

MANUAL
DE PLANEAMENTO
DAS ACESSIBILIDADES
E DA GESTÃO VIÁRIA

01

ENGENHARIA DE TRÁFEGO: CONCEITOS BÁSICOS

Américo Henrique Pires da Costa

Professor Associado da
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Joaquim Miguel Gonçalves Macedo

Assistente do Departamento de Engenharia Civil
Universidade de Aveiro

– Dezembro de 2008

Ficha técnica

COLECTÂNEA EDITORIAL

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

EDIÇÃO

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

COORDENAÇÃO INSTITUCIONAL

Júlio Pereira (Director de Serviços de Desenvolvimento Regional/
CCDR-N)
Mário Neves (CCDR-N)
Ricardo Sousa (CCDR-N)

COORDENAÇÃO TÉCNICA

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

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

ACOMPANHAMENTO

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

COORDENAÇÃO EDITORIAL

Gabinete de Marketing e Comunicação da CCDR-N

DESIGN E PAGINAÇÃO

PRODUÇÃO

ISBN

DEPÓSITO LEGAL

DATA

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

Apresentação

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ENGENHARIA DE TRÁFEGO: CONCEITOS BÁSICOS

1. INTRODUÇÃO	05
2. O HOMEM	05
2.1 O Homem como condutor	05
2.1.1 A tarefa de condução	05
2.1.2 A visão	06
2.1.3 Tempo de reacção e de percepção	07
2.2 O Homem como peão	08
2.2.1 Espaço vital para o peão	08
2.2.2 Velocidade de circulação dos peões	08
3. O VEÍCULO	08
3.1 Classificação dos veículos	08
3.2 Parque automóvel	10
3.3 Taxa de motorização	11
3.4 Repartição modal	11
3.5 Dimensão dos veículos	12
3.6 Distâncias de travagem e de paragem	12
3.6.1 Distância de travagem	12
3.6.2 Distância de paragem	13
3.7 Manobrabilidade	15
4. A ESTRADA	19
4.1 Classificação segundo o PRN 2000	19
4.2 Extensão da rede	19
4.3 Rede Nacional de auto-estradas	20
4.4 Elementos básicos do projecto de estradas	22
4.4.1 Velocidade	22
4.4.2 Volumes de tráfego	24
4.4.3 Distâncias de visibilidade	24
4.4.3.1 Distância de visibilidade de paragem	25
4.4.3.2 Distância de visibilidade de decisão	26
4.4.3.3 Distância de visibilidade de ultrapassagem	26
4.5 A sinistralidade rodoviária	27
BIBLIOGRAFIA	32

ENGENHARIA DE TRÁFEGO: CONCEITOS BÁSICOS



1. INTRODUÇÃO

O movimento das pessoas e das mercadorias é o reflexo das diferentes actividades existentes numa sociedade, sendo um factor determinante para a qualidade de vida das pessoas. O ramo da Engenharia que se ocupa do movimento eficiente e seguro de pessoas e bens na rede viária é designado por Engenharia do Tráfego que, deste modo, tem com objecto o estudo da mobilidade (facilidade de deslocação) e como objectivo a optimização do sistema viário garantindo o acesso das pessoas aos locais (acessibilidade).

Por outro lado o sistema de transportes, qualquer que seja a perspectiva que se tome, tem como elementos essenciais o Homem, o veículo e a infra-estrutura, cuja caracterização de cada um deles será feita nos pontos seguintes.

2. O HOMEM

O Homem necessita de se deslocar para poder desempenhar as actividades (trabalho, estudo, lazer, compras, etc.) que fazem parte do seu quotidiano, constituindo a viagem o preço a pagar para obter o benefício associado à realização da viagem. Para que a qualidade de vida das pessoas não se degrade por limitação de acessibilidade aos bens e serviços que procuram é necessário garantir que as deslocações sejam feitas com rapidez, comodidade e segurança a fim de que a utilidade negativa da viagem seja em valor absoluto inferior à utilidade positiva resultante da disponibilidade de acesso que lhe foi oferecida.

O veículo, as vias e todo o equipamento a elas associado têm que ser concebidos tendo presente as características físicas e psíquicas do ser humano.

2.1 O HOMEM COMO CONDUTOR

2.1.1 A TAREFA DE CONDUÇÃO

A tarefa de condução desenvolve-se obedecendo a uma hierarquia funcional, onde se consideram normalmente três níveis de operação:

- Decisões de navegação - corresponde ao planeamento e execução do percurso;
- Pilotagem - corresponde ao conjunto de tarefas necessárias ao domínio do veículo na sua interacção com a infra-estrutura e com os outros utentes rodoviários (por exemplo, manobras de ultrapassagem, estacionamento, passagem num cruzamento, etc.);
- Controle do veículo - corresponde à realização de manobras como a manutenção de uma trajectória, da velocidade, colocação de mudanças, etc.

O condutor quando desempenha a tarefa de condução tem, em cada momento, de realizar de uma forma contínua uma série de processos (Figura 1), que lhe permitem interagir com o ambiente rodoviário. Assim a informação recolhida pelo condutor é analisada e este decide, em cada instante, qual a acção a tomar.

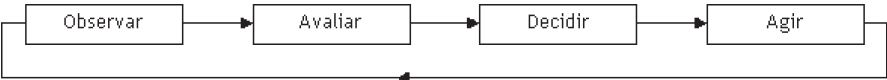


Figura 1 - Processos realizados durante a realização da tarefa de condução

O condutor recolhe a informação recorrendo aos sentidos, sendo obviamente o sentido da visão aquele cuja importância é mais elevada. Os factores que captam a atenção do condutor podem-se dividir em três grupos:

- Factores relacionados com os elementos da via, que directamente afectam a condução do veículo, nomeadamente a sua geometria e sinalização;
- Factores relacionados com o tráfego;
- Outros factores não relacionados directamente com o ambiente rodoviário.

A capacidade que o condutor possui de processar informação está evidentemente limitada pelo tempo mínimo, dependente do estado emocional do condutor, que os órgãos sensoriais necessitam para distinguir as diferentes acções. Em termos médios esses tempos são de 1/16 seg. para a visão, 1/20 seg. para a audição, 1/5 seg. para reacções a sustos e choques (Babkov, 1975).

Para além destas reacções existem outras que são recebidas de um modo contínuo, tais como, ruídos, vibrações e acelerações. Em cada momento o condutor apenas se consegue concentrar numa determinada situação, recebendo apenas uma ideia genérica das outras circunstâncias.

2.1.2 A VISÃO

A visão é o sentido mais importante a ter em conta nos problemas de tráfego, pois é a principal fonte de informação do condutor.

O Homem apenas tem uma visão nítida dos objectos, com detalhe e cor, na zona central do seu campo visual (Figura 2). No entanto para além desta zona, existe uma outra, designada de campo de visão periférica, na qual, embora não haja distinção de detalhes, é possível a detecção de movimentos inesperados. Esses movimentos observados no campo de visão periférica funcionam como um sistema de alerta.

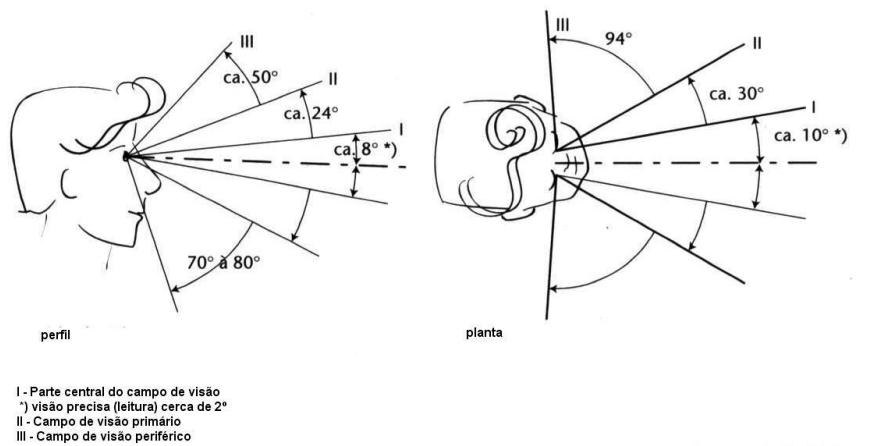


Figura 2 - Campo de visão humano (adaptado de CROW, 1998)

A fixação do olhar num ponto qualquer, de modo a que seja possível observá-lo com nitidez, pode ser conseguida através de movimentos do globo ocular, ajudados se necessário por movimentos da cabeça.

Durante a condução, o condutor tem uma perspectiva do espaço envolvente notoriamente diferente daquela que teria se fosse um observador fixo, pois a velocidade de deslocação do observador diminui o seu campo visual. Deste

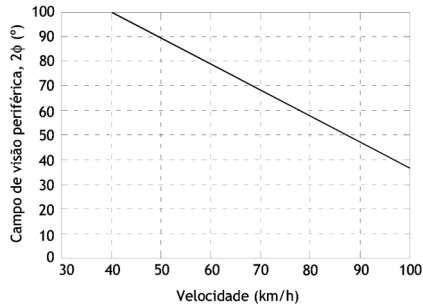


Figura 3 - Campo de visão periférica (2Φ) em função da velocidade



60 km/h



80 km/h



100 km/h

Figura 4 - Exemplo da redução do campo de visão periférica com a velocidade

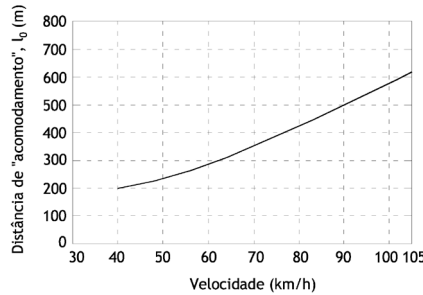


Figura 5 - Distância de “acomodamento” do olho em função da velocidade

modo, ao aumentar a velocidade, restringe-se o campo de visão periférica, dentro do qual qualquer objecto pode ser visualizado pelo condutor. Na Figura 3 apresenta-se a lei de variação do campo de visão periférica com a velocidade (adaptado de Ferrari e Giannini, 1997).

Verifica-se na análise da Figura 3 que o campo de visão periférico se reduz de 100° quando se circula a 40 km/h, para apenas 36° quando a velocidade é de 100 km/h. Através do exemplo da Figura 4 pretende-se ilustrar o efeito de redução do campo de visão com a velocidade.

Em relação à distância do observador ao ponto sobre o qual o seu olhar normalmente se fixa, designada de distância por “acomodamento” do olho (l_0), esta aumenta com o aumento da velocidade de circulação. A relação entre a distância l_0 e a velocidade de circulação encontra-se indicada na Figura 5, extraída e adaptada do estudo “Continuité de la forme dans l'espace” de Parayre e Trousset.

A aptidão que um condutor tem para assimilar a informação visual do ambiente que o rodeia, depende essencialmente do estado do seu sistema visual, que pode ser aferido através da sua acuidade visual. A acuidade visual é uma medida clínica da capacidade que um indivíduo possui de distinguir formas e detalhes podendo ser corrigida através do uso de óculos ou lentes de contacto.

O Decreto-Lei 0336/97 de 2 Dezembro estabelece quais os valores mínimos de acuidade visual e campo visual que um indivíduo deve possuir para que lhe possa ser concedida ou renovada a carta ou a licença de condução.

2.1.3 TEMPO DE REACÇÃO E DE PERCEPÇÃO

Um outro aspecto a ter em consideração é a forma como o condutor interage com o ambiente rodoviário, isto é, o modo como o condutor reage a determinados estímulos exteriores. Algumas das reacções são meros actos reflexos e outras são actos voluntários que implicam um conjunto complexo de processos. Ao tempo que é necessário à execução desses processos chama-se tempo de reacção.

O tempo de reacção pode variar entre os 0,5 seg., no caso das situações mais simples, e os 3 a 4 seg. nas situações mais complexas (por exemplo a decisão de ultrapassar numa via estreita).

Por outro lado, existe o tempo de percepção, que consiste no intervalo de tempo que se desenvolve desde o momento em que o condutor observa uma determinada situação até ao momento em que ele se apercebe que tem de realizar uma determinada acção. Há situações em que a percepção é praticamente instantânea. No entanto na maioria dos casos a densidade de objectos leva a que o condutor tenha de prestar atenção a vários acontecimentos em simultâneo, pelo que necessita de algum tempo para se aperceber da situação.

As experiências que se têm realizado mostram que é extremamente difícil avaliar o tempo de percepção isoladamente, pelo que geralmente se considera a combinação do tempo de percepção com o tempo de reacção.

Os principais factores que influenciam o tempo de percepção e de reacção são:

- Idade;
- Experiência e formação do condutor;
- Cansaço do condutor;
- Complexidade da situação (por exemplo um cruzamento congestionado ou a fraca visibilidade);
- Uso de álcool, estupefacientes ou de substâncias psicotrópicas.

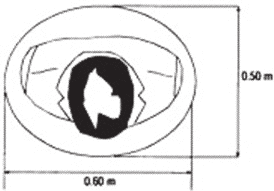


Figura 6 - Espaço ocupado por um peão (HCM, 2000)

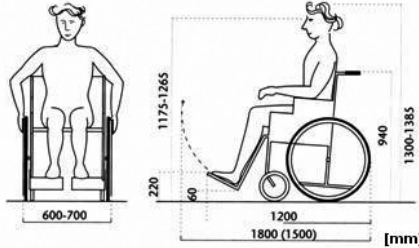


Figura 7 - Dimensões de uma cadeira de rodas (CROW, 1998)

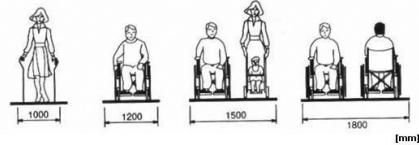


Figura 8 - Larguras mínimas necessárias para a circulação de pessoas com mobilidade condicionada (Austroads, 1988)

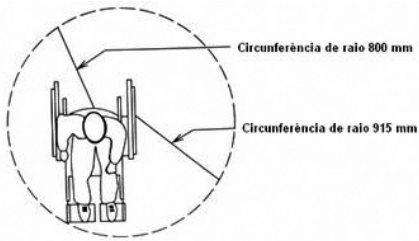


Figura 9 - Espaço mínimo para manobrar uma cadeira de rodas (Austroads, 1988)

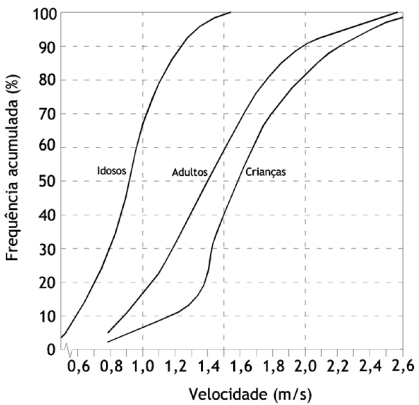


Figura 10 - Distribuição de velocidade dos peões (Adaptado de CROW, 1998)

Como valores de referência pode-se considerar que numa situação de paragem do veículo o tempo de percepção/reacção é de cerca de 2,5 seg. em plena estrada e de 1,5 seg. em zonas urbanas ou de influência urbana. A Norma de Traçado da ex-JAE considera para o tempo de percepção/reacção o valor de 2,0 seg.

2.2 O HOMEM COMO PEÃO

2.2.1 ESPAÇO VITAL PARA O PEÃO

O corpo de um adulto, visto em planta, ocupa uma área de cerca de 0,14 m². No entanto, tendo em conta o facto que muitos peões transportam artigos pessoais e considerando a não existência de contacto físico entre os peões, considera-se que o espaço que um peão ocupa é representado por uma elipse de 0,50 m x 0,60 m, cuja área total é 0,30 m² (Figura 6).

Para as pessoas com mobilidade condicionada é necessário garantir um espaço mínimo para que seja possível o seu movimento. Na Figura 7 indicam-se as dimensões habituais das cadeiras de rodas e na Figura 8 apresentam-se as larguras mínimas necessárias para que seja possível a circulação de pessoas com mobilidade condicionada.

Outro aspecto importante no caso das pessoas com mobilidade condicionada é a sua manobrabilidade, nomeadamente das pessoas que se deslocam em cadeiras de rodas, que necessitam de espaço para realizar manobras, como por exemplo, mudar de direcção ou inverter o sentido do seu movimento. O espaço mínimo necessário é dado por uma circunferência de raio 800mm quando rodam as duas rodas em sentidos opostos, e uma circunferência de raio 915mm quando roda em torno de uma das rodas (Figura 9).

2.2.2 VELOCIDADE DE CIRCULAÇÃO DOS PEÕES

Um peão que se desloque livremente circula a uma velocidade que pode variar desde um mínimo de 0.74 m/s até um máximo de 2.39 m/s (Austroads, 1988). Esta variação deve-se a um vasto conjunto de factores, que vão desde características intrínsecas ao próprio peão, como a idade, deficiências físicas, sexo, até factores exteriores, como a hora do dia, as condições atmosféricas, o motivo da viagem, o tipo e características da infra-estrutura. A velocidade pedonal depende também das condições de circulação (livre, condicionada ou congestionada). A Figura 10 representa a distribuição de velocidade dos peões para três grupos de peões (crianças, adultos e idosos).

Para a velocidade média de circulação dos peões pode-se tomar como valor de referência 1.2 m/s (Austroads, 1988; HCM, 2000).

3. O VEÍCULO

3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS VEÍCULOS

O Código da Estrada (Decreto-Lei nº 114/94 de 3 de Maio, alterado pelos Decretos-Lei nº 2/98 de 3 de Janeiro, nº 265-A/2001, de 28 de Setembro, nº 44/2005, de 23 de Fevereiro e nº 113/2008, de 1 de Julho) estabelece a seguinte classificação de veículos que podem transitar nas vias públicas e define quais as características que cada classe deve possuir. Assim temos:

- Automóveis - Veículo com motor de propulsão, dotado de pelo menos quatro rodas e com tara superior a 550kg. Por construção deve atingir em

patamar uma velocidade máxima superior a 25km/h. Devem transitar na via pública sem sujeição a carris.

- Motociclos, Ciclomotores e Quadriciclos:

· Motociclo - Veículo dotado de duas ou três rodas, com motor de propulsão com cilindrada superior a 50cm³ ou cuja velocidade em patamar exceda, por construção, os 45km/h;

· Ciclomotor - Veículo dotado de duas ou três rodas, que no caso de estar equipado com motor de combustão interna a sua cilindrada não excede os 50cm³. A velocidade máxima em patamar destes veículos não pode exceder os 45km/h;

· Quadriciclos - Veículos que possuem 4 rodas, mas cuja tara não excede os 550kg. Este tipo de veículos engloba-se na categoria dos motociclos ou ciclomotores de acordo com as suas características, nomeadamente cilindrada e velocidade máxima em patamar.

- Veículos Agrícolas:

· Tractor agrícola ou florestal - veículo com motor de propulsão, com dois ou mais eixos, que por construção se destina a desenvolver esforços de tracção. Pode ser equipado com alfaías ou outras máquinas e destina-se predominantemente a trabalhos agrícolas;

· Máquina agrícola ou florestal - veículo equipado com motor de propulsão, com dois ou mais eixos, que se destina à execução de trabalhos agrícolas e florestais;

· Motocultivador - veículo com motor de propulsão com um só eixo que se destina à execução de trabalhos agrícolas ligeiros. Pode ser dirigido por um condutor a pé ou em semi-reboque ou retrotrem ao referido veículo;

· Tractocarro - veículo com motor de propulsão, de dois ou mais eixos, dotado de uma caixa de carga destinada ao transporte de produtos agrícolas ou florestais. O seu peso bruto não ultrapassa os 3500kg.

- Outros Veículos a Motor:

· Veículo sobre carris - veículo que independentemente do sistema de propulsão, se desloca em carris;

· Máquina industrial - veículo com motor de propulsão, de dois ou mais eixos, destinado à execução de obras ou trabalhos industriais e que só eventualmente circula nas vias públicas.

- Reboques:

· Reboque - veículo destinado a transitar atrelado a um veículo a motor. Quando o veículo ao qual está atrelado é um tractor agrícola ou um motocultivador passa-se a designar de reboque agrícola ou florestal;

· Semi-reboque - veículo destinado a transitar atrelado a um veículo a motor, assentando a parte da frente e distribuindo o peso sobre este. Tal como no caso do reboque, se o veículo ao qual o semi-reboque se encontra atrelado for um tractor agrícola ou um motocultivador, a designação passa a ser, semi-reboque agrícola ou florestal;

· Máquina agrícola ou florestal rebocável - máquina destinada a trabalhos agrícolas ou florestais que só transita na via pública quando rebocada;

· Máquina industrial rebocável - máquina destinada a trabalhos industriais que só transita na via pública quando rebocada.

No que diz respeito aos veículos automóveis, máquinas agrícolas e florestais e máquinas industriais, estes veículos podem ser classificados em:

- Ligeiros - veículos com peso bruto até 3500kg ou no caso dos automóveis quando a lotação não é superior a 9 lugares (incluindo condutor);

· Pesados - veículos com peso bruto superior a 3500kg, veículos tractores, ou no caso dos automóveis quando a lotação do veículo é superior a 9 lugares (incluindo condutor).

Os automóveis ligeiros ou pesados, podem ainda ser classificados segundo a sua utilização, nos seguintes tipos:

- De passageiros - veículos que se destinam ao transporte de pessoas;
- De mercadorias - veículos que se destinam ao transporte de carga;
- Mistos - veículos que se destinam ao transporte, alternado ou simultâneo, de pessoas e carga;
- Tractores - veículos construídos para desenvolver um esforço de tracção, sem comportar carga útil;
- Especiais - veículos destinados ao desempenho de uma função específica, diferente do transporte normal de passageiros ou carga.

3.2 PARQUE AUTOMÓVEL

Em 2002, segundo o INE com base nos dados fornecidos pela DGV, o número total de veículos matriculados (considerando todos os tipos de veículos) em Portugal Continental era de 8 720 859 veículos. No Quadro 1 apresenta-se o número de veículos matriculados em 2002 por classes.

Quadro 1 - Veículos matriculados em Portugal Continental, por classes (Fonte: INE, 2002)

Classes	Nº de veículos Matriculados
Automóveis Ligeiros	7 433 910
De Passageiros	5 445 548
De Mercadorias e Especiais	1 646 226
Mistos	342 136
Automóveis Pesados	204 327
De Passageiros	21 387
De Mercadorias e Especiais	182 932
Mistos	8
Motociclos	386 969
Tractores Rodoviários	58 357
Tractores Agrícolas	262 496 (a)
Reboques e Semi-reboques	374 800
TOTAL	8 720 859

(a) - Corresponde a tractores rodoviários e agrícolas, no conjunto

Estes valores são no entanto superiores ao número efectivo de veículos em circulação, dado que só podem ser canceladas as matrículas cujos proprietários o tenham requerido, havendo por isso veículos matriculados que não se encontram em circulação. Assim sendo, em 2006 o número de veículos de passageiros (ligeiros, mistos e pesados) em circulação estava estimado em 4,3 milhões (ACAP, DGV). Estes dados revelam um crescimento do número de veículos de passageiros em circulação à taxa média anual de 5,2%. O Quadro 2 representa a evolução entre 1993 e 2006 da estimativa do número de veículos de passageiros em circulação.

Quadro 2 - Estimativa dos veículos de passageiros em circulação (Fonte: ACAP, DGV) (Unidades: milhares de veículos)

	1993	1995	1997	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Ligeiros e Mistos	2 210	2 560	2 950	3 350	3 443	3 589	3 885	3 966	4 100	4 200	4 290
Pesados	12	13,1	13,3	13,8	14	14,8	15	15,1	15,2	15,3	15
TOTAL	2 222	2 573	2 963	3 364	3 457	3 604	3 900	3 981	4 115	4 215	4 305

Nota: Inclui Açores e Madeira

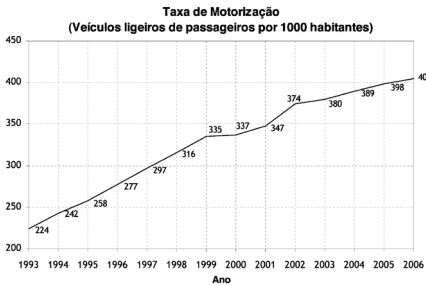


Figura 11 - Evolução da taxa de motorização (Fonte: ACAP, DGV)

3.3 TAXA DE MOTORIZAÇÃO

A taxa de motorização, que representa o número de veículos ligeiros de passageiros por mil habitantes, em Portugal era em 2006 de 405 veíc./1000hab. Este valor representa desde 1993, ano em que a taxa de motorização era de 224 veíc./1000hab., um crescimento à taxa média anual de 4,65%. A Figura 11 ilustra a evolução da taxa de motorização registada em Portugal.

No que respeita à Área Metropolitana do Porto (AMP), o Inquérito à Mobilidade realizado pelo INE em 2000, revelou uma taxa de motorização de 355 veículos por 1000 habitantes, sendo o concelho da Maia o que registava a taxa de motorização mais elevada (388 veíc./1000hab.) em oposição ao concelho de Valongo, cuja taxa era a mais baixa de toda a AMP (337 veíc./1000hab.). As taxas de motorização dos restantes concelhos encontram-se no quadro seguinte (Quadro 3):

Quadro 3 - Taxa de motorização nos concelhos da AMP (Fonte: INE, 2000)

Concelho	Taxa de Motorização (veíc./1000 hab.)
Espinho	362
Gondomar	348
Maia	388
Matosinhos	365
Porto	346
Póvoa de Varzim	342
Valongo	337
Vila do Conde	354
Vila Nova de Gaia	357

3.4 REPARTIÇÃO MODAL

No que respeita à repartição dos passageiros pelos diferentes modos de transporte, considerando apenas os modos de transporte terrestre, verifica-se, segundo dados fornecidos pela Comissão Europeia (CE) relativos ao ano 2006, que o modo mais utilizado em Portugal é o automóvel ligeiro, enquanto que o menos utilizado é o metro e o eléctrico. No Quadro 4 apresentam-se as percentagens de utilização de cada modo de transporte em Portugal, considerando o indicador passageiroxkm.

Quadro 4 - Repartição modal em Portugal (Fonte: CE, 2008)

Modo de Transporte	Veículo ligeiro de passageiros	Veículo pesado de passageiros	Metro e Eléctrico	Comboio
% de Utilização	81,9	12,6	1,1	4,4

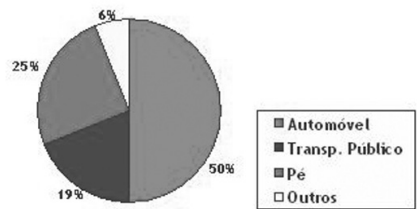


Figura 12 - Repartição Modal na AMP (INE, 2000)

Ao nível da AMP, o Inquérito à Mobilidade (2000) mostrou que a repartição modal, considerando as deslocações¹, é de 50% para o automóvel, 19% para o transporte público (autocarro, táxi, eléctrico, comboio) e 25% a pé (Figura 12).

1 Deslocação - Segundo o Inquérito à Mobilidade, “movimento entre dois locais distintos associado a um único motivo principal e à utilização de um único modo de transporte. Sempre que houver uma mudança de modo/meio de transporte ou de motivo principal deverá ser descrita uma nova deslocação”

3.5 DIMENSÕES DOS VEÍCULOS

As dimensões dos veículos variam em função da sua categoria (veículo ligeiro, autocarro, etc.). Em Portugal as dimensões dos veículos encontram-se limitadas pelo Código da Estrada. A Portaria 1092/97 de 3 de Novembro indica quais as máximas dimensões que os veículos podem apresentar, que são:

- Largura máxima - 2,55m (veículos de transporte condicionado, 2,60m)
- Altura máxima - 4,00m
- Comprimento máximo:
- Veículos automóveis de dois ou mais eixos - 12,00m
- Autocarros articulados - 18,00m
- Conjunto veículo-semi-reboque de três ou mais eixos - 16,50m
- Distância do eixo da cavilha de engate à retaguarda - 12,00m
- Distância do eixo da cavilha de engate a qualquer ponto da frente do semi-reboque - 2,04m
- Conjunto veículo a motor-reboque - 18,75m
- Distância, medida paralelamente ao eixo longitudinal do conjunto veículo a motor-reboque, entre o ponto exterior mais avançado da zona de carga atrás da cabina e o ponto mais à retaguarda do reboque - 16,40m
- Distância, medida paralelamente ao eixo longitudinal do conjunto veículo a motor-reboque, entre o ponto exterior mais avançado da zona de carga atrás da cabina e o ponto mais à retaguarda do reboque, diminuída da distância entre a retaguarda do veículo a motor e a frente do reboque - 15,65m
- Reboques de um ou mais eixos - 12,00m
- Reboques de tractores agrícolas de um eixo - 7,00m
- Reboques de tractores agrícolas de dois ou mais eixos - 10,00m

Dentro de cada categoria de veículos as suas dimensões variam em função do construtor e do parque automóvel de cada país, sendo por isso extremamente difícil definir um veículo-tipo dentro de cada categoria. Em Portugal a Norma de Intersecções (JAE P5/90) considera como veículo-tipo um veículo articulado, cujas dimensões (comprimento - 18,00m; largura - 2,50m; altura - 4,0m) correspondem às dimensões máximas do conjunto veículo-reboque, segundo o Decreto Regulamentar 78/85 de 26 de Abril².

A título de exemplo apresentam-se no Quadro 5 as dimensões de alguns veículos-tipo, de várias categorias, que são utilizados na Holanda no dimensionamento da infra-estrutura rodoviária.

3.6 DISTÂNCIAS DE TRAVAGEM E DE PARAGEM

3.6.1 DISTÂNCIA DE TRAVAGEM DOS VEÍCULOS

A distância de travagem corresponde à distância percorrida por um veículo desde que o condutor acciona o pedal de travão, até ao instante em que o veículo fica imobilizado. Esta distância depende fundamentalmente das condições do veículo, nomeadamente do sistema de travagem, da velocidade a que circula o veículo, das condições de aderência no contacto pneu/pavimento e da inclinação longitudinal da estrada.

A distância de travagem (Dt) é obtida através da expressão:

$$Dt = \frac{V^2}{254 (f + w_d \pm 0,01.i)}$$

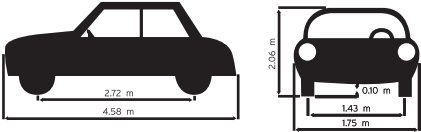
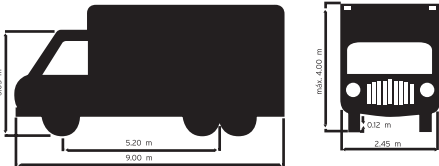
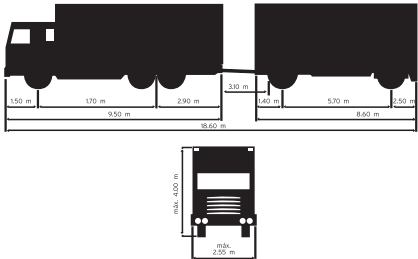
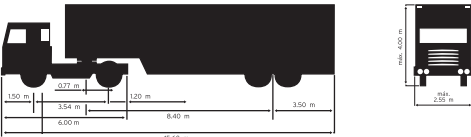
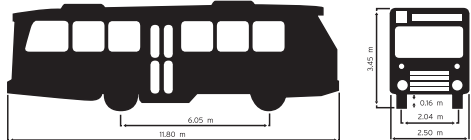
(1)

em que:

- Dt - Distância de travagem (m);
- V - Velocidade do veículo (km/h);
- f - Coeficiente de aderência longitudinal;

2 Com a publicação do actual Código da Estrada este Decreto Regulamentar foi entretanto substituído pela Portaria nº 850/94, de 22 de Setembro que posteriormente foi revogada e substituída pela Portaria nº 1092/97.

Quadro 5 - Dimensões dos veículos-tipo utilizados na Holanda (CROW, 1998)

Veículo Ligeiro de Passageiros	
Veículo Pesado de Mercadorias	
Veículo Pesado de Mercadorias com Reboque	
Veículo Pesado de Mercadorias - Conjunto Tractor - semi-reboque	
Autocarro	

w_d - Resistência específica ao movimento (N/N) (geralmente, $w_d = 0,020$ N/N);

i - inclinação do trainel (%), com sinal positivo no caso de um trainel ascendente e negativo no caso contrário.

O coeficiente de aderência longitudinal varia com a velocidade, natureza e estado do pavimento e estado dos pneus. Em determinadas situações, o coeficiente de aderência longitudinal pode descer a valores muito baixos, como são os casos dos pavimentos cobertos de neve (f=0,20) ou gelo (f=0,10), ou ainda de gelo com água (f=0,05).

No quadro seguinte (Quadro 6) são apresentados alguns valores da distância de travagem, em função do coeficiente de aderência longitudinal e da velocidade do veículo, considerando uma estrada em patamar e que não existe resistência específica ao movimento.

3.6.2 DISTÂNCIA DE PARAGEM

O condutor quando se depara com uma situação em que necessita de parar o veículo, não se apercebe instantaneamente que tem de o fazer, pelo que durante o tempo total para percepção e reacção até ao início da travagem, o veículo continua em marcha. Deste modo a distância de paragem mínima

Quadro 6 - Distâncias de travagem

Velocidade do Veículo (km/h)	Coefficiente de Aderência	Distância de Travagem (m)
Pavimentos Secos		
50	0,62	16
65	0,60	27
80	0,58	44
100	0,56	65
Pavimentos Molhados		
50	0,34	29
65	0,31	54
80	0,29	87
100	0,28	141

corresponde à soma das duas distâncias, a que é percorrida durante o tempo de percepção/reacção e que equivale à distância percorrida desde que o obstáculo se torna visível até que o condutor aplica o pedal de travão, e a distância de travagem.

O valor para o tempo de percepção/reacção depende exclusivamente do condutor, mas geralmente aceita-se tempos entre 1,5 seg. e 2,5 seg.

A distância necessária à paragem de um veículo é então dada por:

$$D_p = \frac{V \cdot t}{3,6} + \frac{V^2}{254 (f + w_d \pm 0,01 \cdot i)} \quad (2)$$

em que:

Dp - Distância de paragem (m);

t - tempo de percepção/reacção (seg.).

No Quadro 7 encontram-se, a título de exemplo, as distâncias de paragem, para várias velocidades, considerando uma estrada em patamar e a resistência específica ao movimento nula.

Quadro 7 - Distâncias de paragem

Velocidade do Veículo (km/h)	Tempo de percepção/ reação (seg.)	Coefficiente de Aderência	Distância de Paragem (m)
Pavimentos Secos			
50	2,0	0,62	44
65	2,0	0,60	63
80	2,0	0,58	88
100	2,0	0,56	126
Pavimentos Molhados			
50	2,0	0,34	57
65	2,0	0,31	90
80	2,0	0,29	131
100	2,0	0,28	196

3.7 MANOBRABILIDADE

O conhecimento do espaço que um determinado veículo ocupa quando realiza uma dada trajectória, do raio de viragem que um veículo consegue descrever e da largura que ocupa quando descreve esse raio de viragem, são elementos imprescindíveis a um dimensionamento correcto da infra-estrutura rodoviária.

Em zonas urbanas e locais de estacionamento, o comportamento do veículo em curva é de enorme importância, uma vez que o espaço disponível é escasso e as manobras de viragem são inúmeras. A análise das trajectórias dos veículos, bem como do espaço necessário para as efectuarem é pois algo de fundamental.

Nas figuras seguintes apresentam-se alguns exemplos de trajectórias e respectivas superfícies de varrimento para diversos tipos de veículos em pleno movimento, nas quais o ângulo de viragem inicial e final é nulo.

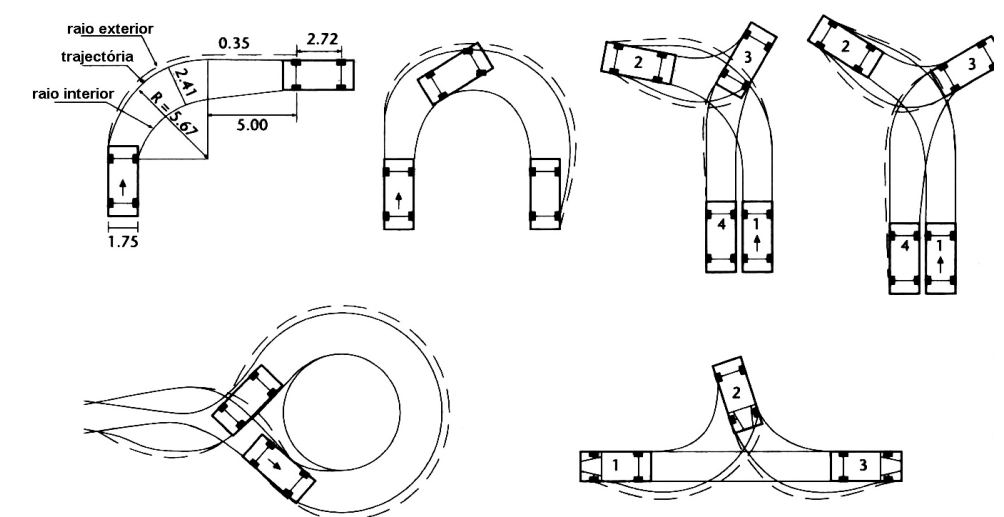


Figura 13 - Superfícies de varrimento de um veículo ligeiro de passageiros a circular a 10km/h (CROW, 1998)

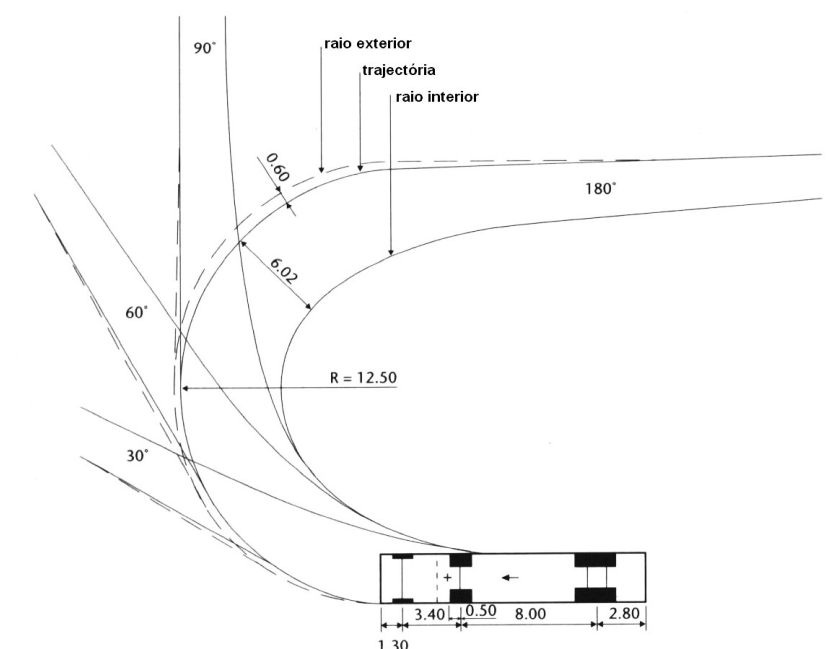


Figura 14 - Superfícies de varrimento de um trator-semi-reboque a circular a 10km/h (CROW,1998)

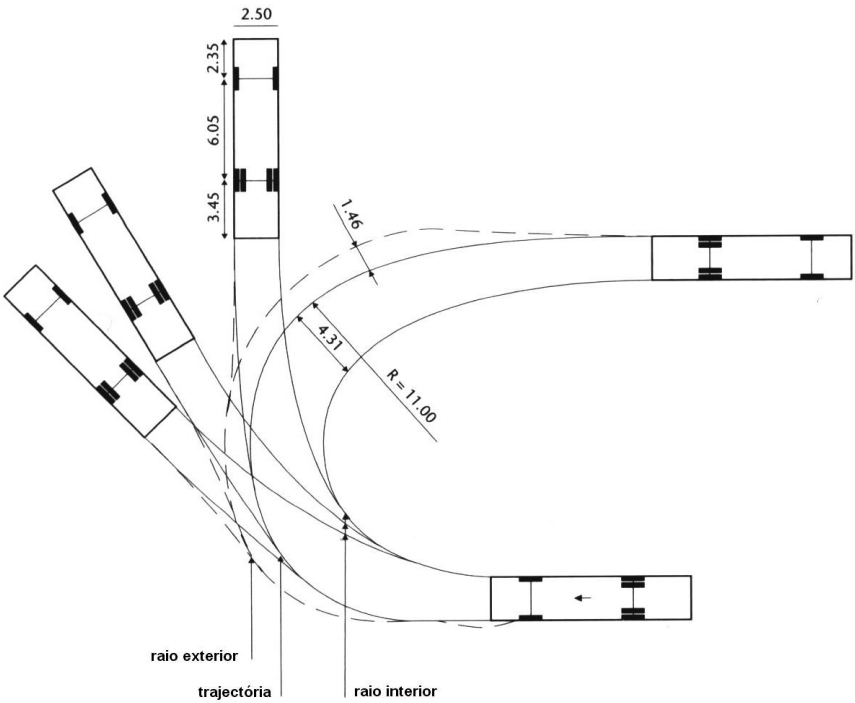


Figura 15 - Superfícies de varrimento de um autocarro a circular a 10km/h (CROW ,1998)

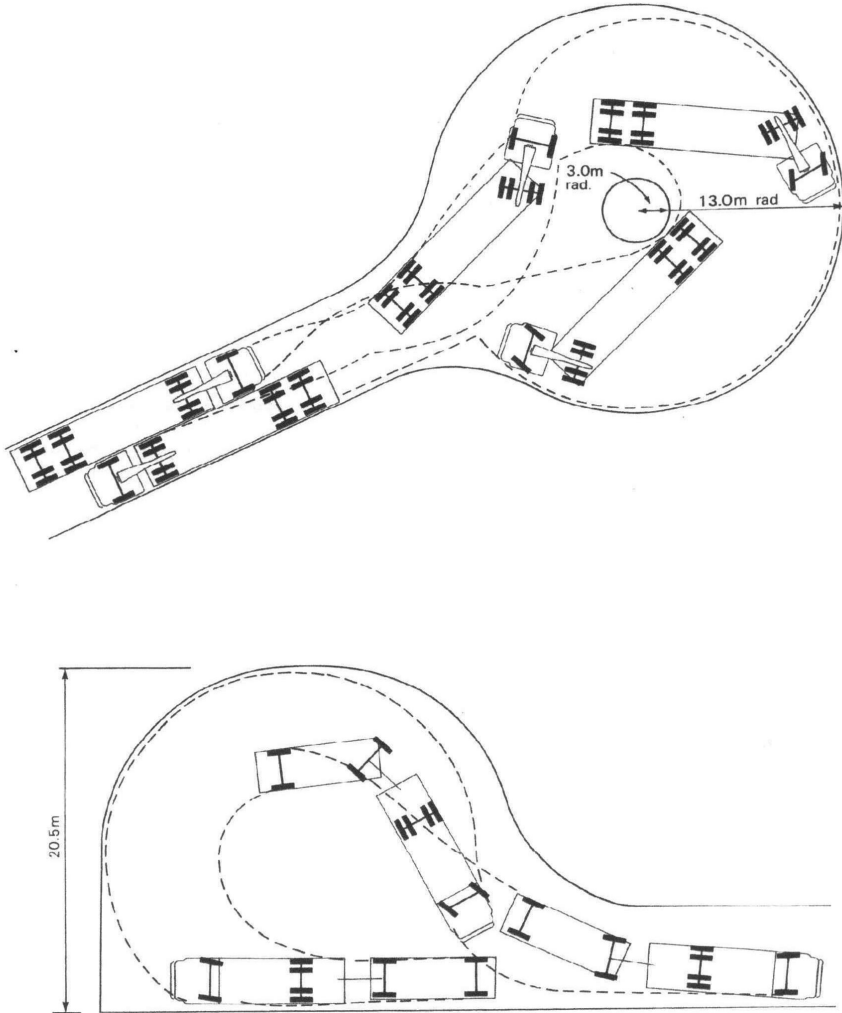


Figura 16 - Superfícies de varrimento de um tractor-semi-reboque com 15,5m de comprimento (em cima, na figura), e de um conjunto veículo-reboque com 18,0m de comprimento (HMSO, 1987)

No que respeita aos raios de viragem, convém salientar que os raios mínimos de viragem dependem do ângulo máximo de viragem das rodas, sendo esta uma característica definida pelo fabricante do veículo. Porém, a Portaria nº 1092/97 de 3 de Novembro estabelece que qualquer veículo a motor ou conjunto de veículos em movimento deve poder girar dentro de uma coroa circular com um raio exterior de 12,5m e um raio interior de 5,3m sem que qualquer ponto extremo do veículo ou conjunto de veículos, com excepção das partes salientes em relação à largura prevista, saia dessa coroa.

O raio exterior de viragem pode ser calculado em função do raio interior que o veículo descreve, através da seguinte expressão:

$$R_{ext} = \sqrt{R_{int}^2 + 2 \cdot R_{int} \cdot b + b^2 + d^2} \tag{3}$$

em que:

- R_{ext} - Raio exterior da curva (m);
- R_{int} - Raio interior da curva (m);
- b - Largura do veículo (m);
- d - Distância entre a parte da frente do veículo e o seu eixo traseiro (m).

De notar que esta expressão é apenas válida no caso de veículos rígidos de dois eixos, com duas rodas direccionais à frente.

A faixa de ocupação do veículo quando descreve um curva de raio interior R_{int} é dada pela diferença entre o raio exterior (R_{ext}) e o raio interior da curva (R_{int}). Na Figura 18 indicam-se quais os valores da faixa de ocupação em função do raio interior da curva (R_{int}) para dois veículos, um autocarro e um veículo ligeiro de passageiros.

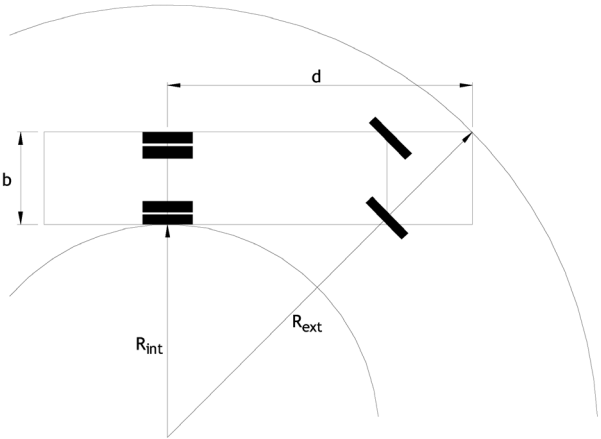


Figura 17 - Trajectória de um veículo rígido em curva

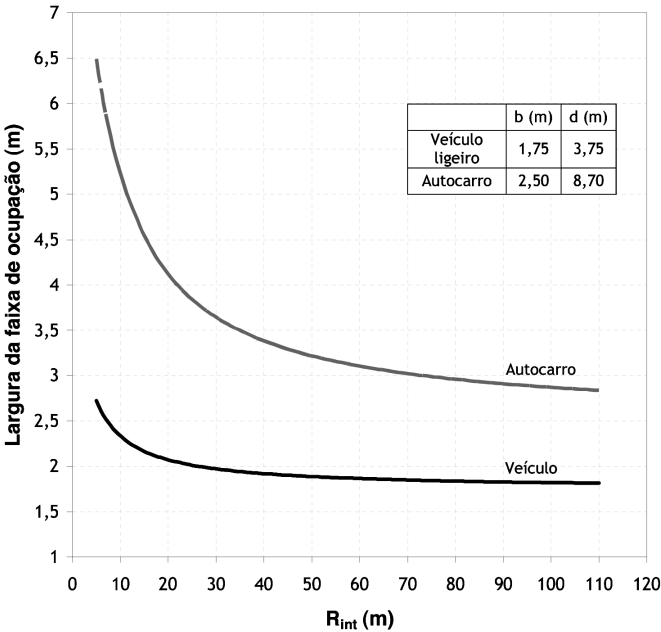
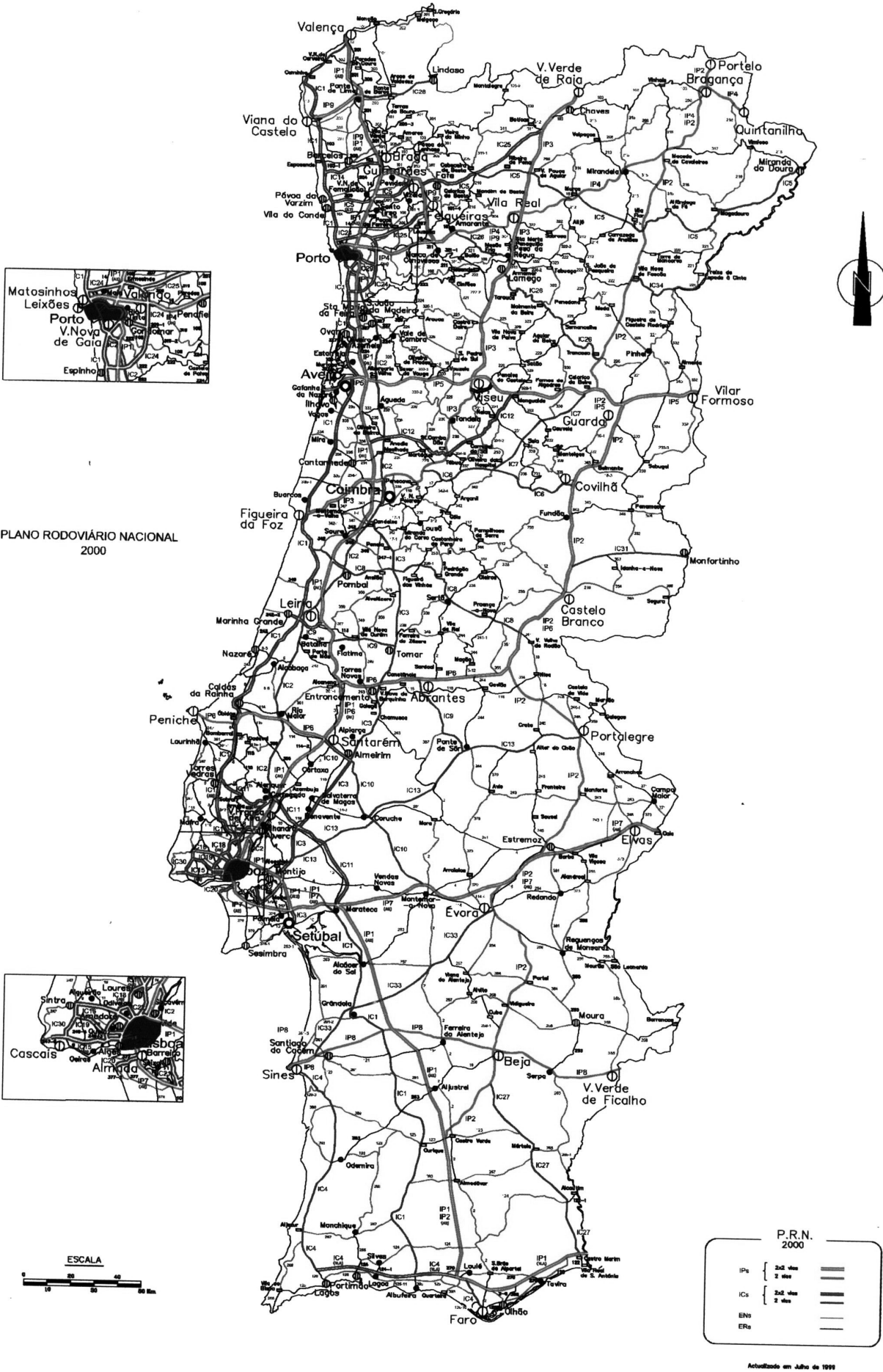


Figura 18 - Faixa de ocupação em função do R_{int}



4. A ESTRADA

4.1 CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO O PRN 2000

A rede rodoviária nacional definida no Plano Rodoviário Nacional (PRN 2000 - Decreto-Lei nº 222/98 de 17 de Julho, alterado por: Lei 98/99; Declaração de rectificação nº 19-D/98; Decreto-Lei nº 182/2003 de 16 de Agosto) classifica as estradas em quatro categorias distintas e considerando dois tipos de rede. Assim, a rede rodoviária nacional (Figura 19) é constituída pela:

- Rede Nacional Fundamental - Integra os Itinerários Principais (IP);
- Rede Nacional Complementar - Formada pelos Itinerários Complementares (IC) e pelas Estradas Nacionais (EN).
- As categorias de estradas definidas no PRN 2000 são as seguintes:
- Itinerários Principais (IP) - são as vias de comunicação de maior interesse nacional, servem de apoio a toda a rede rodoviária nacional e asseguram a ligação entre os centros urbanos com influência supradistrital e destes com os principais portos, aeroportos e fronteiras;
- Itinerários Complementares (IC) - são as vias que estabelecem as ligações de maior interesse regional, bem como as principais vias envolvidas e de acesso nas áreas metropolitanas de Lisboa e Porto. A sua função é assegurar a ligação entre a rede nacional fundamental e os centros urbanos de influência concelhia ou supraconcelhia, mas infradistrital;
- Estradas Nacionais (EN) - são vias que desempenham as mesmas funções dos Itinerários Complementares embora se situem num nível hierárquico inferior;
- Estradas Regionais (ER)- são as vias que asseguram as comunicações públicas rodoviárias com interesse supramunicipal e complementar à rede rodoviária nacional. Estas vias desempenham uma ou várias das seguintes funções:
- Desenvolvimento e serventia das zonas fronteiriças, costeiras e outras de interesse turístico;
- Ligação entre agrupamentos de concelhos constituindo unidades territoriais;

Continuidade de estradas regionais nas mesmas condições de circulação e segurança.

No Plano Rodoviário Nacional (PRN 2000) inclui-se ainda uma rede nacional de auto-estradas formada por alguns dos Itinerários Principais e Itinerários Complementares.

Quanto às estradas que não se encontram incluídas no PRN 2000 deverão ser desclassificadas e incluídas nas redes municipais, mediante acordo entre a Estradas de Portugal (EP) e as Câmaras Municipais.

4.2 EXTENSÃO DA REDE

O PRN 2000 prevê que a extensão total da rede rodoviária nacional será de cerca de 11 350km aos quais se somam cerca de 5 000km de estradas regionais, o que perfaz um total de cerca de 16 500km de estradas. Em termos da rede nacional de auto-estradas, a extensão prevista no PRN 2000 é de aproximadamente 3 000km.

Segundo o relatório “Estatísticas dos Transportes 2006” elaborado pelo INE baseado em dados disponibilizados pela Estradas de Portugal (EP), a extensão total de estradas (rede nacional (Continente) e estradas municipais) efectivamente construída até ao final de 2002, era de 12 890km, distribuídos por estradas nacionais (38,1% do total), estradas regionais (34,9% do total), itinerários principais (16,6%) e itinerários complementares (10,4%), estando prevista a construção de mais 5895km de estradas. A extensão total auto-estradas era em 2006 de cerca de 2 545km.

No Quadro 8 apresenta-se a extensão da rede em 2002, em função do tipo de estrada.

Quadro 8 - Extensão da rede em função do tipo de estrada (INE, 2007)

Rede	Rede Nacional (a)									Estradas Regionais (ER) (a)
	Rede Fundamental				Rede Complementar					
	Itinerários Principais (IP)				Itinerários Complementares (IC)				Estradas Nacionais (EN)	
	Com duas faixas		Com uma faixa		Com duas faixas		Com uma faixa			
	Prev.	Constr.	Prev.	Constr.	Prev.	Constr.	Prev.	Constr.		
Extensão (km)	1 902	1 712	632	433	1 473	870	1 888	466	4 909	4 500

(a) - Estradas que constam do Plano Rodoviário Nacional 2000 (D.L. nº 222/98, de 17 de Julho), considerando as alterações previstas na Lei 98/99 de 26 de Julho e pelo D.L. nº182/2003, de 16 de Agosto

No que respeita às estradas a municipalizar, no final de 2006 do total de 8 368km de estradas que deverão ser transferidas da EP para as Câmaras Municipais, apenas 61,4% (5 134 km) é que tinham efectivamente sido transferidas.

4.3 REDE NACIONAL DE AUTO-ESTRADAS

A rede de auto-estradas prevista no PRN 2000 é constituída por Itinerários Principais e Itinerários Complementares numa extensão de cerca de 3 000 km. Esta rede é formada pelos elementos da rede rodoviária nacional projectados e construídos exclusivamente para o tráfego motorizado, que não servem propriedades limítrofes e que:

- Excepto em pontos especiais ou temporariamente disponham de faixas de rodagem distintas para os dois sentidos de tráfego, as quais serão separadas uma da outra por uma zona central não destinada ao tráfego ou excepcionalmente, por outros dispositivos;
- Não tenham cruzamentos de nível com qualquer outra estrada, via férrea ou via de eléctricos ou caminho de pé posto;
- Estejam especialmente sinalizados como auto-estrada.

Para levar a cabo a construção destas estradas o Estado Português decidiu por um lado, através de investimento público directo por intermédio a Estradas de Portugal, construir cerca de 12,5% do total da rede, enquanto que para restante rede (87,5%) decidiu realizar parcerias com o sector privado sob a forma de concessão com vista ao seu financiamento.

- Ao nível da exploração, as concessões realizadas foram de dois tipos:
- Tradicional, com cobrança de portagem;
 - SCUT - Sem custos para o utilizador, vulgo portagem virtual.

O Quadro 9 resume o programa de realização de concessões para o período entre 1998 e 2007, sendo que grande parte da sua extensão já se encontra em serviço ou em fase final de construção.

Quadro 9 - Concessões rodoviárias em Portugal

Concessão	Concessionária	Tipo de Portagem	Extensão (km)
Brisa	Brisa	Real	1078
Oeste	Auto-estradas Atlântico	Real	170
Norte	Aenor	Real	170
Pontes Vasco da Gama e 25 de Abril	Lusoponte	Real	25
SCUT Beira Interior	Scutvias	Virtual	178
SCUT Interior Norte	Norscut	Virtual	155
SCUT do Algarve	Euroscut	Virtual	129
SCUT Costa de Prata	Lusoscut	Virtual	105
SCUT Grande Porto	-	Virtual	58
SCUT Beiras Litoral e Alta	Lusoscut	Virtual	173
SCUT Norte Litoral	Euroscut Norte	Virtual	116
Grande Lisboa	LUSOlisboa	Real	25

Entretanto o Estado Português decidiu em 2008 lançar um novo conjunto de concessões rodoviárias com o objectivo de concluir a rede prevista no PRN 2000. Estas novas concessões terão estradas com perfil de auto-estrada e outras sem e serão constituídas por lanços em regime de: concepção/construção/exploração; requalificação/exploração; exploração. No caso das auto-estradas existirão troços em que será cobrada portagem e outros em que se utilizará o regime de SCUT como forma de promover o desenvolvimento económico e social dessas regiões. Fazem parte deste novo programa as seguintes concessões:

- Túnel do Marão;
- Auto-Estrada Transmontana;
- Douro Interior;
- Baixo Alentejo;
- Baixo Tejo;
- Algarve Litoral;
- Litoral Oeste;
- Auto-Estrada do Centro;
- Pinhal Interior;
- Alto Alentejo (ainda em definição).

4.4 ELEMENTOS BÁSICOS DO PROJECTO DE ESTRADAS

4.4.1 VELOCIDADE

Na concepção de uma estrada, a velocidade é um parâmetro fundamental para a escolha e controle dos elementos geométricos do traçado, pois permite ter em consideração de uma forma racional os critérios de economia, segurança e comodidade.

A Norma de Traçado da ex-JAE fixa que os elementos geométricos mínimos e máximos são função de velocidades previamente fixadas, que podem no entanto não corresponder em absoluto à velocidade escolhida pelos condutores, pois esta depende de múltiplos factores, tais como:

- Grau de conhecimento da estrada;
- Existência de intersecções e acessos marginais;
- Curvatura;
- Distância de visibilidade;
- Tipo de pavimento e seu coeficiente de aderência;
- Intensidade de tráfego;
- Inclinação longitudinal da estrada;
- Largura da faixa de rodagem e número de vias;
- Sobreelevação;
- Condução em curva na via de extradorso ou na via de intradorso.

Assim sendo, na Norma de Traçado (JAE P3/94) as características técnico-geométricas do traçado são determinadas com base em três conceitos de velocidade:

- Velocidade base;
- Velocidade específica;
- Velocidade de tráfego.

A velocidade base é a velocidade máxima que deverá ser assegurada ao longo de todo o traçado. É esta velocidade que permite a definição das características geométricas dos pontos particulares do traçado, isto é, secções em que as condições do terreno não possibilitam de um forma económica características geométricas superiores, garantindo porém condições mínimas para uma circulação segura e cómoda ao longo de todo o traçado. O valor a considerar depende, da topografia do terreno, dos volumes de tráfego esperados, do investimento desejado e da função da nova via, devendo manter-se constante ao longo de toda a estrada a construir.

O Quadro 10 indica quais as velocidades base a considerar nas estradas da rede nacional.

Quadro 10 - Velocidade base função do tipo de estrada (JAE P3/94)

Tipo de Estrada	Velocidade Base (km/h)				
	140	120	100	80	60
Itinerários Principais	X (a)	X (b)	X	X (c)	-
Itinerários Complementares	-	X (b)	X	X	X (c)
Estradas Nacionais	-	-	X	X	X

(a) - Só em auto-estrada

(b) - Só em estrada com faixas de rodagem unidireccionais

(c) - No caso de estradas com faixa de rodagem unidireccionais deverá ser devidamente justificado o recurso a esta velocidade

Nas estradas não incluídas na rede nacional poderão ser consideradas velocidades diferentes das apresentadas no Quadro 10.

A velocidade específica é a velocidade máxima que pode ser obtida com segurança em qualquer elemento do traçado, considerado isoladamente (JAE P3/94). Ao contrário do que acontece com a velocidade base, que deve ser constante em toda a estrada, a velocidade especifica varia ao longo do traçado de acordo com as características geométricas dos elementos singulares que o condutor vai encontrando. Segundo a Norma de Traçado (JAE P3/94), com a finalidade de se assegurar a homogeneidade do traçado, a velocidade específica correspondente a dois elementos consecutivos do traçado (por exemplo, duas curvas em planta) não deve diferir de mais de 20km/h.

A velocidade específica deve ser considerada no dimensionamento de elementos geométricos cujas características dependa da visibilidade. Porém não seria prático, nem justificável, considerar a velocidade específica correspondente a cada elemento na definição das características geométricas do traçado de uma estrada, pelo que se considera normalmente como representativo da velocidade específica a velocidade de tráfego, ou seja a velocidade que é excedida por 15% dos veículos (percentil 85) (JAE P3/94).

A velocidade de tráfego é normalmente considerada uma velocidade crítica, pois velocidades superiores a esta são geralmente consideradas perigosas para as condições existentes (JAE P3/94). Consequentemente, pode dizer-se que pelo menos 85% dos veículos circulam a velocidades consideradas razoáveis e seguras para as condições existentes.

Diversos estudos evidenciaram que a velocidade de tráfego é cerca de 12km/h a 20km/h superior à velocidade base, sendo a diferença maior nos alinhamentos rectos e menor nos alinhamentos curvos. Os mesmos estudos constatarem que as duas velocidades tendem a aproximar-se à medida que a velocidade base aumenta, devido ao facto de implicarem características geométricas mínimas melhores. No Quadro 11 indica-se a velocidade de tráfego em função da velocidade base nas estradas nacionais (JAE P3/94)

Quadro 11 - Velocidade de tráfego nas estradas nacionais (JAE P3/94)

Velocidade Base (km/h)	Velocidade Tráfego (km/h)
60	80
80	100
100	120
120	130
140	140

Em resumo, as características geométricas de uma estrada podem ser definidas considerando a velocidade base ou a velocidade de tráfego, em função do tipo de estrada e do elemento geométrico do traçado em causa (Quadro 12).

Quadro 12 - Velocidade a considerar nos vários elementos do traçado (JAE P3/94)

Elemento do Traçado	Velocidade (km/h)	
	Velocidade Base	Velocidade Tráfego (a)
Raio mínimo em planta	X	-
Trainel máximo	X	-
Perfil transversal tipo	X	-
Distância de visibilidade	-	X
Raio mínimo das concordâncias verticais	-	X

(a) - Esta velocidade só deve ser considerada nos IP's e IC's. Nas restantes estradas é a velocidade base que deve ser considerada na definição das características de todos os elementos do traçado.

4.4.2 VOLUMES DE TRÁFEGO

Um outro elemento de crucial importância é o conhecimento da procura que a estrada vai ter. Habitualmente em fase de planeamento, esta procura é apresentada em termos de tráfego médio diário anual (TMDA), que é dado pelo volume total de tráfego que passa nos dois sentidos duma estrada, durante um ano, dividido pelo número de dias do ano.

Em fase de projecto considera-se normalmente o volume horário de projecto, VHP, correspondente ao volume da 30ª hora de ponta (volume horário que é excedido, durante um ano, 29 vezes). Este volume representa um compromisso entre questões do tipo económico e operacional, isto é, se os volumes de projecto considerados forem mais elevados estes conduzirão a características da estrada mais exigentes, enquanto que se os volumes considerados forem menores existe o risco da ocorrência frequente de congestionamento.

O volume horário de projecto pode ser estimado a partir do TMDA através da seguinte expressão:

$$VHP = TMDA \cdot k_1 \cdot k_2 \tag{4}$$

em que:

- VHP - Volume horário de projecto (veíc./h)
- TMDA - Tráfego médio diário anual (veíc./dia);
- k₁ - Fracção do TMDA que ocorre na hora de ponta;
- k₂ - Fracção do tráfego da hora de ponta correspondente ao sentido mais carregado.

O valor do VHP vem expresso em veículos por hora e por sentido.

Quanto aos valores de k₁ e k₂, k₁ varia geralmente entre 0,10 e 0,20, enquanto que k₂ varia entre 0,55 e 0,80. O valor de k₁ depende essencialmente do tipo de estrada, aumentando à medida que se passa das estradas urbanas, suburbanas, rurais e turísticas, atingindo nestas o valor mais elevado. Em relação aos valores de k₂ estes têm em conta o desequilíbrio nos volumes de tráfego verificado nas pontas da manhã e da tarde, aumentando à medida que esse desequilíbrio se acentua. Assim, as vias radiais têm valores de k₂ superiores às vias circulares, sendo que nestas últimas o valor de k₂ se aproxima de 0,5. No Quadro 13 apresentam-se valores usuais de k₁ e k₂ em função do tipo de estrada.

Quadro 13 - Valores usuais para os parâmetros k₁ e k₂

Tipo de estrada	k ₁	k ₂
Rural	0,15 - 0,25	0,65 - 0,80
Suburbana	0,12 - 0,15	0,55 - 0,65
Urbana		
Via Radial	0,07 - 0,12	0,55 - 0,60
Via Circular	0,07 - 0,12	0,50 - 0,55

4.4.3 DISTÂNCIAS DE VISIBILIDADE

A visibilidade é um elemento fundamental na garantia da segurança de circulação. O projecto de uma estrada deve ser concebido de forma a garantir-se ao longo do traçado distâncias de visibilidade suficientes para que os condutores possam controlar a velocidade dos seus veículos e contornar situações inesperadas, como por exemplo o aparecimento de um obstáculo na faixa de rodagem.

Assim, a distância de visibilidade disponível num qualquer ponto do traçado deve ser superior à distância de visibilidade que garante a execução pelos condutores da manobra prevista, sem perda de controlo do veículo.

A Norma de Traçado (JAE P3/94) contempla três tipos de distâncias de visibilidade:

- Distância de visibilidade de paragem;
- Distância de visibilidade de decisão;
- Distância de visibilidade de ultrapassagem.

Uma descrição sucinta destas distâncias encontra-se apresentada de seguida.

4.4.3.1 Distância de visibilidade de paragem

A distância de visibilidade de paragem é a menor distância de visibilidade que deve ser garantida ao longo de todo o traçado. Esta distância de visibilidade corresponde à distância necessária para que um condutor, circulando a determinada velocidade, consiga parar o veículo, se tal for necessário, após ver um obstáculo no pavimento.

A distância de visibilidade de paragem é medida entre os olhos do condutor (1,05m acima do pavimento) e um obstáculo no pavimento com 0,15m. Engloba a distância percorrida pelo condutor durante o tempo de percepção/reacção e a distância de travagem. O tempo de percepção/reacção considerado na norma portuguesa (JAE P3/94) é de 2,0 segundos.

A Norma de Traçado (JAE P3/94) estabelece para a distância de visibilidade de paragem os valores mínimos indicados no Quadro 14.

Quadro 14 - Distâncias de visibilidade mínima (JAE P3/94)

Velocidade* (km/h)	Distância de Visibilidade		
	Paragem (DP)	Decisão (DD)	Ultrapassagem (DU)
40	40	-	280
50	60	-	350
60	80	200 (a)	420
70	100	240	490
80	120	270	560
90	150	300	630
100	180	330	700
110	220	370	770
120	250	400	840
130	320	430	910
140	390	470	980

(a)- Valores a considerar quando a velocidade for < a 60km/h

* A velocidade considerada será função do tipo de estrada sendo:

- no caso dos IP's e IC's a velocidade de tráfego
- no caso de Estradas Nacionais a velocidade base

Uma vez que a distância de travagem varia em função da inclinação dos trainéis, aumentando nos trainéis descendentes e diminuindo nos trainéis ascendentes, a Norma de Traçado (JAE P3/94) estabelece o seguinte:

- Trainéis descendentes com mais de 3% de inclinação e extensão superior a 1,5km;
- Agravar em 20% os valores da distância de visibilidade de paragem mínima (Quadro 14).

- Trainéis descendentes com mais de 6% de inclinação e extensão superior a 1,5km;
- Determinar a distância de visibilidade de paragem efectivamente necessária, recorrendo à expressão seguinte:

$$DP = \frac{VT}{1,8} + \frac{VT^2}{250(f-i)}$$

(5)

em que:

- DP - Distância de visibilidade de paragem (m);
- VT - Velocidade de tráfego (km/h);
- f - Coeficiente de aderência longitudinal;
- i - inclinação do trainel.

4.4.3.2 Distância de visibilidade de decisão

Nem sempre a distância de visibilidade de paragem é suficiente para assegurar aos utentes da estrada uma operação eficiente, isto é, cómoda e segura, nomeadamente quando estes se deparam com situações em que têm de tomar decisões complexas, ou quando as informações fornecidas pela sinalização são de difícil compreensão.

Assim sendo, sempre que seja previsível uma situação em que um condutor seja confrontado com uma necessidade de adaptação da condução, por exemplo, na aproximação das intersecções, nós de ligação, diminuição do número de vias, zonas de entrecruzamento e áreas de serviço, é necessário garantir uma distância de visibilidade que permita ao condutor:

- aperceber-se da situação ou da informação inesperada;
- identificar essa situação;
- adoptar a velocidade mais conveniente;
- concluir em segurança a manobra necessária.

Essa distância de visibilidade necessária é designada, na Norma de Traçado (JAE P3/94), por distância de visibilidade de decisão (DD) e pode ser determinada pela seguinte expressão empírica:

$$DD = 3,3 \cdot VT$$

(6)

em que:

- DD - Distância de visibilidade de decisão (m);
- VT - Velocidade de tráfego (km/h).

Os valores a considerar para a distância de visibilidade de decisão são os indicados no Quadro 14.

4.4.3.3 Distância de visibilidade de ultrapassagem

Numa estrada de faixa de rodagem única e com duas vias, para a realização da manobra de ultrapassagem é necessária ocupação da via de sentido contrário. A distância de visibilidade de ultrapassagem, é a distância mínima necessária para que o condutor de um veículo ultrapasse outro veículo em segurança e comodidade, sem obrigar à diminuição da velocidade de um terceiro veículo que circule em sentido contrário.

A distância de visibilidade de ultrapassagem mínima depende do comportamento dos condutores e das características dos veículos, nomeadamente:

- da velocidade de circulação do veículo que vai efectuar a ultrapassagem;
- da velocidade do veículo que irá ser ultrapassado;
- da velocidade do veículo que circula em sentido contrário;
- do tipo e características dos veículos envolvidos (pesados ou ligeiros);
- do tempo de reacção do condutor;
- das características geométricas da estrada no local de ultrapassagem.

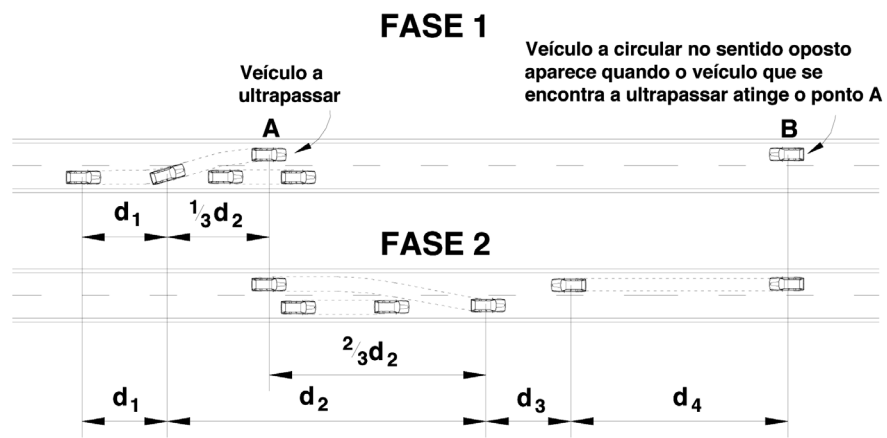


Figura 20 - Componentes da distância de visibilidade de ultrapassagem

Habitualmente, a maior parte das normas internacionais decompõem a distância de visibilidade de ultrapassagem em quatro parcelas distintas, que são:

- d1 - distância percorrida pelo veículo que ultrapassa durante o tempo t1 de percepção e reacção do condutor e de aceleração do veículo;
- d2 - distância percorrida pelo veículo que ultrapassa enquanto circula na via de sentido oposto;
- d3 - distância, no fim da manobra, entre o veículo que circula em sentido oposto e o veículo que ultrapassa;
- d4 - distância percorrida pelo veículo em sentido oposto durante a manobra de ultrapassagem.

O tempo necessário à execução das manobras de ultrapassagem varia em 95% das manobras entre 4 e 15 segundos (JAE P3/94).

A Norma de Traçado (JAE P3/94) considera que a distância de visibilidade de ultrapassagem pode ser obtida empiricamente através da expressão seguinte:

$$DU = 7 \cdot VT$$

(7)

em que:

- DU - Distância de visibilidade de ultrapassagem (m);
- VT - Velocidade de tráfego (km/h).

Os valores apresentados no Quadro 14 e que constam da Norma de Traçado resultam da aplicação da expressão anterior, e garantem a distância de visibilidade necessária a cerca de 85% dos condutores (exceptuando as horas de ponta).

4.5 A SINISTRALIDADE RODOVIÁRIA

A sinistralidade rodoviária continua a ser um grave problema em Portugal. Todos os anos ocorrem milhares de acidentes com vítimas dos quais resultam centenas de mortos e milhares de feridos. Importa pois, conhecer melhor este problema que a todos afecta.

No seu relatório anual sobre sinistralidade rodoviária, a Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária (ANSR) e anteriormente à criação desta entidade a ex-Direcção Geral de Viação (DGV), fornece um conjunto de informações estatísticas relacionado com esta problemática.

Segundo a Autoridade Nacional de Segurança Rodoviária, em 2007 (ANSR, 2008) o número total de acidentes rodoviários com vítimas registados em

Portugal foi de 35311, de que resultaram 854 mortos³, 3116 feridos graves⁴ e 43202 feridos ligeiros⁵. Estes números revelam no entanto uma redução, em relação a 2006, em praticamente todos os indicadores de sinistralidade: -1,0% acidentes, -10,5% de feridos graves e -1,0% de feridos ligeiros. Apenas em relação ao número de mortos se verificou um ligeiro aumento, +0,5%, porém quando se analisam os dados referentes ao ano de 2005 verifica se que o número de mortos sofreu uma diminuição muito significativa, -22.3% de vítimas mortais em 2006 do que em 2005. Quanto ao índice de gravidade⁶ foi inferior ao registado em 2002 (3,3 em 2003 contra 3,5 em 2002) (Quadro 15).

Quadro 15 - Acidentes e vítimas em 2002 e 2003 (DGV, 2003)

	2005	2006	2007	Variação 2005-2006 (%)	Variação 2006-2007 (%)
Acidentes c/ Vítimas	37066	35680	35311	-3,7	-1,0
Vítimas Mortais	1094	850	854	-22,3	+0,5
Feridos Graves	3762	3483	3116	-7,4	-10,5
Feridos Ligeiros	45487	43654	43202	-4,0	-1,0
Índice de Gravidade	3,0	2,4	2,4	-20,0	0

Estes números mostram uma tendência para a redução do número de acidentes com vítimas e do índice de gravidade, de acordo com a Figura 21.

Evolução dos acidentes com vítimas e índice de gravidade

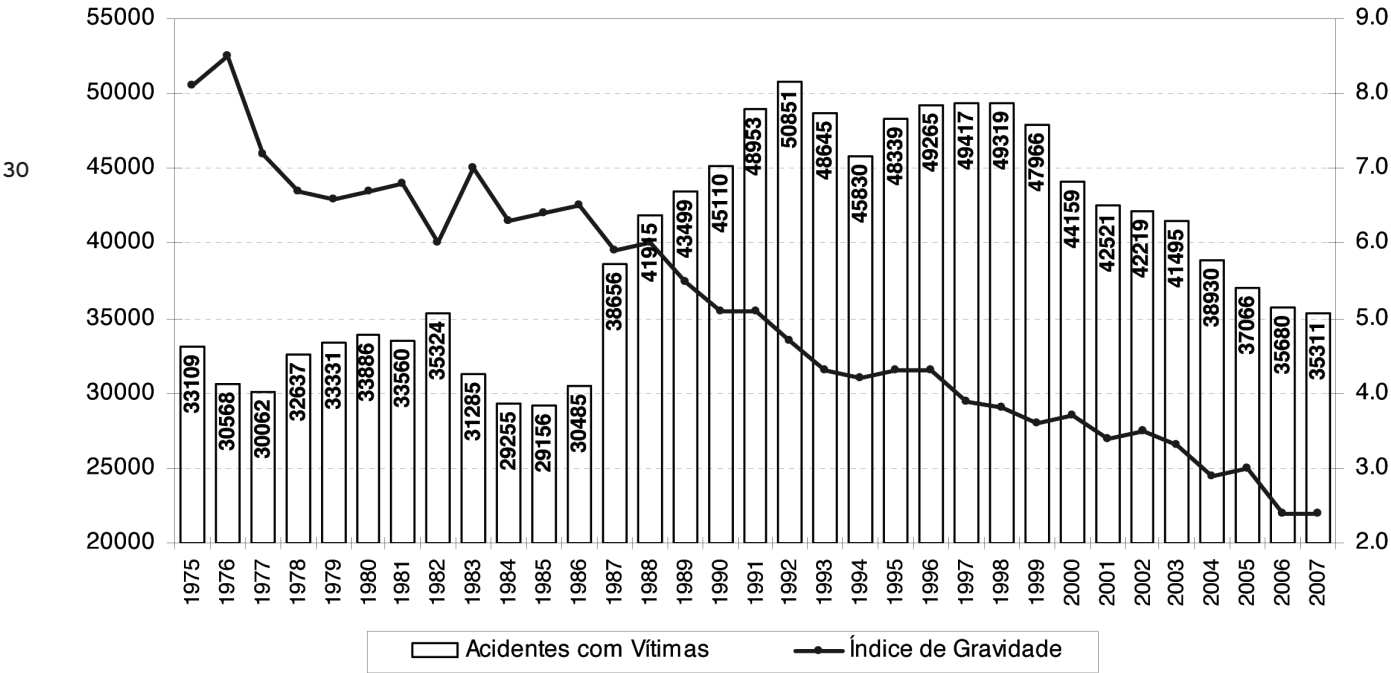


Figura 21 - Evolução dos acidentes com vítimas e índice de gravidade (DGV, 2003; ANSR, 2008)

Um outro dado a ter em conta é a variação do número de acidentes com vítimas, mortos e feridos graves, com o consumo de combustível, pois este é um indicador do volume de tráfego. Essa variação encontra-se ilustrada na Figura 22 para o período entre 1988 e 2007 (ANSR, 2008). Da análise da Figura 22 constata-se que entre 1999 e 2001 houve uma redução acentuada do número

3 Morto ou vítima mortal - Vítima de acidente cujo óbito ocorra no local do acidente ou no seu percurso até à unidade de saúde. Para se obter o número de mortos a 30 dias, aplica-se a este valor o coeficiente de 1,14.
4 Ferido grave - Vítima de acidente cujos danos corporais obriguem a um período de hospitalização superior a 24 horas.
5 Ferido ligeiro - Vítima de acidente que não seja considerada ferido grave.
6 Índice de gravidade - Número de mortos por 100 acidentes com vítimas.

de acidentes com vítimas, mortos e feridos graves, apesar de ter havido um aumento significativo do consumo de combustíveis. A partir de 2001, verifica-se que o consumo de combustíveis tem sofrido algumas oscilações devido aos ciclos económicos, tendo-se mantido a tendência de diminuição em todos os indicadores de sinistralidade.

Em relação à distribuição das vítimas segundo o tipo de utentes, em 2007 do total de vítimas da sinistralidade rodoviária, 27347 eram condutores (58,0%), 13499 passageiros (28,6%) e 6326 peões (13,4%). A Figura 23 mostra, com base nos valores do Quadro 16, a evolução entre 1999 e 2007 do número total de vítimas segundo a categoria de utentes.

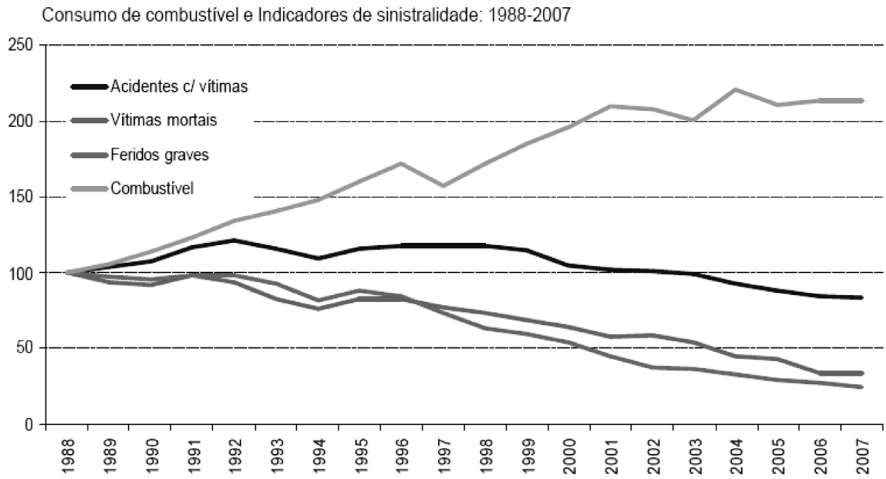


Figura 22 - Consumo de combustível e acidentes com vítimas, mortos e feridos graves (ANSR, 2008)

Quadro 16 - Vítimas segundo a categoria de utente entre 1999 e 2003 (DGV, 2003)

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Condutores	37390	34009	32622	32743	32071	30203	28805	27647	27347
Passageiros	20960	19368	17905	17581	17069	16122	15068	13974	13499
Peões	8727	8176	7983	7730	7474	6819	6470	6366	6326
Total	67077	61553	58510	58054	56614	53144	50343	47987	47172

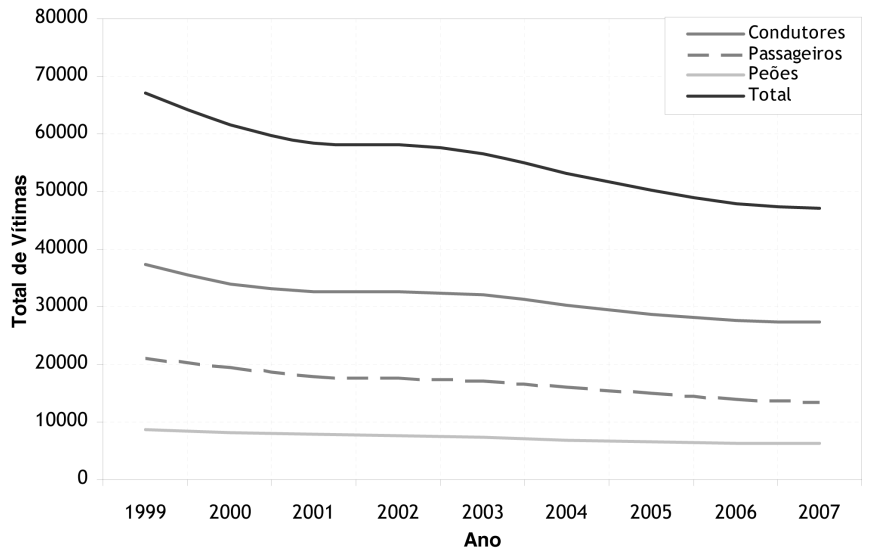


Figura 23 - Número total de vítimas segundo a categoria dos utentes

No que respeita à localização dos acidentes, constata-se que em 2007, 70,4% dos acidentes com vítimas ocorre dentro das localidades e 29,6% fora das mesmas. Porém, quando se analisa o número de mortos em função da localização, verifica-se que apenas resultaram 39,9% de vítimas mortais em acidentes dentro das localidades. No Quadro 17 apresentam-se, em função da localização, os números de acidentes e vítimas registados.

Quadro 17 - Acidentes e vítimas segundo a localização do acidente (DGV, 2003)

	Dentro das Localidades	Fora das Localidades	Total
Acidentes c/ Vítimas	27983	13512	41495
Vítimas Mortais	57 8	778	1356
Feridos Graves	2734	1925	4659
Feridos Ligeiros	32764	17835	50599
Total de Vítimas	36076	20538	56614
Índice de Gravidade	2,1	5,8	3,3

Finalmente importa comparar a sinistralidade rodoviária registada em Portugal com o registado nos outros países europeus pertencentes à União Europeia. Para tal, apresenta-se na Figura 24 uma comparação para os vários países da União Europeia relativa ao ano de 2002, usando como indicador o número de vítimas mortais/100 000hab.

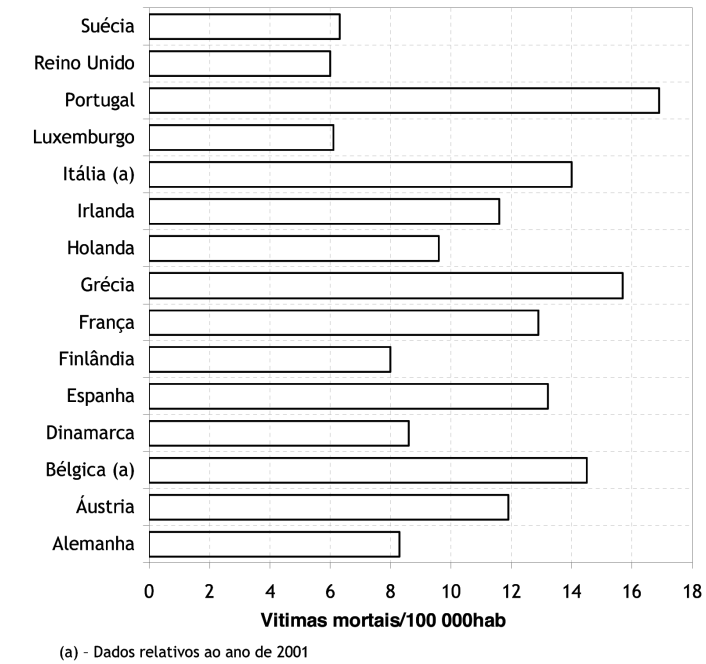


Figura 24 - Número de vítimas mortais por 100 000 habitantes nos países da UE (DGV, 2003)

Constata-se, da análise da Figura 24, que Portugal é o país da União Europeia a 15 que apresenta o valor mais elevado de vítimas mortais por 100 000 habitantes. Importa porém verificar a evolução sofrida a este nível nos países que actualmente compõem a União Europeia. A Figura 25 ilustra a evolução registada em termos de vítimas mortais a 30 dias por milhão de habitantes, nos países que compõem a União Europeia (com excepção da Itália por falta de dados e da Bulgária e Roménia que apenas aderiram em 2007) entre 2001 e 2005.

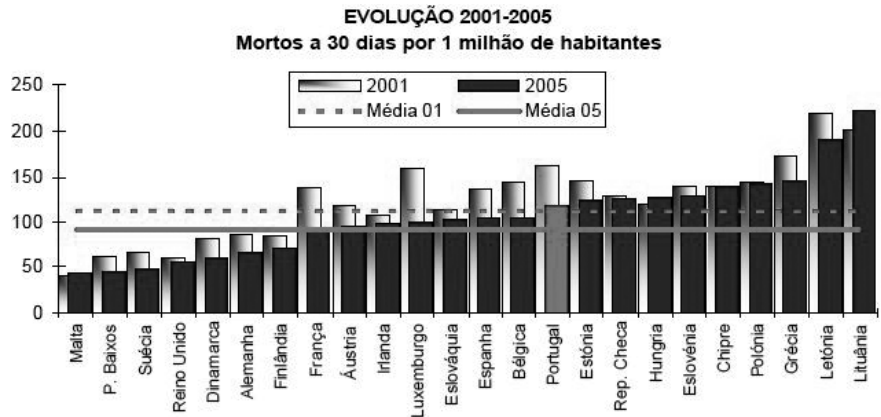


Figura 25 - Evolução do número de vítimas mortais a 30 dias por milhão de habitantes entre 2001 e 2005 nos países da UE (DGV, 2007)

Na análise destes dados há alguns aspectos que são de salientar. Em primeiro lugar a evolução positiva registada no período analisado. No conjunto de países estudados, Portugal passou de 4º país com maior número de vítimas mortais por milhão de habitantes para 10º. Também se registou uma aproximação para a média europeia, apesar de continuar ainda a ser significativamente superior. No entanto quando se analisam os resultados do indicador utilizado apenas considerando os 15 países que compunham a União Europeia em 2002, verifica-se que apenas a Grécia possui piores resultados. Assim, fica mais uma vez justificada a necessidade de se encontrarem soluções urgentes para o problema da sinistralidade rodoviária que Portugal enfrenta.

BIBLIOGRAFIA

- ANSR, 2008 - Ano 2007 Sinistralidade Rodoviária - Autoridade Nacional Segurança Rodoviária, Ministério da Administração Interna
- Austroroads, 1988 - "Guide to Traffic Engineering Practise; Part 13, Pedestrians" - Austroroads, Sydney.
- Babkov, V.F., 1975 - Road Conditions and Traffic Safety - Mir Publisher Moscow
- Carvalho, N.M., 2002 - Planeamento e Traçado de Vias Urbanas - Dissertação de Mestrado em Vias de Comunicação, FEUP
- Couto, A.F., 1996 - As Normas de Projecto da J.A.E. - Análise de Princípios Fundamentais e Comparação com outras Disposições Normativas - O Caso do Traçado em Planta - Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica, Trabalho de Síntese, FEUP
- CROW, 1998 - Recommendations for Traffic Provisions in Built-Up Areas - ASVV, CROW
- DGV, 2003 - Sinistralidade Rodoviária 2003 - Elementos Estatísticos - Direcção Geral de Viação, Ministério da Administração Interna
- DGV, 2007 - Sinistralidade Rodoviária 2006 - Elementos Estatísticos - Direcção Geral de Viação, Ministério da Administração Interna
- EU, 2008 - Energy and Transport in Figures - Statistical Pocketbook 2007 - European Commission Directorate, General for Energy and Transport
- HMSO, 1987, Roads and Traffic in Urban Areas - The Institution of Highways and Transportation with the Department of Transport
- INE, 2000 - Inquérito à Mobilidade da População Residente - Instituto Nacional de Estatística
- INE, 2003 - Estatísticas de Transportes 2002 - Instituto Nacional de Estatística
- INE, 2007 - Estatísticas de Transportes 2006 - Instituto Nacional de Estatística
- JAÉ P3/94, Norma de Traçado - Junta Autónoma de Estradas, 1994
- Marques, J.S., 1994 - Pedões - Contribuição para uma Infra-estrutura Viária Adequada a uma Circulação Segura - Prevenção Rodoviária Portuguesa
- Oliveira, R.G. & Mateus, A.M., 1970 - Técnicas de Engenharia de Tráfego - Prevenção Rodoviária Portuguesa
- PRN, 2000 - Plano Rodoviário Nacional 2000 - Decreto-Lei 222/98 de 17 de Julho de 1998
- TRB, 2000, Highway Capacity Manual - Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.