

MANUAL
DE PLANEAMENTO
DAS ACESSIBILIDADES
E DA GESTÃO VIÁRIA

05

INTERSECÇÕES PRIORITÁRIAS E DE VIRAGEM À DIREITA

Ana Maria Bastos Silva

Professora Auxiliar Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Álvaro Jorge da Maia Seco

Professor Associado da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Joaquim Miguel Gonçalves Macedo

Assistente do Departamento de Engenharia Civil Universidade de Aveiro

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 Henriques 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.

INTERSECÇÕES PRIORITÁRIAS E DE VIRAGEM À DIREITA

1. INTRODUÇÃO	5
1.1 Preâmbulo	5
1.2 Princípios de regulação	5
1.3 Definição de intersecção com prioridade à direita	6
1.4 Definição de intersecção prioritária	6
1.5 Importância do tema	6
2. CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTAIS	7
2.1 Tipos de conflitos	7
2.2 Intersecções com prioridade à direita	9
2.3 Intersecções prioritárias	9
2.3.1 Principais características de funcionamento	9
2.3.2 Tipologias do ponto de vista das vias em interacção	10
2.3.2.1 Intersecções de 4 ramos	10
2.3.2.2 Entroncamento	10
2.3.2.3 Intersecções desalinhas	10
2.3.2.4 Outras soluções	10
2.3.3 Tipologias do ponto de vista da solução geométrica	11
2.3.3.1 Importância da canalização de movimentos na segurança rodoviária	11
2.3.3.2 Soluções sem canalização do tráfego	11
2.3.3.3 Soluções com canalização de tráfego por separadores e ilhéus marcados	12
2.3.3.4 Soluções com canalização de tráfego por separadores fisicamente materializados	12
3. DOMÍNIO DE APLICABILIDADE	13
3.1 As intersecções com prioridade à direita	13
3.2 As intersecções prioritárias	13
3.2.1 Capacidades asseguradas	13
3.2.2 Segurança	14
3.2.3 Integração numa lógica de hierarquização viária	15
4. REGRAS DE CONCEPÇÃO GEOMÉTRICA	15
4.1 Critérios gerais de projecto	15
4.2 Condições de implantação	16
4.3 Formalização da via principal	17
4.3.1 Largura das faixas de rodagem	17

4.3.2 Vias de aceleração e desaceleração	17
4.3.3 Vias de desaceleração para viragem à direita	18
4.3.4 Vias de desaceleração para viragem à esquerda	21
4.3.5 Separadores centrais	22
4.4 A formalização da via secundária	26
4.4.1 Condições gerais de convergência	26
4.4.2 Largura das vias	26
4.4.3 Raios de concordância com a via principal	27
4.4.4 Ilhéu separadora	30
4.4.5 Ilhéus direccionais	32
4.5 Critérios de visibilidade	33
4.6 Sobreelevação	34
4.7 Considerações de apoio ao peão	34
4.8 Soluções integradas	35
5. DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE EM INTERSECÇÕES PRIORITÁRIAS	38
5.1 Princípios gerais	38
5.1.1 Volumes conflitantes	38
5.1.2 Intervalo crítico	40
5.1.3 Intervalo mínimo	40
5.2 Capacidade potencial	41
5.3 Capacidade real	41
5.3.1 Impedância dos veículos	41
5.4 Casos especiais	43
5.4.1 Vias partilhéudas	43
5.4.1.1 Via secundária	43
5.4.1.2 Via principal	44
5.4.2 Atravessamentos em duas fases	44
5.4.3 Efeito do leque	45
6. NÍVEIS DE SERVIÇO EM INTERSECÇÕES PRIORITÁRIAS	46
6.1 Determinação do atraso	46
6.1.1 Movimentos não prioritários	46
6.1.2 Movimento de atravessamento e de viragem à direita a partir da via prioritária	47
6.2 Determinação do comprimento das filas de espera	48
BIBLIOGRAFIA	50
ANEXOS	51

INTERSECÇÕES PRIORITÁRIAS E DE VIRAGEM À DIREITA



1. INTRODUÇÃO

1.1 PREÂMBULO

As intersecções prioritárias e com prioridade à direita, nas suas diferentes formas, são indubitavelmente o tipo de intersecções com maior aplicabilidade em Portugal, estendendo-se quer às zonas urbanas quer inter-urbanas.

A sua forma mais simples, pouco exigente quer em termos geométricos quer em sinalização, permite dispor de soluções economicamente aliciantes que, desde que sujeitas a baixos volumes de tráfego, garantem um razoável desempenho geral. As intersecções simples, com 3 ou 4 ramos afluentes, resultam assim da simples concordância entre as bermas das vias intersectadas, sendo, muitas das vezes, isentos de qualquer marcação horizontal e de sinais de trânsito.

Quando providos de sinalização reguladora, onde são claramente definidos os níveis de prioridade dos diferentes utilizadores, denominam-se de intersecções prioritárias e asseguram habitualmente um maior potencial de desempenho, nomeadamente em termos de segurança e capacidade.

A sua simplicidade justifica a sua grande aplicabilidade no nosso país, em particular, nas zonas urbanas de menor procura, tais como as residenciais ou em zonas rurais com pouca intensidade de tráfego.

Contudo e, em particular, na presença de elevados níveis de procura de tráfego e ou de índices de sinistralidade, a necessidade de condicionar o comportamento dos condutores e, consequentemente, reduzir as áreas de conflito no interior das intersecções, conduziu à procura de formas de canalizar os diferentes movimentos direccionais, separando-os no espaço. Surgem assim outras formas geométricas com ilhéus e separadores centrais que permitem facilitar o entendimento da intersecção e orientar de uma forma clara e intuitiva o condutor sobre a posição de paragem e as trajectórias a adoptar em função do destino pretendido. Este tipo de intersecção, garante já melhores níveis de serviço, e sobretudo, menores índices de sinistralidade, alargando significativamente o domínio de aplicabilidade das intersecções prioritárias.

Interessa, portanto, conhecer regras de apoio à concepção geométrica e modelos de dimensionamento aplicáveis a este tipo de intersecções, de modo a garantir bons níveis de desempenho geral.

1.2 PRINCÍPIOS DE REGULAÇÃO

Em Portugal, numa intersecção sem qualquer sinalização reguladora assume-se que as prioridades relativas entre as diferentes correntes de tráfego são definidas pela lei base em vigor, nomeadamente, pelos art.ºs 29, 30 e 69 do Código da Estrada, e baseiam-se nas seguintes regras e princípios gerais:

- Se dois ou mais veículos atingem a intersecção em simultâneo, o condutor deve ceder a passagem aos que se apresentem pela direita (Regra da “Prioridade à direita”);
- O condutor sobre o qual recaia o dever de ceder a passagem, deve abrandar a marcha, se necessário parar e em caso de intersecção de veículos recuar

por forma a permitir a passagem do condutor prioritário sem alteração da sua velocidade, ou da sua direcção;

· O condutor só pode entrar no cruzamento ou entroncamento, ainda que tenha prioridade, depois de se certificar de que a intensidade do tráfego não o obrigará a imobilizar-se no seu interior.

À semelhança de outros países, este sistema de prioridades gerido pela regra de prioridade à direita está na base de uma série de problemas intrínsecos, particularmente relacionados com a interpretação da regra perante determinadas situações específicas. Face a níveis elevados de tráfego, aumenta significativamente a ocorrência de situações conflituosas onde esta regra se revela incapaz de definir prioridades relativas de entrada na intersecção, gerando-se situações de impasse e, consequentemente, a diminuição do seu desempenho global. Assim e desde que as condições locais, as características geométricas ou os fluxos afluentes o justifiquem, estas regras podem ser sobrepostas pela imposição de um sistema de prioridades, consubstanciado pela implantação de sinais de “STOP” ou de “Cedência de passagem”.

1.3 DEFINIÇÃO DE INTERSECÇÃO COM PRIORIDADE À DIREITA

As intersecções que funcionam com prioridade à direita baseiam-se na aplicação da regra geral definida em 1.2 e que concede a prioridade a um veículo sempre que ele se apresente pela direita relativamente a qualquer outro que aproximadamente ao mesmo tempo se aproxime da intersecção.

São habitualmente intersecções simples, sem qualquer canalização, pinturas ou sinalização vertical.

1.4 DEFINIÇÃO DE INTERSECÇÃO PRIORITÁRIA

Designa-se por intersecção prioritária, uma intersecção de nível, caracterizada pela atribuição, através de sinalização adequada, de diferentes níveis de prioridade aos diferentes movimentos de tráfego envolvidos. Alguns movimentos direccionais são assim obrigados a ceder o direito de passagem a outros movimentos considerados prioritários, através da imposição do sinal de STOP (sinal do tipo B2 do Código da Estrada “paragem obrigatória em intersecções ou entroncamentos”) ou do sinal de “cedência de passagem” (sinal do tipo B1 do código da Estrada).

Nas suas formas mais vulgares, encontram-se as intersecções em X, caracterizados pela intersecção de duas vias, onde dois dos ramos (referentes à via secundária) perdem a prioridade em relação à via prioritária e os entroncamentos (intersecções em T), onde, em geral, o ramo com continuidade tem prioridade sobre o ramo interrompido.

1.5 A IMPORTÂNCIA DO TEMA

As intersecções prioritárias e reguladas pela regra de prioridade à direita, constituem as formas de regulação mais usuais no nosso país, em particular na sua forma geométrica mais simples. Contudo a procura de tráfego e a exigência de maiores condições de segurança, indispensáveis à rede nacional, conduzem à necessidade de concepções mais elaboradas e adaptadas às características da procura e das condições locais.

A JAE editou em 1990 a “Norma de Intersecções” que permitiu uniformizar os critérios de projecto e assim contribuir para a adopção de soluções mais padronizadas que assegurem boas condições de circulação, de segurança e de comodidade. Contudo as recomendações técnicas orientam-se, em particular, para as zonas inter-urbanas, onde as condicionantes locais são pouco restritivas, pelo que habitualmente apontam para regras de concepção extre-

mamente exigentes quando reportadas para zona urbana, para além de que não contemplam soluções facilitadas para peões.

Este documento procura enumerar critérios de aplicabilidade e orientações para o projecto geométrico de intersecções em função das características locais. Apresentam-se os diferentes tipos de intersecções prioritárias e de prioridade à direita existentes e o domínio de aplicabilidade privilegiado de cada um. São enumeradas regras de apoio à concepção geométrica, em função do meio de convergência e das características da procura e é apresentado um modelo para estimação das capacidades e níveis de serviço assegurados por cada solução.

2. CARACTERÍSTICAS FUNDAMENTAIS

2.1 TIPO DE CONFLITOS

Numa intersecção prioritária existem quatro tipos básicos de conflitos rodoviários, designadamente, divergência, convergência, atravessamento e entre-cruzamento.

Sempre que, pelo menos, duas vias se intersectam, são criadas situações particulares de funcionamento que justificam diferentes tipos de manobras, dependendo o número e tipo de pontos de conflito de múltiplos factores, designadamente:

- Número de vias intersectadas;
- Número de vias em cada ramo afluente;
- (In)existência de canalização de movimentos;
- Sentidos de trânsito contemplados.

Uma intersecção normal em X caracteriza-se pela geração de 32 pontos de conflito (Figura 1), incluindo pontos de convergência, divergência e intersecção, sendo drasticamente reduzidos para 9, na presença de um entroncamento. Aumentando o número de vias por sentido e/ou o número de ramos aquele número cresce exponencialmente. Por exemplo, no caso de uma intersecção com 5 ramos de sentido duplo com 2 vias por sentido, o número de pontos de conflito, considerando apenas os resultantes das manobras de intersecção, cresce para 50.

Divergência

A manobra de divergência (Figura 2) é considerada simples e de pequena perigosidade e é caracterizada pela separação de uma corrente de tráfego em duas ou mais que o condutor pode optar.

O acidente mais comum na execução deste tipo de manobra envolve habitualmente embates frente-traseira, durante o período de desaceleração dos veículos que pretendem mudar de direcção.

Outra situação onde este tipo de manobra pode ter uma importância e grau de perigosidade acrescida é a que ocorre nas viragens à esquerda a partir da via principal, quando os veículos sejam, com frequência, obrigados a esperar imobilizados junto ao eixo da via, por uma oportunidade de viragem. Este tipo de perturbação, no caso de intersecções prioritárias, poderá ser consideravelmente atenuada pela implantação de vias de desaceleração que permitam ao veículo que muda de direcção, desacelerar e travar depois de abandonar a corrente principal. Estas vias de desaceleração, tanto poderão ser aplicáveis aos movimentos de saída na mão para viragem à direita a partir da via principal como dirigidas aos movimentos de viragem à esquerda a partir da via prin-

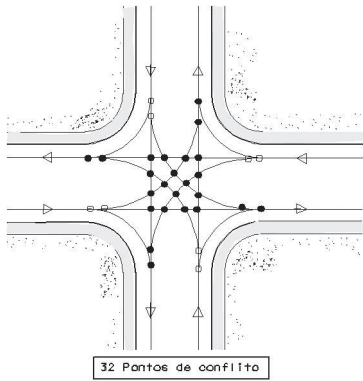


Figura 1 - Pontos de conflito numa intersecção em X

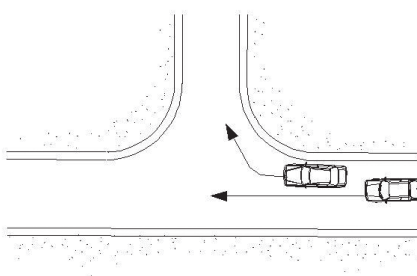


Figura 2 - Manobra de divergência

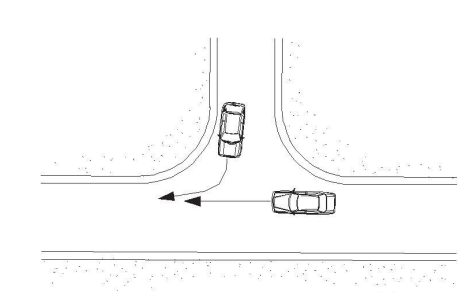


Figura 3 - Manobra de convergência

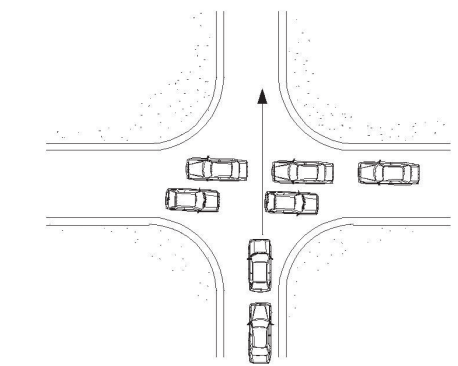


Figura 4 - Manobra de atravessamento

cial, através da implantação de vias segregadas de desaceleração, paragem e sotckagem.

Convergência

A manobra de convergência (Figura 3) é igualmente simples mas está associada a um grau de perigosidade normalmente superior à manobra de divergência.

Todo o condutor que pretenda inserir-se numa determinada corrente prioritária, deve avaliar os intervalos de tempo disponibilizados entre os veículos prioritários e seleccionar um intervalo que lhe pareça aceitável para que a inserção possa ser efectuada em segurança.

Os acidentes, quando ocorrem, são do tipo frente-lateral ou lateral-lateral, sendo que a perigosidade do embate depende fortemente do ângulo de convergência e da velocidade a que circulam os veículos envolvidos.

Deve assim o ordenamento geométrico e, em particular, a canalização dos movimentos procurar criar inserções com o menor ângulo possível.

A adopção de vias de aceleração, associadas às intersecções prioritárias, possibilitam ao condutor não prioritário acelerar e inserir-se na corrente prioritária a velocidades próximas das praticadas na via prioritária, minimizando a probabilidade de embate e permitindo ao condutor aceitar menores intervalos entre os veículos disponibilizados pela corrente prioritária, o que em termos globais se traduz num aumento de segurança e de capacidade do movimento.

Atravessamento

O atravessamento, ou o movimento de “*ida em frente*” a partir da via secundária (Figura 4), é uma manobra característica das intersecções em “X” e corresponde à manobra mais perigosa, sendo o embate mais comum do tipo frente-lateral habitualmente com ângulos próximos dos 90°.

Tal como na manobra de convergência, também no atravessamento o condutor deve avaliar os intervalos de tempo disponibilizados pelas correntes principais e avançar quando considerar que o pode fazer em segurança. Contudo, o atravessamento conflitua com as várias correntes de tráfego que pretende atravessar pelo que o condutor terá de compatibilizar os intervalos disponibilizados por essas correntes, sendo a perigosidade da manobra tanto mais quando mais vias tiver de atravessar.

Em intersecções prioritárias, facilitar a manobra de atravessamento passa sobretudo pela criação de separadores centrais na via prioritária, com dimensões adequadas, que permitam ao veículo não prioritário efectuar o atravessamento por fases. Se o fluxo de atravessamento for significativo, bem como o número de vias a atravessar, as demoras podem tornar-se longas, devendo nestes casos, por razões de segurança e capacidade avaliar-se a adopção de soluções alternativas.

Entrecruzamento

A manobra de entrecruzamento (Figura 5) é típica dos nós de ligação, nomeadamente em trevo e terminal, habitualmente composta pela conjugação de manobras de convergência e de divergência.

Os embates resultantes deste tipo de manobra são normalmente lateral-lateral, dependendo a sua perigosidade das velocidades praticadas por ambas as correntes de tráfego jogando aqui os níveis de visibilidade um papel fundamental. O desempenho deste tipo de intersecção depende ainda do comprimento disponibilizado pela via onde o tráfego se reúne e divide, já que à medida que este comprimento aumenta, aumenta simultaneamente a separação física entre os pontos de conflito resultantes das manobras de convergência e de divergência.

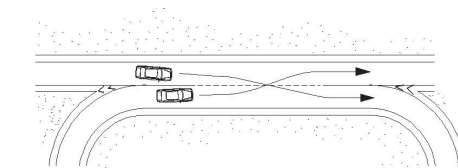


Figura 5 - Manobra de entrecruzamento

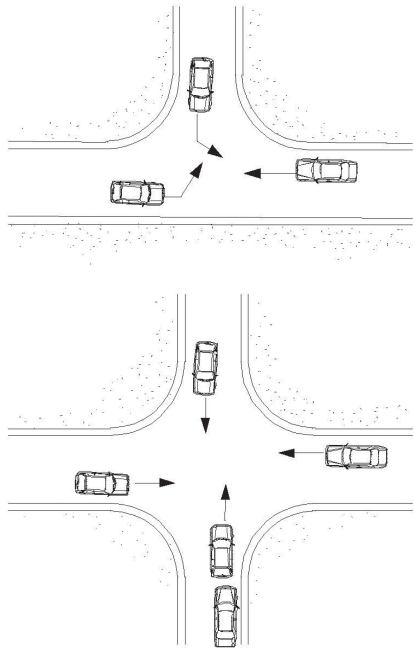


Figura 6 - Situações de “Impasse” em intersecções em T e em X

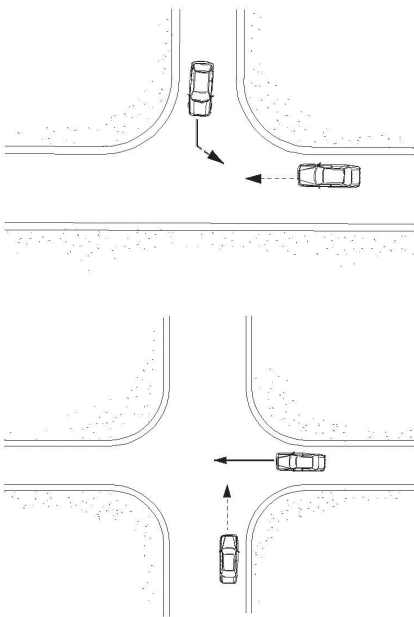


Figura 7 - Situações que contrariam as expectativas do condutor

2.2 INTERSECÇÕES COM PRIORIDADE À DIREITA

A regra geral de prioridade à direita aplicável às intersecções desprovidas de sinalização reguladora, tal como foi dito atrás, baseia-se no princípio de que se dois condutores se aproximam em simultâneo a um intersecção ou entroncamento, tem prioridade de passagem aquele que se apresenta pela direita.

O desempenho geral deste tipo de intersecções depende claramente dos níveis e características da procura, sendo habitual atribuir-lhes algumas deficiências de funcionamento relacionadas, nomeadamente, com a sua incapacidade de resolver todo o tipo de conflitos gerados na intersecção e dificuldades de interpretação perante situações específicas, justificadas por, em certos casos, esta regra contrariar as naturais expectativas do condutor (Seco, 1991).

A Figura 6 representa dois exemplos de situações usuais de impasse, onde nenhum veículo tem prioridade de passagem e cuja resolução passa pela adopção de comportamentos “cordiais”, sendo que um dos condutores terá de tomar a iniciativa de avançar, adoptando-se a partir daí o princípio de prioridade à direita.

Noutras situações é a geometria da intersecção ou a importância assumida pelos diferentes fluxos direccionais, que incute no condutor a sensação de prioridade de passagem. A Figura 7 apresenta duas situações onde num caso, a continuidade do trajecto num entroncamento e, no outro, a largura do perfil transversal da via, poderão levar à errada assunção de prioridade por parte dos utilizadores dessas vias.

A necessidade de definir um conjunto de regras coerentes e capazes de responder a todas as situações possíveis de ocorrer na prática, leva frequentemente ao abandono deste tipo de regulação, impondo em alternativa diferentes níveis de prioridade mediante a colocação de sinais de trânsito.

2.3 INTERSECÇÕES PRIORITÁRIAS

2.3.1 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMENTO

A intersecção prioritária é certamente o tipo de intersecção com maior aplicabilidade ao nível das redes urbana e rural portuguesa. O tráfego da via secundária é sujeito a perda de prioridade, pelo que, este tipo de regulação permite beneficiar os movimentos de atravessamento ao longo da via prioritária, sem os sujeitar a qualquer demora.

Contudo, a concepção geométrica a adoptar não deverá incitar à prática de elevadas velocidades, em particular, nos movimentos prioritários. Com efeito, este tipo de comportamento, para além das repercussões que tem ao nível da sinistralidade, aumentando o número e gravidade dos acidentes, resulta numa diminuição da capacidade da intersecção na medida em que dificulta a convergência e atravessamento dos veículos não prioritários na corrente prioritária.

Os níveis de serviço assegurados por cada movimento direccionais, dependem das interacções entre os veículos nas imediações da barra de paragem, sendo que todo o condutor não prioritário, procura avaliar os intervalos de tempo disponibilizados entre os veículos prioritários, rejeitando todos aqueles que lhe parecem ser inferiores ao aceitável (intervalo crítico). A modelação deste tipo de comportamento depende de um vasto conjunto de variáveis, muitas delas difíceis de contabilizar com exactidão, tais como o comportamento inconsistente de cada condutor.

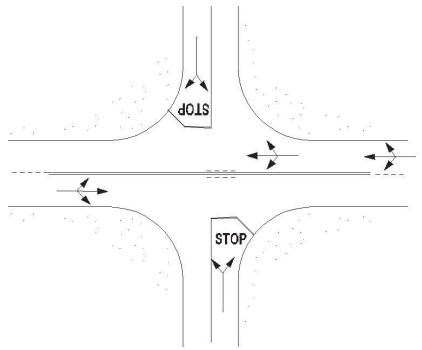


Figura 8 - Intersecção em X

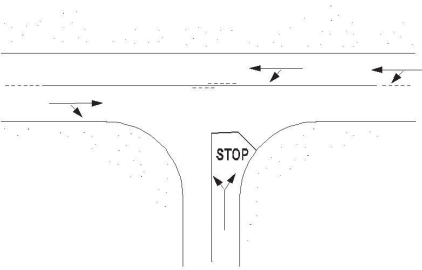


Figura 9 - Entroncamento

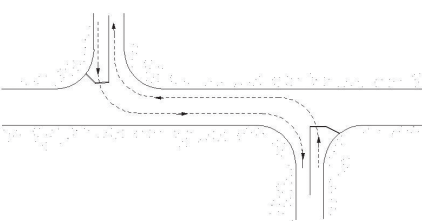


Figura 10 - Intersecção Desalinhada

2.3.2 TIPOLOGIAS DO PONTO DE VISTA DAS VIAS EM INTERACÇÃO

2.3.2.1 Intersecção de 4 ramos

Esta intersecção resulta do cruzamento de nível entre dois ramos que formam entre si um determinado ângulo. (ver figura 8) De forma a assegurar bons níveis de visibilidade e a simplicidade geométrica da intersecção, deve procurar-se garantir a intersecção das vias segundo um ângulo próximo dos 90º.

Atendendo a que todo o veículo não prioritário deve aguardar pela disponibilização de intervalos inter-veiculares satisfatórios na corrente prioritária, por razões de fluidez e segurança, este tipo de intersecção apenas se adequa a intersecções com baixos fluxos de procura de tráfego nas vias secundárias.

2.3.2.2 Entroncamento

Trata-se de uma intersecção com 3 ramos afluentes que se adequa particularmente bem sempre que o ramo sem continuidade, possa ser considerado secundário em relação ao ramo que é interrompido (ver figura 9). Por vezes este tipo de intersecção é também designado de intersecção em T.

À semelhança do descrito para as intersecções em X, também neste tipo de intersecção interessa garantir que as directrizes das estradas se intersectem sob ângulos próximos dos 90º, assegurando-se as indispensáveis condições de visibilidade e consequentemente melhores níveis de segurança.

2.3.2.3 Intersecções desalinhadas

Consistem habitualmente na conjugação de duas intersecções em T localizadas em sentidos opostos e separados entre si por um curto troço de via (ver Figura 10). Resultam frequentemente da intersecção entre dois ramos com alinhamentos sensivelmente paralelos, ou quando a ocupação marginal das vias não permite a criação de um intersecção em X.

Algumas referências bibliográficas, consideram mesmo este tipo de intersecção vantajoso do ponto de vista da segurança, em relação à intersecção em X, na medida em que permite diminuir e distribuir os pontos de conflito. Com efeito, uma intersecção em X caracteriza-se pela geração de 32 pontos de conflito, enquanto que uma intersecção desalinhada reduz esse valor para 9 por intersecção, totalizando portanto 18 pontos de conflito incluindo pontos de convergência e divergência.

2.3.2.4 Outras Soluções

Englobam-se aqui soluções menos vulgares, nomeadamente intersecções com mais de 4 ramos. Pela sua complexidade geométrica, particularmente agravada pela criação de vias segregadas de viragem afectas a determinados movimentos, resultam habitualmente em soluções pouco legíveis e consequentemente difíceis de entender pelo condutor não habitual. Tipicamente este tipo de intersecções dispõe de uma grande área central pavimentada pelo que a sua legibilidade depende incontestavelmente da adopção de sinalização direccional específica e de marcas rodoviárias de orientação.

Preferencialmente a sua concepção deve centrar-se na sua simplificação geométrica, nomeadamente pelo realinhamento de alguns dos ramos afluentes, para que tanto quanto possível e, em função da importância relativa das vias intersectadas, se obtenham geometrias simples (Figura 11).

Em alternativa será ainda de avaliar perante as condições locais, a adopção de soluções alternativas que permitam acomodar os diferentes movimentos direccionais, sem acréscimo de complexidade, nem alterações ao modo de funcionamento, como é o caso das praças e rotundas.

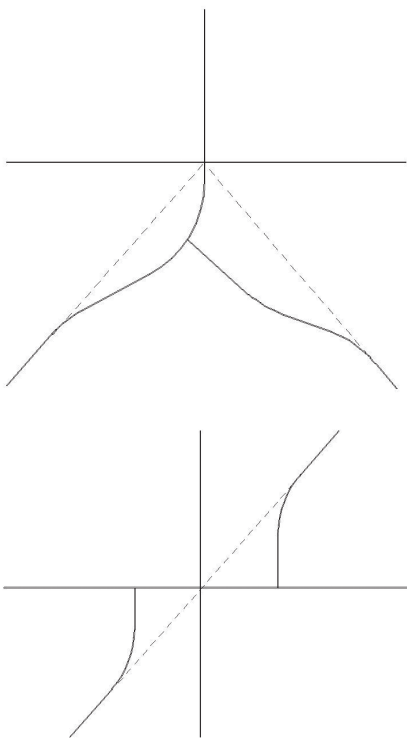


Figura 11 - Transformação de geometrias complexas em X

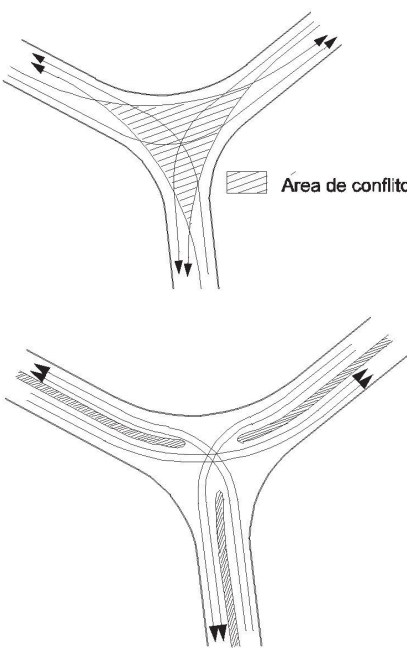


Figura 12 - Minimização das Áreas de Conflito - Canalização dos Movimentos

2.3.3 TIPOLOGIAS DO PONTO DE VISTA DA SOLUÇÃO GEOMÉTRICA

2.3.3.1 Importância da Canalização de Movimentos na Segurança Rodoviária

Se as condições de operacionalidade, garantia de níveis de capacidade e a minimização das demoras em intersecções assumem um papel fundamental no dimensionamento de uma intersecção, as considerações sobre a segurança devem ser encaradas como primordiais.

A garantia das condições de segurança obtém-se devido a (Austroads, 1988):

- Redução do número de pontos de conflito;
- Minimização da área de conflito;
- Separação física e temporal dos pontos de conflito;
- Moderação das velocidades;
- Definição de trajectórias adequadas a serem adoptadas pelos condutores.

A redução do número de pontos de conflito passa normalmente por procurar proibir alguns movimentos direccionais, canalizando-os, nomeadamente para outras intersecções através de arruamentos marginais.

A separação dos pontos de conflito no tempo, apenas pode ser conseguida recorrendo a sistemas semaforizados que atribuam diferentes autorizações de passagem aos movimentos que conflituam entre si. Já a separação dos pontos de conflito no espaço pode ser conseguida pela simples canalização dos movimentos.

Com efeito uma intersecção sem qualquer canalização disponibiliza normalmente no seu interior uma grande área de conflito, balizada pela delimitação das bermas. Em geral, a criação de áreas pavimentadas alargadas, proporcionam a prática de manobras perigosas e imprevisíveis, pelo que devem ser eliminadas. A canalização dos movimentos através da criação de separadores centrais e ilhéus direccionais permite assim condicionar o comportamento do condutor ao minimizar as áreas de conflito, facultando-lhe orientações sobre o encaminhamento a tomar.

Segundo a norma portuguesa (JAE P5/90) os objectivos da canalização, os quais resultaram da análise das condições operacionais que se verificam nas intersecções e das necessidades funcionais do seu traçado, são as seguintes:

- Desencorajar ou proibir os movimentos indesejáveis ou errados;
- Definir claramente as trajectórias que os veículos devem seguir;
- Encorajar as velocidades convenientes;
- Separar no espaço os pontos de conflito tanto quanto possível;
- Assegurar que o cruzamento das correntes de tráfego se efectue de uma forma aproximadamente ortogonal e as convergências segundo ângulos muito agudos;
- Facilitar o movimento das correntes de tráfego prioritárias;
- Assegurar a desaceleração e a paragem dos veículos fora das vias utilizadas pelo tráfego directo, que geralmente circula a velocidade elevada.

A materialização física dos separadores centrais e dos ilhéus separadores, ajuda ainda a tornar a intersecção visualmente mais notória, incutindo no condutor uma necessidade de reduzir a sua velocidade de circulação e impedindo a prática de ultrapassagens.

2.3.3.2 Soluções sem Canalização do Tráfego

Consistem em soluções simples e que correspondem a intersecções entre duas estradas com duas vias (uma em cada sentido), sem canalização dos movimentos, ou seja, onde não existe qualquer separador nem ilhéu marcados ou fisicamente materializados. Em termos geométricos são soluções idênticas às

das intersecções com prioridade à direita, resultando apenas da concordância entre as bermas das estradas intersectadas.

Pelas condições de circulação que lhe estão associadas, apenas devem ser adoptadas em confluências associadas a pequenos fluxos de circulação, nomeadamente em zonas residenciais ou rurais onde o TMDA da via secundária seja inferior a 300 veículos nos dois sentidos de circulação para intersecções novas, ou 500 veículos em intersecções existentes.

2.3.3.3 Soluções com Canalização de Tráfego por Separadores e Ilhéus Marcados no Pavimento

São soluções onde a canalização do tráfego é assegurada quer ao nível da via prioritária quer da secundária através de ilhéus simplesmente marcados no pavimento. Esta marcação é normalmente obtida por intermédio de pinturas, podendo, no entanto, também ser conseguida com recurso a outros materiais, tais como, pedra, betão ou materiais conglomerantes.

É assim garantida a paragem e armazenamento dos veículos que pretendam virar à esquerda, numa via segregada, sem perturbações na corrente principal de atravessamento. Os separadores permitem ainda aumentar a segurança e capacidade dos movimentos não prioritários de atravessamento e viragem à esquerda, ao assegurarem a execução destas manobras em duas fases.

Como os ilhéus não constituem elementos físicos intransponíveis, as características geométricas são habitualmente menos exigentes, assumindo-se que, em caso de avaria de um veículo, o bloqueio geral da intersecção é evitado pela transposição das marcações.

A ilhéu separadora existente nos ramos da estrada secundária é também apenas marcada. Porém em determinadas situações, principalmente no caso de se tratar de áreas urbanas com elevado número de atravessamentos pedonais, é aconselhável a materialização dessa ilhéu, garantindo-se, deste modo, um refúgio para os peões e o seu atravessamento em duas fases.

São soluções pouco notórias, pelo que tendem a apresentar maiores índices de sinistralidade do que as soluções com ilhéus e separadores materializados.

2.3.3.4 Soluções com Canalização de Tráfego por Separadores Fisicamente Materializados

Nestas soluções a canalização do tráfego é assegurada mediante separadores e ilhéus fisicamente materializados por lancil, o que os torna em condições normais de funcionamento, intransponíveis (ver Figura 13).

Permitem incutir no condutor a necessidade de redução da velocidade, ao mesmo tempo que impede as ultrapassagens indesejáveis no troço de atravessamento da intersecção. São portanto entre o conjunto de soluções possíveis as que apresentam menores índices de sinistralidade.

Exigem contudo maior espaço de ocupação e maior custo de construção, pelo que apenas se justifica a sua adopção quando os níveis de procura ou de segurança o exigem. É a solução adequada sempre que os volumes de tráfego sejam elevados mas compatíveis com este tipo de regulação, em particular, no que respeita os movimentos de viragem à esquerda a partir da via prioritária.

Na sua configuração mais complexa podem apresentar vias de aceleração para viragem à direita a partir da estrada secundária e de desaceleração para viragem à esquerda a partir da estrada principal.

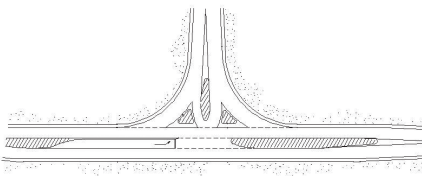


Figura 13 - Intersecção com canalização - ilhéus fisicamente materializados

3. DOMÍNIO DE APLICABILIDADE

3.1 AS INTERSECÇÕES COM PRIORIDADE À DIREITA

Do que foi dito, resulta que as intersecções regidas pela regra de prioridade à direita são soluções caracterizadas por um funcionamento complexo e por níveis de desempenho bastante limitados quer em termos de capacidade real quer de segurança, pelo que numa lógica de aplicação integrada, a sua implantação deve ser limitada a locais onde a procura de tráfego seja reduzida.

Adequam-se assim em intersecções entre vias de acesso local, particularmente em zonas residenciais onde as velocidades praticadas são reduzidas e os níveis de procura pouco significativos. Em zonas rurais, onde as vias intersectadas não evidenciem a existência de uma clara dominância de fluxos, este tipo de intersecção poderá igualmente garantir bons níveis de serviço, com recurso a reduzidos custos de investimento.

3.2 AS INTERSECÇÕES PRIORITÁRIAS

3.2.1 CAPACIDADES ASSEGURADAS

Pelo seu modo de funcionamento este tipo de intersecção apresenta capacidades reduzidas quando comparado com outro tipo de regulação, nomeadamente com as rotundas e com os sistemas semaforizados, pelo que em função dos níveis e características da procura de tráfego a sua substituição por outro tipo de regulação poderá tornar-se indispensável.

A Figura 14 sugere domínios de aplicação para os diferentes tipos de intersecção em função dos volumes de tráfego na corrente prioritária e na secundária. Da sua análise pode-se concluir que as intersecções prioritárias são as que asseguram menores níveis de capacidade, sendo que para volumes de tráfego da via prioritária semelhantes aos registados na via secundária, no máximo tendem a garantir capacidades na ordem dos 8000 veículos por dia, no conjunto dos dois sentidos de trânsito.

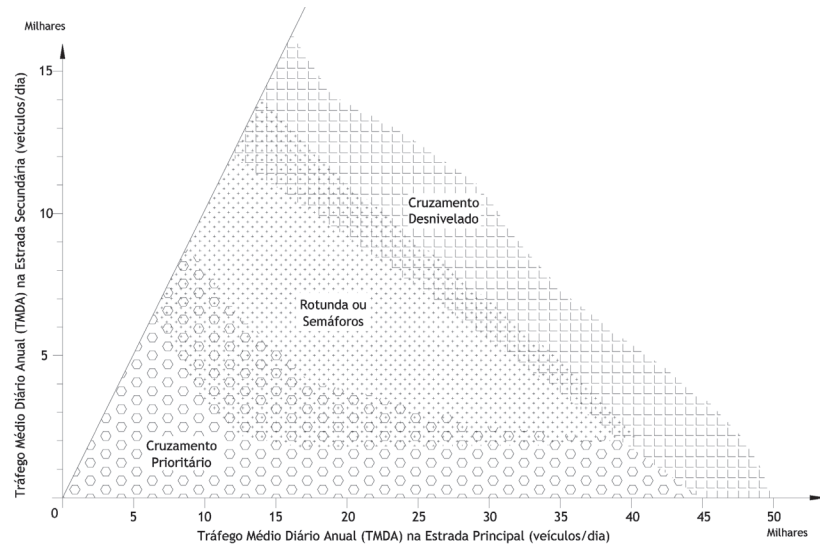


Figura 14 - Domínio de aplicabilidade dos diferentes tipos de intersecções (HMSO, 1987)

Essa oferta de capacidade tende naturalmente a variar em função da tipologia da intersecção, nomeadamente com a adopção ou não de canalização de movimentos.

A Figura 15 define os domínios de aplicação de cada tipo de solução em função dos volumes de tráfego na estrada secundária e prioritária, resultantes de uma análise ponderada das demoras geométricas, do tempo de espera e dos fluxos direccionais, para as condições de circulação inglesas.

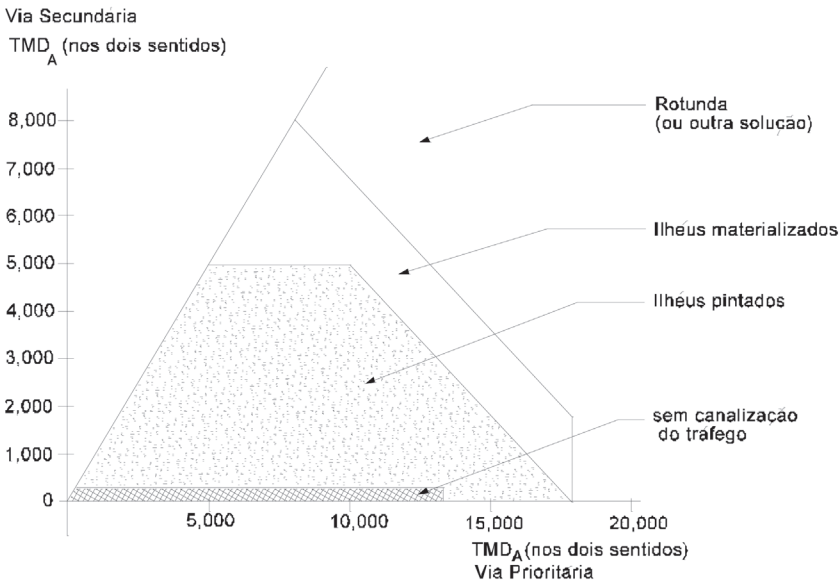


Figura 15 - Aplicabilidade das Intersecções Prioritárias (TD 42/95)

De acordo com O’Flaherty (1997), a aplicação das diferentes soluções de intersecções prioritárias deve ser efectuada das seguintes condições:

- Solução sem canalização - a sua utilização é apropriada à maioria das intersecções de pouca importância, nomeadamente em zonas urbanas e rurais. As vias intersectadas devem ter um perfil transversal com duas vias, uma para cada sentido de circulação, e o volume de tráfego para os dois sentidos da estrada secundária deve ser inferior a 300 veículos por dia em cruzamentos novos e inferior a 500 veículos por dia em cruzamentos existentes;
- Soluções com canalização marcada - tendem a ser utilizadas em situações onde o número de viragens à esquerda a partir da estrada principal possa gerar problemas de sinistralidade e/ou quando o TMDA, para o conjunto dos dois sentidos, na estrada secundária excede os 500 veículos por dia;
- Soluções com canalização materializada - são utilizadas particularmente em zonas rurais, onde os volumes de tráfego são superiores ao caso anterior, mas sem ultrapassar os 5000 veículos por dia.

3.2.2 SEGURANÇA

Estudos estatísticos levados a cabo em Inglaterra revelam que 51% dos acidentes ocorrem em intersecções integradas na rede viária urbana e destes mais de metade incidem em intersecções prioritárias. Dos 9% dos acidentes que ocorrem em intersecções rurais, quase 50% são em intersecções prioritárias.

Para os mesmos fluxos afluentes, as intersecções prioritárias, apresentam habitualmente maiores índices de sinistralidade e maior gravidade dos acidentes que os outros tipos de intersecções, estando estes particularmente relacionados com as manobras de atravessamento e viragens à esquerda e as elevadas velocidades praticadas nas vias prioritárias.

A canalização dos movimentos através da implantação de ilhéus direccionais e separadores que minimizem a área ou as características dos conflitos e desincentivem a ultrapassagem durante a zona de atravessamento das intersecções tem-se revelado eficaz, constatando-se que intersecções com canalização de movimentos potenciam a diminuição do índice de sinistralidade na ordem dos 50%.

A substituição de intersecções em X por intersecções desalinhadas, apresenta igualmente benefícios ao nível da segurança, com reduções dos acidentes em 60%.

A iluminação pública tem-se revelado determinante na segurança nocturna, enfatizando a presença da intersecção ao tornar notória a presença de ilhéus e de outro tipo de descontinuidades, sendo habitual encontrar referências onde se assumem reduções dos índices de sinistralidade nocturna em 75%, quando prevista iluminação pública nas intersecções.

3.2.3 INTEGRAÇÃO NUMA LÓGICA DE HIERARQUIZAÇÃO VIÁRIA

As intersecções prioritárias apresentam um domínio de aplicabilidade bastante vasto, abrangendo quer as zonas urbanas quer as inter-urbanas. Contudo, a variabilidade de soluções disponíveis e as características previsíveis da procura ao longo da vida útil da solução, resultam em condições de funcionamento e, por sua vez, em domínios de aplicabilidade bastante diversificados.

Para além destes aspectos, a adequação de cada opção prende-se ainda com a sua integração na lógica de funcionamento global pretendida para a rede viária envolvente, procurando-se nomeadamente garantir uma homogeneidade de tipologias ao longo de um determinado eixo viário.

As intersecções prioritárias nas suas diferentes formas asseguram um largo domínio de aplicação. De uma forma isolada devem ser preferencialmente associadas a vias de acesso local e distribuidoras locais. A sua aplicação em vias distribuidoras principais e vias colectoras é igualmente admissível, nomeadamente como intersecções com entradas e saídas na mão, utilizadas de uma forma isolada ou associadas a nós desnivelados.

4. REGRAS DE CONCEPÇÃO GEOMÉTRICA

Neste capítulo definem-se algumas regras de apoio à concepção geométrica de intersecções com prioridade à direita e intersecções prioritárias.

Embora e como já referido, exista um conjunto bastante variado de tipologias, há no entanto um conjunto de princípios de projecto e de regras genéricas que são aplicáveis a todas elas, havendo apenas que ter em consideração que a sua lógica de aplicação integrada deverá ser diferente.

4.1 CRITÉRIOS GERAIS DE PROJECTO

Qualquer que seja a concepção geométrica adoptada, ela deverá ser capaz de assegurar uma circulação fluída, confortável e segura. É assim determinante adoptar soluções adaptadas às condições locais e às características da procura de tráfego, sem contudo criar soluções pouco vulgares e de difícil legibilidade.

Importa assim dispor de regras de apoio ao dimensionamento de intersecções, que estipulem critérios uniformes de projecto e resultem em soluções simples, tanto quanto possível padronizadas e consequentemente fáceis de entender pelo condutor.

Em termos genéricos uma boa concepção geométrica deve respeitar os seguintes critérios gerais:

- Não impor atrasos às correntes principais, sem contudo incitar à prática de elevadas velocidades de circulação;
- Devem ser o mais padronizável possível, melhorando a legibilidade e fácil compreensão por parte do condutor, mesmo que menos habitual. Deve contudo ser sempre respeitada a lógica de conjunto e avaliada a sua integração na rede viária envolvente;
- A prioridade deve ser dada à corrente com maior volume de tráfego. A geometria da intersecção deve “sugerir” de uma forma clara, natural e concordante com as expectativas do condutor quais as vias que perdem o

- direito de passagem. Assume aqui particular relevância assegurar que os ângulos de intersecção entre as directrizes se aproximem dos 90°;
- A solução deve ser o mais flexível possível, readaptando-se com intervenções pouco profundas a novas condições locais ou a variações da procura;
- A adopção de intersecções prioritárias com mais de 4 ramos deve ser evitada, pois a solução resultante será sempre complexa e de difícil compreensão pelos condutores;
- A necessidade de espaço para a operacionalidade dos veículos pesados deve ser assegurada, sempre que a sua presença seja significativa.

4.2 CONDIÇÕES DE IMPLANTAÇÃO

À semelhança de qualquer outro tipo de intersecções, as intersecções prioritárias não devem ser implantadas em curvas de raio reduzido. Contudo e sempre que tal se assuma como indispensável a implantação deve limitar-se a entroncamentos localizados no extradorso da curva, garantindo desta forma que os veículos não prioritários disponham de boas condições de visibilidade, sobre a aproximação de eventuais veículos na corrente prioritária.

É ainda detreminante que a concepção geométrica adoptada, seja simples, tanto quanto possível padronizada e concordante com as expectativas dos condutores, assumindo aqui a legibilidade da intersecção um papel fundamental. A experiência nacional e internacional, tem demonstrado que a intersecção das vias deve ser efectuada, tanto quanto possível, na perpendicular, tomando particular importância que a via secundária seja aquela que termina e que essa sensação de descontinuidade do itinerário seja atempadamente transmitida ao condutor de uma forma clara e inequívoca. Sempre que condicionantes locais inviabilizem este tipo de ordenamento, devem ser analisadas soluções alternativas, em particular, a implementação de sistemas semaforizados.

Em termos longitudinais, a localização ideal das intersecções de nível, encontra-se nos patamares ou em trainéis de fraco declive, recomendando-se frequentemente inclinações máximas de 2% nos troços de aproximação com um desenvolvimento mínimo de 15,0m (TD 42/95). Conseguem-se assim melhores desempenhos da intersecção, quer ao nível da segurança quer da capacidade. Trainéis ascendentes de acentuadas inclinações relacionam-se com deficientes condições de visibilidade e maiores dificuldades no arranque resultando na aceitação de maiores intervalos entre os veículos prioritários e, consequentemente, numa redução da capacidade. Por sua vez, a implantação de intersecções na sequência de longos trainéis descendentes caracterizam-se por maiores dificuldades de travagem atempada dos veículos, induzindo frequentemente a um maior grau de recusa de cedência de prioridade por parte dos veículos não prioritários ou ainda na adopção de velocidades superiores às desejáveis por parte dos veículos prioritários.

Em vias novas com uma via em cada sentido e onde as oportunidades de ultrapassagem sejam limitadas, deve procurar-se inserir as intersecções de nível em troços onde a ultrapassagem já seja proibida por razões de traçado.

Em vias existentes e sempre que a introdução de uma nova intersecção coincida com troços onde a ultrapassagem é permitida, a longa espera dos condutores por oportunidades de ultrapassagem poderá induzi-los a aproveitarem pequenos troços de boa visibilidade e a galgarem eventuais linhas contínuas e ilhéus simplesmente marcados no pavimento. Nestas situações torna-se relevante adoptar medidas complementares, tais como o uso de linha dupla contínua, raias oblíquas ou a utilização de pavimentos de cores distintas que alertem o condutor para a existência da intersecção e consequentemente para a proibição da ultrapassagem.

4.3 A FORMALIZAÇÃO DA VIA PRINCIPAL

4.3.1 LARGURA DAS FAIXAS DE RODAGEM

Em estradas de duas vias (uma em cada sentido) onde o separador central seja materializado, as vias na zona das intersecções deverão ter 4,0m, acrescidas de bermas mínimas de 1,0m (JAE P5/90) (embora em zonas urbanas se considerem aceitáveis bermas de 0,5m), o que permite a qualquer veículo contornar e ultrapassar outro veículo eventualmente avariado, sem gerar o bloqueio da intersecção.

Sempre que os ilhéus sejam simplesmente marcados no pavimento, as vias não deverão ter mais de 3,7m, não devendo contudo assumir valores inferiores aos 3,0m (TD 42/95).

Em estradas do tipo 2x2, as duas vias devem permanecer ao longo da intersecção, mantendo a largura normal das faixas de rodagem (geralmente 7,0m), bem como das bermas (JAE P5/90 e TD 42/95)

4.3.2 VIAS DE ACELERAÇÃO E DESACELERAÇÃO

As vias de aceleração e desaceleração associadas a uma determinada via têm como principal objectivo minimizar as perturbações na corrente principal, originadas pelos processos de aceleração e desaceleração do tráfego que pretenda abandonar ou inserir-se naquela via. Com efeito, os veículos prioritários que pretendam mudar de direcção, reduzem habitualmente a sua velocidade de circulação antes de se inserirem na via secundária, provocando perturbações no normal funcionamento da via. Por sua vez, os veículos que se inserem na corrente principal, se não dispuserem de uma via de aceleração que lhes permita atingir a velocidade de cruzeiro da corrente principal, são forçados a esperar por maiores intervalos entre veículos para se inserirem, tendo maiores dificuldades em avançarem.

Conclui-se assim que a adopção de vias de aceleração e de desaceleração visa essencialmente permitir aos veículos que se pretendem inserir ou abandonar uma determinada corrente prioritária, acelerar ou travar nessas vias de forma a evitar gerar perturbações significativas na corrente principal, sendo a sua utilização tanto mais importante quanto maior for a velocidade de base e os volumes de tráfego na estrada principal.

Em termos geométricos, estas vias podem ser do tipo *directo* (também usualmente designadas de diagonais) ou do tipo *paralelo*. Designam-se de directas sempre que as mesmas se desenvolvam em forma de bisel alongado e consequentemente apresentem larguras de via variáveis, entre a secção de início da via (onde assumem habitualmente 1m de largura) e a secção tangente com a curva de concordância com a via secundária. As do tipo paralelo, apresentam um troço de largura constante e cujo traçado é paralelo ao da via principal.

VIAS DE ACELERAÇÃO

As vias de aceleração apenas se justificam em estradas do tipo 2x2 vias, já que por razões de custo-benefício o custo do investimento a elas associado, pesa significativamente.

Sempre que se opte pela aplicação de uma via de aceleração, a norma JAE P5/90 propõe a adopção de vias do tipo paralelo (Figura 16).

A norma inglesa TD 42/95 recomenda que a utilização das vias de aceleração deve ser considerada quando:

- Velocidades de projecto superiores a 85 km/h;
- TMDA da viragem à direita superior a 600 veículos ou superior a 450 veículos se a percentagem de pesados for superior a 20%;
- O declive longitudinal dos trainéis for superior a 4%.

As vias de aceleração devem ter uma largura de 3,5m e o seu comprimento é definido em função da velocidade de base (JAE P5/90 e TD 42/95).

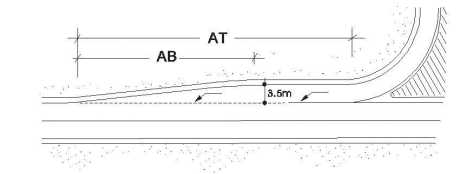


Figura 16 - Via de aceleração do tipo paralelo (JAE P5/90)

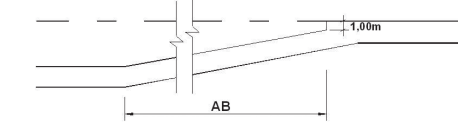


Figura 17 - Pormenor do bisel (JAE P5/90)

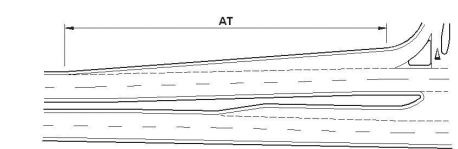


Figura 18 - Via de aceleração do tipo directo (TD 42/95)

Estas vias, quando do tipo paralelo, são constituídas por um arco de circunferência, seguido de uma curva de transição (clotoíde), de uma parte rectilínea paralela à estrada principal e de um bisel (Figura 17) (JAE P5/90).

Os valores da extensão total (AT) e do bisel (AB), são definidos em função da velocidade de base conforme os valores indicados no Quadro 1.

Quadro 1 - Extensão total das vias de aceleração (JAE P5/90)

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

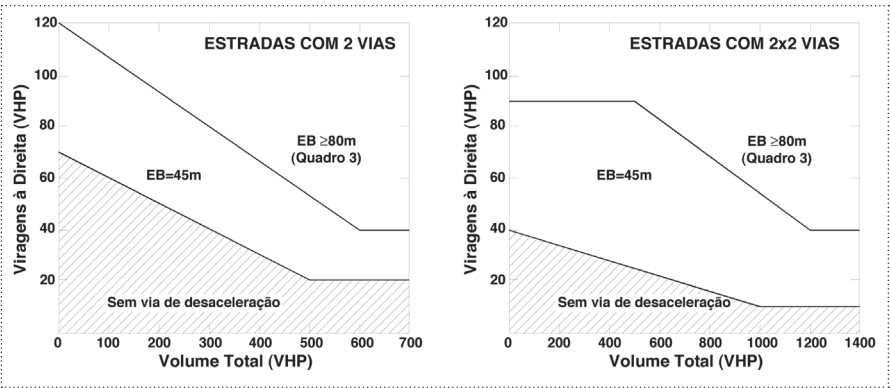
A norma inglesa TD 42/95 considera, para velocidades inferiores a 120 km/h, vias de aceleração do tipo directo, sendo claramente menos exigente do que a norma portuguesa. Os valores apresentados (Quadro 2) podem ser aceitáveis em zonas urbanas onde os condicionalismos de ocupação do solo são determinantes.

Quadro 2 - Extensão Total das vias de aceleração (TD 42/95)

Velocidade de Base (km/h)	85	100	120
Extensão Total (AT) (m)	90	110	130

4.3.3 VIAS DE DESACELERAÇÃO PARA VIRAGEM À DIREITA

As vias de desaceleração para viragem à direita devem ser adoptadas segundo a norma portuguesa JAE P5/90 em função da velocidade de circulação e dos volumes de tráfego envolvidos, conforme se mostra no Ábaco 1.



Ábaco 1 - Aplicabilidade das vias de desaceleração para viragem à direita (JAE P5/90)

Já as normas inglesas TD 42/95 prevêm a sua utilização nas seguintes circunstâncias:

- Velocidades de Projecto superiores a 85 km/h;
- TMDA da viragem à direita superior a 600 veículos ou superior a 450 veículos quando a percentagem de pesados for superior a 20%;
- TMDA da via prioritária superior a 7000 veículos;
- A inclinação longitudinal dos trainéis for superior a 4%;
- Melhoria nas condições de segurança e funcionamento da intersecção for significativa.

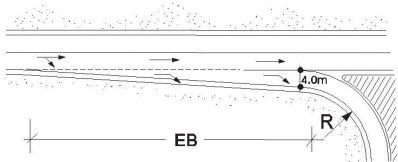


Figura 19 - Via de desaceleração para viragem à direita (JAE P5/90)

Pelo contrário, a via de desaceleração é desaconselhada para:

- Cruzamentos sem canalização do tráfego;
- Velocidade de projecto menor do que 85 km/h;
- Estrada secundária em curva;
- Custo a elas associado for considerado elevado.

As vias de desaceleração para a viragem à direita devem ser do tipo directo ou diagonal e são constituídas por um bisel de saída em recta, uma curva de transição percorrida com desaceleração constante e um arco de circunferência (ver figura 19). O seu início deve ter uma largura de 1,0m de modo a assinalar antecipadamente e de forma clara a sua existência aos condutores. A largura da via não deve ser inferior a 4,0m, à qual deve ser acrescida a sobrelargura da curva, cujo valor é função do raio adoptado. No caso de serem delimitadas por lancil a largura deve ser 4,5m. A largura da berma direita deve ser igual à da estrada secundária, com um mínimo de 1,5m (JAE P5/90).

A norma inglesa TD42/95 prevê uma largura desejável de 3,5m com um mínimo de 3,0m. Em situações onde o espaço disponível seja muito limitado, é possível reduzir a largura das vias para 2,5m, desde que a canalização seja simplesmente marcada no pavimento. Por serem menos exigentes, considera-se que estes valores possam ser adequados particularmente em espaços urbanos.

De acordo com as normas da JAE (JAE P5/90), o comprimento da via de desaceleração é função da velocidade base, do raio da curva e da inclinação da rasante, podendo a extensão total das vias de desaceleração (EB) ser dada pelo Quadro 3.

Quadro 3 - Extensão total e do bisel das vias de desaceleração do tipo directo para viragem à direita (JAE P5/90)

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

O valor da extensão deve ser corrigido devido à inclinação da rasante, adoptando-se um factor de correcção superior a um se o trainel é descendente ou inferior a um no caso contrário. Os factores de correcção são dados pelo Quadro 4.

Quadro 4 - Factores de correcção da extensão das vias de desaceleração devido à inclinação da rasante (JAE P5/90)

Inclinação da Rasante	Trainel Ascendente	Trainel Descendente
3 a 4 %	0,90	1,20
5 a 6%	0,80	1,35

Verifica-se, contudo, que estes valores são extremamente exigentes, particularmente para a aplicação em espaços muito condicionados, como é geralmente o caso das zonas urbanas. Nesse sentido opta-se por considerar as exigências do projecto retiradas da norma inglesa (TD 42/95). O comprimento desejável segundo esta norma para as vias de desaceleração, quer sejam do tipo paralelo ou directo é dado nos Quadros 5 e 6.

Quadro 5 - Comprimento das vias de desaceleração (m) (EB ou DT) para estradas de 2 vias (TD 42/95)

Velocidade de Projecto (km/h)	Trainel Ascendente		Trainel Descendente	
	0 - 4 %	+ de 4 %	0 - 4 %	+ de 4 %
50	25	25	25	25
60	25	25	25	25
70	40	25	40	40
85	55	40	55	55
100	80	55	80	80
120	110	80	110	110

Quadro 6 - Comprimento das vias de desaceleração (m) (EB ou DT) para estradas de 2x2 vias (TD 42/95)

Velocidade de Projecto (km/h)	Trainel Ascendente		Trainel Descendente	
	0 - 4 %	+ de 4 %	0 - 4 %	+ de 4 %
50	25	25	25	25
60	25	25	25	40
70	40	25	40	55
85	55	40	55	80
100	80	55	80	110
120	110	80	110	150

Em situações em que os condicionalismos locais sejam muito severos, a norma permite que se reduzam os valores dos quadros para metade até ao mínimo de 35m.

No caso de a estrada principal ter um TMDA superior a 7000 veículos, a via de desaceleração deverá ser do tipo paralelo (Figura 20), de modo a separar os veículos que pretendem virar à direita, dos veículos que pretendem ir em frente. O comprimento da via deve ser o dado nos quadros 5 e 6, não devendo ser inferior a 80m.

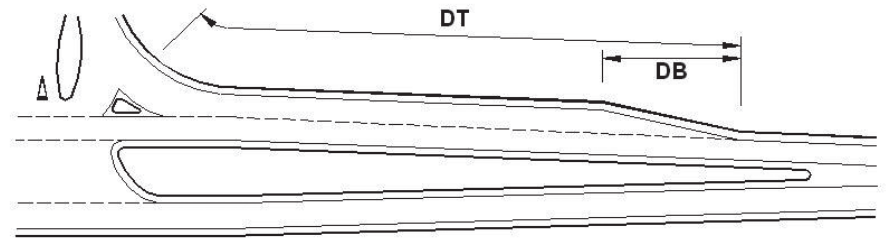


Figura 20 - Via de desaceleração à direita do tipo paralelo (TD 42/95)

O valor do bisel (DB) é dado pelo Quadro 7.

Quadro 7 - Extensão do bisel (TD 42/95)

Velocidade de Projecto (km/h)	Bisel (m)
50	5
60	5
70	15
85	15
100	25
120	30

Verifica-se novamente que os valores apresentados pela norma inglesa são inferiores aos da norma portuguesa, sendo aqui recomendados para aplicação em espaços urbanos.

4.3.4 VIAS DE DESACELERAÇÃO PARA VIRAGEM À ESQUERDA

As vias de desaceleração utilizadas para a realização do movimento de viragem à esquerda, devem ser centrais e do tipo paralelo (Figura 21), com uma largura de 3,5m (JAE P5/90), no entanto, e especialmente em zona urbana onde seja pouco significativa a presença de veículos pesados, essa largura pode diminuir até ao mínimo absoluto de 2,5m.

O comprimento destas vias é uma função da velocidade base da estrada prioritária e do volume horário de projecto associado ao movimento de viragem à esquerda. Isto é, o comprimento resulta da adição de duas componentes:

- comprimento destinado à desaceleração e paragem dos veículos;
- comprimento destinado a armazenar os veículos que aguardam por uma oportunidade de passagem.

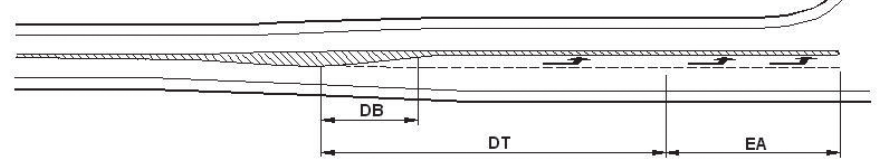


Figura 21 - Via de desaceleração para viragem à esquerda (JAE P5/90)

O quadro 8 apresenta os valores para o comprimento das vias de desaceleração para viragem à esquerda, assumindo que os condutores desaceleram durante 3 segundos e de seguida travam com comodidade e em segurança (JAE P5/90).

Quadro 8 - Extensão das vias de desaceleração para viragem à esquerda (JAE P5/90)

Velocidade Base (km/h)	60	80	100	120
Extensão da via (DT) (m)	95	130	170	240
Bisel (DB) (m)	40	50	60	75

Tal como é referido atrás os valores anteriormente apresentados devem ser corrigidos devido à influência do declive das vias, através do Quadro 4.

O comprimento adicional (EA) da via é função do volume horário de projecto do movimento de viragem à esquerda, cujos valores estão apresentados no Quadro 9 (JAE P5/90).

Quadro 9 - Extensão adicional das vias de desaceleração para viragem à esquerda (JAE P5/90)

Volume Horário de Projecto (viragens à esquerda)	30	60	100	200	300
Extensão Adicional (EA) (m)	8	15	30	60	75

As normas inglesas são mais uma vez menos exigentes, sendo que o comprimento destas vias é definido em função da velocidade de projecto, da inclinação dos trainéis da estrada principal, e do perfil transversal tipo (2 vias ou 2x2 vias), sendo os valores a utilizar, os mesmos das vias de desaceleração para viragem à direita (Quadros 5 e 6), com o comprimento do bisel dado no quadro 7.

Em cruzamentos, onde se estime a formação de fila de espera para viragem à esquerda, haverá que acrescentar aos valores dos quadros 5 e 6 de um comprimento adicional (EA) que permita acomodar esses veículos. Em zonas urbanas, o factor capacidade e fluidez ganha importância em detrimento da velocidade, sendo mesmo aceitável que, em vias onde a velocidade é condicionada a valores inferiores a 50 km/h, que a desaceleração e travagem seja efectuada na via do movimento de ida em frente. Nessas circunstâncias aceita-se que se considere o comprimento das vias segregadas de viragem à esquerda como uma função unicamente das necessidades de armazenamento, de forma a evitar que veículos que aguardam a sua vez de passagem bloqueiem os movimentos de atravessamento.

4.3.5 SEPARADORES CENTRAIS

Os principais objectivos dos separadores centrais, principalmente quando se encontram fisicamente materializados, são:

- Viabilizar viragens à esquerda ou atravessamentos em duas fases;
- Proteger eventuais travessias pedonais;
- Aumentar a notoriedade do cruzamento.

Sempre que o espaço disponível permita a utilização de separadores centrais, estes devem ser previstos, pois estima-se que a construção destes reduza em 60% a probabilidade de acidentes devidos às viragens à esquerda (JAE P5/90).

Quando fisicamente materializados, haverá que prever sempre sinalização horizontal e vertical complementar que alerte atempadamente o condutor para a existência do separador, de forma a evitar acidentes por invasão frontal.

Largura do separador

A largura mínima do separador central necessária para que seja possível considerar-se uma via de desaceleração para viragem à esquerda com 3,5m, é de 4,0m excluindo as bermas esquerdas das faixas de rodagem de sentido único que geralmente têm 1,0m de largura (JAE P5/90). A adopção de um separador central com 4,0m de largura possibilita que um veículo ligeiro, pare na abertura do separador, e aguarde em segurança por uma oportunidade de atravessamento possibilitando que a manobra se efectue em duas fases (JAE P5/90).

No caso do volume de veículos pesados ser significativo e se pretenda possibilitar a travessia numa intersecção por estes veículos em duas fases, o separador central deve ter a largura de 12m. No caso de se considerar a travessia de veículos pesados articulados a largura deve ser 20m (JAE P5/90).

A norma TD 42/95 considera uma largura para o separador central de 10m, quando este se encontra fisicamente materializado. Em intersecções com canalização marcada a largura do separador recomendada é de 3,5m, podendo baixar para os 3,0m. Estes valores são aqui apresentados como referência para aplicação em espaços urbanos, nomeadamente os mais condicionados.

Transição do perfil transversal tipo

Numa intersecção em que se introduz um separador, a transição entre o perfil transversal tipo da estrada nos troços uniformes e o perfil transversal na zona

da intersecção deve ser efectuado suavemente, de modo a não ser necessário que os condutores efectuem manobras bruscas (JAE P5/90).

Em alinhamento recto a transição entre perfis deve ser feita através de uma curva e contra-curva, sendo que deve existir um troço recto entre elas (Figura 22).

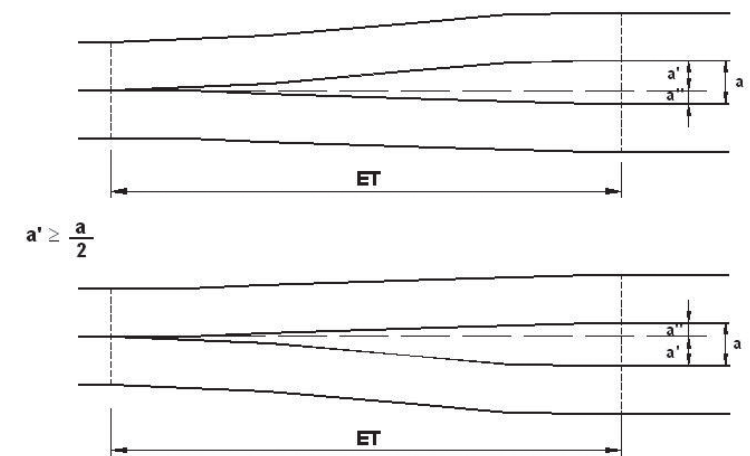


Figura 22 - Transição entre perfis transversais (JAE P5/90)

A extensão necessária para se efectuar o alargamento do perfil tipo é dada pela seguinte expressão:

$$ET = V \sqrt{a'} \quad (1)$$

em que:

V - Velocidade base no trecho (km/h)

a' - Alargamento máximo do perfil transversal (m)

O raio da curva e contra-curva (Figura 23), admitindo que o alinhamento recto entre elas tem uma extensão correspondente a um terço da extensão de transição, é dado pela expressão:

$$R = \frac{ET^2}{4.5 \times a'} \quad (2)$$

em que:

R - Raio da curva e da contra-curva (m)

ET - Extensão da transição entre perfis transversais (m)

a' - Alargamento máximo do perfil transversal (m)

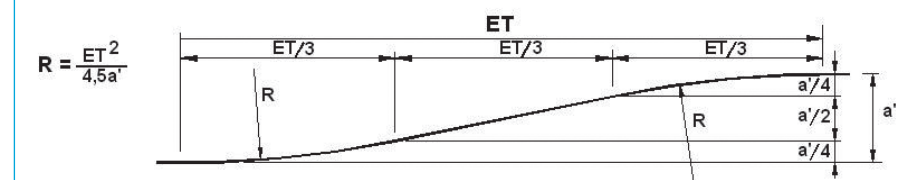


Figura 23 - Pormenor da transição entre perfis transversais (JAE P5/90)

No Quadro 10 estão apresentados, para as velocidades de 80 e 100 km/h, os valores de ET e R, em função de a' .

Quadro 10 - Extensão e raio das curvas na transição entre perfis transversais (JAE P5/90)

a' (m)	Velocidade Base			
	100 km/h		80 km/h	
	ET (m)	R (m)	ET (m)	R (m)
1,5	120	2200	100	1400
2	140	2200	115	1400
3	175	2200	140	1400
4	200	2200	160	1400
5	225	2200	180	1400
6	245	2200	200	1400

A norma inglesa (TD 42/95) recomenda que os separadores centrais, quer estejam materializados ou simplesmente marcados no pavimento, devem desenvolver-se simetricamente em relação ao eixo da estrada principal.

Para a introdução dos alargamentos, esta norma define rácios (figura 24 e quadro 11) que são função do tipo de via e da velocidade de projecto. A extensão de transição corresponde ao comprimento necessário para que se efectue o alargamento pretendido usando os rácios propostos.

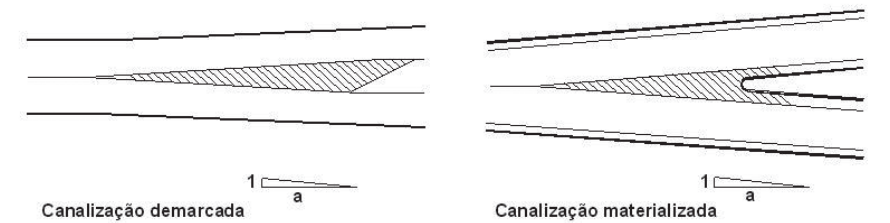


Figura 24 - Transição entre perfis transversais (TD 42/95)

Quadro 11 - Rácios de abertura para introdução dos separadores centrais (TD 42/95)

Velocidade de Projecto (km/h)	Rácio de abertura (Canalização marcada ou materializada, perfil 2 vias)	Rácio de abertura (Canalização materializada, perfil 2x2 vias)
50	1:20	1:40
60	1:20	1:40
70	1:20	1:40
85	1:25	1:45
100	1:30	1:50
120	-	1:55

Extensão do separador

A extensão do separador central depende principalmente do comprimento da via de desaceleração para viragem à esquerda (incluindo a extensão adicional necessária à armazenagem dos veículos que pretendem virar à esquerda). Ao comprimento da via de desaceleração deve ser adicionado o comprimento correspondente à transição entre perfis transversais (ET), bem como

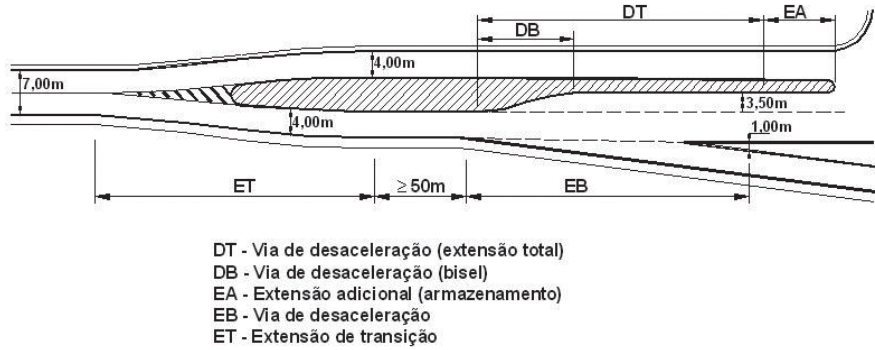


Figura 25 - Extensão do separador (JAE P5/90)

No caso da utilização de canalização marcada a extensão de transição entre perfis pode ser reduzida em 25%, com um comprimento máximo de 100m e é eliminada a extensão intermédia de 50m (JAE P5/90) (figura 26).

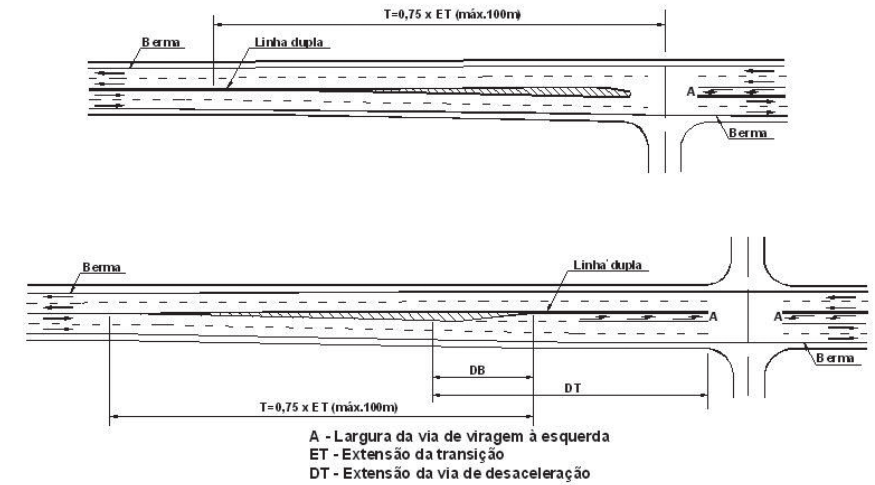


Figura 26 - Extensão do separador marcado através de pintura (JAE P5/90)

Extremos do separador

Os extremos no início da transição de perfis transversais têm geralmente a forma de uma semi-circunferência de raio 1,0m, quando o separador se encontra materializado. No extremo correspondente ao fim da via de desaceleração de viragem à esquerda, deve-se utilizar semi-circunferência com o diâmetro igual à largura do separador físico nessa zona.

Nos separadores com largura superior a 6,0m (incluindo as bermas), o traçado mais conveniente é definido por um arco de círculo, com o raio igual ao raio das viragens à esquerda, e por uma semi-circunferência no vértice.

Abertura do separador

A abertura do separador depende da sua largura e do ângulo entre as diretrizes das estradas principal e secundária (ângulo da intersecção). Para ângulos da intersecção de 100 graus, normalmente considera-se uma abertura de 20,0m (JAE P5/90). A norma TD 42/95, admite para a abertura do separador o valor de 15,0m.

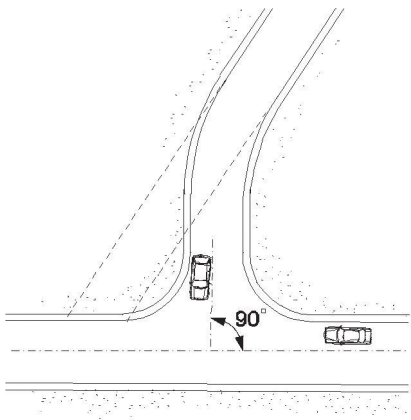


Figura 27 - Restabelecimento do ramo

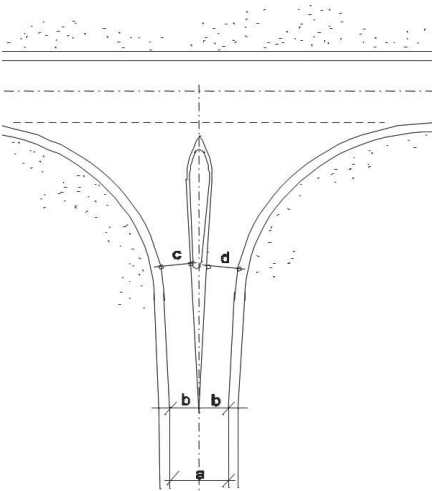


Figura 28 - Solução provida de ilhéu separadora (TD 42/95)

Legenda:
a -Largura da faixa de rodagem da via secundária (habitualmente 7 a 7,5m);
b - 4m em todos os casos;
c - 4,5m em soluções pintadas; 5,0m em soluções materializadas;
d - 4,0m em soluções pintadas; 4,5m em soluções materializadas com uma via de entrada; 5,5m em soluções materializadas com duas vias de entrada.

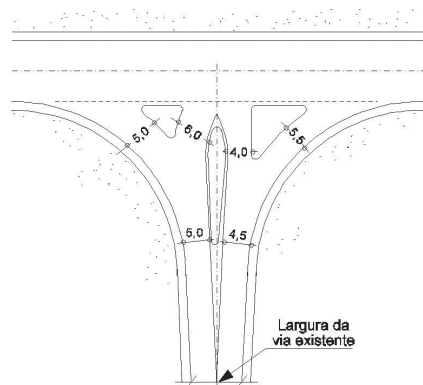


Figura 29 - Largura das vias não prioritárias

4.4 A FORMALIZAÇÃO DA VIA SECUNDÁRIA

4.4.1 CONDIÇÕES GERAIS DE CONVERGÊNCIA

O traçado geométrico da via secundária na aproximação à intersecção deve induzir a uma redução da velocidade de uma forma segura e cómoda bem como facilitar e orientar os diferentes movimentos de viragem possíveis.

Para garantir as melhores condições de visibilidade e uma concepção geométrica regular, a intersecção das directrizes das vias principal e secundária, deve ser o mais perpendicular possível (ver Figura 27), aceitando-se habitualmente ângulos compreendidos entre os 80 grados e 100 grados.

4.4.2 LARGURA DAS VIAS

A largura das vias na estrada secundária varia de acordo com o tipo de intersecção. No caso de intersecções sem canalização a largura recomendada é de 3,5 metros, com um valor mínimo de 3,0 metros.

Nas situações em que existam condicionalismos de espaço, de modo a que apenas seja possível adoptar soluções com ilhéu separadora central, não considerando portanto a existência de ilhéus direccionais, as dimensões recomendáveis devem ser as apresentadas na Figura 28. A ilhéu separadora pode ser materializada ou simplesmente pintada.

Nas soluções em que se pretende efectuar a canalização de todos os movimentos na estrada secundária, através da utilização de uma ilhéu separadora (também designada de lágrima) e de ilhéus direccionais, as dimensões das vias são as representadas na Figura 29 (JAE P5/90), de modo a assegurar as sobre-larguras necessárias aos movimentos.

Quando o raio de viragem for inferior a 25m, a largura da via de viragem à direita deve ser aumentada de acordo com a seguinte expressão:

$$L = 3.5 + \frac{55}{R} \quad (3)$$

em que:

L - Largura da via de viragem à direita (m)

R - Raio da curva de concordância de viragem à direita (m)

O Quadro 12 apresenta a largura da faixa necessária à manobrabilidade de um veículo pesado articulado com 15,5m de comprimento, em função do raio interno de curvatura, considerando uma ou duas vias de circulação. Esses valores, devem ser somados às larguras das bermas, obtendo-se desse modo a largura mínima que se deve assegurar nas vias de viragem (TD 42/95).

Quadro 12 - Larguras mínimas das vias de circulação

Raio interno da curva	Largura da Faixa de Ocupação			
	1 via (excluindo bermas)	2 vias (excluindo bermas)		
		Via interior	Via exterior	Total
10	8,4	8,4	6,5	14,9
15	7,1	7,1	6,0	13,1
20	6,2	6,2	5,6	11,8
25	5,7	5,7	5,2	10,9
30	5,3	5,3	5,0	10,3
40	4,7	4,7	4,6	9,3
50	4,4	4,4	4,3	8,7
75	4,0	4,0	4,0	8,0
100	3,8	3,8	3,8	7,6

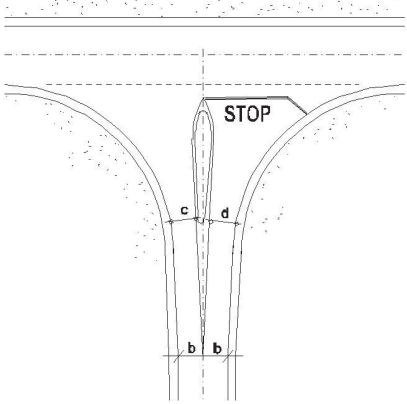


Figura 30 - Solução provida de ilhéu separadora (TD 42/95)

Legenda:
a - largura da faixa de rodagem da via secundária (habitualmente recomendável 7 a 7,5m);
b - 4m em todos os casos
c - 4,5m em soluções pintadas 5,0m para soluções materializadas
d - 4,0m para soluções pintadas 4,5m para soluções materializadas com uma via de entrada 5,5m para soluções materializadas com duas vias de entrada

Refira-se contudo, que os valores apresentados procuram garantir as condições ideais de circulação, assumindo-se que em locais onde o espaço seja condicionado se possam adoptar soluções menos exigentes, eliminando-se nomeadamente os ilhéus direccionais.

A Figura 30 apresenta as dimensões recomendáveis para uma solução simples cuja via secundária é provida unicamente de uma lágrima central materializada ou simplesmente pintada

4.4.3 RAIOS DE CONCORDÂNCIA COM A VIA PRINCIPAL

As curvas de concordância entre as estradas principal e secundária devem ter raios consistentes com as restantes características da intersecção. Em intersecções em que o tráfego pesado é pouco significativo pode-se considerar como valores de referência para o raio mínimo de viragem à direita, 10,0m em zonas inter-urbanas e 6,0m em zonas urbanas

Sempre que seja necessário considerar a manobrabilidade dos veículos pesados, o raio mínimo deve ser de 15,0m, ou mesmo valores mais elevados à medida que o ângulo da intersecção aumenta, conforme se mostra no Quadro 13 (JAE P5/90).

Quadro 13 - Raio mínimo das curvas de viragem à direita

Ângulo da Intersecção (grados)	Raio Mínimo (m)	
	Camiónes	Veículos-Articulados
80	15	20
90	15	20
100	20	25
110	20	25
120	25	30

Na presença de ângulos entre alinhamentos inferiores a 90º e de modo a se facilitar a inscrição dos veículos pesados sem que estes invadam a via de sentido oposto, ou galguem os separadores, deve-se utilizar sempre que possível curvas de transição, geralmente constituídas por arcos de clotóide. O uso de curvas de transição pode mesmo tornar-se indispensável em zonas inter-urbanas.

Em locais onde sejam importantes os condicionalismos de espaço, nomeadamente em zonas urbanas, torna-se necessário recorrer a soluções que facilitem o tráfego de veículos longos, permitindo assim colmatar as necessidades de manobrabilidade desses veículos e viabilizando a sua inserção nas viragens à direita na via principal, sem que haja invasão da via de sentido contrário. Essas soluções podem passar pela utilização de curvas compostas ou de criação de alargamentos (criação de leques) junto à entrada.

A adopção de raios muito elevados pode conduzir a percursos pedonais muito extensos e, por conseguinte, a um maior comprimento de exposição ao risco de acidente.

Na norma da JAE é proposta uma curva composta, desenvolvida para zonas inter-urbanas com a seguinte relação entre os raios R1:R2:R3 = 2:1:3, sendo os ângulos ao centro para R1 e R3 de 17,5º e 22,5º respectivamente (Figura 31).

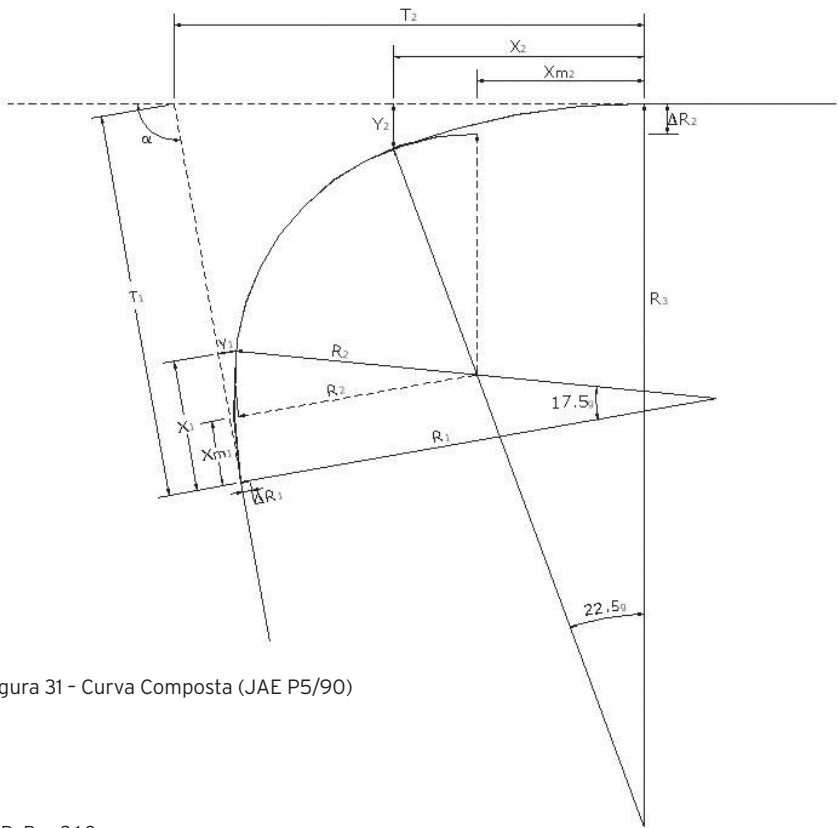


Figura 31 - Curva Composta (JAE P5/90)

$R_1:R_2:R_3 = 2:1:3$

$\Delta R_1 = 0,0375 \times R_2$	$Y_1 = 0,0750 \times R_2$	$T_1 = R_2 \left(0,2714 + 1,0375 \tan \left(\frac{\alpha}{2} \right) + \frac{0,0861}{\sin \alpha} \right)$
$\Delta R_2 = 0,1236 \times R_2$	$Y_2 = 0,1854 \times R_2$	
$Xm_1 = 0,2714 \times R_2$	$X_1 = 0,5428 \times R_2$	$T_1 = R_2 \left(0,6922 + 1,1236 \tan \left(\frac{\alpha}{2} \right) - \frac{0,0861}{\sin \alpha} \right)$
$Xm_2 = 0,6922 \times R_2$	$X_2 = 1,0383 \times R_2$	

Uma proposta alternativa para a curva composta é a proposta na norma inglesa (TD 42/95), em que se consideram curvas compostas simétricas com uma relação de raios $R_1:R_2:R_3 = 3:1:3$ e com ângulos ao centro de 18° (Figuras 32 e 33). Esta solução ajusta-se melhor à maioria das zonas urbanas em que as vias intersectadas são do mesmo tipo ou similares.

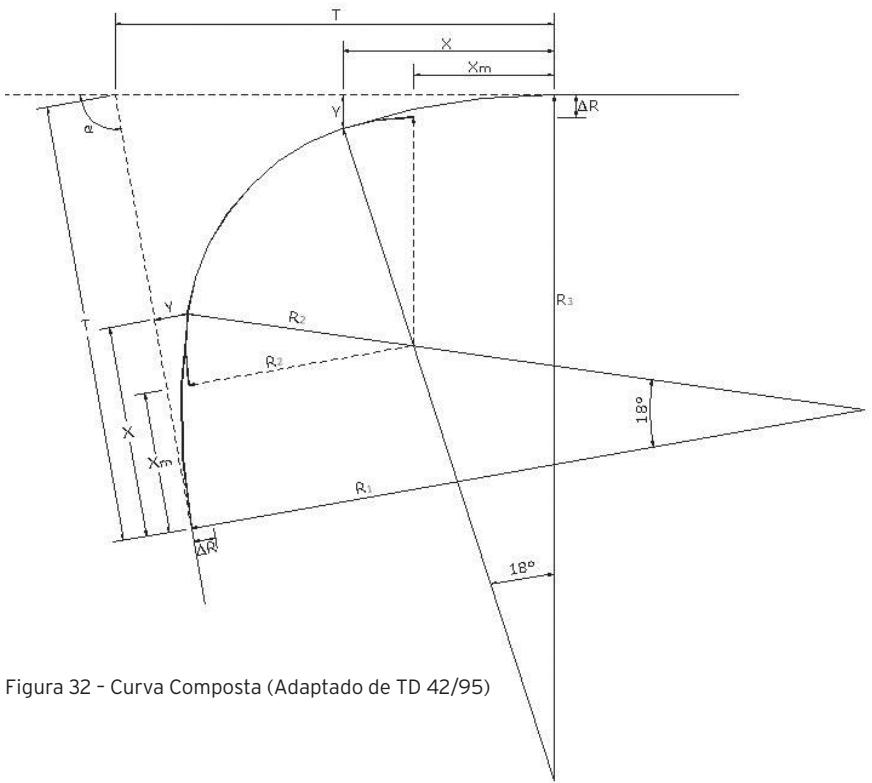


Figura 32 - Curva Composta (Adaptado de TD 42/95)

$R_1:R_2:R_3 = 3:1:3$

$\Delta R = 0,0979 \times R_2$	$Y = 0,1468 \times R_2$	$T = R_2 \left(0,6180 + 1,0979 \tan \left(\frac{\alpha}{2} \right) \right)$
$Xm = 0,6180 \times R_2$	$X = 0,9271 \times R_2$	

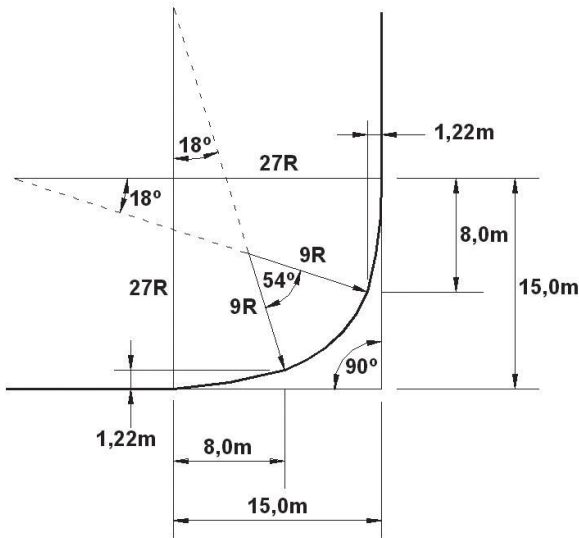


Figura 33 - Curva Composta proposta pela norma inglesa (TD 42/95)

Uma solução alternativa à utilização de curvas compostas, também descrita na norma inglesa (TD 42/95), é a execução de um alargamento da entrada na estrada principal. Os alargamentos podem ser executados recorrendo a múltiplas vias de entrada ou a simples leques de inserção, equiparados a vias de aceleração do tipo directo (ou diagonal) e de pequena extensão (Figura 34).

Em zonas urbanas recomenda-se a utilização de alargamentos com um rácio 1:5, numa extensão (L) de 30m e raios de viragem de 10m. Nas zonas rurais reco

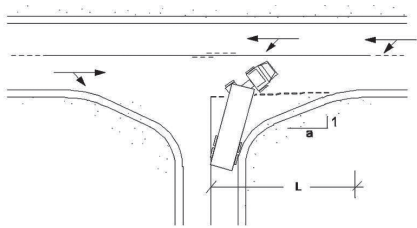


Figura 34 - Alargamento da entrada

menda-se a adopção de raios de 15m associados a alargamentos com características variáveis com o tipo de cruzamento:

- Cruzamentos sem canalização - Rácio 1:10 numa extensão de 25m
- Cruzamentos com canalização pintada - Rácio 1:6 numa extensão de 30m
- Cruzamentos com canalização materializada - Rácio 1:8 numa extensão de 32m

4.4.4 ILHÉU SEPARADORA

A principal função da ilhéu separadora é separar as correntes de tráfego contribuindo deste modo para a canalização dos movimentos. Quando materializada evidencia a existência da intersecção, alertando o condutor durante a aproximação para a necessidade de reduzir a sua velocidade.

A sua utilização permite:

- Melhorar a segurança da intersecção, uma vez que obriga a uma deflexão da trajectória dos veículos e consequente diminuição da velocidade;
- Servir de refúgio aos peões, o que permite o atravessamento destes por fases;
- Minimizar as zonas de conflito.

A sua concepção e respectivas dimensões dependem da importância das estradas intersectadas, devendo satisfazer as seguintes condições de base (JAE P5/90):

- O ângulo entre a directriz da estrada principal e a directriz da estrada secundária deve estar compreendido entre 80º e 120º;
- A largura mínima da ilhéu separadora deve ser de 3,0m de modo a que se torne visualmente notória;
- O extremo montante da ilhéu deve ter uma largura de 1,5m e deve ficar afastado 1,0m do alinhamento da via de saída da estrada secundária;
- O extremo jusante deve ficar afastado do limite da faixa de rodagem da estrada principal no mínimo de 2,0m e no máximo de 4,0m;
- Os raios de viragem à esquerda (Quadro 14) dependem do ângulo da intersecção e do perfil transversal tipo da estrada principal na zona da intersecção. Porém quando não for possível cumprir esses valores, pode-se considerar um raio mínimo de viragem à esquerda de 12,0m.

Quadro 14 - Raios de viragem à esquerda em função do ângulo da intersecção (JAE P5/90)

ESTRADA PRINCIPAL	Ângulo da Intersecção (grados)									
	80		90		100		110		120	
	RES	REP	RES	REP	RES	REP	RES	REP	RES	REP
2x2 vias e via de viragem à esquerda	16	24	18	22	20	20	22	18	24	16
2 vias e via de viragem à esquerda	14	22	16	20	18	18	20	16	22	14
2 vias	12	18	12	16	13	13	16	12	18	12

REP - Raio da viragem à esquerda de saída da estrada principal
RES - Raio da viragem à esquerda de saída da estrada secundária

A concepção geométrica da ilhéu separadora depende do ângulo entre as directrizes da estrada principal e secundária. Na sua forma mais vulgar, ou seja, quando as directrizes das duas estradas fazem um ângulo entre si entre 80º e 120º, utiliza-se a seguinte metodologia (Figura 35):

- 1 - Traçam-se duas semi-rectas paralelas à directriz da estrada secundária, a uma distância correspondente a metade da largura pretendida para a ilhéu (mínimo de 1,5m);

- 2 - Define-se o intradorso das curvas de viragem à esquerda de saída da estrada principal e de saída da estrada secundária, com base nos raios apresentados no quadro 14;
- 3 - Traça-se a concordância do extremo jusante da ilhéu, adoptando um arco de círculo com raio superior a 0,5m e de modo a que esta extremidade se situe a uma distância entre 2,0m e 4,0m do limite da faixa de rodagem da estrada principal;
- 4 - Traçam-se duas semi-rectas tangentes às curvas traçadas em 2 e a intersectarem a directriz da estrada secundária a uma distância de 40,0m do limite da faixa de rodagem da estrada principal;
- 5 - Define-se a extremidade montante da ilhéu, utilizando um arco de círculo com raio superior a 0,75m e de modo a garantir um afastamento de 1,0m da semi-recta definida em 4;
- 6 - Definem-se as vias de entrada e de saída da estrada secundária, com o auxílio de semi-rectas paralelas às traçadas em 4 e a uma distância de 4,0m e 5,0m respectivamente, devendo ser prolongadas até se intersectarem com os alinhamentos que definem os limites normais da estrada secundária.

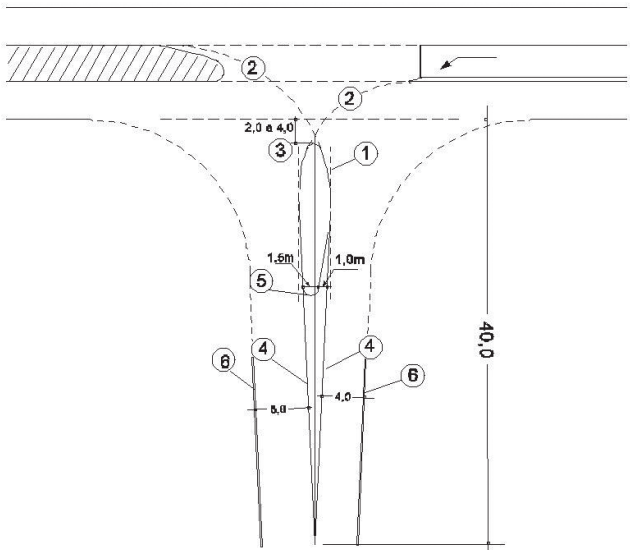


Figura 35 - Concepção da ilhéu separadora

Em intersecções com canalização fisicamente materializada, em meio urbano, e sempre que seja necessário uma ilhéu separadora para servir de refúgio de peões, a largura mínima dessa ilhéu deve ser de 1,5m, devendo-se rebaixar o lancil nos passeios e no refúgio, de forma a facilitar a circulação das pessoas de mobilidade reduzida. Na Figura 36 apresenta-se uma solução de ilhéu separadora possível de ser utilizada nessas situações (TD 42/95).

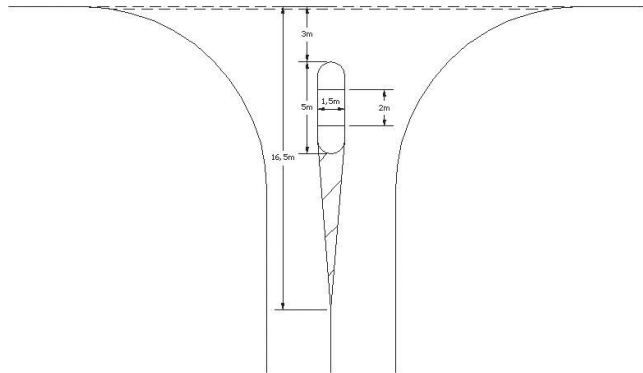


Figura 36 - Ilhéu separadora em intersecções com canalização física

4.4.5 ILHÉUS DIRECCIONAIS

Os principais objectivos a atingir com a utilização de ilhéus direccionais são:

- Canalizar as correntes de tráfego;
- Condicionar o comportamento do condutor;
- Contribuir para uma rápida percepção e compreensão da intersecção por parte do condutor.

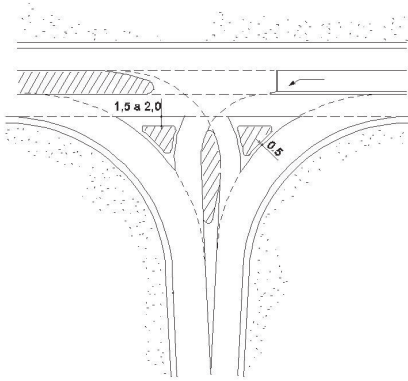


Figura 37 - Ilhéus direccionais

Estes ilhéus devem ser concebidos de modo a permitirem que as correntes de tráfego do mesmo sentido convirjam segundo um ângulo pequeno, e que os movimentos de cruzamento se efectuem segundo ângulos rectos.

A concepção geométrica destes ilhéus resulta da concordância entre as vias de circulação das estradas secundária e principal (Figura 37). As suas faces devem ficar afastadas de 0,5m dos alinhamentos das vias, excepto o lado paralelo à estrada principal que deve ficar afastado do limite da faixa de rodagem cerca de 2,0m, podendo ser 1,5m no caso de zonas urbanas. Os extremos dos ilhéus direccionais devem ser concordados por arcos de círculo com 0,5m de raio.

Os ilhéus direccionais quando materializados devem ter uma área mínima de 6,0m², sendo que o valor recomendado é 9,0m² (JAE P5/90), de modo a que se tornem visualmente notórios. Sempre que a área seja inferior a esses valores, deve-se optar por ilhéus simplesmente marcados no pavimento através de pintura. O lado menor não deve ser inferior a 2,5m. Na delimitação de uma via em curva, a aresta do ilhéu direccional deve ser curva se a sua extensão for maior ou igual a 4,0m, optando-se por um alinhamento recto se tal não se verificar.

O interior dos ilhéus deve ser sempre que possível arrelvado, caso contrário pode-se recorrer a um tratamento superficial, diferente em cor e textura do existente no pavimento, contribuindo-se assim para um melhor contraste visual.

A delimitação dos ilhéus direccionais deve ser efectuada através de lancil galgável de modo a que possam ser transpostos por veículos pesados de dimensões excepcionais.

A Figura 38 representa a ilhéu direccional proposta pela norma JAE P5/90 e que foi desenvolvida para zonas rurais.

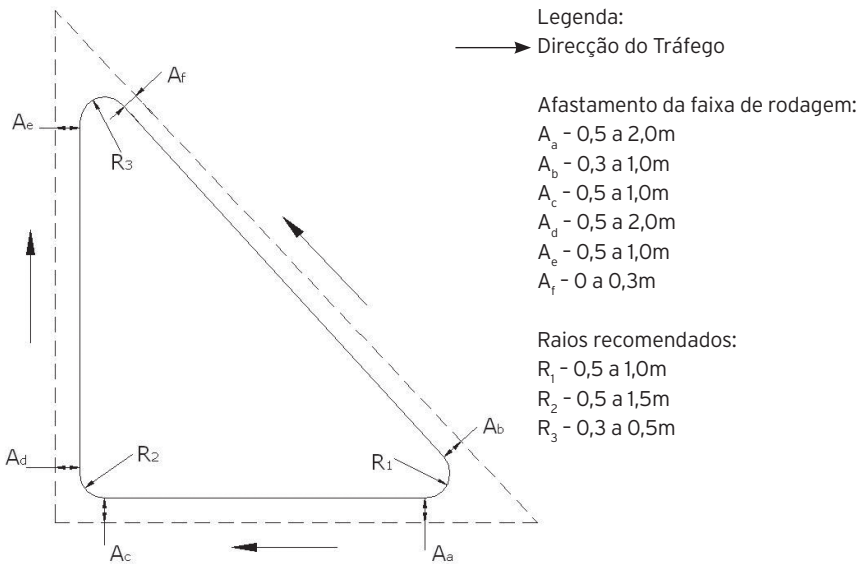


Figura 38 - Ilhéu direccional (JAE P5/90)

4.5 CRITÉRIOS DE VISIBILIDADE

As condições de visibilidade asseguradas por uma determinada intersecção, influenciam quer os níveis de segurança quer de capacidade da intersecção, na medida em que determinam as condições de convergência e atravessamento.

Atendendo ao modo de funcionamento deste tipo de intersecção, todo o veículo não prioritário deve ser capaz de visualizar a via prioritária para ambos os lados, ao longo de um comprimento capaz de lhe permitir inserir-se na corrente prioritária em segurança. Este conceito é igualmente aplicável aos movimentos de viragem à esquerda a partir da via prioritária.

Contudo a desobstrução de grandes áreas que permitam a geração de excessivas distâncias de visibilidade poderá provocar distrações nos condutores e induzi-los a praticarem velocidades elevados, pelo que também deverá ser evitada tal prática.

Considera-se indispensável assegurar as seguintes distâncias de visibilidade de:

Critério de Visibilidade por parte dos Veículos Prioritários

Todo o condutor prioritário na aproximação da intersecção, deve ser capaz de visualizar a entrada da via secundária a partir de uma distância igual ou superior à Distância de Visibilidade de Paragem (Quadro 15) em função da velocidade de base da via prioritária. A garantia deste critério de visibilidade condiciona a colocação de obstáculos físicos nas imediações da intersecção e, em particular, nos separadores centrais, ao permitir que os veículos prioritários visualizem atempadamente e controlem os movimentos de convergência de eventuais veículos não prioritários, de forma a alterarem a sua marcha ou mesmo pararem, caso se justifique (Figura 39).

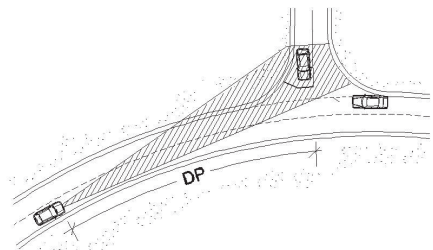


Figura 39 - Critério de visibilidade a partir da via Prioritária

Quadro 15 - Distância de Visibilidade de Paragem (JAE P5/90)

Velocidade de Projecto na via Prioritára (km/h)	40	50	60	70	80	100	120
Distância Visibilidade de Paragem Zona Rural (m)	40	60	80	100	120	180	250

Crítérios de Visibilidade por parte dos Veículos Não Prioritários

Critério de Visibilidade de Aproximação - Todo o condutor não prioritário na aproximação da intersecção deve poder visualizar a existência da intersecção a uma distância mínima igual à DP correspondente à velocidade de base da via secundária, de forma a poder reduzir em segurança a velocidade de circulação e se necessário parar (Figura 40).

Critério de Visibilidade da Intersecção - Todo o condutor situado a uma distância "x" da linha de cedência de prioridade (ou barra de paragem), deve visualizar a faixa de rodagem para ambos os lados da intersecção num comprimento mínimo igual à Distância Mínima de Segurança "y" (Figura 41), correspondente à velocidade de base da via prioritária (Quadro 16).

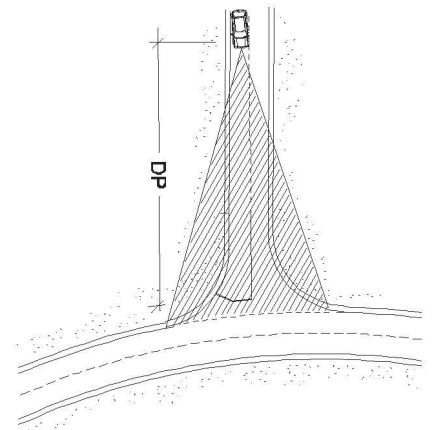


Figura 40 - Critério de Visibilidade de Aproximação na Via Secundária

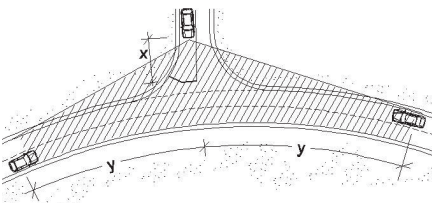


Figura 41 - Critério de Visibilidade da Intersecção

A norma JAE P5/90 define que o valor de "x" deve ser igual a 5,0m e os valores de "y" assumem os valores representados no Quadro 16, assumindo ainda que a via secundária deva ser sempre provida de sinal de STOP.

Estes valores são determinados assumindo que a influência dos veículos não prioritários na corrente principal é praticamente nula, salvaguardando quer os tempos de percepção, reacção, arranque atravessamento e aceleração até libertar a faixa de rodagem.

Contudo e, em particular, em zonas urbanas, os valores especificados pela JAE podem tornar-se demasiado gravosos e, portanto, impraticáveis, já que os tempos de percepção e reacção adoptados são extremamente exigentes e desnecessários num ambiente urbano. O Quadro 16 especifica outros valores

de “y”, reportados da norma inglesa, a qual baseia o seu cálculo em valores comuns de intervalos críticos aceitáveis pelas correntes não prioritárias. A distância “x” é igual a 9,0m, de forma a garantir que essa visibilidade seja assegurada durante a aproximação, aceitando-se que em casos de grande ocupação marginal e perante baixos volumes de tráfego o valor de “x” possa baixar para 4,5 m ou mesmo para 2,4 m em condições excepcionais. Nesta última situação dever-se-á recorrer a um sinal de *STOP* (paragem obrigatória) de modo a que os condutores possam avaliar adequadamente as condições de entrada na intersecção.

Quadro 16 - Distância Mínima de Segurança em Zonas Urbanas

Velocidade de Projecto na via Prioritára (km/h)	x (m)	50	60	70	85	100	120
Distância “y” - TD 42/95 (m)	9	70	90	120	160	215	295
Distância “y” - JAE P5/90 (m)	5	185	220	255	290	365	435

Caso não se consiga garantir a distância de visibilidade necessária, torna-se indispensável limitar a velocidade da via prioritária mediante um esquema de sinalização adequada, recorrendo em situações mais gravosas, a uma eventual semaforização.

4.6 SOBREELEVAÇÃO

Nas curvas de concordância de uma intersecção a adopção de sobreelevação como função do raio, torna-se impraticável, dado o diminuto desenvolvimento das curvas. Deve porém assegurar-se a sobreelevação mínima de 2%, embora e sempre que o desenvolvimento das curvas o permita atingir os 5%.

4.7 CONSIDERAÇÕES DE APOIO AO PEÃO

Particularmente em zonas urbanas, a presença do peão poderá justificar a adopção de algumas medidas que apesar de gerais poderão contribuir significativamente para a segurança pedonal, sem contudo prejudicar a fluidez, capacidade ou as condições de segurança da circulação automóvel.

As passadeiras de nível com atribuição formal de prioridade ao peão são, salvo situações excepcionais que não respeitem a lógica de conjunto ou de hierarquização viária, admissíveis desde que associadas a arruamentos com uma via em cada sentido. Dever-se-á contudo, por razões de segurança, não localizar as passadeiras na zona dos separadores simplesmente pintados nem na zona de conflito da abertura do separador.

Na presença de perfil tipo 2x2, o comprimento de exposição do peão ao risco aumenta consideravelmente, bem como a velocidade de circulação de veículos, pelo que este tipo de atravessamento deve ser sempre associado a separadores centrais fisicamente materializados que assegurem, em segurança, os atravessamentos em duas fases. Para o efeito, e de forma a servir de refúgio central, o separador na zona do atravessamento deverá disponibilizar no mínimo 1,5m, preferencialmente 1,8m de largura. Na impossibilidade de se garantir a implantação destes separadores, deverão ser analisadas alternativas para a localização da travessia ou para o sistema de regulação, prevendo eventualmente a sua semaforização.

Ao nível da via secundária, deve evitar-se a localização das passadeiras de nível nas imediações da delimitação da faixa de rodagem da via principal onde as concordâncias de bermas associadas às respectivas sobrelarguras resultam em grandes comprimentos de exposição ao risco para o peão. Contudo e à medida que se aumenta o seu afastamento da delimitação da intersecção, o

percurso pedonal é consideravelmente alongado, incentivando à sua não utilização e o atravessamento desordenado em locais não preparados para o efeito (normalmente segundo o trajecto mais curto) com consequências na fluidez automóvel e na segurança quer do tráfego quer dos peões. Deve assim haver algum esforço no sentido de não contrariar em demasia as trajectórias naturais dos peões, mesmo que tal resulte em piores desempenhos da intersecção.

Nessa linha de acção dever-se-á optar por uma solução de compromisso, localizando as passadeiras a cerca de 10 a 15,0m da barra de paragem, devendo se necessário recorrer a vedações físicas que impeçam os atravessamentos pedonais fora desses atravessamentos formais.

Preferencialmente essas travessias devem ser associadas à ilhéu separadora fisicamente materializada, viabilizando os atravessamentos em duas fases, sendo que em intersecções prioritárias com canalização por separadores simplesmente marcados, deve haver um esforço em materializar a ilha separadora e garantir um refúgio com largura adequada.

Na forte presença dos veículos pesados, a adopção de curvas de concordância de raios alargados, resulta habitualmente em grandes ocupações de espaço e, consequentemente, em maiores extensões de exposição ao risco por parte do peão, pelo que a curva composta de três raios se tem revelado uma alternativa eficaz (ver 4.4.3) substituindo do raio de concordância R, pela composição de R1:R2:R3. Esta solução, desde que devidamente concebida, favorece a segurança pedonal sem prejudicar as necessidades de manobrabilidade dos veículos pesados permitindo que estes se inscrevam naturalmente e adoptem trajectórias ajustadas à geometria das bermas, sem invadir a via de sentido oposto.

Refira-se ainda que perante atravessamentos pedonais, todos os ilhéus ou separadores fisicamente materializados deverão ser rebaixados ou interrompidos num comprimento igual à largura das travessias, de forma a evitar a criação de descontinuidades longitudinais, particularmente à circulação de idosos, crianças e pessoas de mobilidade reduzida.

Finalmente cabe ainda referir que todo o atravessamento pedonal deve ser atempadamente visualizado pelos condutores, assumindo aqui um papel fundamental a sinalização de posição e de pré-sinalização.

4.8 SOLUÇÕES INTEGRADAS

Toda a solução geométrica global de qualquer intersecção, deve procurar ser simples e legível de forma a ser rapidamente entendida pelo condutor, mesmo que menos habitual. Deve ainda ser adaptada às condições locais e às características da procura de tráfego, procurando minimizar as demoras nos diferentes movimentos direccionais e assegurando uma circulação fluída com elevados níveis de serviço e segurança.

Foram definidas anteriormente diferentes tipologias de intersecções, sendo que as características gerais de cada uma dependem não só dos princípios de regulação, mas também dos diferentes elementos construtivos que lhe estão associados.

Temos assim, na sua forma mais simples, as intersecções reguladas pela regra de prioridade à direita, cujo limitado domínio de aplicação não justifica a adopção de qualquer tipo de canalização nem de vias complementares para aceleração e desaceleração, pelo que a concepção geométrica se limita à definição das concordâncias das bermas. Estas intersecções podem dispor de três ou quatro ramos afluentes, resultando nas designadas intersecções em T ou em X.

Da mesma forma, as intersecções prioritárias sem canalização definem-se geometricamente como soluções semelhantes às anteriores, embora a definição formal de prioridades resulte em melhores níveis de desempenho. Adap-

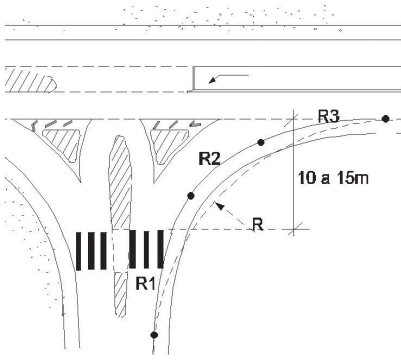


Figura 42 - Soluções de apoio ao peão

tam-se a intersecções onde uma das vias é claramente dominante em relação à outra via intersectada, mantendo contudo baixos níveis quer de operacionalidade quer de segurança. Também neste tipo de intersecções, não se justifica a adopção de vias auxiliares para aceleração e desaceleração, na medida em que este tipo de intersecções não se coaduna com vias onde as velocidades de circulação sejam elevadas.

As soluções com canalização de tráfego, caracterizam-se pela implantação de separadores e ilhéus direccionais que permitem reduzir as áreas de conflito na intersecção, separando espacialmente os pontos de conflito, encaminhando e orientando os veículos segundo ângulos correctos de atravessamento e de convergência. Resultam assim em soluções com melhores níveis de desempenho do que as soluções sem canalização, quer em termos de capacidade quer de segurança.

Dentro deste conjunto de soluções, encontram-se as intersecções com separadores e ilhéus simplesmente marcados no pavimento por tinta branca reflectora. Este tipo de canalização não é visualmente tão notória como a retrorreflectora fisicamente materializada, pelo que se aplica em vias onde a velocidade de circulação possa ser elevada, tende a ser galgada ou mesmo transposta. Adapta-se assim particularmente bem a vias onde a velocidade de circulação esteja compreendida entre os 50 e os 90km/h.

São soluções geométricas caracterizadas, em particular, pela definição de separadores centrais que acomodam vias de desaceleração e paragem para viragem à esquerda. A sua adopção justifica-se sempre que os fluxos de viragem à esquerda assumam uma importância significativa, devendo o seu comprimento ser dimensionado não só para permitir a desaceleração dos veículos, mas também para garantir a paragem e armazenamento em segurança. A sua largura deverá permitir acomodar em segurança a paragem dos veículos que pretendam atravessar e virar à esquerda a partir da via secundária.

Normalmente não se justifica a adopção de vias de aceleração ou desaceleração associadas a este tipo de intersecção, contudo os volumes de tráfego envolvidos, as velocidades praticadas ou a importância das vias, poderão justificar a sua utilização particularmente sempre que se pretenda melhorar os níveis de capacidade do movimento de viragem à direita a partir da via secundária. Refira-se contudo que, em alternativa, a adopção de alargamentos (leques) nas imediações da entrada e saída poderão facilitar consideravelmente a inscrição dos veículos, nomeadamente dos pesados evitando a invasão da via de sentido oposto.

É ainda defendido, por algumas referências da especialidade, que apesar dos ilhéus serem simplesmente marcados no pavimento, a ilhéu separadora na via secundária, deverá ser sempre que possível, fisicamente materializada, servindo de refúgio protector para o peão, garantindo ainda para separar fisicamente as correntes de tráfego opostas.

Finalmente o dimensionamento das intersecções prioritárias com canalização por elementos fisicamente materializados, são os que exigem critérios de dimensionamento mais exigentes. São igualmente de entre as tipologias apresentadas aqueles que asseguram melhores níveis de segurança e capacidade.

A materialização dos separadores e ilhéus induz naturalmente à redução da velocidade mesmo dos movimentos prioritários, impedindo ainda a prática de ultrapassagens ao longo da intersecção. Os ilhéus permitem apoiar e orientar o condutor perante geometrias menos simétricas, nomeadamente em intersecções sob ângulos diferentes de 90°.

Os separadores na via principal que acomodam a via de desaceleração e paragem para viragem à esquerda a partir da via prioritária, devem surgir suave-

mente e precedidos de linhas contínuas e raias oblíquas que alertem atempadamente o condutor para o aparecimento do obstáculo físico intransponível.

Ao nível da via prioritária, a largura prevista para as vias de circulação devem sempre garantir a disponibilização de espaço que permita, em caso de avaria de uma viatura, que esta possa ser contornada pelos veículos que a seguem sem gerar o bloqueio geral da intersecção. Na impossibilidade de assegurar essas dimensões mínimas, haverá que avaliar se a tipologia da via e a lógica de conjunto são compatíveis com a adopção de ilhéus simplesmente marcados no pavimento. Caso contrário haverá que avaliar alternativas para localização da intersecção.

Este tipo de intersecções integra-se habitualmente em vias onde a fluidez e segurança de circulação, poderá exigir o recurso a vias de aceleração e desaceleração que permitam minimizar as perturbações originadas pelos movimentos de saída ou de convergência na corrente principal. Também a necessidade de garantir maiores níveis de capacidade nos movimentos de viragem à direita a partir da via secundária, quer pela importância dos fluxos envolvidos, quer pelos consideráveis declives a vencer, poderão justificar a sua adopção.

Por sua vez e ao nível da via secundária, se o espaço disponível apenas permite a implantação de alguns ilhéus, é importante começar por implantar a ilhéu separadora. É este ilhéu que assegura a separação dos sentidos de tráfego e viabiliza os atravessamentos pedonais em duas fases, pelo que sempre que possível deve ser implantado e fisicamente materializado. Cabe aos ilhéus direccionais, segregar os movimentos de viragem à esquerda dos de viragem à direita, pelo que apesar de contribuírem significativamente para a canalização dos movimentos e para a definição dos ângulos adequados de atravessamento e de convergência/divergência, são do ponto de vista da segurança considerados de importância secundária em relação à ilhéu separadora.

Em anexo são apresentados, como exemplos, algumas geometrias de intersecções prioritárias.

5. DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE EM INTERSECÇÕES PRIORITÁRIAS

5.1 PRINCÍPIOS GERAIS

Tendo por base uma intersecção prioritária, onde os movimentos da via secundária estão sujeitos a perda de prioridade, pode-se definir a capacidade dessa entrada como o máximo valor do débito da corrente secundária que, de uma forma continuada, se consegue inserir numa determinada corrente principal, ao longo de um determinado período de tempo, durante o qual, é garantida a formação de uma fila de espera contínua na aproximação a essa entrada.

O condutor não prioritário em face da observação que faz dos movimentos prioritários toma a decisão de avançar ou não, tendo em conta a amplitude dos intervalos de tempo entre veículos prioritários e o risco que deseja assumir. Assim, a sua atitude vai depender da comparação que o condutor fará entre a estimação do valor dos intervalos de tempo entre veículos prioritários que se lhe depara e o designado intervalo crítico, que representa o menor intervalo de tempo entre veículos prioritários aceitável, sendo que aceitará o intervalo, isto é, avançará se o intervalo de tempo for superior ou igual ao intervalo crítico, rejeitando-o no caso contrário. Na análise da capacidade e dos níveis de serviço não será tido em conta os movimentos de peões.

Para caracterizar o serviço que a intersecção oferece aos utilizadores usa-se o conceito de Nível de Serviço proposto pelo HCM2000, sendo este avaliado pelo atraso médio por veículo não prioritário.

No modelo subjacente à metodologia descrita no HCM 2000, considera-se que o intervalo crítico é constante, representando o valor médio dos condutores, enquanto que o intervalo de tempo entre veículos sucessivos é definido por uma variável aleatória contínua com distribuição exponencial negativa.

5.1.1 VOLUMES CONFLITUANTES

O volume conflituante para determinado movimento **x**, corresponde à combinação dos volumes de tráfego e de peões dos movimentos que interferem directamente com o movimento **x**, tendo em consideração o peso relativo de cada um deles.

Para conhecer o seu valor torna-se necessário, tendo como base a legislação de cada país, definir os níveis hierárquicos para os movimentos do cruzamento.

Para os casos de intersecções de 3 e 4 ramos de entrada podemos definir os seguintes níveis hierárquicos, representados nas Figuras 43 e 44.

Na Figura 45 estão representadas as correntes de tráfego existentes em intersecções de 3 e 4 ramos.

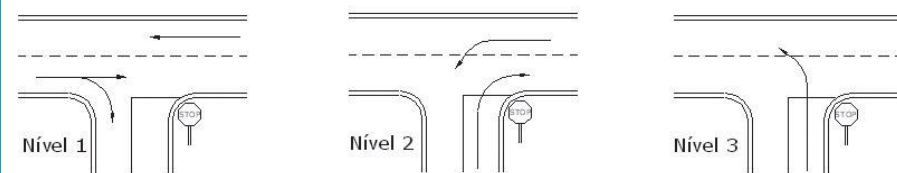


Figura 43 - Níveis hierárquicos de uma intersecção de 3 ramos

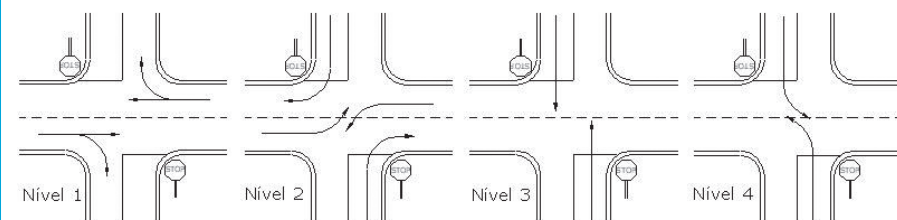


Figura 44 - Níveis hierárquicos de uma intersecção de 4 ramos

A determinação do volume conflituante é feita através da utilização do Quadro 17:

Quadro 17 - Volumes de conflito

Mov. não prioritário	Movimentos Conflitantes	Volumes Conflitantes
Viragem à esquerda da via prioritária ($v_{c,1}$; $v_{c,4}$)		$v_{c,1} = v_5 + v_6^{(3)} + v_6$ $v_{c,4} = v_2 + v_3^{(3)} + v_5$
Viragem à direita da via secundária ($v_{c,9}$; $v_{c,12}$)		$v_{c,9} = \frac{v_2^{(2)}}{N} + 0.5v_3^{(1)} + v_4 + v_5$ $v_{c,12} = \frac{v_5^{(2)}}{N} + 0.5v_6^{(1)} + v_3 + v_6$
Atravessamentos ($v_{c,8}$; $v_{c,11}$) ^(*)	<p>2ª FASE</p> <p>1ª FASE</p>	<p>1ª Fase</p> $v_{c,f,8} = 2v_1 + v_2 + 0.5v_3^{(1)} + v_5$ $v_{c,f,11} = 2v_4 + v_5 + 0.5v_6^{(1)} + v_6$ <p>2ª Fase</p> $v_{c,f,8} = 2v_4 + v_5 + v_6^{(3)} + v_6$ $v_{c,f,11} = 2v_1 + v_2 + v_3^{(3)} + v_5$
Viragem à esquerda da via secundária ($v_{c,7}$; $v_{c,10}$) ^(*)	<p>2ª FASE</p> <p>1ª FASE</p>	<p>1ª Fase</p> $v_{c,f,7} = 2v_1 + v_2 + 0.5v_3^{(1)} + v_5$ $v_{c,f,10} = 2v_4 + v_5 + 0.5v_6^{(1)} + v_6$ <p>2ª Fase</p> $v_{c,f,7} = 2v_4 + \frac{v_5}{N} + 0.5v_6^{(6)} + 0.5v_2^{(4,5)} + 0.5v_1 + v_5$ $v_{c,f,10} = 2v_1 + \frac{v_2}{N} + 0.5v_3^{(6)} + 0.5v_9^{(4,5)} + 0.5v_8 + v_8$

1. Se existir via de desaceleração no ramo principal, elimina-se v_3 e v_6 ;
2. No caso de múltiplas vias no ramo principal, o tráfego a atribuir à via mais à direita será dado por v_2/N ou v_5/N , onde N é o número de vias afectas ao movimento de ida em frente;
3. Se a viragem à direita do ramo prioritário for sujeita a perda de prioridade na entrada da via secundária devido ao atravessamento pedonal, elimina-se v_6 e v_3 ;
4. Se a viragem à direita do ramo secundário for provida de ilhéu direccional e associada a uma perda de prioridade, elimina-se v_9 e v_{12} ;
5. No caso de múltiplas vias na estrada principal, ou se a viragem à direita a partir da via secundária for provida de ilhéu direccional, elimina-se v_9 e v_{12} ;
6. No caso de múltiplas vias no ramo principal, elimina-se v_3 no tráfego conflituante de 10 e v_6 no conflituante de 7.

(*) No caso de não existir atravessamento em duas fases, o tráfego conflituante corresponde ao somatório dos tráfegos relativos à 1ª e 2ª fase de atravessamento.

5.1.2 INTERVALO CRÍTICO

O intervalo crítico representa o mínimo intervalo de tempo disponibilizado na corrente principal que permite a entrada de um veículo não prioritário, ou seja o mínimo tempo que o condutor considera aceitável para que consiga avançar ou inserir-se em segurança na corrente principal.

O modelo do HCM admite um comportamento consistente e homogéneo dos condutores pelo que se os intervalos disponibilizados na corrente prioritária são inferiores ao intervalo crítico são rejeitados por todos os condutores, enquanto que face a intervalos superiores são sempre aproveitados.

Para calcular o intervalo crítico usa-se a seguinte expressão

t_c = t_{c,base} + t_{c,HV} \times P_{HV} + t_{c,G} \times G - t_{c,T} - t_{3,LT} \tag{4}

onde:

t_c - Intervalo crítico (seg.)

t_{c,base} - Intervalo crítico de base dado pelo quadro 3 (seg.)

t_{c,HV} - Factor de ajustamento devido aos veículos pesados, tomando o valor de 1.0 para estradas de 2 vias e o valor de 2.0 para estradas 2x2 (seg.)

P_{HV} - Proporção de veículos pesados

t_{c,G} - Factor de ajustamento devido à inclinação das vias, com o valor de 0.1 para os movimentos 9 e 12, e 0.2 para os movimentos 7, 8, 10 e 11 (seg.)

G - Declive longitudinal das vias, em percentagem

t_{c,T} - Factor de ajustamento relacionado com a possibilidade de atravessamento em duas fases, sendo que se o atravessamento for em duas fases o factor é igual a 1.0 para cada uma das fases, e se for numa única fase é de 0.0 (seg.)

t_{3,LT} - Factor de ajustamento relacionado com a geometria da intersecção, tomando-se o valor de 0.7 para o movimento de viragem à esquerda a partir da via secundária de entroncamentos e 0 nos restantes casos (seg.)

5.1.3 INTERVALO MÍNIMO

O intervalo mínimo é o tempo que decorre entre o instante de partida do veículo não prioritário e a chegada do veículo que o precede ao local deixado vago por ele, que corresponde à primeira posição na fila de espera. O seu valor representa o valor médio entre partidas de veículos não prioritários, no caso de não haver tráfego conflituante.

A expressão que permite calcular o intervalo mínimo é dada por:

t_f = t_{f,base} + t_{f,HV} \times P_{HV} \tag{5}

em que:

t_f - Intervalo mínimo (seg.)

t_{f,base} - Intervalo mínimo de base dado pelo quadro 18 (seg.)

t_{f,HV} - Factor de ajustamento relacionado com os veículos pesados, tomando o valor de 0.9 para estradas de 2 vias e o valor de 1.0 para estradas 2x2 (seg.)

P_{HV} - Proporção de veículos pesados

Quadro 18 - Intervalo crítico e mínimo de base

Tipo de Movimento	Intervalo Crítico (t_c)		Intervalo mínimo (t_f)
	2 vias	4 vias	
Vir. Esq. Via prioritária	4,1	4,1	2,2
Vir. Dir. Via secundária	6,2	6,9	3,3
Atravessamento	6,5	6,5	4,0
Vir. Esq. Via secundária	7,1	7,5	3,5

5.2 CAPACIDADE POTENCIAL

A capacidade potencial representa, para certas condições de circulação, o número máximo de veículos que poderiam avançar por unidade de tempo.

Essas condições são as seguintes:

- Não existência de bloqueio originado por cruzamentos a jusante;
- Existência de vias exclusivas afectas a cada movimento;
- Distribuição de veículos na via prioritária não influenciada pela existência de sistemas semafóricos em cruzamentos localizados a montante.

O seu valor corresponde ao número de intervalos de tempo entre veículos sucessivos com duração igual ou superior ao intervalo crítico e, portanto, em condições de serem aceites pelos condutores não prioritários.

A expressão que permite calcular a capacidade potencial é a seguinte:

C_{p,x} = v_{c,x} \frac{\exp(-v_{c,x} \cdot t_c / 3600)}{1 - \exp(-v_{c,x} \cdot t_f / 3600)} \tag{6}

em que:

C_{p,x} - Capacidade potencial do movimento não prioritário x (veíc./h)

v_{c,x} - Volume conflituante com o movimento x (veíc./h)

t_c - Intervalo crítico (seg.)

t_f - Intervalo mínimo (seg.)

5.3 CAPACIDADE REAL

A capacidade real é obtida a partir da capacidade potencial, corrigida por um factor de ajustamento que tem em conta o facto de nem todos os intervalos de tempo considerados aceitáveis poderem ser efectivamente aproveitados pelos condutores não prioritários. Assim, a capacidade real é calculada a partir de:

c_{m,k} = C_{p,k} \times f_k \tag{7}

em que:

C_{m,k} - Capacidade real do movimento não prioritário k (veíc./h)

C_{p,k} - Capacidade potencial do movimento não prioritário k (veíc./h)

f_k - Factor de impedância

5.3.1 IMPEDÂNCIA DOS VEÍCULOS

A impedância dos veículos ocorre sempre que dois veículos não prioritários aguardam simultaneamente por uma oportunidade para avançar e o intervalo de tempo entre veículos prioritários sucessivos aceitável apenas poderá ser utilizado por um deles, sendo que avança em primeiro lugar aquele que pertencer ao nível hierárquico superior.

A quantificação da impedância dos veículos é obtida pela probabilidade de não existirem na intersecção, veículos pertencentes a níveis hierárquicos superiores ao do movimento em estudo, que consequentemente aguardam por um intervalo de tempo aceitável disponibilizado na corrente de tráfego principal para efectuarem o seu movimento.

Essa probabilidade é obtida do seguinte modo:

p_{0,j} = 1 - \frac{v_j}{C_{m,j}} \tag{8}

em que:

p_{0,j} - Probabilidade de não existirem veículos do movimento conflituante j

v_j - Volume de chegada do movimento j (veíc./h)

C_{m,j} - Capacidade real do movimento j (veíc./h)

O factor de ajustamento f_k é dado por:

$$f_k = p_{0,j} \tag{9}$$

Existem porém casos em que um movimento pode sofrer a impedância imposta por mais do que um movimento, pelo que é necessário multiplicar as probabilidades dos diferentes movimentos, admitindo que os seus efeitos são independentes, do que resulta:

$$f_k = \prod_j p_{0,j} \tag{10}$$

em que, f_k é o factor de impedância para o movimento **k**.

No caso particular dos movimentos de nível 4 as probabilidades de existirem veículos pertencentes a níveis hierárquicos superiores não são independentes entre si. Especificamente tem-se verificado que a existência de filas nos movimentos de viragem à esquerda a partir da via principal (1 e 4), afecta a formação de fila dos movimentos de ida em frente a partir via secundária (7 e 10). Assim a adopção do produto destas probabilidades irá provavelmente sobrestimar o efeito de impedância conjunto destes movimentos, no movimento de viragem à esquerda a partir da via secundária. Deve assim reduzir-se esse efeito conjunto através da adopção de um factor ajustado p' resultante da seguinte expressão:

$$p' = 0,65p' - \frac{p''}{p'' + 3} + 0,6\sqrt{p''} \tag{11}$$

em que:

- p' - ajustamento ao factor de impedância relativos aos movimentos de viragem à esquerda a partir da via principal e de atravessamento a partir da via secundária
- $p'' = (p_{0,j})(p_{0,k})$
- $p_{0,j}$ - probabilidade de ausência de veículos do movimento de viragem à esquerda a partir da via principal
- $p_{0,k}$ - probabilidade de ausência de veículos do movimento de atravessamento a partir da secundária

ou seja, para o movimento 7:

$$p''_7 = p_{0,1} \times p_{0,4} \times p_{0,11} \xrightarrow{\text{expressão (11)}} p'_7 \longrightarrow f_7 = p'_7 \times p_{0,12}$$

para o movimento 10:

$$p''_{10} = p_{0,1} \times p_{0,4} \times p_{0,8} \xrightarrow{\text{expressão (11)}} p'_{10} \longrightarrow f_{10} = p'_{10} \times p_{0,9}$$

No entanto na situação de não haver co-existência dos movimentos de viragem à esquerda a partir da via principal e de atravessamento a partir da via secundária, os efeitos da impedância limita-se ao existente. Constata-se assim que os movimentos pertencentes ao *nível hierárquico 2*, não sofrem o efeito de impedância de qualquer outro movimento não prioritário, uma vez que o *nível 1* apenas engloba movimentos prioritários.

$$f_1 = f_4 = f_9 = f_{12} = 1$$

Por sua vez, os movimentos inseridos no *nível hierárquico 3* (atravessamentos 8 e 11), podem sofrer já o efeito da impedância correspondente aos movimentos do *nível hierárquico 2*. Contudo os movimentos de atravessamento apenas disputam os intervalos de tempo disponibilizados na corrente prioritária com os movimentos de viragem à esquerda a partir da via prioritária (movimentos 1 e 4), uma vez que, os movimentos de viragem à direita a partir da via secundária não conflituam com estes movimentos. Significa isto

que os movimentos de atravessamento apenas sofrem a impedância imposta pelos movimentos 1 e 4:

$$f_8 = f_{11} = p_{0,1} \times p_{0,4}$$

Finalmente os movimentos pertencentes ao *nível 4* (viragens à esquerda a partir da via secundária, 7 e 10), têm de ter em consideração as impedâncias relativas aos movimentos do *nível 2* e 3. Assim, os movimentos 7 e 10, sofrerão a impedância imposta pelos movimentos de viragem à esquerda a partir da via prioritária (1 e 4), do atravessamento da via secundária do lado oposto (11 ou 8) bem como da viragem à direita da mesma via (12 ou 9):

$$f'_7 = p_{0,1} \times p_{0,4} \times p_{0,11} \times p_{0,12}$$
$$f'_{10} = p_{0,1} \times p_{0,4} \times p_{0,8} \times p_{0,9}$$

Em resumo, os factores de ajustamento devidos à impedância, para cada movimento não prioritário podem ser obtidos usando o Quadro 19.

Quadro 19 - Factores de ajustamento devido à impedância dos veículos

Factores de impedância		
Viragem à esquerda da via principal (v_1 e v_4)	$f_1=1,0$	$f_4=1,0$
Viragem à direita da via secundária (v_9 e v_{12})	$f_9=1,0$	$f_{12}=1,0$
Atravessamentos (v_8 e v_{11})	$f_8=p_{0,4} \times p_{0,12}$	$f_{11}=p_{0,4} \times p_{0,1}$
Viragem à esquerda da via secundária (v_7 e v_{10})	$f_7=p'_7 \times p_{0,12}$ com,	$f_{10}=p'_{10} \times p_{0,9}$ com,
	$p'_7=p_{0,11} \times p_{0,4} \times p_{0,1}$	$p'_{10}=p_{0,8} \times p_{0,4} \times p_{0,1}$

p' obtém-se a partir da expressão (11)

5.4 CASOS ESPECIAIS

5.4.1 VIAS PARTILHÉUDAS

5.4.1.1 Via Secundária

A metodologia de cálculo de capacidades atrás descrita parte do pressuposto de que existe uma via exclusiva afecta a cada movimento direccional. Quando tal não acontece, isto é, há diferentes movimentos que partilhem a mesma via de tráfego, os veículos que pretendem efectuar diferentes manobras não podem ter acesso em simultâneo a um determinado intervalo de tempo disponibilizado na corrente de tráfego prioritária. Para se resolver este problema, pode-se calcular a capacidade da via partilhéuda, a partir da média ponderada pelos volumes dos inversos das capacidades reais de cada movimento que partilhe essa via. A expressão a utilizar para o caso de uma via partilhéuda por três movimentos direccionais é a seguinte:

$$C_{part} = \frac{v_{dir} + v_{at} + v_{esq}}{\left(\frac{v_{dir}}{C_{m,dir}}\right) + \left(\frac{v_{at}}{C_{m,at}}\right) + \left(\frac{v_{esq}}{C_{m,esq}}\right)} \tag{12}$$

em que:

- C_{part} - Capacidade da via partilhéuda (veíc./h)
- $v_{dir}; v_{at}; v_{esq}$ - Volumes de chegada dos movimentos de viragem à direita, atravessamento e viragem à esquerda (veíc./h)
- $C_{m,dir}; C_{m,at}; C_{m,esq}$ - Capacidades reais dos movimentos de viragem à direita, atravessamento e viragem à esquerda (veíc./h)

5.4.1.2 Via Principal

A metodologia de cálculo de capacidades anteriormente descrita é a que deve ser utilizada quando há uma via exclusiva de viragem à esquerda a partir da via principal. Acontece porém, que muitas vezes tal não acontece, pelo que existe a partilhéu da mesma via pelos movimentos de viragem à esquerda e de atravessamento (podendo ainda haver movimento de viragem à direita). Assim sendo o movimento de viragem à esquerda impõe atrasos aos outros movimentos, pois os veículos que querem efectuar esses movimentos têm que esperar que o veículo que pretende virar à esquerda efectue a correspondente manobra.

Torna-se portanto necessário corrigir os valores dos factores de ajustamento devidos à impedância originados pelos movimentos de viragem à esquerda (1 e 4). A probabilidade da via partilhéuda não formar fila de espera é obtida pela expressão:

$$p_{0j}^* = 1 - \frac{1 - p_{0j}}{1 - \left(\frac{v_{i1}}{s_{i1}} + \frac{v_{i2}}{s_{i2}} \right)}$$
 (13)

em que:

- p_{0j}^* - Probabilidade da via partilhéuda não formar fila de espera
- $p_{0,j}$ - Probabilidade do movimento j não formar fila de espera, assumindo a existência de uma via exclusiva para o movimento de viragem à esquerda
- j - Movimentos 1 e 4 (viragem à esquerda a partir da via principal)
- i1 - Movimentos 2 e 5 (atravessamento a partir da via principal)
- i2 - Movimentos 3 e 6 (viragem à direita a partir da via principal)
- s_{i1} - Débito de saturação do movimento de atravessamento a partir da via principal (veíc./h)
- s_{i2} - Débito de saturação do movimento de viragem à direita a partir da via principal (veíc./h)
- v_{i1} - Débito horário do movimento de atravessamento a partir da via principal (veíc./h)
- v_{i2} - Débito horário do movimento de viragem à direita a partir da via principal (veíc./h)

Substituindo os valores de $p_{0,1}$ e $p_{0,4}$ pelos valores de $p_{0,1}^*$ e $p_{0,4}^*$ no cálculo dos factores de impedância e consequentemente utilizando esses factores na determinação das capacidades dos movimentos dos níveis hierárquicos inferiores, permite considerar-se a influência adicional na potencial formação de fila de espera na via principal, devido ao movimento de viragem à esquerda.

5.4.2 ATRAVESSAMENTOS EM DUAS FASES

Em determinadas situações, como são os casos da existência de separador central, ou desvios das directrizes, é possível garantir a paragem e armazenamento dos veículos no interior do cruzamento, efectuando-se a travessia em duas fases, o que traz consequências ao nível das capacidades (Figura 46).

O cálculo dessas capacidades consiste na subdivisão do cruzamento em duas partes, que estão interligadas por um pequeno troço que assegura a armazenagem de m veículos, sendo necessário conhecer-se e quantificar-se os movimentos conflituantes para cada uma das fases.

O primeiro passo consiste no cálculo da capacidade, assumindo que o movimento se faria numa única fase de atravessamento. De seguida calculam-se as capacidades para cada uma das fases I e II, tendo como dados os volumes conflituantes e os intervalos críticos e mínimos de cada uma das fases.

A capacidade total, considerando o movimento em duas fases, é determinado, com o recurso a duas variáveis auxiliares a e y .

$$a = 1 - 0,32 \exp(-1,3 \sqrt{m})$$
 (14)

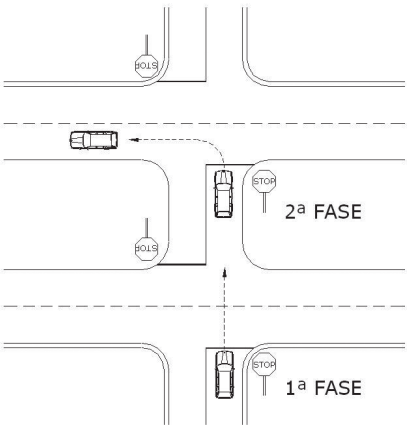


Figura 46 - Atravessamento em 2 fases

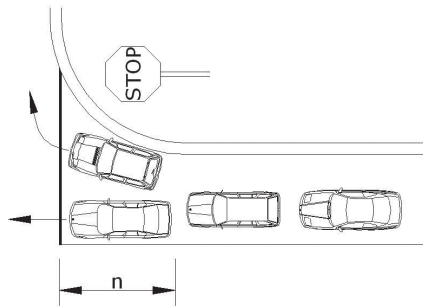


Figura 47 - Efeito de Leque

$$y = \frac{C_I - C_{m,x}}{C_{II} - v_L - C_{m,x}}$$
 (15)

em que:

- m - número de lugares de armazenamento no interior do cruzamento (veíc.)
- C_I - Capacidade do movimento na 1ª fase do processo de atravessamento (veíc./h)
- C_{II} - Capacidade do movimento na 2ª fase do processo de atravessamento (veíc./h)
- v_L - Débito horário do movimento de viragem à esquerda a partir da via prioritária (veíc./h)
- $C_{m,x}$ - Capacidade do movimento não prioritário considerando uma única fase de atravessamento (veíc./h)

Nota - Usar $v_L = v_1$, quando se consideram os movimentos 7 e 8, e $v_L = v_4$, quando se consideram os movimentos 10 e 11

A capacidade total vem:

$$C_T = \frac{a}{y^{m+1} - 1} [y(y^m - 1)(C_{II} - v_L) + (y - 1)C_{m,x}]$$
 para $y \neq 1$ (16)

$$C_T = \frac{a}{m + 1} [m(C_{II} - v_L) + C_{m,x}]$$
 para $y = 1$

5.4.3 EFEITO DO LEQUE

Por vezes, devido às características geométricas da entrada no cruzamento, principalmente o raio da concordância e a formação do leque podem influenciar o valor da capacidade, pois é possível o posicionamento de dois veículos em simultâneo junto à barra de paragem (Figura 47).

A importância desse efeito depende de:

- Repartição direccional do tráfego;
- Probabilidade de se encontrarem dois veículos em simultâneo junto à barra de paragem;
- Comprimento de armazenagem criado.

Considerando que n é o número de veículos ligeiros que conseguem parar em paralelo, sem bloquearem ou alterarem o funcionamento da via partilhéuda, à medida que o valor de n aumenta o valor da capacidade aumenta, desde o valor mínimo, que corresponde ao caso de via partilhéuda ($n=0$), até ao valor máximo, que corresponde ao caso de vias exclusivas ($n_{máx}$).

Deste modo o primeiro passo consiste em calcular o comprimento médio da fila de espera considerando uma via exclusiva de viragem.

$$Q_{sep} = \frac{d_{sep} v_{sep}}{3600}$$
 (17)

em que:

- Q_{sep} - Comprimento médio da fila de espera referente ao movimento, considerando vias exclusivas (veíc.)
- d_{sep} - Atraso médio do movimento considerando vias exclusivas (seg.)
- v_{sep} - Débito horário do movimento (veíc./h)

O comprimento necessário para o leque, de modo a conseguir-se uma capacidade equivalente à de uma via exclusiva, é determinado como se a via de aproximação permitisse o funcionamento idêntico ao das vias exclusivas. Esse comprimento corresponde ao máximo comprimento das filas, considerando vias exclusivas acrescido do comprimento de um veículo:

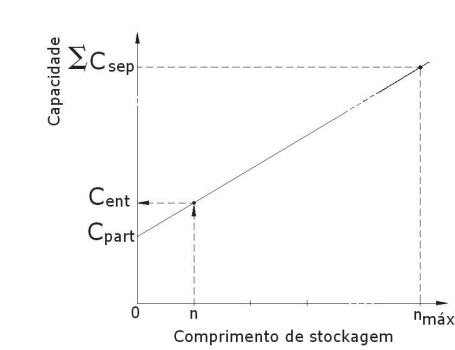


Figura 48 - Capacidade da entrada com leque

$$n_{\text{máx}} = \max_i |(Q_{\text{sep},i} + 1)| \quad (18)$$

em que:

- $Q_{\text{sep},i}$ - Comprimento médio da fila de espera referente ao movimento i da via partilhada, considerando vias exclusivas
- $n_{\text{máx}}$ - Comprimento de armazenamento do leque arredondado à unidade, que resulta num funcionamento similar ao oferecido numa entrada com vias exclusivas de viragem

A capacidade de entrada com leque, C_{ent} em veíc./h é dada pela interpolação linear entre os dois pontos representados na Figura 48 ($\sum C_{\text{sep}}; n_{\text{máx}}$) e ($C_{\text{part}}; 0$).

$$C_{\text{ent}} = \left(\sum_i C_{\text{sep}} - C_{\text{part}} \right) \frac{n}{n_{\text{máx}}} + C_{\text{part}} \quad \text{se} \quad n \leq n_{\text{máx}} \quad (19)$$

$$C_{\text{ent}} = \sum_i C_{\text{sep}} \quad \text{se} \quad n > n_{\text{máx}}$$

em que:

- C_{ent} - Capacidade da entrada com leque, em veíc./h;
- C_{sep} - Capacidade considerando que os movimentos dispõem de vias exclusivas, em veíc./h;
- C_{part} - Capacidade da entrada considerando a via partilhada, em veíc./h.

6. NÍVEIS DE SERVIÇO EM INTERSECÇÕES PRIORITÁRIAS

O critério adoptado para avaliar o nível de serviço em cruzamentos prioritários é o atraso médio por veículo dos movimentos não prioritários. No Quadro 21 são apresentados os vários níveis de serviço e os atrasos a eles associados.

Quadro 21 - Níveis de serviço e atrasos (Fonte: HCM 2000)

Nível de Serviço	Atrasos (seg.)
A	<10
B	10 a 15
C	15 a 25
D	25 a 35
E	35 a 50
F	>50

6.1 DETERMINAÇÃO DO ATRASO

6.1.1 MOVIMENTOS NÃO PRIORITÁRIOS

O atraso médio para cada movimento não prioritário **x** é dado pela seguinte expressão:

$$d = \frac{3600}{C_{m,x}} + 900T \left[\frac{v_x}{C_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v_x}{C_{m,x}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{C_{m,x}} \right) \left(\frac{v_x}{C_{m,x}} \right)}{450T}} \right] + 5 \quad (20)$$

em que:

- d - Atraso médio (seg./veíc.)
- v_x - Débito horário de chegada do movimento x em veíc./h
- $C_{m,x}$ - Capacidade real do movimento x em veíc./h
- T - Período de análise (geralmente 15 min $T=0,25$).

Nota: No caso de se verificar que a procura excede a capacidade num período superior a 15 min, o atraso deve ser calculado para um período de análise igual ao período de saturação.

Por vezes é útil avaliar as condições de circulação de determinada entrada sendo o respectivo atraso dado pela média ponderada dos atrasos médios relativos a cada movimento direccional presente nessa entrada. Assim, o atraso médio de uma determinada entrada, considerando todos os movimentos é dada por:

$$d_A = \frac{d_D v_D + d_{AT} v_{AT} + d_E v_E}{v_D + v_{AT} + v_E} \quad (21)$$

em que:

- d_A - Atraso médio da entrada A (seg./veíc.)
- d_D, d_{AT}, d_E - Atraso médio dos movimentos de viragem à direita, atravessamento e viragem à esquerda (seg./veíc.)
- v_D, v_{AT}, v_E - Volumes de chegada dos movimentos de viragem à direita, atravessamento e viragem à esquerda (veíc./h)

De forma análoga o atraso da intersecção é calculada pela expressão:

$$d_{\text{int}} = \frac{d_{A,1} v_{A,1} + d_{A,2} v_{A,2} + d_{A,3} v_{A,3} + d_{A,4} v_{A,4}}{v_{A,1} + v_{A,2} + v_{A,3} + v_{A,4}} \quad (22)$$

em que:

- d_{int} - Atraso médio da intersecção (seg./veíc.)
- $d_{A,x}$ - Atraso médio da entrada x (seg./veíc.)
- $v_{A,x}$ - Volumes de chegada da entrada x (veíc./h)

51

6.1.2 MOVIMENTO DE ATRAVESSAMENTO E DE VIRAGEM À DIREITA A PARTIR DA VIA PRIORITÁRIA

Quando não existe via exclusiva afecta aos movimentos de viragem à direita e de atravessamento a partir da via prioritária, os movimentos de viragem à esquerda provocam atrasos nesses movimentos. Esse atraso pode ser quantificado da seguinte forma:

$$d_{\text{priorit}} = \begin{cases} \frac{(1 - p_{0,j}^*)(d_{M,LT}) \left(\frac{v_{i,1}}{N} \right)}{v_{i,1} + v_{i,2}} & \text{se } N > 1 \\ (1 - p_{0,j}^*)(d_{M,LT}) & \text{se } N = 1 \end{cases} \quad (23)$$

em que:

- d_{priorit} - Atraso dos movimentos prioritários (seg./veíc.)
- $p_{0,j}^*$ - Proporção de veículos prioritários não bloqueados
- $d_{M,LT}$ - Atraso do movimento de viragem à esquerda a partir da via prioritária (seg./veíc.)
- $v_{i,1}$ - Débito horário do movimento de atravessamento da via prioritária, na via partilhada (veíc./h)
- $v_{i,2}$ - Débito horário do movimento de viragem à direita a partir da via prioritária, na via partilhada (veíc./h)
- N - Número de vias disponibilizadas na via principal

De notar que no caso de vias múltiplas de circulação na via principal, apenas a via que pode ser bloqueada é que deve entrar nos cálculos, pelo que $v_{i,1}$ e $v_{i,2}$ devem ser contabilizados como os correspondentes aos débitos horários na via efectivamente bloqueada. Simplificadamente considera-se $v_{i,1}=v_i/N$.

6.2 DETERMINAÇÃO DO COMPRIMENTO DAS FILAS DE ESPERA

A avaliação da evolução do comprimento das filas de espera, permite quantificar os comprimentos mínimos de armazenamento a afectar a cada movimento, bem como avaliar as perturbações que possam causar nos cruzamentos localizados a montante.

A figura 45 permite determinar o comprimento da fila de espera referente ao percentil 95, para qualquer movimento não prioritário em função da capacidade e da procura de tráfego durante o período de análise de 15 minutos.

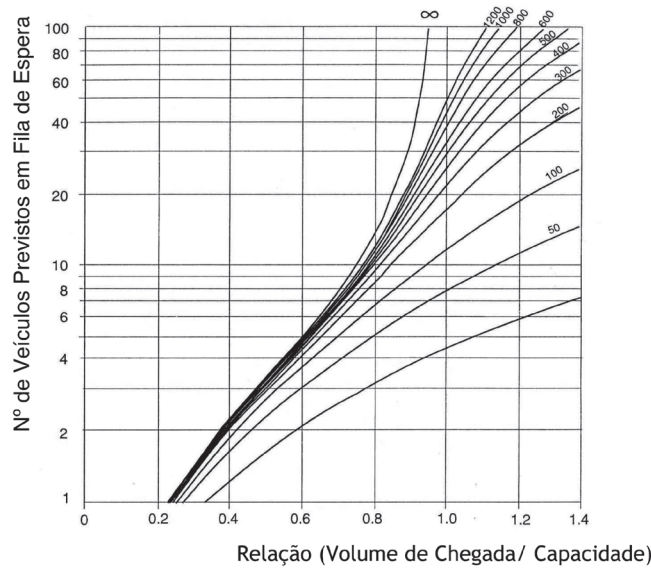


Figura 49 - Comprimento da fila de espera

Pode também ser obtida analiticamente através da expressão:

$$Q_{95} \approx 900T \left[\frac{v_x}{C_{m,x}} - 1 + \sqrt{\left(\frac{v_x}{C_{m,x}} - 1 \right)^2 + \frac{\left(\frac{3600}{C_{m,x}} \right) \left(\frac{v_x}{C_{m,x}} \right)}{150T}} \right] \left(\frac{C_{m,x}}{3600} \right) \quad (24)$$

em que:

Q_{95} - Comprimento da fila de espera (veíc.)

v_x - Débito horário de chegada do movimento x em veíc./h

$C_{m,x}$ - Capacidade real do movimento x em veíc./h

T - Período de análise (geralmente 15 min T=0,25)

No entanto se assumirmos condições estacionárias, o comprimento médio da fila de espera é dada por:

$$L_{med,x} = d \times \frac{v_x}{3600} \quad (25)$$

em que:

$L_{med,x}$ - Comprimento médio da fila de espera em veíc.

d - Atraso médio do movimento x em seg./veíc..

v_x - Débito horário do movimento x, em veíc./h

BIBLIOGRAFIA

Austroads, 1988 - Intersections at Grade - Guide to Traffic Engineering Practice, part 5, Sydney, Australia

Bastos Silva, A.M. & Seco, A.J.M., 2002 - Cruzamentos Prioritários e de Prioridade à direita - Textos didácticos - 2ª Edição, Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

HMSO, 1987, Roads and Traffic in Urban Areas - The Institution of Highways and Transportation with the Department of Transport

JAÉ P5/90, Norma de Intersecções - Junta Autónoma de Estradas, 1990

Macedo, J.M.G., 2005 Selecção da Tipologia de Cruzamentos em Função da Procura- Dissertação de Mestrado em Vias de Comunicação - FEUP, Março.

O’Flaherty, C.A. et al., 1997 Transport Planning and Traffic Engineering - Arnold, London, U.K.

Seco, A.J.M., 1991 Driver Behaviour at Uncontrolled Junctions- PhD Thesis - April.

TRB, 2000, Highway Capacity Manual - Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.

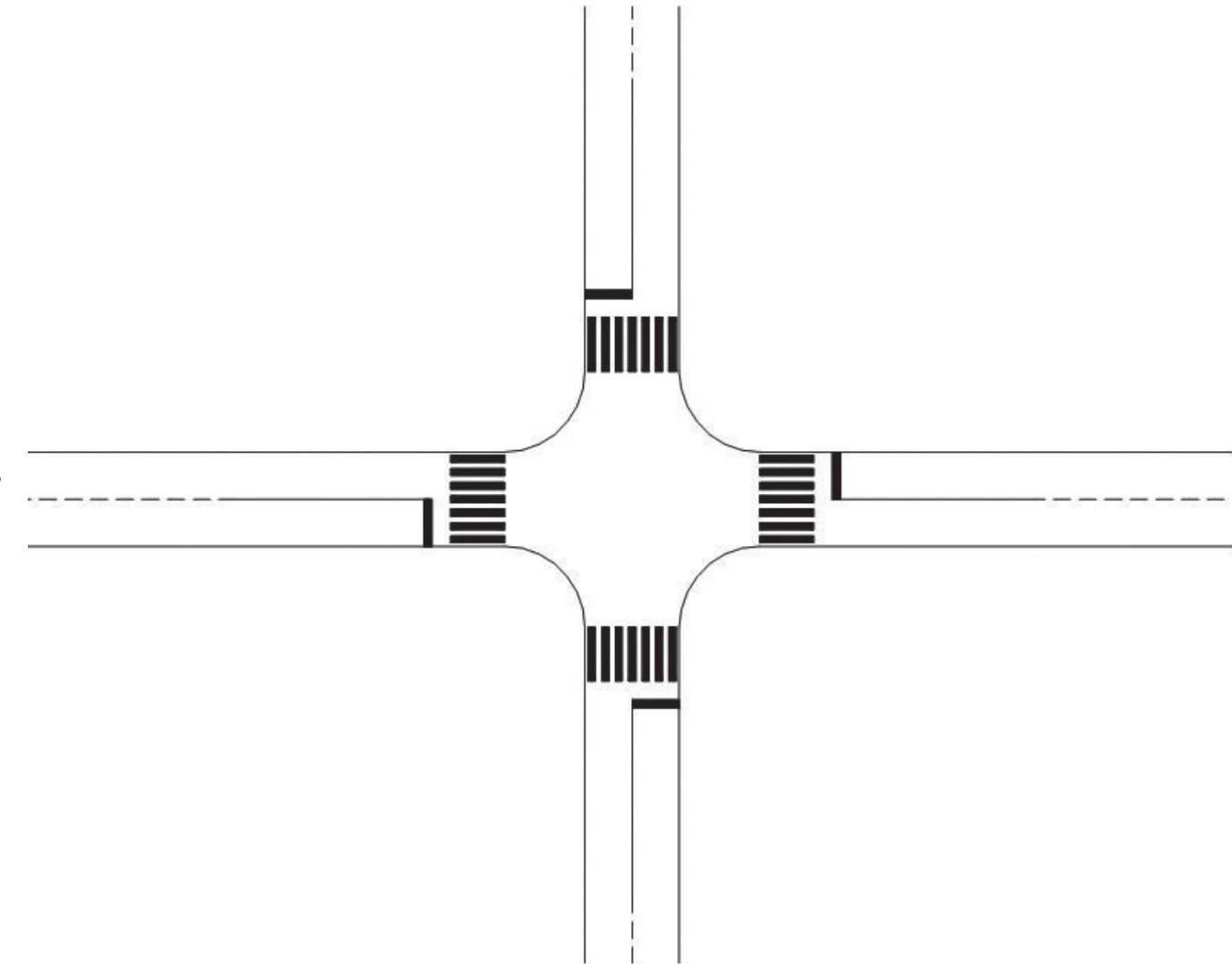
TD 42/95, Geometric Design of Major/minor Priority Junctions - Department of Transport - Volume 6, Section 2, Part 6 of Design Manual for Roads and Bridges- Road Geometry Juntions, U.K., January, 1995

ANEXOS

EXEMPLOS DE CONFIGURAÇÕES GEOMÉTRICAS DE CRUZAMENTOS PRIORITÁRIOS

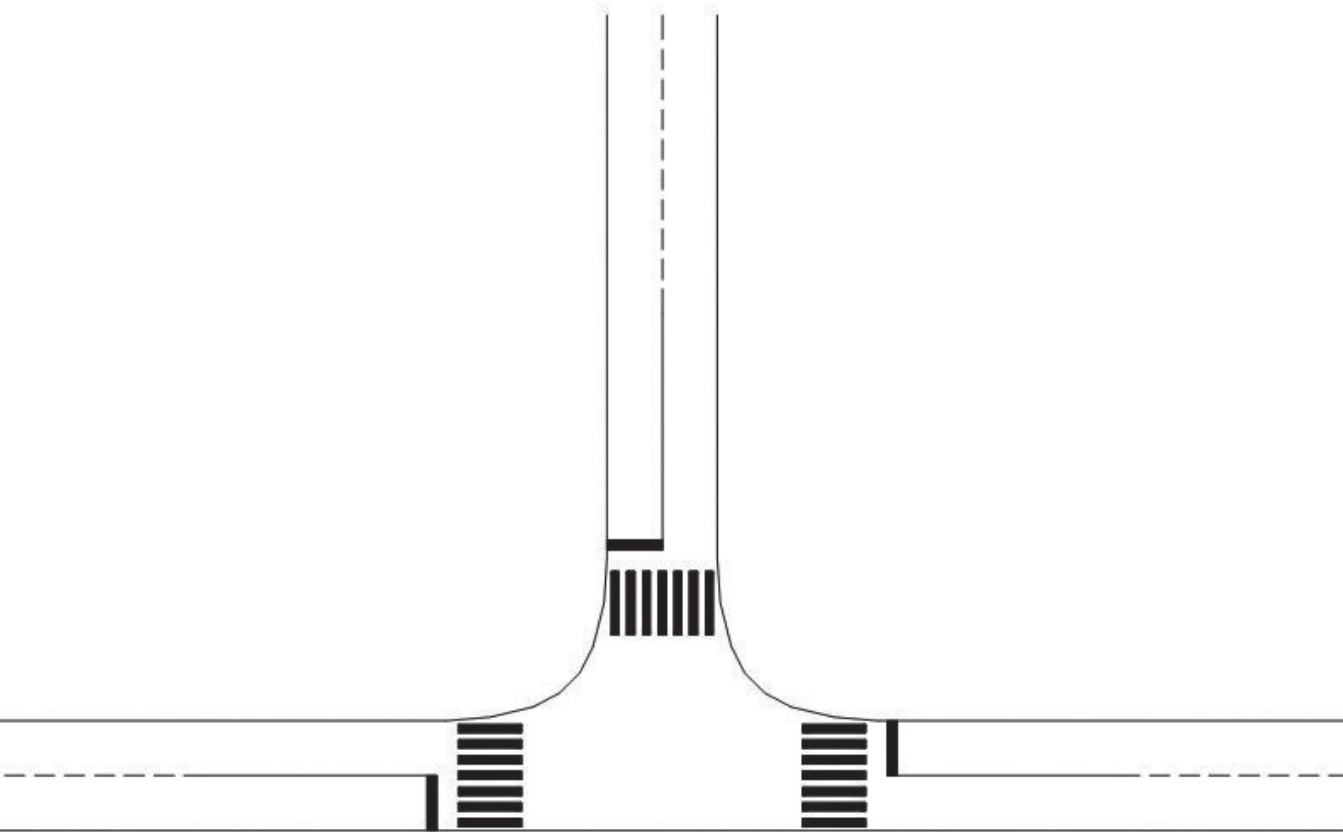
INTERSECÇÃO DE 4 RAMOS SEM CANALIZAÇÃO

- LARGURA DAS VIAS - 3,5M
- RAIOS SIMPLES DE 6,0M



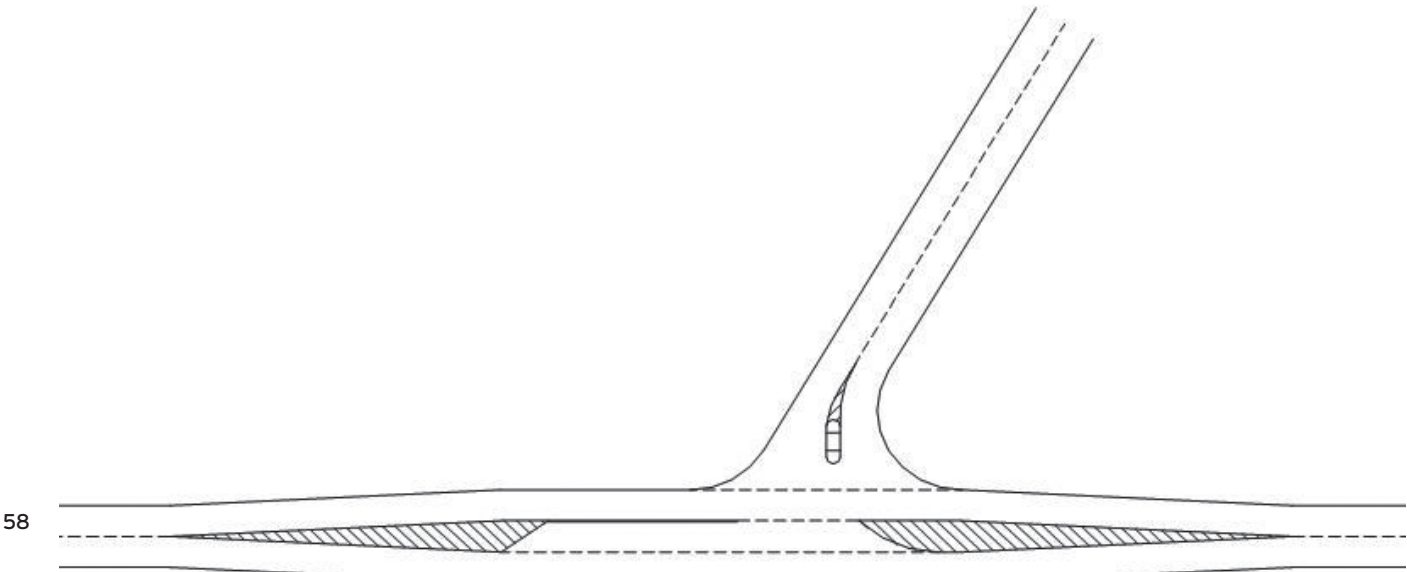
INTERSECÇÃO DE 3 RAMOS SEM CANALIZAÇÃO

- LARGURA DAS VIAS - 3,5M
- CURVA COMPOSTA - 18,0M - 6,0M - 18,0M



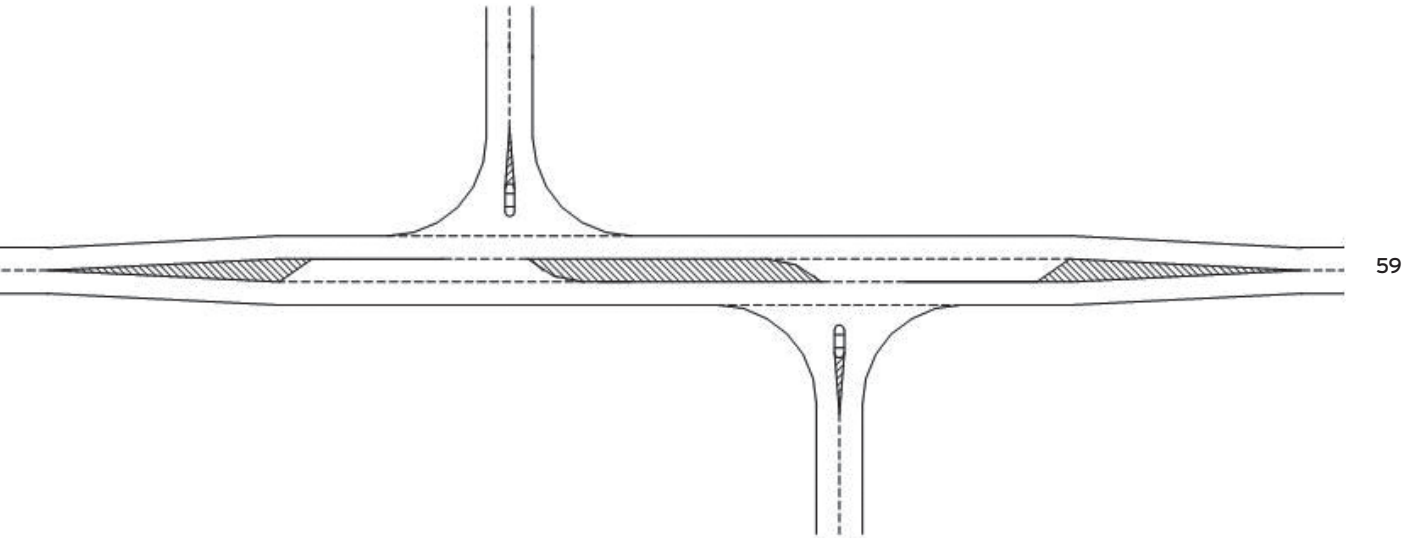
INTERSECÇÃO DE 3 RAMOS COM CANALIZAÇÃO PINTADA

- LARGURA DAS VIAS - 3,5M
- LARGURA DA VIA DE DESACELERAÇÃO À ESQUERDA - 3,5M
- COMPRIMENTO TOTAL DA VIA DE DESACELERAÇÃO - 25,0 M / BISEL - 5,0 M
- CURVA COMPOSTA - 27,0M - 9,0M - 27,0M
- TRANSIÇÃO ENTRE PERFIS TRANSVERSAIS - RÁCIO 1:20



INTERSECÇÃO DE 3 RAMOS ENVIESADA COM CANALIZAÇÃO PINTADA

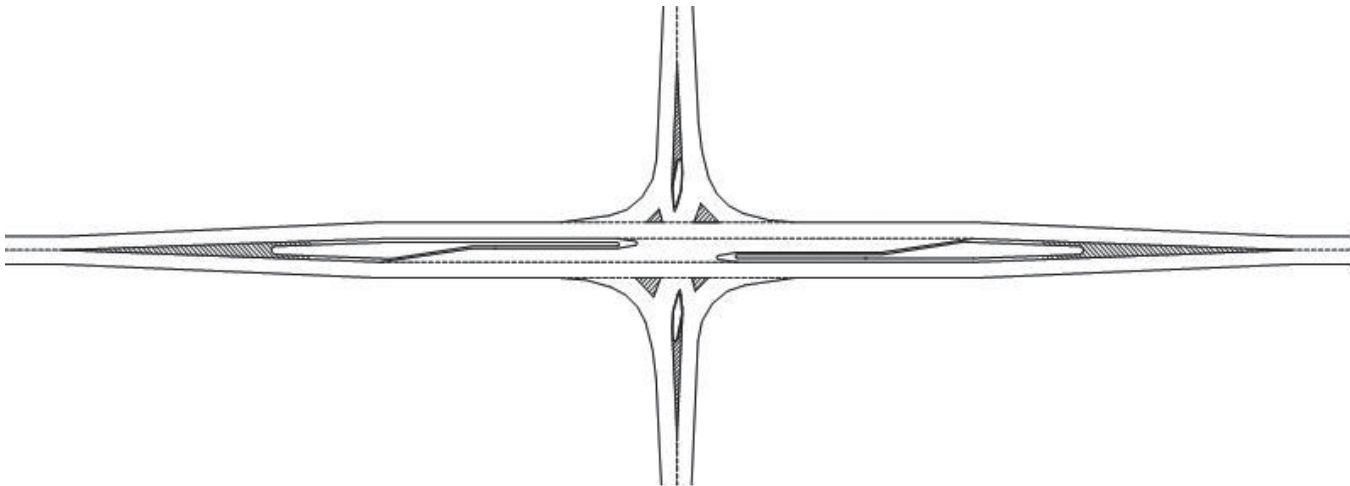
- LARGURA DAS VIAS - 3,5M
- LARGURA DA VIA DE DESACELERAÇÃO À ESQUERDA - 3,5M
- COMPRIMENTO TOTAL DA VIA DE DESACELERAÇÃO - 25,0M / BISEL - 5,0M
- RAIOS SIMPLES DE 15,0M
- TRANSIÇÃO ENTRE PERFIS TRANSVERSAIS - RÁCIO 1:20



INTERSECÇÃO DE 4 RAMOS COM CANALIZAÇÃO MATERIALIZADA

- LARGURA DAS VIAS - 3,5M
- LARGURA DAS VIAS DE DESACELERAÇÃO À ESQUERDA - 3,5M
- COMPRIMENTO TOTAL DAS VIAS DE DESACELERAÇÃO - 65,0M / BISEL - 25,0M
- CURVAS COMPOSTAS (45,0M - 15,0M - 45,0M) E ALARGAMENTO DAS ENTRADAS (L=32M ; RÁCIO 1:8)
- TRANSIÇÃO ENTRE PERFIS TRANSVERSAIS - RÁCIO 1:25

60



INTERSECÇÃO DE 3 RAMOS COM CANALIZAÇÃO MATERIALIZADA

- LARGURA DAS VIAS - 3,5M
- LARGURA DAS VIAS DE DESACELERAÇÃO À ESQUERDA - 3,5M
- COMPRIMENTO TOTAL DAS VIAS DE DESACELERAÇÃO - 65,0M / BISEL - 25,0M
- COMPRIMENTO TOTAL DA VIA DE ACELERAÇÃO - 100,0M
- RAIOS SIMPLES - 25,0M

61

