



Divisão de Infra-estruturas de Transportes

DIMENSIONAMENTO DE VIAS DEDICADAS AO TRANSPORTE PÚBLICO RODOVIÁRIO DE PASSAGEIROS

Relatório Final



Dezembro 2005



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

DIMENSIONAMENTO DE VIAS DEDICADAS AO TPRP

Coordenação:

- *José Mendes dos Reis, Eng^o*
Chefe da Divisão de Infra-Estruturas de Transportes

Elaborado por:

- *Maria Cristina Delgado, Eng^a*
Assessora
- *Isabel da Silveira Botelho, Eng^a*
Técnica Superior Principal

Lisboa, Dezembro de 2005



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

ÍNDICE GERAL

	Pág.
1. INTRODUÇÃO	1
2. CONCEITOS	2
2.1. CAPACIDADE DE UMA CARREIRA DE TRANSPORTES PÚBLICOS (TRANSIT CAPACITY)	2
2.2. VIA RESERVADA À CIRCULAÇÃO DE AUTOCARROS (VIA BUS)	3
2.3. ÁREA DE EMBARQUE (LOADING AREA)	3
2.4. PERÍODO DE IMOBILIZAÇÃO NUMA PARAGEM (DWELL TIME)	4
2.5. TEMPO DE LIMPEZA (CLEARANCE TIME)	5
2.6. COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DO PERÍODO DE IMOBILIZAÇÃO NUMA PARAGEM (DWELL TIME VARIABILITY)	6
2.7. MARGEM DE ERRO (FAILURE RATE)	6
3. DIMENSIONAMENTO	7
3.1. DETERMINAÇÃO DO PERÍODO DE IMOBILIZAÇÃO NUMA PARAGEM (DWELL TIME)	7
3.1.1. Medição Directa	7
3.1.2. Valores Empíricos	9
3.1.3. Cálculo	9
3.2. DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE LIMPEZA	12
3.3. VALORES PARA MARGEM DE ERRO (FAILURE RATE)	13
3.4. DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE UMA ÁREA DE EMBARQUE	14
3.5. DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE UMA PARAGEM	15
3.6. DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE VIAS RESERVADAS À CIRCULAÇÃO DE AUTOCARROS (VIAS BUS) EM MEIO URBANO	17



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

	Pág.
3.7. DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DA VIA BUS EM TERMOS DE PASSAGEIROS	20
3.8. AJUSTAMENTO DA CAPACIDADE DA VIA QUANDO A CIRCULAÇÃO DOS AUTOCARROS SE PROCESSA CONJUNTAMENTE COM O TRÁFEGO GERAL .	21
3.9. DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE CIRCULAÇÃO EM VIAS BUS	22
3.10. DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE CIRCULAÇÃO DOS AUTOCARROS EM VIAS DE TRÁFEGO MISTO	23
3.11. INFLUÊNCIA DO VOLUME DE AUTOCARROS NAS CONDIÇÕES DE CIRCULAÇÃO NUMA VIA BUS	24
4. QUALIDADE DO SERVIÇO	25
4.1. FREQUÊNCIA DO SERVIÇO	27
4.2. HORAS DE SERVIÇO POR DIA	28
4.3. CONFORTO DO PASSAGEIRO NO EMBARQUE E DURANTE A VIAGEM	29
4.4. FIABILIDADE	30
4.4.1. PONTUALIDADE	30
4.4.2. CONSISTÊNCIA DO INTERVALO ENTRE PASSAGENS	31
5. EXEMPLOS PRÁTICOS	33
5.1. DWELL TIME	33
5.2. DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE UMA VIA BUS	37
6. CONCLUSÃO	40



ÍNDICE DE QUADROS

	Pág.
QUADRO I - Exemplo de quadro para registo dos dados recolhidos por medição directa	8
QUADRO II - Tempo necessário às operações de embarque e de desembarque (1 porta de embarque)	10
QUADRO III - Período necessário às operações de embarque e de desembarque (mais do que uma porta de embarque) ..	11
QUADRO IV - Período adicional, necessário para o veículo reentrar na via de tráfego	12
QUADRO V - Valores de Z em função da margem de erro	13
QUADRO VI - Factor de Eficiência (paragem em plena via com áreas de embarque em linha)	16
QUADRO VII - Factor de Correção (localização da paragem)	19
QUADRO VIII - Capacidade de Viragens à Direita na Intersecção	20
QUADRO IX - Valores de t_r em min/Km	23
QUADRO X - Valores de t_l em min/Km	23
QUADRO XI - Factor de ajustamento da velocidade	24
QUADRO XII - Nível de Serviço em função da frequência	27
QUADRO XIII - Níveis de Serviço em função do número de horas diários em que o serviço é prestado	28
QUADRO XIV - Níveis de Serviço associados ao conforto do passageiro no embarque	29
QUADRO XV - Níveis de Serviço associados a pontualidade	31
QUADRO XVI - Níveis de Serviço associados a consistência do intervalo entre passagens	32



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIG.1 Exemplo de Paragem de Autocarro com duas AE (Área de embarque)	3
FIG.2 Exemplo de Paragem em plena via com três AE (Área de embarque)	16
FIG.3 Desempenho do serviço de TPRP sob as várias perspectivas	26



DIMENSIONAMENTO DE VIAS DEDICADAS AO TRANSPORTE PÚBLICO RODOVIÁRIO DE PASSAGEIROS

1. INTRODUÇÃO

Com a implementação de vias dedicadas ao transporte público rodoviário de passageiros e de outras medidas de prioridade associadas, pretende-se em última análise, atingir velocidades médias mais elevadas diminuindo assim o tempo de percurso de determinadas carreiras, conferindo fiabilidade aos horários, aumentando a confiança dos utentes no sistema e estimulando a procura.

Os factores que influenciam a capacidade do transporte público rodoviário encontram-se directamente relacionados com as características dos veículos de transporte, da política de operação, das infra-estruturas rodoviárias, das paragens de autocarros, do fluxo de passageiros e do tráfego geral.

Neste documento são abordados os problemas que mais frequentemente ocorrem em corredores que servem zonas de ocupação predominantemente comercial e de serviços ou em zonas centrais urbanas servidas por muitas carreiras de transporte público rodoviário e em que os movimentos de subida e descida de passageiros são intensos, gerando conflitos nas paragens, filas e atrasos no sistema de transportes.

Pretende-se, assim, indicar métodos de cálculo com vista ao dimensionamento das paragens de autocarros e respectivas áreas de embarque, bem como das vias dedicadas ao TP, vulgarmente designadas vias “Bus”.



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

A implementação de qualquer medida com vista de prioridade à circulação do transporte público reflecte-se invariavelmente nas condições de circulação do tráfego geral.

Assim, a decisão relativa à implementação de medidas de prioridade ao TPRP deverá ter em conta o número de passageiros beneficiados e não apenas o número de veículos, uma vez que um único autocarro poderá transportar o equivalente aos transportados por vários veículos de transporte individual.

2. CONCEITOS

2.1. CAPACIDADE DE UMA CARREIRA DE TRANSPORTES PÚBLICOS (TRANSIT CAPACITY)

A capacidade de uma carreira reflecte a interacção entre o fluxo de veículos e o tráfego de passageiros, sendo função de um conjunto de parâmetros, tais como a frequência e a dimensão dos veículos.

A capacidade pode ser expressa em termos de passageiros ou em termos de veículos:

A **capacidade em termos de passageiros** é medida em número de passageiros por hora e corresponde ao número máximo que pode ser transportado de um determinado local, durante um certo intervalo de tempo em condições de operação especificadas; sem atrasos relevantes, acidentes ou restrições e com razoável fiabilidade.

Capacidade em termos de veículos corresponde ao número máximo de autocarros que pode passar num determinado local, durante um certo intervalo de tempo e é determinada para áreas de embarque, paragens de autocarro/estações ou interfaces, vias Bus e linhas de autocarro (carreiras).



2.2. VIA RESERVADA À CIRCULAÇÃO DE AUTOCARROS (VIA BUS)

Como o próprio nome indica, trata-se de vias destinadas à utilização exclusiva por veículos de transporte público rodoviário.

A capacidade de uma via Bus pode, como em §2.1., expressar-se em termos de veículos e de passageiros.

Para efeitos de cálculo da capacidade, podem distinguir-se os seguintes tipos de vias Bus em função da possibilidade de os autocarros utilizarem uma via adjacente para ultrapassar outros autocarros:

- Tipo I – Via Bus sem via adjacente;
- Tipo II – Via Bus com uso parcial de uma via adjacente;
- Tipo III – Vias Bus com duas vias reservadas à circulação exclusiva de transportes públicos.

2.3. ÁREA DE EMBARQUE (LOADING AREA)

Corresponde ao espaço necessário para um autocarro parado efectuar as operações de embarque e desembarque de passageiros.

Numa paragem de autocarros podem existir várias áreas de embarque e cada área de embarque pode servir uma ou mais carreiras.

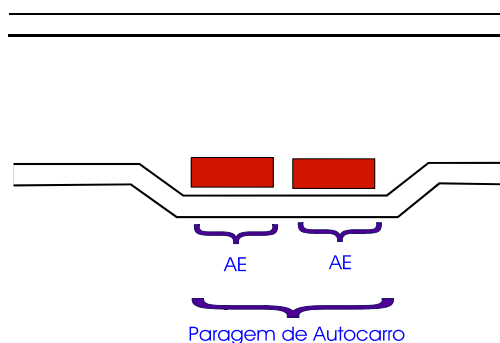


Fig.1 - Exemplo de Paragem de Autocarro com duas AE (Área de embarque)



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

A capacidade da área de embarque é função dos seguintes parâmetros abordados neste documento:

- Período de Imobilização numa Paragem;
- Tempo de Limpeza;
- Coeficiente de Variação do Período de Imobilização;
- Margem de Erro.

2.4. PERÍODO DE IMOBILIZAÇÃO NUMA PARAGEM (DWELL TIME)

Corresponde ao intervalo de tempo em que o veículo se encontra imobilizado numa determinada paragem para efectuar as operações de embarque e desembarque de passageiros, incluindo o período necessário para abrir e fechar as portas.

O período de imobilização de um autocarro numa paragem depende dos seguintes factores:

- **Volume de passageiros a embarcar e a desembarcar** – quanto maior for o volume de passageiros a embarcar e desembarcar, maior será o período necessário para realizar estas operações e portanto maior será o período de imobilização do veículo na paragem;
- **Espaçamento entre paragens** – quanto menor for o número de paragens, tanto maior será o número de passageiros em cada paragem e portanto, maior o tempo de imobilização do autocarro na paragem. Por outro lado, quanto maior for o número de paragens, menor será a velocidade média da viagem devido ao tempo perdido em acelerações e desacelerações. Torna-se portanto necessário encontrar um ponto de equilíbrio entre aquelas situações, tendo em atenção que o espaçamento entre paragens é determinante para as distâncias que os passageiros são obrigados a percorrer a pé.



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

- **Método de pagamento dos títulos de transporte** – o tempo médio requerido para efectuar o pagamento do título de transporte afecta igualmente o período de imobilização do veículo na paragem. Existem sistemas de pagamento que permitem o embarque dos passageiros por mais do que uma porta, proporcionando assim uma maior rapidez no serviço. Minimizar o período necessário é um factor chave para diminuir o tempo de imobilização do autocarro na paragem;
- **Tipo e dimensão do autocarro** – o período necessário para efectuar as operações de embarque e desembarque é influenciado pela existência ou não de piso rebaixado no veículo, uma vez que a necessidade de subir ou descer escadas aumenta o tempo requerido para as operações de embarque e desembarque dos passageiros. Do mesmo modo, a existência de passageiros viajando em pé aumenta o tempo requerido para o embarque, na medida em que os primeiros têm que se deslocar dentro do veículo, de modo a disponibilizar espaço para os passageiros que embarcam. A existência ou não de várias portas permitindo o embarque e desembarque em simultâneo influencia o período necessário para efectuar estas operações e, portanto, o período de imobilização do autocarro na paragem.

2.5. TEMPO DE LIMPEZA (CLEARANCE TIME)

Corresponde ao intervalo de tempo, após o fecho das portas na sequência das operações de embarque e desembarque, necessário para um autocarro iniciar a marcha e libertar a área de embarque. No caso da paragem se situar em espaço reservado – gare de paragem – aquele intervalo deverá ser acrescido do tempo necessário para o veículo reentrar na via de circulação.



2.6. COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DO PERÍODO DE IMOBILIZAÇÃO NUMA PARAGEM (DWELL TIME VARIABILITY)

Este factor reflecte a variação dos períodos de imobilização numa paragem dos vários autocarros que a utilizam. Corresponde à razão entre o desvio padrão dos períodos de imobilização observados e a média aritmética dos períodos de imobilização.

Nos EUA este valor varia normalmente entre 40% e 80%. A literatura norte-americana consultada recomenda a adopção de 60% para este parâmetro, na ausência de dados de campo.

2.7. MARGEM DE ERRO (FAILURE RATE)

Reflecte a probabilidade de uma área de embarque se encontrar ocupada aquando da chegada de um autocarro.

Este factor é utilizado em conjunto com a variação e a média dos períodos de imobilização para obter uma margem de operação que é adicionada ao período de imobilização e ao tempo de limpeza com o objectivo de garantir que a área de embarque não se encontra ocupada com uma frequência superior à desejada.

A referida margem de operação consiste no máximo intervalo de tempo que o período de imobilização de um determinado autocarro pode ser excedido sem criar problemas no funcionamento da paragem, quando a sua capacidade se encontra próxima do limite.

Quanto maior for o valor da margem de erro a utilizar no cálculo, tanto maior será a capacidade da paragem e menor será a fiabilidade dos horários.



3. DIMENSIONAMENTO

3. 1. DETERMINAÇÃO DO PERÍODO DE IMOBILIZAÇÃO NUMA PARAGEM (DWELL TIME)

A determinação do período de imobilização numa paragem pode ser realizada por um dos seguintes métodos:

3.1.1. *Medição Directa* – é o mais adequado para carreiras existentes. Neste método o observador deve percorrer várias vezes todo o percurso da carreira, a diferentes horas do dia. Se se tratar de um autocarro com 2 portas (12 m), um observador é suficiente para monitorizar ambas as portas. No caso de se tratar de um autocarro articulado, a monitorização pode tornar-se difícil e requerer mais do que um elemento para esta operação. A medição do tempo de imobilização processa-se do seguinte modo:

- a) Anotar o nome ou número de cada paragem;
- b) Anotar a hora a que o veículo pára completamente;
- c) Anotar a hora a que abre completamente as portas;
- d) Contar e anotar o número de passageiros que desembarcam e o número de passageiros que embarcam;
- e) Anotar a hora a que termina o maior fluxo de passageiros;
- f) Terminados os movimentos de passageiros, contar e anotar o número de passageiros existentes no autocarro (quando se conhece o número de lugares sentados, este valor pode estimar-se pela contagem de lugares vagos ou pelo número de passageiros em pé);
- g) Anotar a hora a que o veículo inicia a marcha (as esperas nas paragens junto a intersecções sinalizadas em que o período de imobilização é



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

acrescido devido à espera do sinal verde devem ser anotadas mas não contabilizadas para efeitos da determinação do período de imobilização (dwell time). Um atraso devido a um pedido de informação de um passageiro é uma situação frequente e deve ser tida em consideração na determinação do período de imobilização (dwell time), enquanto que o tempo perdido em virtude da perda de um objecto ou outra situação do género, não é corrente e por isso não deve ser tomada em consideração no cálculo.

- h) Devem ser anotadas todas as circunstâncias especiais que influenciem o período de imobilização do veículo na paragem.

A título de exemplo apresenta-se um quadro que poderá ser utilizados pelo(s) observador(es) para o registo dos dados recolhidos por medição directa:

Quadro I – Exemplo de quadro para registo dos dados recolhidos por medição directa

Período de imobilização nas paragens - Recolha de dados(*) nº _____											
Data _____		Hora _____		Autocarro nº _____			Tipo de veículo _____				
Carreira _____		Circulação nº _____		Direcção _____							
Parag. Nº/ Nome	Chegada (h)	Abert. Portas (h)	Fim Fluxo Passag. (h)	Fecho de Por- tas (h)	Início de Marcha (h)	Passageiros Embarcados (nº passag.)		Passageiros Desembarcados (nº passag.)		Passag. a Bordo (nº)	Notas
						Frente	Tras.	Frente	Tras.		

(*) Nos casos em que os dados relativos aos tempos de serviço dos passageiros não sejam necessários, poderão ser omitidos os registos das colunas relativas a abertura das portas, final do fluxo de passageiros e fecho de portas.



3.1.2. Valores Empíricos – este método de determinação do período de imobilização numa paragem é adequado para o planeamento de novas carreiras nos casos em que não existam estimativas fiáveis relativas aos volumes de embarque e desembarque de passageiros. De acordo com o Transit Capacity and Quality of Service Manual, podem ser adoptados os seguintes valores para a paragem de autocarro mais movimentada (crítica), tendo em atenção a respectiva localização:

- 60 s - centro da cidade, interface;
- 30 s – zona periférica muito movimentada;
- 15 s – zona periférica típica.

3.1.3. Cálculo – adequado para os casos em que existem contagens ou estimativas fiáveis relativas aos volumes de embarque e desembarque de passageiros. A determinação do tempo de imobilização por este método, processa-se do seguinte modo:

- a) obtenção do volume estimado de passageiros por hora nas paragens com maior volume;
- b) determinação do factor de ponta horário, através da seguinte equação:

$$FPH = \frac{P_h}{4P_{15}}$$

equação 1

em que:

FPH = factor de ponta horário;

P_h = volume de passageiros durante a hora de ponta;

P_{15} = volume de passageiros durante os 15 minutos mais carregados.

O factor de ponta horário varia, normalmente, entre 0,60 e 0,95. Na ausência de mais informação pode adoptar-se 0,75 (valor empírico) para serviços de autocarro nos quais o horário não se encontra ajustado para



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

acomodar os picos de procura. Quando o horário se encontra ajustado para servir picos previsíveis de procura, pode adoptar-se o valor de 0,85 para FPH, como valor empírico. Um valor da ordem de 1,0 pode indicar um sistema sobrecarregado e revelar a necessidade de utilizar mais autocarros. Se o sistema operar com intervalos entre autocarros superiores a 15 min, o denominador da “equação 1” deverá ser ajustado (p. ex: 3P20 para intervalos de 20 min).

- c) Determinação do período que demora o embarque e desembarque (tempo de serviço) de passageiros em condições pré-determinadas:
- quando todos os passageiros embarcam por uma única porta podem ser utilizados os valores constantes no quadro seguinte:

Quadro II – Tempo necessário às operações de embarque e de desembarque (1 porta de embarque)

<i>Tempo de serviço dos passageiros (seg / pessoa)</i>		
<i>Situação</i>	<i>Intervalo observado</i>	<i>Valor empírico sugerido</i>
Embarque		
Pré-pagamento	2,25 – 2,75	2,5
Título de transporte simples	3,4 – 3,6	3,5
Pagamento com quantia certa	3,6 – 4,3	4,0
Cartão magnético	4,2	4,2
Smart card	3,0 – 3,7	3,5
Desembarque		
Porta frontal	2,6 – 3,7	3,3
Porta traseira	1,4 – 2,7	2,1



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

- quando existe a possibilidade do embarque de passageiros se processar por mais do que uma porta e os títulos de transporte não possam ser adquiridos a bordo (p. ex: free shuttles, proof-of-payment ou pay-on-exit fare collection ou o embarque processar-se através de uma área dentro da qual só se acede após proceder ao pagamento do título de transporte). Neste caso pode utilizar-se o quadro seguinte:

Quadro III – Período necessário às operações de embarque e de desembarque (mais do que uma porta de embarque)

Tempo de serviço dos passageiros – Valor a adoptar (seg / pessoa)			
Nº Portas	Embarque	Desembarque pela porta frontal	Desembarque pela porta traseira
1	2,5	3,3	2,1
2	1,5	1,8	1,2
3	1,1	1,5	0,9
4	0,9	1,1	0,7
6	0,6	0,7	0,5

Nota: No caso de existirem passageiros de pé, os períodos de embarque deverão ser aumentados em 20%. No caso de autocarros de piso rebaixado dever-se-ão reduzir os períodos de embarque de 20%, desembarque por porta frontal em 15% e desembarque por porta traseira em 25%.

- d) Ajustamento do tempo de serviço dos passageiros para fortes fluxos bidireccionais através de uma única porta – Quando 25 a 50% do fluxo de passageiros através de uma única porta se movimenta em sentido contrário ao principal fluxo de passageiros, dever-se-á acrescer os tempos de serviços de embarque e desembarque de passageiros em 20% a fim de ter em conta o congestionamento de passageiros junto á porta.
- e) Cálculo do período de imobilização (Dwell Time) – o período de imobilização corresponde ao intervalo de tempo necessário para servir os passageiros na porta mais carregada, acrescido do período necessário para abrir e fechar as portas. Em condições de operação normais consideram-se aceitáveis valores entre 2 e 5 seg.



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

$$t_i = P_d t_d + P_e t_e + t_{af}$$

equação 2

em que:

t_i = tempo médio de imobilização (seg);

P_d = passageiros que desembarcam pela porta mais movimentada (pess);

t_d = tempo de serviço dos passageiros desembarcados (seg/pess);

P_e = passageiros que embarcam pela porta mais movimentada (pess);

t_e = tempo de serviço dos passageiros embarcados (seg/pess);

t_{af} = período correspondente à abertura e fecho de portas (seg).

3.2. DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE LIMPEZA

De acordo com observações realizadas, o período necessário para um autocarro iniciar a marcha e libertar a área de embarque é de cerca de 10 seg.

Nas paragens localizadas em espaço reservado, o período adicional, necessário para o veículo reentrar na via de tráfego poderá ser determinado por observação directa ou estimado em função do tráfego na via adjacente, através do quadro seguinte:

Quadro IV

Período adicional, necessário para o veículo reentrar na via de tráfego

Volume de tráfego misto na via adjacente (veic./h)	Período necessário à reentrada do veículo na via adjacente (seg.)
100	0
200	1
300	2
400	3
500	4
600	5
700	7

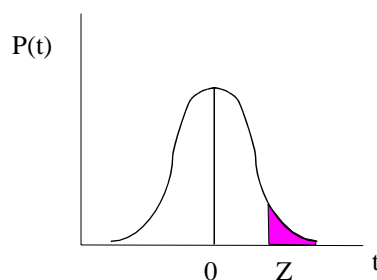


MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

Volume de tráfego misto na via adjacente (veic./h)	Período necessário à reentrada do veículo na via adjacente (seg.)
800	9
900	11
1000	14

3.3. VALORES PARA MARGEM DE ERRO (FAILURE RATE)

No quadro seguinte apresenta-se a relação entre a margem de erro desejada e os valores de Z , sendo esta uma variável normal padrão correspondente àquela margem de erro numa curva de Gauss:



Quadro V – valores de Z em função da margem de erro

Margem de Erro (%)	Z
1.0	2.330
2.5	1.960
5.0	1.645
7.5	1.440
10.0	1.280
15.0	1.040



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

Margem de Erro (%)	Z
20.0	0.840
25.0	0.675
30.0	0.525
50.0	0.000

No caso de se tratar de áreas no centro da cidade, a literatura norte-americana consultada recomenda a adopção de margens de erro de 7,5% a 15% para estimar a capacidade.

Em áreas situadas fora do centro da cidade, é recomendada a adopção de 2,5% sempre que possível, particularmente no caso de as paragens se situarem em espaço reservado – gare de paragem - uma vez que sempre que se verifique uma falha no funcionamento da paragem a via de tráfego ficará bloqueada pelas filas que se formarão. São contudo aceitáveis valores de margem de erro até 7,5%.

3.4. DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE UMA ÁREA DE EMBARQUE

O número máximo de autocarros por área de embarque e por hora é dado pela seguinte equação:

$$B_{ae} = \frac{3600 \left(\frac{v}{c} \right)}{t_l + \left(\frac{v}{c} \right) t_i + Z c_v t_i}$$

equação 3

Em que:

B_{ae} = capacidade da área de embarque (autocarros / hora);

3600 = número de segundos numa hora;



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

$\frac{v}{c}$ = tempo efectivo de verde por ciclo num semáforo. No caso da via não ser semaforizada, este factor toma o valor de 1,0;

t_l = tempo de limpeza (seg.);

t_i = média do período de imobilização na paragem (seg.);

Z = variável normal padrão correspondente à margem de erro desejável;

c_v = coeficiente de variação do período de imobilização.

3.5. DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE UMA PARAGEM

No caso de se tratar de paragens em plena via com várias e sucessivas áreas de embarque, a sua utilização ocorre do seguinte modo:

O 1º autocarro a chegar posiciona-se na 1ª área de embarque, o 2º autocarro a chegar posiciona-se na 2ª área de embarque, e assim sucessivamente. Contudo, cada área de embarque que se implemente numa paragem será menos eficaz que a primeira porque:

- ✓ as últimas áreas de embarque são menos utilizadas do que as primeiras;
- ✓ desconhecendo em que área de embarque irão parar os autocarros, os utentes posicionam-se junto da 1ª área de embarque, sucedendo que a sua deslocação para as últimas áreas de embarque demora algum tempo, o que irá tornar mais demorada a operação de embarque;
- ✓ dependendo da distância do autocarro da frente e detrás, um determinado autocarro poderá ser obrigado a esperar que outro saia da área de embarque para poder manobrar e sair também.

O incremento proporcionado por cada área de embarque na capacidade de uma paragem depende de se tratar de uma paragem em plena via ou em espaço reservado, bem como das características da chegada dos autocarros à paragem, isto é,



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

em grupos de 2 ou 3 com períodos de imobilização semelhantes (pelotões) ou chegadas aleatórias.

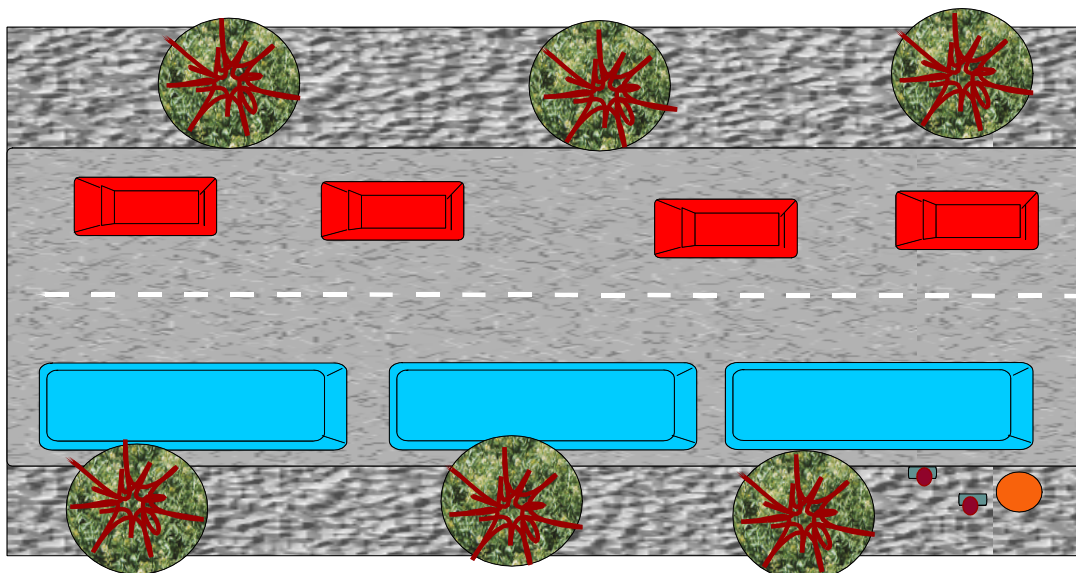


Fig.2 - Exemplo de Paragem em plena via com três AE (Área de embarque)

O quadro seguinte fornece factores de eficiência para paragens em plena via com áreas de embarque em linha, chegadas aleatórias e em pelotão, assim como para paragens localizadas em espaço reservado (gares):

Quadro VI - Factor de Eficiência (paragem em plena via com áreas de embarque em linha)

Nº Área Embarque (AE)	Paragens em plena via				Paragens em espaço reservado (gare)	
	Chegadas Aleatórias		Chegadas em Pelotões		Chegadas de qualquer tipo	
	Eficiência (%)	Efic. Acum. nº efectivo AE	Eficiência (%)	Efic. Acum. nº efectivo AE	Eficiência (%)	Efic. Acum. nº efectivo AE
1	100	1.00	100	1.00	100	1.00
2	75	1.75	85	1.85	85	1.85
3	70	2.45	80	2.65	80	2.65
4	20	2.65	25	2.90	65	3.25
5	10	2.75	10	3.00	50	3.75



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

A capacidade de uma paragem, em autocarros por hora, é dada pela seguinte expressão:

$$B_p = N_{ae} B_{ae} = \frac{3600 \left(\frac{v}{c} \right)}{t_l + \left(\frac{v}{c} \right) t_i + Z c_v t_i} \quad \text{equação 4}$$

Em que:

B_p = capacidade da paragem

B_{ae} = capacidade de cada área de embarque (autocarros /hora);

N_{ae} = factor de correcção do número de áreas de embarque (do quadro VI);

t_l = tempo de limpeza;

t_i = média dos períodos de imobilização;

3600 = número de segundos numa hora;

$\frac{v}{c}$ = tempo efectivo de verde por ciclo num semáforo. No caso da via não ser semaforizada, este factor toma o valor de 1,0;

Z = variável normal padrão correspondente à margem de erro desejável;

c_v = coeficiente de variação do período de imobilização.

3.6. DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE VIAS RESERVADAS À CIRCULAÇÃO DE AUTOCARROS (VIAS BUS) EM MEIO URBANO

Quando se estuda a capacidade máxima de transporte num corredor, devem discutir-se especificamente as paragens uma vez que as mesmas provocam restrições no sistema, influenciando aquele valor.



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

A capacidade de uma via Bus em termos de veículos depende dos seguintes factores:

- Tipo de via BUS;
- Das condições de circulação dos autocarros, nomeadamente se os mesmos se deslocam em pelotões ou não;
- A relação volume / capacidade no caso das vias Bus do tipo II;
- Localização das paragens e volumes de viragem à direita na via Bus.

No caso de serem proibidas as viragens à direita por veículos de transporte individual, então a capacidade da via Bus em termos de veículos será a correspondente à paragem crítica ao longo da via.

No caso de serem permitidas viragens à direita haverá que proceder a correcções relativamente à capacidade da via Bus na situação anterior.

Salienta-se o facto de a determinação da paragem crítica poder obrigar à realização de testes para identificar qual controla a capacidade da via Bus em termos de veículos, dado que uma paragem pode ter um elevado período de imobilização, enquanto que outra poderá apresentar elevados volumes de tráfego de viragem à direita (na intersecção que a influencia).

A capacidade de uma via Bus é dada pela seguinte expressão:

$$B = B_{ae} N_{ae} f_r$$

equação 5

em que:

B = capacidade da via Bus (autocarros / hora);

B_{ae} = capacidade da área de embarque da paragem crítica da via Bus (aut. / h);

N_{ae} = factor de correcção do número de áreas de embarque na paragem crítica da via Bus (do quadro VI);

f_r = factor de correcção da capacidade para ter em conta as viragens à direita na paragem crítica.



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

O valor do factor de correcção f_r é dado pela expressão:

$$f_r = 1 - f_l \left(\frac{V_r}{C_r} \right)$$

equação 6

Em que:

f_l = factor que tem em conta a localização da paragem (ver quadro VII);

V_r = Volume de viragens à direita numa intersecção (veíc/h).;

C_r = capacidade de viragens à direita na intersecção (veíc/h) (ver quadro VIII).

Quadro VII – Factor de Correcção (localização da paragem)

Valores de f_l			
Localização da Paragem	Tipo de Via Bus		
	Tipo I	Tipo II	Tipo III
Imediatamente antes da intersecção	1,0	0,9	0,0
Entre intersecções	0,9	0,7	0,0
Imediatamente após a intersecção	0,8	0,5	0,0

Nota: $f_l = 0$ para vias Bus em contrafluxo e vias Bus situadas nas vias centrais independentemente da localização das paragens desde que as viragens à direita sejam proibidas ou não interfiram com a circulação dos autocarros.

O valor de C_r poderá ser determinado com rigor através da metodologia indicada no HCM 2000. Contudo, para efeitos de planeamento poderá ser utilizado o quadro VIII, disponibilizado no TCQSM – 2nd Edition.



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

Quadro VIII – Capacidade de Viragens à Direita na Intersecção

Valores de c_r						
Vol. Peões em movimento de conflito (peões/h)	Rácio g/c para a via Bus					
	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
0	510	580	650	730	800	870
100	440	510	580	650	730	800
200	360	440	510	580	650	730
400	220	290	360	440	510	580
600	70	150	220	290	360	440
800	0	0	70	150	220	290
1000	0	0	0	0	70	150

Fonte: capítulo 16 do HCM 2000, baseado em $1450 \cdot (g/c) \cdot (1 - ((\text{vol. peões}) / (g/c)) / 2000)$, em que g/c = tempo efectivo de verde por ciclo num semáforo.

.Os valores apresentados são válidos para zonas de escritórios. Para outras localizações deverá multiplicar-se o valor obtido por 1,1. Os cálculos assumem que a via Bus actua como uma via exclusiva para viragem à direita para todos os veículos exceptuando autocarros.

3.7. DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DA VIA BUS EM TERMOS DE PASSAGEIROS

Conhecida a capacidade da via Bus em termos de veículos, procede-se à determinação da sua capacidade em termos de passageiros através da seguinte equação:

$$\text{O menor dos valores } \left\{ \begin{array}{l} P = P_{\text{máx}} f(PHF) \\ \text{ou} \\ P = P_{\text{máx}} B(PHF) \end{array} \right.$$

equação 7



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

Em que:

P = capacidade em termos de passageiros (passag./hora);

$P_{máx}$ = número máximo de passageiros admitido por autocarro (passag./autocarro);

f = frequência dos autocarros (autocarros / hora);

PHF = factor de ponta horário;

B = capacidade da via Bus em termos de autocarros (autocarros / hora).

3.8. AJUSTAMENTO DA CAPACIDADE DA VIA QUANDO A CIRCULAÇÃO DOS AUTOCARROS SE PROCESSA CONJUNTAMENTE COM O TRÁFEGO GERAL

Neste caso, a capacidade é calculada pela seguinte expressão:

$$B = B_{ae} N_{ae} f_m$$

equação 8

Em que:

B = capacidade da via em termos de autocarros (autocarros / hora);

B_{ae} = capacidade da área de embarque na paragem crítica (autocarros / hora);

N_{ae} = factor de correcção do número de áreas de embarque na paragem crítica;

f_m = factor de ajustamento da capacidade para ter em conta a interferência do tráfego misto na paragem crítica, dado pela seguinte expressão:

$$f_m = 1 - f_l \left(\frac{v}{c} \right)$$

equação 9



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

Em que:

f_l = factor que tem em conta a localização da paragem (ver quadro VII);

v = volume na via da direita numa intersecção específica;

c = capacidade da via da direita nessa mesma intersecção.

3.9. DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE CIRCULAÇÃO EM VIAS BUS

O melhor meio para determinar a velocidade de circulação consiste na medição directa. É contudo possível estimar o seu valor por métodos analíticos atendendo aos factores que a influenciam (espaçamento das paragens, período de imobilização na paragem, atrasos devidos à existência de semáforos e interferência do tráfego geral nas viragens à direita) através da seguinte fórmula:

$$S_t = \left(\frac{60}{t_r + t_l} \right) f_b$$

equação 10

Em que:

S_t = velocidade de circulação (Km/h);

t_r = tempo de percurso de 1Km sem interferências (considerando apenas o número de paragens por quilómetro e a média do período de imobilização em cada paragem – não apenas na paragem crítica), (min/km) – quadro IX*;

t_l = tempo correspondente aos atrasos devidos a sinalização e interferência do tráfego geral, (min/km) – quadro X*;

f_b = interferência de outros autocarros na via Bus – quadro XI*.

* fonte – Highway Capacity Manual 2000



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

Quadro IX - Valores de t_r em min/Km

Período Imobiliz. (s)	Paragens por Km							
	1	2	3	4	5	6	7	8
10	1,39	1,82	2,29	2,83	3,46	4,18	5,04	5,91
20	1,55	2,15	2,79	3,49	4,29	5,19	6,20	7,24
30	1,72	2,49	3,29	4,16	5,12	6,18	7,37	8,58
40	1,89	2,82	3,78	4,82	5,96	7,18	8,54	9,91
50	2,06	3,15	4,28	5,49	6,80	8,18	9,70	11,24
60	2,22	3,48	4,77	6,15	7,63	9,18	10,87	12,58

Quadro X - Valores de t_l em min/Km

Condições de Operação	Via Bus	Via Bus sem viragens à direita	Via Bus com viragens à direita	Via Bus bloqueada pelo tráfego	Fluxo de tráfego misto
Zona de Comércio e Serviços					
Típicas	----	0,7	1,2	1,5 – 1,8	1,8
Semaforização prioritária para TP	----	0,4	0,8	----	----
Semáforos mais frequentes que paragens	----	0,9 – 0,12	1,5 – 1,8	1,8 – 2,1	2,1 – 2,4
Ruas fora de Zona de Comércio e Serviços					
Típicas	0,4	----	----	----	0,6
Gama	0,3 – 0,6	----	----	----	0,4 – 0,9

3.10. DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE CIRCULAÇÃO DOS AUTOCARROS EM VIAS DE TRÁFEGO MISTO

Quando a circulação dos autocarros se processa em conjunto com o tráfego geral, a determinação da sua velocidade de circulação é idêntica à apresentada em §3.8



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

utilizando-se os valores da coluna relativa a tráfego misto do quadro X para estimar o tempo adicional perdido por interferência do tráfego geral.

3.11. INFLUÊNCIA DO VOLUME DE AUTOCARROS NAS CONDIÇÕES DE CIRCULAÇÃO NUMA VIA BUS

Quanto maior for o número de autocarros que circulam numa via Bus, tanto maior será a probabilidade de existirem interferências na circulação, provocadas por algum desses veículos pelo que, em geral a velocidade de circulação numa via Bus será tanto menor quanto maior o número de autocarros que nela circular.

No quadro seguinte apresenta-se o factor de ajustamento da velocidade de circulação dos autocarros em função da relação entre o volume de autocarros e a capacidade da via Bus.

Quadro XI – factor de ajustamento da velocidade

Relação volume / capacidade da via Bus	Factor de ajustamento da velocidade f_b
< 0,5	1,0
0,5	0,97
0,6	0,94
0,7	0,89
0,8	0,81
0,9	0,69
1,0	0,52
1,1	0,35

Nota: deve considerar-se a máxima capacidade da via.

Fonte: Transit Capacity and Quality of Service Manual – 2nd Edition. Estes factores foram obtidos por simulação de vias Bus dos tipos I e II, usando ciclos de 80 seg, quarteirões com 125 m de extensão, $g/t = 0,5$, períodos de imobilização entre 20 a 50 seg e um coeficiente de variação dos períodos de imobilização de 33%.



4. QUALIDADE DO SERVIÇO

A qualidade do serviço prestado pelo transporte colectivo reflecte a percepção do utilizador relativamente ao desempenho do serviço.

A avaliação da qualidade pode ser realizada pela determinação do “nível de serviço” de diversos parâmetros.

O “nível de serviço” consiste num referencial que permite classificar a qualidade de um determinado parâmetro. Esse referencial encontra-se dividido em 6 níveis, de “A” a “F”, sendo que “A” representa as melhores condições e “F” as piores.

Alguns dos parâmetros que influenciam a qualidade do serviço são: “frequência do serviço”, “horas de serviço por dia”, “conforto do passageiro no embarque e durante a viagem” e “cumprimento dos horários”.

O desempenho de um serviço de TPRP pode ser observado sob o ponto de vista do operador rodoviário, do utilizador ou das condições de circulação do veículo.

Na figura seguinte representam-se esquematicamente os conceitos correspondentes às várias perspectivas apontadas:



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

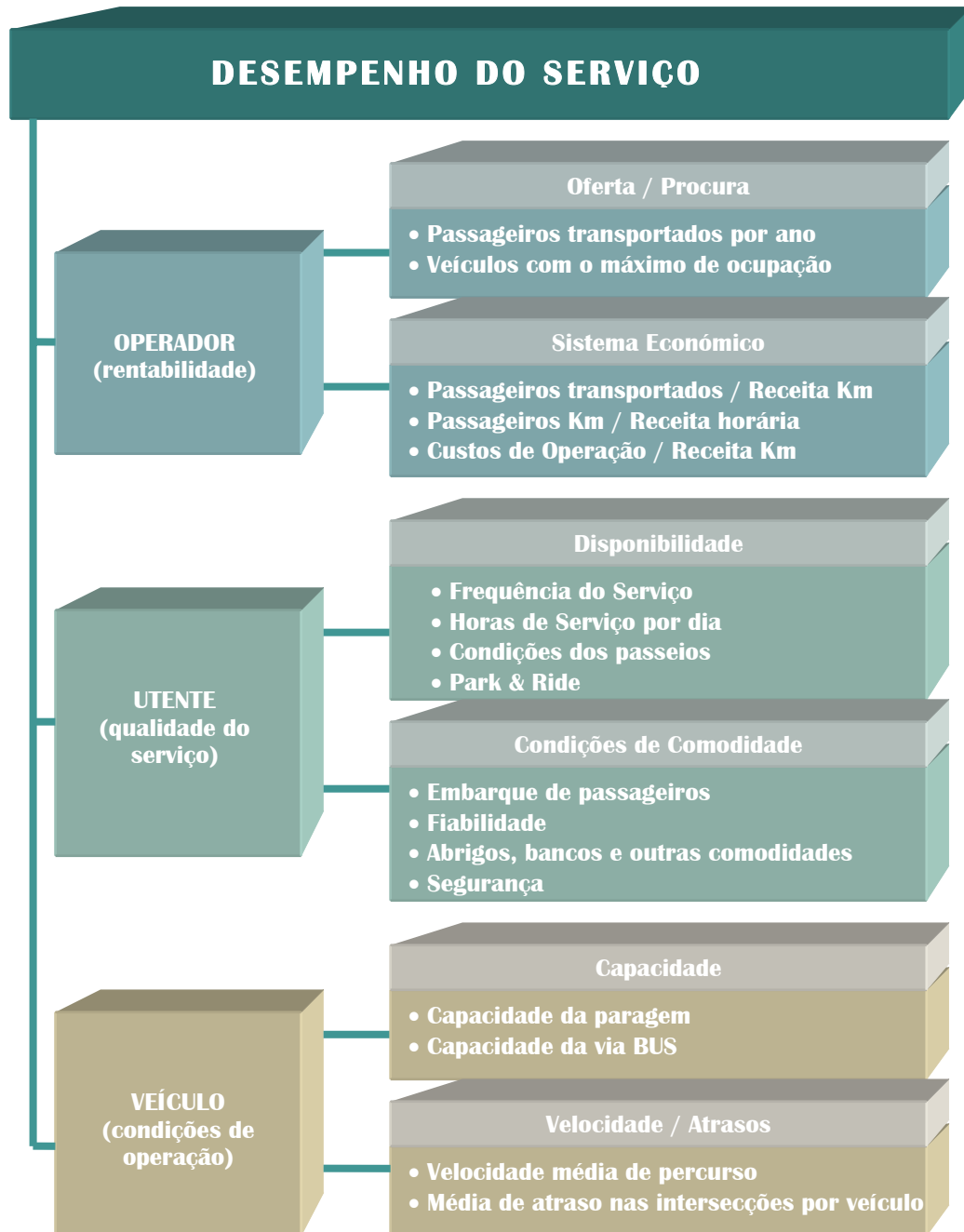


Fig.3 – Desempenho do serviço de TPRP sob as várias perspectivas



4.1. FREQUÊNCIA DO SERVIÇO

A frequência do serviço de transporte colectivo determina o número de vezes por hora que um utilizador tem acesso a esse serviço.

Em meio urbano, o serviço de TPRP funciona normalmente de acordo com horários pré-estabelecidos. Nestes casos, o HCM 2000 aponta os seguintes níveis de serviço em função do intervalo entre passagens ou do número de veículos que rebatem numa paragem por hora:

Quadro XII – Nível de Serviço em função da frequência

Nível de Serviço	Intervalo entre passagens (min)	Nº de veículos / hora	Comentários
A	< 10	> 6	Serviço frequente; os passageiros não precisam de consultar horários
B	>= 10 - 14	5 - 6	Serviço frequente; os passageiros consultam os horários
C	> 14 - 20	3 - 4	Período máximo aceitável para esperar, no caso de ter perdido o autocarro
D	> 20 - 30	2	Serviço pouco atractivo para utentes que dispõem de alternativa modal
E	> 30 - 60	1	Serviço pouco atractivo
F	> 60	< 1	Serviço não atractivo para todos os utilizadores

O nível de serviço associado à frequência pode variar ao longo do dia ou da semana, i.e., uma carreira pode operar com nível de serviço B durante as horas de ponta, com nível de serviço D no corpo do dia e nível de serviço F à noite, por exemplo. Do mesmo modo, a oferta pode variar ao longo da semana, diminuindo a frequência ao fim-de-semana, por ex.



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

4.2. HORAS DE SERVIÇO POR DIA

O número de horas em que o serviço é prestado durante um dia, ao longo de um percurso, segmento de percurso ou entre dois locais, é um dado tão importante para os potenciais passageiros quanto a frequência ou a cobertura territorial; i.e., se não existe transporte a uma determinada altura do dia, não interessa ao potencial utilizador onde e como se processa a frequência no resto do dia.

A caracterização deste parâmetro é dada pelos Níveis de Serviço apresentados no quadro seguinte:

Quadro XIII – Níveis de Serviço em função do número de horas diários em que o serviço é prestado

Nível de Serviço	Horas / Dia	Comentários
A	> 18 – 24	Presta serviço nocturno
B	> 16 – 18	Presta serviço até final do dia
C	> 13 – 16	Presta serviço até ao anoitecer
D	> 11 -13	Presta serviço durante o dia
E	> 3 – 11	Presta serviço durante as horas de ponta / serviço limitado a meio dia
F	0 – 3	Serviço muito limitado ou inexistente



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

4.3. CONFORTO DO PASSAGEIRO NO EMBARQUE E DURANTE A VIAGEM

Embora as condições de embarque dos passageiros digam respeito mais a questões de conforto do que a questões ligadas à disponibilidade do serviço, o facto de um autocarro se encontrar cheio quando chega a uma paragem, impede a entrada de novos passageiros e, portanto, o serviço não está disponível para esses passageiros àquela hora.

Os horários previstos para os autocarros deverão ser tais que conduzam a uma frequência, ao longo das suas rotas, capaz de fazer face aos picos de procura e evitar situações como a descrita no parágrafo anterior.

Da perspectiva do passageiro, o nível de ocupação do autocarro à chegada a uma paragem, reflecte as condições de conforto durante as operações de embarque. Com efeito, quanto maior for o volume de passageiros dentro do autocarro à chegada à paragem, maior será a dificuldade em acomodar novos passageiros, menor será o espaço disponível para cada passageiro, maior será a dificuldade em encontrar lugares sentados e piores serão, portanto, as condições de conforto e comodidade.

No quadro seguinte apresentam-se os Níveis de Serviço associados ao conforto dos passageiros nas operações de embarque, em função da área disponível por passageiro.

Quadro XIV – Níveis de Serviço associados ao conforto do passageiro no embarque

Nível de Serviço	Autocarro		Comentários
	m ² /passageiro	passageiro/lugar ¹	
A	> 1.20	0.00 - 0.50	O passageiro não necessita sentar-se ao lado de outro
B	0.80 – 1.20	0.51 - 0.75	Os passageiros podem escolher o lugar sentado



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

Nível de Serviço	Autocarro		Comentários
	m ² /passageiro	passageiro/lugar ¹	
C	0.60 - 0.79	0.76 - 1.00	Todos os passageiros têm lugar sentado
D	0.50 - 0.59	1.01 - 1.25	O embarque processa-se de forma confortável para os passageiros em pé
E	0.40 - 0.49	1.26 - 1.50	Corresponde ao volume máximo de passageiros admissível no autocarro. Acima deste valor as condições de conforto dos passageiros são inaceitáveis.
F	< 0.40	>1.50	Corresponde a um volume de passageiros superior ao máximo admissível. Resulta em, dificuldade de movimentos e condições de conforto dos passageiros inaceitáveis.

¹ Valores aproximados para comparação. O NS é estabelecido com base na área por passageiro

4.4. FIABILIDADE

A fiabilidade de um serviço pode ser avaliada através da análise de diversos parâmetros como seja: a pontualidade nas chegadas e partidas, variação ou consistência nos intervalos entre passagens dos autocarros, distância percorrida pelos veículos entre avarias, etc.

4.4.1. PONTUALIDADE

Para efeitos de determinação do nível de serviço, considera-se pontual uma partida com um atraso inferior ou igual a 5 min ou uma chegada ao término da carreira com um atraso não superior a 5 min.



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

Quadro XV – Níveis de Serviço associados a pontualidade

Nível de Serviço	Pontualidade (%)	Comentários ^(a)
A	97,5 – 100,0	1 autocarro atrasado / mês
B	95,0 – 97,4	2 autocarro atrasado / mês
C	90,0 – 94,9	1 autocarro atrasado / semana
D	85,0 – 89,9	
E	80,0 – 84,9	1 autocarro atrasado por direcção / semana
F	< 80,0	

Nota: aplicável a rotas com frequência inferior a 6 autocarros / hora;

^(a) perspectiva do utilizador : baseado em 5 viagens por semana numa determinada carreira, em ambos os sentidos, sem transbordos.

4.4.2. CONSISTÊNCIA DO INTERVALO ENTRE PASSAGENS

Este parâmetro é aplicado para avaliar a fiabilidade nos casos de rotas com frequências iguais ou superiores a 6 autocarros por hora e é determinado através do coeficiente de variação (c_v), calculado pela seguinte expressão:

$$c_v = \frac{\text{desvio padrão dos intervalos entre passagens}}{\text{intervalo entre passagens previsto no horário}}$$



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

Quadro XVI – Níveis de Serviço associados a consistência do intervalo entre passagens

Nível de Serviço	Coefficiente de variação
A	0,00 – 0,10
B	0,11 – 0,20
C	0,21 – 0,30
D	0,31 – 0,40
E	0,41 – 0,50
F	> 0,50



5. EXEMPLOS PRÁTICOS

Nos parágrafos seguintes apresentam-se alguns exemplos práticos de aplicação das matérias abordadas ao longo deste documento. Os exemplos que agora se apresentam foram retirados do “Transit Capacity and Quality of Service Manual – 2nd Edition” e do “HMC2000”.

5.1. DWELL TIME

A situação:

Pretende-se implementar uma nova linha de autocarro ao longo de uma via arterial, ligando uma zona suburbana ao centro de negócios da cidade. Ao longo do percurso existirão dez paragens, uma das quais, situada sensivelmente a meio do percurso, irá servir outras carreiras de autocarros numa interface (paragem 5). Esta carreira irá operar em condições de tráfego misto na zona de centro de negócios, entre as paragens 7 e 10.

A questão:

Qual será o dwell time médio de cada uma das dez paragens previstas e como poderão aqueles valores afectar o desenvolvimento da carreira?

Os Factos:

- ✓ nesta carreira serão utilizados autocarros standard com 40 lugares sentados;
- ✓ para processar o pagamento da tarifa de viagem a bordo exigir-se-á quantia exacta¹;

¹ Esta situação é praticada em vários países (caso o passageiro não disponha de quantia exacta, não lhe é entregue qualquer troco).



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

- ✓ o embarque dos passageiros processa-se pela porta da frente e a saída pela porta traseira;
- ✓ o operador rodoviário prevê os seguintes volumes médios de passageiros por paragem:

Movimentos de passageiros	Paragem nº									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DESEMBARQUE	0	0	3	2	14	6	16	19	15	11
EMBARQUE	20	16	11	12	16	8	2	1	0	0

Pressupostos:

- ✓ assume-se que o embarque de passageiros demora 3,5 seg/pessoa com lugar sentado e 4,0 seg por pessoa em pé;
- ✓ assume-se que o desembarque demora 2,0 seg/ passageiro;
- ✓ assume-se que o período necessário para abrir e fechar portas é de 4,0 seg.

RESOLUÇÃO:

Neste problema são conhecidos todos os parâmetros para a sua resolução e adoptar-se-á o método de cálculo exposto na pág. 12 deste Relatório, utilizando a [equação 2](#). Como existem duas portas com funções distintas (uma para embarque e outra para desembarque), torna-se necessário calcular o período de imobilização correspondente a ambos os movimentos em cada paragem, para se detectar qual



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

deles é o maior e, portanto, determinante para o cálculo do período de imobilização (dwell time).

- a) **determinação das paragens onde o autocarro chega com passageiros em pé:** existem mais de 40 passageiros (nº de lugares sentados existentes) quando o autocarro chega às paragens nºs 4 a 8. Os últimos 3 passageiros a embarcarem na paragem 3 já irão encontrar (pelo menos) 1 passageiro de pé;
- b) **cálculo do período de embarque:** o período correspondente ao embarque é calculado multiplicando o número de passageiros a embarcar pelo correspondente período de serviço (3,5 seg para passageiros sentados e 4 seg para passageiros em pé);
- c) **cálculo do período de desembarque:** o processo é idêntico ao descrito em b), variando o período de serviço (2,0 seg/passageiro);
- d) **determinação do período de imobilização (dwell time):** o período de imobilização em cada paragem é o maior dos períodos determinados em b) e c), acrescido do período necessário para abrir e fechar portas (4,0 seg).

Resultados:

Seguindo a metodologia indicada, obtiveram-se os seguintes períodos de imobilização em cada paragem:



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

	PARAGENS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
passag. desembarcados	0	0	3	2	14	6	16	19	15	11
passag. Embarcados	20	16	11	12	16	8	2	1	0	0
passag. Embarcados "de pé"	0	0	3	12	15	8	2	0	0	0
passag. Embarcados "sent"	20	16	8	0	1	0	0	1	0	0
período de desembarque (segundos)	0	0	6	4	28	12	32	38	30	22
perí. de embarque "de pé" (segundos)	0	0	12	48	60	32	8	0	0	0
perí. de embarque "sent" (segundos)	70	56	28	0	3,5	0	0	3,5	0	0
perí. Total Embarque (segundos)	70	56	40	48	63,5	32	8	3,5	0	0
Período de imobilização (segundos)	74	60	44	52	67,5	36	36	42	34	26

Os períodos de embarque dominam as paragens 1 a 6, enquanto que nas paragens 7 a 10, na zona de centro de negócios, é o período de desembarque que é dominante. Nesta zona e para a carreira em causa, é a paragem 8 que tem o período de imobilização mais longo. Se o período de imobilização da paragem 8 for igualmente o mais longo para as outras carreiras que usam esta paragem, esta será a paragem crítica na zona do centro de negócios.

Os elevados períodos de imobilização detectados nas paragens 1 a 4 no lanço suburbano da via arterial, indicam que deverá nas mesmas considerar-se a implementação de gares de paragem, a fim de evitar atrasos substanciais aos outros veículos que circulam na mesma via. Com vista a minimizar os atrasos decorrentes da reentrada dos autocarros em plena via, deverão ser previstas medidas complementares de prioridade ao transporte público.



5.2. DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE UMA VIA BUS

A situação:

Uma via Bus do tipo 2 existente no centro da cidade é utilizada por 32 carreiras de autocarros durante a hora de ponta da tarde. Pretende-se fazer passar uma nova carreira de autocarro nessa via Bus, com frequências de 10 min.

A questão:

Qual é a capacidade existente, em termos de veículos, na via Bus? Será necessário implementar áreas de embarque adicionais na paragem mais movimentada? Quantas?

Os Factos:

- ✓ o rácio g/c do período de verde do ciclo do semáforo ao longo da via Bus é de 0,45;
- ✓ todas as paragens existentes localizam-se na via, sem gare de paragem, e têm capacidade para um autocarro cada;
- ✓ a média dos períodos de imobilização (dwell time) na paragem crítica é de 30 seg;
- ✓ a margem de erro desejável nas paragens é de 10%;
- ✓ são proibidas viragens à direita ao longo do trajecto.

Pressupostos:

- ✓ assume-se que o Coeficiente de Variação do Período de Imobilização numa Paragem (Dwell Time Variability) C_v é de 0,60;



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

- ✓ assume-se que a chegada às paragens é aleatória;
- ✓ assume-se que para paragens na via, o tempo de limpeza é de 10 seg.

RESOLUÇÃO:

Neste problema são conhecidos todos os parâmetros para a sua resolução. Atendendo a que são proibidas as viragens à direita, a capacidade da paragem crítica determinará a capacidade da Via Bus em termos de veículos. A capacidade de uma paragem em plena via (sem gare de paragem) corresponde ao produto da capacidade da área de embarque pelo número efectivo de áreas de embarque.

a) Determinação da capacidade de uma área de embarque: Da [equação 3](#) (pag. 14 deste Relatório) :

$$B_{ae} = \frac{3600 \left(\frac{g}{c} \right)}{t_c + \left(\frac{g}{c} \right) t_d + Z c_v t_d}$$

g/c – tempo efectivo de verde por ciclo num semáforo = 0,45 ;

t_c – tempo de limpeza (seg) = 10 seg;

t_d – média do período de imobilização (seg) = 30 seg;

Z – variável normal correspondente à margem de erro desejável (do quadro V da pág. 13) = 1,280;

c_v – coeficiente de variação do período de imobilização = 0,60.

$$B_{ae} = \frac{3600(0,45)}{10 + (0,45)(30) + (1,28)(0,60)(30)}$$

$$B_{ae} = 35 \text{ autocarros / hora}$$



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

b) Determinação da capacidade da paragem crítica: Da equação 4 (pag. 17 deste Relatório) :

$$B_p = N_{ae} B_{ae}$$

N_{ae} - número corrigido de áreas de embarque (quadro VI) = 1,00

$$B_p = (1,00)(35)$$

$$B_p = 35 \text{ autocarros / hora}$$

Conclui-se que a capacidade da paragem com uma área de embarque é suficiente para 32 autocarros / hora. Contudo, pretendendo-se introduzir uma nova carreira com frequências de 10 min, que corresponde a mais 6 autocarros / hora, a capacidade da paragem será excedida, pelo que se torna necessário aumentar o número de áreas de embarque. Experimenta-se então a introdução de mais uma área de embarque, num total de duas.

c) Determinação da capacidade da paragem crítica com duas áreas de embarque:

$$B_p = N_{ae} B_{ae}$$

N_{ae} - número corrigido de áreas de embarque (quadro VI) = 1,75

$$B_p = (1,75)(35)$$

$$B_p = 61 \text{ autocarros / hora}$$

Verifica-se assim que a adição de mais uma área de embarque confere a capacidade necessária para acomodar uma nova carreira nas condições indicadas.



6. CONCLUSÃO

No presente documento são indicados alguns métodos de cálculo com vista ao dimensionamento das paragens de autocarros e respectivas áreas de embarque, bem como das vias dedicadas ao TP, vulgarmente designadas vias “Bus”, para efeitos de planeamento.

Atendendo a que os elementos apresentados têm como referência experiências estrangeiras, importa agora proceder à sua implementação no nosso país e à observação dos resultados obtidos, com vista à sua aferição à realidade portuguesa, com base em informação a recolher junto dos operadores.



BIBLIOGRAFIA

- ◆ Akçelik, Rahmi, Nagui M. Roupail, ***Overflow Queues and Delay with Random and Platooned Arrivals at Signalised Intersections*** – Journal of Advanced Transportation, Vol.28, nº 3, Durham, , 1994;
- ◆ ***Avaliação dos Transportes Públicos*** – Instituto do Consumidor, 2001 – site [www.consumidor.pt/docs/6455/retransportes%20 parte1.pdf](http://www.consumidor.pt/docs/6455/retransportes%20parte1.pdf);
- ◆ Balcombe, R., R. Mackett, N. Paulley, J. Preston, J. Shires, H. Titheridge, M. Wardmen, P. White, ***The Demand for Public Transport: A Practical Guide*** – TRL Report 593, TRL, UK, 2004 - site www.demandforpublictransport.co.uk/TRL593.pdf;
- ◆ ***Bus Rapid Transit Reference Guide*** – US Department of Transportation – site www.fta.dot.gov;
- ◆ ***Bus Showcase Handbook*** – West Midlands Passenger Transport Executive, UK – site www.centro.org.uk;
- ◆ Castilho, A., Tancredo Neto, Bernardo Castilho, Luís A. Lindau, ***Simulando o Desempenho de um Sistema de Transporte Coletivo Urbano*** – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, LOGIT – Logística, Informática e Transporte, Lda, Brasil, 1997;
- ◆ ***City of Eugene Arterial Collector Street Plan*** – Eugene, Oregon, USA, 1999 – site www.ci.eugene.or.us/pw/trans/ACSP;
- ◆ Daniel, Janice, Edward Lieberman, Raghavan Srinivasan, ***Assess Impacts and Benefits of Traffic Signal Priority for Buses*** – Final Report FHWA-NJ-2004-013 – National Center for Transportation and Industrial Productivity, New Jersey Institute of Tehcnology, Kdl Associates, inc., Dowling College, University Transportation Research Center, City College of New York, USA, 2004 – site www.transportation.njit.edu/nctip/final_report/SignalPriority.pdf;



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

- ◆ **Démarche à Suivre pour l'Amélioration des Performances d'une Ligne de Bus** - D.R.E.Ile de France – Rencontre des Acteurs PDU du 10 Avril “Bus et Régulation Lumineuse”, Transitec, France, 2003 – site www.pduif.org/upload/document/PresentationsTransitec.pdf;
- ◆ **Design Guidelines for Accessible Bus Stops** – BC Transit Municipal Systems Program, Ontário – site www.bctransit.com/corporate/resources;
- ◆ **Design Guidelines for Bus Transit** – Riverside Transit Agency, USA – site www.riversidetransit.com;
- ◆ **Design Speed, Operating Speed, and Posted Speed Practices** – NCHRP Report 504 – Transportation Research Board of The National Academies, Washington DC, 2003;
- ◆ **Dossier: Signalisation** – Transports Urbains de la Communauté de Poitiers – site http://poitiers.transbus.org/dossier_signalisation.html;
- ◆ Felz, Herbert, **Urbanistic Integration of Public Transport Installations: A Benefit For Mobility** – Public Transport International, Vol. 53, nº 2, Bruxelles, 2004;
- ◆ Fernandes, Carlos, José Manuel Viegas, **Redes Viárias Urbanas** – Mestrado em Transportes IST, Lisboa, Portugal, 1996;
- ◆ Fernández, Rodrigo, **Why Buses and Bus Stops?** - University of Chile, Chile – site <http://cabierta.uchile.cl/revista/10/articulo4.f.html>;
- ◆ **Flexibility in Highway Design** – United States Department of Transportation, Federal Highway Administration – site <http://ntl.bts.gov/lib/12000/2200/12274>;
- ◆ **Gestión de la Seguridad Vial Urbana** – Ficha Nº 54 – Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito, Chile – site www.conaset.cl;
- ◆ Gimenez Laura, Nei Simas A. de Oliveira, **A solução Adoptada nos Novos Corredores de Ônibus de São Paulo** – Revista dos Transportes Públicos, nº 79, São Paulo;



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

- ◆ Gray, George E., Stuart Harvey, Norman Kelley, ***Non-Pricing Methods to Optimize High Occupancy Vehicle Lane Usage*** – MTI Report 01-11 – Mineta Transportation Institute, Mineta, USA, 2001 – site www.transweb.sjsu.edu/publications/hovbook.htm;
- ◆ ***Guidelines for the Location and Design of Bus Stops*** - TCRP Report 19 - Transit Cooperative Research Program, Washington DC, 1996;
- ◆ ***Highway Capacity Manual - HCM 2000*** - Transportation Research Board, Washington DC, 2000;
- ◆ ***How to Plan Parking Areas*** – Federal Signal Corporation, Illinois, USA;
- ◆ Jara-Díaz, Sergio R., Antonio Gschwender, ***Towards a General Microeconomic Model for the Operation of Public Transport*** - Transport Reviews, Vol. 23, nº 4, London, 2003;
- ◆ Kuhn, Francis, Luis António Lindau, ***Les Systèmes de Priorité pour Autobus: Tendances Actuelles à L'approche du XXI^{ème} Siècle*** – comunicação apresentada no 12^e Congrès de l'ANTP de Recife du 14 au 18 Juin 1999, Brasil, 1999;
- ◆ ***Managed Lanes Symposium Conference Proceedings*** – Austin, Texas, USA, 2001 – site <http://managed-lanes.tamu.edu/products/reports>;
- ◆ ***Manual Normativo, Tomo V, Manual de Operación del Transporte Público*** - Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas — Dirección General de Ordenación del Territorio, México – site www.sedesol.gob.mx/subsecretarias/desarrollourbano;
- ◆ Neto, Waldemar A. P., ***Modelo Multicritério de Avaliação de Desempenho Operacional do Transporte Coletivo por Ônibus no Município de Fortaleza*** – Dissertação submetida ao Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil, 2001;
- ◆ ***Pace Development Guidelines***, Illinois, USA – site www.pacebus.com/sub/guidelines;



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

- ◆ Pereira, Willian A. Aquino, Denise C. Cruz, Bernardete Bruni, **Aspectos dos Transportes Urbanos entre 1998 e 1999** - Revista dos Transportes Públicos, nº 85, São Paulo, 1999;
- ◆ Pinto, Valeska Peres, **Transporte e Moradia** – Associação Nacional de Transportes Públicos, São Paulo, 2000 –site www.antp.org.br;
- ◆ Poole, Robert W., Jr., C. Kenneth Orsky, **Building a Case for HOT Lanes: A New Approach to Reducing Urban Highway Congestion** – Policy Study Nº 257, Abril 1999 –site www.rppi.org/257.html;
- ◆ **Pour un Virage en Faveur du Transport en Commun – Mémoire sur l'Amélioration de la Mobilité entre Montreal et la Rive-Sud** – Confédération des Syndicats Nationaux – Canadá, Montreal, 2002;
- ◆ **Proposed Bus Stop and Bus Shelter Policy & Guidelines** – Austrália – site www.manukau.govt.nz/bus.htm;
- ◆ Rebelo, Jorge, Pedro P. Benvenuto, **Concessões de Corredores** – Revista dos Transportes Públicos, nº 77, São Paulo;
- ◆ **Recommendations pour Améliorer les Performances d'une Ligne de Bus** – Autorité Organisatrice des Transports Franciliens, France – site: <http://www.stif-idf.fr/present/transit/f-set.htm>;
- ◆ **Rede de Tráfego Urbano na Suécia (Autocarros)** – Programa de Cooperação Técnica Luso-Sueca (Habitação), Ministério da Habitação e Obras Públicas, Portugal, 1979;
- ◆ **Roads and Traffic in Urban Areas** - The Institution of Highways and Transportation with the Department of Transport, UK, 1987;
- ◆ Sane, Kari J., **Traffic Signal Priority: A Justified Favouring of Public Transport** – Traffic Palnin Division, City of Helsinki, 1999 – site www.hel.fi/ksv/entire;



MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, TRANSPORTES E HABITAÇÃO
DIRECÇÃO-GERAL DE TRANSPORTES TERRESTRES E FLUVIAIS

- ◆ Sane, Kari J., ***Short Introduction to the Bus Priority Functions Used in Helsinki*** – Traffic Palnin Division, City of Helsinki, 1999 – site www.hel.fi/ksv/entire;
- ◆ ***Stratégies Intégrées de Sécurité et d'Environnement*** - OCDE. - Paris, 1997;
- ◆ ***Traffic Engineering Handbook*** – Institute of Transportation Engineers, Washington, 1999;
- ◆ ***Transit Capacity and Quality of Service Manual, 2nd Edition*** - TCRP Report 100 - Transit Cooperative Research Program , Washington DC, Outubro 2003;
- ◆ Vincent, Ray, ***Safer Signalized Junction Design and Self-optimizing Control*** - Journal of Advanced Transportation, Vol. 28, nº 3, Durham, 1994;
- ◆ Warren, Davey L., ***Engineering Improvements for Enhanced Safety and Operations*** –U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, USA,1998;
- ◆ Wood, Chris, ***Bus Stop Innovation: A Comparison of U.K. Trials*** – comunicação apresentada em The European Transport Conference, Seminar J: Traffic Management and Road Safety Association for European Transport, London, 1998 - site www.cilt.dial.pipex.com/comparison.htm.