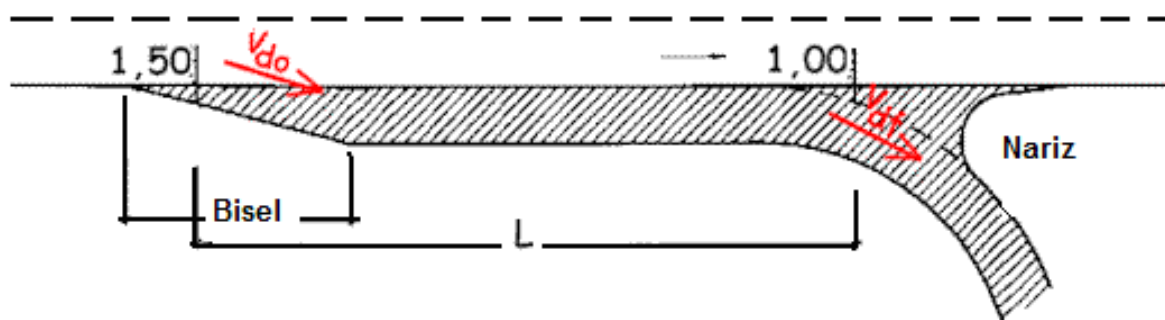


Figura 5.35 – Via de desaceleração, tipo paralelo

Pode-se no entanto, adoptar também as vias de desaceleração do tipo directo, fig. 5.36, desde que não seja possível, implementar um comprimento L , superior a 150 metros. Neste tipo de vias a maioria dos veículos tende a abandoná-las com velocidades extremamente elevadas, ou a travar na via principal para reduzir a velocidade, para posteriormente entrarem na via de desaceleração, provocando assim alterações na fluidez do tráfego corrente, como tal, deve-se evitar a sua utilização.

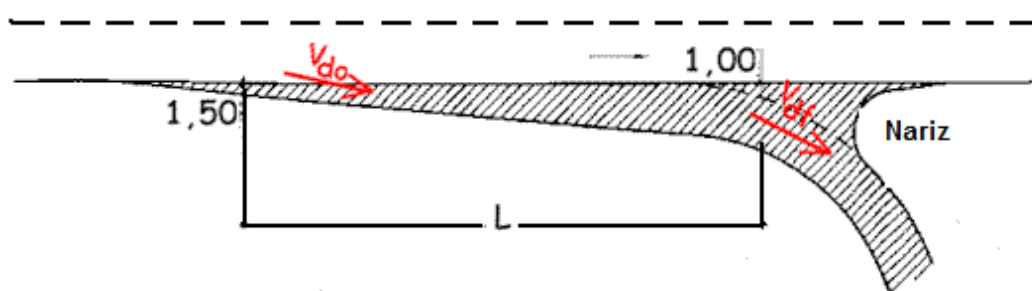


Figura 5.36 – Via de desaceleração, tipo directo

Deverão ser adoptadas secções características, nas mudanças de velocidade, nas vias de desaceleração, nomeadamente, na separação entre o início da via de desaceleração e no limite da estrada principal, cuja medida deverá ser de 1,00m, medida perpendicularmente ao eixo desta, e uma secção de 1,50m, medida também perpendicularmente ao eixo da via principal e desde os seus limites.

Tal como nas vias de aceleração, nas vias de desaceleração, a sua extensão também é definida em função do menor dos seguintes valores: da velocidade de projecto (VP),

e/ou da velocidade máxima indicada para ao troço onde se insere a secção característica, na via principal.

As vias de desaceleração do tipo paralelo, no extremo contíguo ao da estrada principal, deverão ter uma transição de largura em forma de cunha triangular, cujas dimensões a adoptar deverão ser as indicadas no Quadro 5.22.

Para determinação dos valores do comprimento das vias de desaceleração, deverá ser adoptada a expressão abaixo indicada, com base nas Normas de Traçado, Boletín Oficial del Estado (BOE nº 28) de Espanha[5], uma vez que:

- se verifica que os comprimentos obtidos são suficientes para que um veículo, abandone confortavelmente, a via principal;
- permite de uma forma simplificada, obter valores coerentes para o comprimento, em função da inclinação da rasante, ou seja, obter comprimentos mais elevados se estivermos em presença de um trainel ascendente (rasante positiva), e menores, caso o trainel seja descendente (rasante negativa);
- recomenda-se por razões económicas, dado que permite que seja executado somente o comprimento de troço estritamente necessário, para aquela via específica;
- porque se têm revelado bastante satisfatórios os resultados obtidos, com a sua adopção, num país com condições idênticas ao nosso.

$$L = \frac{V_{do}^2 - V_{df}^2}{254 \cdot i + 50} > 100m \quad [5]$$

Em que:

- V_{do} é o menor dos valores seguintes:
 - a. Velocidade de projecto (V_p)
 - b. Velocidade máxima sinalizada na estrada principal, a altura da secção característica de 1,50 metros.
- V_{df} valor da velocidade específica (V_e) do elemento da via de desaceleração, que contém a secção característica de 1,00 metro.

- L = Comprimento da via de desaceleração (m) entre as secções características;
- i = inclinação da rasante, tendo em conta (positiva em rampa, negativa em pendente);

No quadro 5.22 indicam-se os comprimentos das vias de desaceleração para os valores descritos de i, V_{do} , $V_{df...}$, de acordo com a expressão anterior.

Quadro 5.22 - Extensão das Vias de desaceleração (em m)

Velocidade $V_{do} = 60$ km/h			
V_{df} (km/h)	Inclinação da Rasante (%)		
	-7	-6	$-5 \leq i \leq 7$
0	112	104	100
10	109	101	100
$20 \leq V_{df} \leq 60$	100		

Velocidade $V_{do} = 80$ km/h															
V_{df} (km/h)	Inclinação da Rasante (%)														
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
0	199	184	172	161	151	142	135	128	122	116	111	106	102	100	100
10	196	181	169	158	149	140	133	126	120	114	109	105	100	100	100
20	186	173	161	151	142	134	126	120	114	109	104	100	100	100	100
30	171	158	147	138	130	122	116	110	105	100	100	100	100	100	100
40	149	138	129	120	113	107	101	100	100	100	100	100	100	100	100
50	121	112	105	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
60	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Velocidade $V_{do} = 100$ km/h															
V_{df} (km/h)	Inclinação da Rasante (%)														
	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7
0	310	288	268	251	236	223	211	200	190	182	174	166	159	153	148
10	307	285	265	248	234	220	209	198	188	180	172	165	158	152	146
20	298	276	257	241	227	214	202	192	183	174	167	160	153	147	142
30	282	262	244	228	215	203	192	182	173	165	158	151	145	139	134
40	261	242	225	211	198	187	177	168	160	153	146	140	134	129	124
50	233	216	201	188	177	167	158	150	143	136	130	125	120	115	111
60	199	184	172	161	151	142	135	128	122	116	111	106	102	100	100

Velocidade $V_{do} = 120$ km/h													
V_{df} (km/h)	Inclinação da Rasante (%)												
	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6
0	414	386	361	340	321	303	288	274	261	250	239	230	221
10	411	383	359	337	318	301	286	272	260	248	238	228	219
20	403	375	351	330	312	295	280	266	254	243	233	223	215
30	388	362	339	319	301	284	270	257	245	234	224	215	207
40	368	343	321	302	285	270	256	244	232	222	213	204	196
50	342	319	299	281	265	251	238	226	216	207	198	190	182
60	311	290	271	255	240	228	216	206	196	187	180	172	166

5.4 Conclusões

Todas as saídas e entradas deverão, sempre que possível, localizar-se em alinhamentos rectos, tirando-se assim o máximo usufruto de uma boa distância de visibilidade e de boas condições de operacionalidade em relação ao tráfego.

As vias de aceleração e de desaceleração terão sempre a mesma largura da via principal, com os valores mínimos de 3,50 a 3,60 metros, permitindo deste modo que um condutor de um veículo se desloque lateralmente de uma faixa de aceleração para uma faixa de tráfego principal, o mais cómodo possível, sem que se aperceba do mesmo, sendo a sua extensão definida em função do menor dos seguintes valores:

- da velocidade de projecto (VP);
- da máxima velocidade indicada para ao troço onde se insere a secção característica, na via principal.

A curva de entrada, preferencialmente, deverá ter um raio de 300,00 metros ou mais, com um comprimento de pelo menos 60,00 metros, uma vez que, se essa curva tiver um raio muito pequeno, o condutor terá tendência a entrar directamente, na corrente de tráfego principal, sem que chegue a usar o troço de aceleração.

As vias de desaceleração propostas são do tipo paralelo, podendo no entanto vir a ser adoptadas também as do tipo directo, mas somente, desde que devidamente justificadas, e quando os resultados do comprimento L não sejam superiores a 180,00 metros, ou seja, quando o valor for superior devem-se adoptar vias de desaceleração do tipo paralelo. As vias de desaceleração do tipo directo, é um tipo de via que obriga os condutores quando a querem abandonar, a travar e a efectuarem manobras bruscas na via principal, influenciando deste modo o fluxo de tráfego corrente.

As vias de aceleração e de desaceleração deverão dispor da mesma pendente transversal que a estrada principal, na distância compreendida entre o ponto de união de ambas as estradas, e a secção característica de 1,00 metro.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

No presente capítulo apresentam-se as principais conclusões obtidas, no âmbito do desenvolvimento do presente trabalho, referente às vias de aceleração e vias de desaceleração, e em especial à metodologia de utilização e de cálculo em países europeus.

Para o desenvolvimento do presente trabalho foram analisadas as publicações técnicas de quatro países, de referência, que foram Portugal, a Espanha, a Itália e a França.

Concluiu-se que apesar de todos os países em análise terem um objectivo concreto em comum, que é o da segurança rodoviária, todos eles abordam a questão das vias de aceleração e de desaceleração de forma diferenciada.

Permitiu-nos concluir que Portugal, não aborda este tema de uma forma muito aprofundada, dando origem a que se proponham medidas mais rígidas no que diz respeito à metodologia de utilização e de dimensionamento das vias de aceleração e de desaceleração.

Com este trabalho pensa-se ter contribuído para os objectivos propostos, nomeadamente, a análise comparativa das metodologias usadas nos diversos países, de modo a propor-se a implementação de um conjunto de critérios semelhantes entre as medidas adoptadas nos países da União Europeia e Portugal.

No entanto, sugere-se que, num possível trabalho futuro, seja feita a análise da metodologia de utilização e de cálculo em países europeus de secções de entrecruzamento, dado que são zonas de rodagem em que se entrecruzam os veículos provenientes de dois ramos convergentes após o que saem por dois divergentes, sendo este tipo de vias extremamente importante no que concerne à sua adopção para efeitos de segurança rodoviária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Oliveira, R.G; Mateus, M.M., 1970 – “Técnicas de Engenharia de Trânsito”, Gabinete de Estudos e Planeamento de Transportes Terrestres, Min. das Comunicações, Lisboa - Portugal
- [2] Figueira, F.M.M.1984 – “Estudo e Concepção de Estradas”, Almedina, Coimbra, Portugal.
- [3] Junta Autónoma de Estradas, JAE, 1993 – “Norma de intersecções”, JAE P5/90; Divisão de Estudos e Projectos da Junta Autónoma das Estradas, Edição JAE Lisboa-Portugal
- [4] Junta Autónoma de Estradas, JAE, 1990 – “Norma de Nós de Ligação”, JAE Divisão de Estudos e Projectos da Junta Autónoma das Estradas, Edição JAE, Lisboa-Portugal
- [5] Boletín Oficial del Estado (BOE nº 28) de 02 febrero 2000, Espanha.
- [6] Reglamento General de Carreteras, Real Decreto del Estado (BOE nº 228) de 23 septiembre 1994, Espanha.
- [7] Norma 3.1-IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras, anexo à BOE nº 28, de 02 febrero 2000, Espanha.
- [8] Decreto Ministerial 5/11/2001 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione di strade”, Itália.
- [9] Decreto 19/04/2006 “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle intersezioni stradali”, publicado na Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Serie generale nº 170 em 24/07/2006, Itália.
- [10] Instruction sur les Conditions Techniques d’Aménagement des Autoroutes de Liaison – Circulaire du 12 Décembre 2000 - Service d’Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (SETRA), França.
- [11] Instruction sur les Conditions Techniques D’Aménagement des Voies Rapides Urbaines – Éléments Techniques du Projet - Certu – ICTAVRU 1990 réédition de mars 2009, França.
- [12] Conception des accès sur voies rapides urbaines de type A (VRU A) – Certu 2003, França.
- [13] Austroads, 1988 – “Intersectios at Grade” – Guide to Traffic Engineering Practice, part 5, Sydney, Australia
- [14] Highway and Transportation Officials (AASHTO), Washington, D.C. AustRoads, 1993
- [15] A Policy on Design of Urban Highways and Arterial Streets, Washington, D.C. 20001, 1974
- [16] Junta Autónoma de Estradas, JAE, 1994 – “Norma de traçado” JAE P3/94; Divisão de Estudos e Projectos da Junta Autónoma das Estradas, Edição JAE Lisboa - Portugal

[17] LNEC, 1962 – “Vocabulário de Estradas e Aeródromos”, 4ª Edição, Especificação E1-1962, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa

ANEXOS

(ORGANIZADOS PELA SEGUINTE ORDEM)

Figura 1 – Vias de aceleração em auto-estradas[4]

Figura 2 – Vias de desaceleração em auto-estradas[4]

Figura 3 – Vias de desaceleração do tipo directo[3]

Quadro 1 - Os diferentes dispositivos de entrada[11]

Quadro 2 - Os diferentes dispositivos de saída[11]

Quadro 3 - Os diferentes dispositivos de entrada e de saída à esquerda[12]