MANUAL DO
PLANEAMENTO
DE ACESSIBILIDADES
E TRANSPORTES

13

# TRANSPORTES PÚBLICOS

**Américo Henrique Pires da Costa**
Professor Associado da Faculdade de
Engenharia da Universidade do Porto

– Dezembro de 2008

CCDRn
Comissão de Coordenação e
Desenvolvimento Regional do Norte

# TRANSPORTES PÚBLICOS


| | |
|---|---|
| 1 INTRODUÇÃO | 5 |
| 2. CARACTERIZAÇÃO DO SERVIÇO DE TRANSPORTES PÚBLICOS | 7 |
| 2.1 Caracterização da oferta | 7 |
| 2.2 Carreiras de transportes públicos | 7 |
| 2.3 Paragens | 9 |
| 2.4 Configuração da rede | 15 |
| 2.5 Caracterização da procura de transportes públicos | 17 |
| 2.6 Recolha de dados | 21 |
| 2.7 Entradas e saídas de passageiros e carga ao longo da linha | 21 |
| 2.8 Material circulante | 22 |
| 2.9 Informação | 23 |
| 3. CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DO SERVIÇO | 24 |
| 3.1 Conceitos de capacidade | 24 |
| 3.2 Capacidade da linha | 25 |
| 3.3 Produção, consumo e produtividade | 28 |
| 3.4 Tempos de percurso e velocidades | 29 |
| 3.5 Operação do serviço | 32 |
| 3.6 Caracterização da viagem | 32 |
| 3.7 Condições operacionais em linhas de via única | 33 |
| 3.8 Condições operacionais em linhas circulares | 34 |
| 3.9 Condições operacionais em linhas principais com ramificações | 34 |
| 4. DIMENSIONAMENTO DO SERVIÇO | 35 |
| 4.1 Determinação da capacidade | 36 |
| 4.2 Determinação da frequência e do número DE veículos e carruagens | 36 |
| 5. AVALIAÇÃO DO SERVIÇO DE TRANSPORTES PÚBLICOS | 42 |
| 5.1 Avaliação da qualidade dos transportes públicos | 43 |

5.2 Indicadores de Desempenho 43
6. MEDIDAS DE APOIO AO TP 45
6.1 Medidas directas 46
6.2 Vias reservadas a veículos de transporte público 47
6.3 Medidas Indirectas 48
7. TRANSPORTES EM ZONA RURAL 49
BIBLIOGRAFIA 51

# TRANSPORTES PÚBLICOS

## 1. INTRODUÇÃO

A qualidade de vida das pessoas é frequentemente associada à possibilidade de terem acesso aos bens e serviços que desejam, tendo para tal, em princípio, necessidade de se deslocarem. A garantia da acessibilidade constitui o objectivo final da política de transportes, sendo o transporte não um fim em si, mas um meio para se alcançar aquela, resultando que a respectiva procura de transporte seja uma procura derivada.

O crescimento económico, a expansão das áreas urbanas e factores sociais relacionados com a alteração da estrutura familiar são as principais razões do crescimento da procura que, em particular, nos últimos anos se tem vindo a observar. Este aumento da procura traduzido não apenas no número de viagens realizado, mas também na extensão percorrida tem sido acompanhado por uma aumento da taxa de motorização e uma estagnação generalizada, se não menos uma redução, do número de passageiros em transporte púbico (TP).

A utilização intensiva do transporte individual (TI), muitas vezes para além do que seria racionalmente admissível, tem causas e consequências bem conhecidas. É certo que o automóvel é praticamente imbatível quanto à flexibilidade, permanente disponibilidade, privacidade, comodidade e conforto que fazem dele praticamente uma extensão natural da habitação, mas também certas políticas, pelo menos no passado, privilegiaram claramente a sua utilização.

Contudo, são conhecidos os efeitos do uso crescente do automóvel particular no que diz respeito ao aumento do congestionamento, da sinistralidade rodoviária, da poluição gasosa e sonora e do consumo de combustível, reflectindo-se na diminuição da qualidade de vida das pessoas e na perda de competitividade económica de certas zonas onde estes problemas atingem uma maior dimensão.

A opção de tentar acompanhar o aumento da procura com um aumento da oferta em termos de construção de espaço viário tem sido abandonada não apenas pela exigência de mobilização de fortes investimentos, mas também pelo impacte económico, social e ambiental que origina. É urgente tomar medidas que garantam a sustentabilidade do sistema de transportes, sendo que o TP tem um importante papel a desempenhar neste contexto.

É reconhecido que há vantagens do TP relativamente ao TI, particularmente no que se refere à eficiência da ocupação do solo, onde se consegue transportar mais pessoas usando menos espaço, e, portanto, reduzindo os congestionamentos, mas também na área energética e ambiental. Na Figura 1 compara-se o espaço ocupado na deslocação de um mesmo número de pessoas usando TI ou TP.

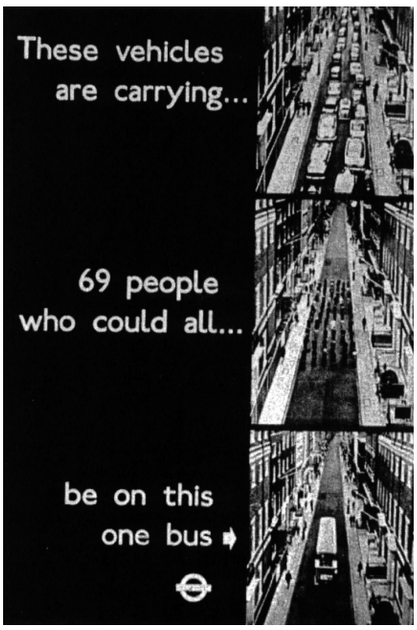


Figura 1 – Comparação entre espaço ocupado por TI ou TP

in Roads and Traffic in Urban Areas produced by the Institute of Highways and Transportation with the Department of Transport, HMSO, London, 1987

Contudo, em certas condições dificilmente o TP pode constituir uma verdadeira alternativa ao uso do automóvel. A forma como a cidade está desenhada afecta significativamente a atractividade do TP, sendo certo que a tendência actual de crescimento das áreas urbanas criando zonas residenciais periféricas pouco densas penaliza o TP, sendo simultaneamente causa e consequência da sua degradação, isto é, menos passageiros piora o serviço; pior serviço reduz o número de passageiros.

A integração e a complementaridade dos diferentes modos de transporte de modo a dar a cada um o segmento da procura mais adequado às respectivas características são os princípios chave para o bom funcionamento do sistema de transportes.

A dimensão social do TP é um dos aspectos importantes que deve ser tido em conta na avaliação das políticas de transporte. De facto por mais atractivo que seja o TI há grupos de cidadãos que não o podem usar por não terem condições físicas, económicas ou legais, encontrando-se numa situação de dependência completa do TP para se deslocarem.

Os três pilares que sustentam o sistema de transportes para que as viagens se efectuem de forma mais eficiente, mais segura e com menor impacte ambiental são o ordenamento do território que condiciona fortemente o padrão de viagens a realizar, o apoio ao transporte colectivo e a restrição ao TI.

As medidas para encorajar o TP podem classificar-se em medidas directas quando aplicadas directamente no favorecimento do TP e medidas indirectas se aplicadas aos seus concorrentes, em particular ao automóvel, já que este é o principal modo de transporte com quem o TP tem de repartir o mesmo segmento do mercado das viagens.

Neste texto serão tratados preferencialmente os transportes rodoviários de passageiros convencionais recorrendo a autocarros, excluindo-se, portanto, os autocarros guiados por carril, mas também os ferroviários incluindo o metro ligeiro ou pesado, o comboio e os sistemas de monocarril.

O Regulamento de Transportes Automóveis – RTA (Decreto n.º 37272 de 31 de Dezembro de 1948) em vigor desde 1948, com as alterações introduzidas por quase uma vintena de decretos, decretos regulamentares e decretos-lei apresenta o quadro jurídico que regulamenta o sector dos transportes públicos em Portugal.

Por outro lado a Lei de Bases dos Transportes Terrestres (Lei nº. 10/90) de 17 de Março) estabelece as competências do poder central e do poder local, nomeadamente no que se refere à organização e exploração dos transportes regulares de passageiros urbanos e locais.



Na legislação actual os transportes públicos são os transportes de passageiros em veículos automóveis, que não sejam realizados por veículos cujos proprietários são entidades singulares ou colectivas sem direito a qualquer remuneração. Os transportes públicos só podem ser explorados em regime de transportes de aluguer ou de transporte colectivo. Estes são aqueles cujos veículos são postos, mediante retribuição, à disposição das pessoas, sem ficarem exclusivamente ao serviço de nenhuma delas, sendo utilizados segundo itinerários e frequências devidamente aprovados. Todos os transportes colectivos em automóveis são considerados como serviço público e são explorados em regime de concessão, outorgada pela entidade competente que pode ser ministerial ou municipal. Exceptuam-se os transportes colectivos explorados directamente pelas câmaras municipais, cujo estabelecimento dependerá, no entanto, de autorização superior.

Denominam-se por carreiras[1] as ligações estabelecidas em transporte colectivo, obedecendo a itinerários, horários ou frequências mínimas e tarifas préfixadas. O conjunto de carreiras que oferecem numa determinada área um serviço de transportes integrado para uma melhor comodidade dos passageiros e eficiência do sistema designa-se por rede. As carreiras classificam-se quanto à localidade em: i) urbanas as que se efectuam dentro dos limites urbanos, podendo ainda classificar-se como urbanas as que efectuam serviço entre grandes centros populacionais e localidades vizinhas, desde que o respectivo percurso se faça através de vias urbanas e sejam assim definidas pela autoridade concedente; ii) interurbanas todas as restantes.

1 É, também, usual a utilização do termo "linhas"

# 2. CARACTERIZAÇÃO DO SERVIÇO DE TRANSPORTES PÚBLICOS

## 2.1 CARACTERIZAÇÃO DA OFERTA

A caracterização da oferta de serviços de TP é baseada numa recolha de informação destinada a averiguar as condições em que a necessidade de transporte das populações é satisfeita. Esta informação inclui não apenas a cobertura temporal e espacial da rede, mas também os operadores de transporte e material circulante usado, bem como os sistemas de informação e tarifário praticado.

Um aspecto muito importante a salientar é as condições em que a oferta de transportes é proporcionada aos utentes, em particular no que se refere à regularidade/pontualidade dos veículos, frequentemente prejudicada pela presença do restante tráfego. A minimização do impacte negativo associado a este problema passa pelo seguimento permanente da frota que opera, hoje em dia possível dados os notáveis avanços verificados nos anos mais recentes no campo da informática e das telecomunicações. O facto de ser conhecido onde se encontra a viatura permitirá a partir do posto central de controlo efectuar uma gestão integrada em tempo real do sistema, supervisionando a progressão dos veículos ao longo do itinerário e, a partir daí, tomar as medidas necessárias em tempo oportuno, de forma a adequar a marcha às necessidades dos passageiros. A supervisão das viaturas também contribui de forma eficaz para a segurança do pessoal e dos passageiros.

Por outro lado a monitorização das viaturas permite enriquecer a informação ao utente não apenas em relação ao seu conteúdo, mas também em relação ao momento em que esta informação é disponibilizada.

## 2.2 CARREIRAS DE TRANSPORTES PÚBLICOS



A rede de transportes públicos é constituída por um conjunto de carreiras que estabelecem a ligação entre diferentes pontos da malha urbana, sendo importante conhecer quer o respectivo traçado (cobertura espacial), quer o seu período de serviço e frequência de passagem (cobertura temporal). Os pontos extremos das carreiras designam-se por terminais.

Ao longo das carreiras encontram-se as paragens para a entrada e saída de passageiros, podendo incluir abrigos ou apenas postalete com informação das carreiras com paragem nesse local, bem como informação adicional da rede útil ao utente e outros equipamentos, tais como, máquinas de venda de títulos de transporte. A estação é uma estrutura especial que, para além do embarque e desembarque de passageiros e de outras funcionalidades de apoio aos passageiros e veículos (informação ao passageiro, bilheteira, resguardo das viaturas, etc.), permite efectuar transferências entre carreiras, dispondo, ainda, de locais de espera e eventualmente zonas de comércio, lazer e de serviços. Finalmente, sempre que há o cruzamento entre carreiras que permita o transbordo dos passageiros a designação corrente é de interface.

Em função do tipo de percurso efectuado as carreiras podem classificar-se em (ver Figura 2)

- Carreiras circulares (5) – se têm o extremo inicial e final coincidentes ou localizados proximamente
- Carreiras diametrais (2, 3, 6) – se atravessam a zona central tendo percursos significativos fora do centro
- Carreiras tangenciais (4) – quando se desenvolvem perto do perímetro da cidade
- Carreiras radiais (1) – se têm um extremo na zona central e outro na periferia

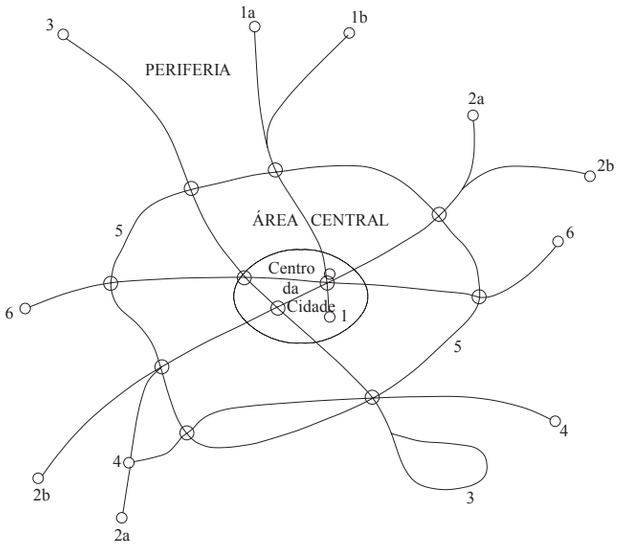


Figura 2 – Tipos de carreiras

Existem ainda as carreiras de rebatimento quando um ou ambos os términos são servidos por outras carreiras que asseguram a ligação a outras zonas da cidade.

No que respeita às condições de operação o transporte público pode partilhar o mesmo espaço viário em conjunto com o restante tráfego, embora, em alguns casos possa existir tratamento preferencial sem separação física, ou ter um espaço exclusivo de circulação separado longitudinalmente dos outros modos de transporte, podendo, no entanto, as intersecções com o restante tráfego incluindo peões ser de nível ou desniveladas.

A caracterização espacial das carreiras compreende a sua identificação através da respectiva origem e destino e respectivo código, bem como o seu traçado e extensão total. A localização das paragens e terminais também são elementos que devem ser conhecidos.

Os indicadores de cobertura espacial mais utilizados em estudos de transportes públicos são os seguintes:

- comprimento da linha que corresponde à extensão medida num sentido ao longo da linha entre os seus términos (figura 3)
- comprimento total das linhas dado pela soma dos comprimentos das linhas incluindo, portanto, os troços comuns tantas vezes quantas carreiras lá passam (figura 3)
- extensão total da rede axial (ou extensão da rede) dada pelo comprimento total da rede viária coberta por TP, pelo que os troços comuns a diferentes carreiras entram apenas uma única vez (figura 3)
- comprimento médio das carreiras dado pelo quociente entre o comprimento total das linhas e o número de carreiras
- taxa de cobertura espacial dada pelo quociente entre a extensão da rede e a área geográfica de uma determinada entidade (freguesia, concelho, etc.), expresso em km/km$^2$
- índice de cobertura longitudinal dado pelo quociente entre os comprimentos da rede axial e da rede viária, reflectindo a parte da rede viária coberta pela rede de transportes públicos
- índice de cobertura espacial dado pelo quociente entre a área servida e a superfície de uma determinada entidade (freguesia, concelho, etc.)
- taxa de cobertura populacional dada pelo quociente entre a área servida e a população de uma determinada entidade (freguesia, concelho, etc.)

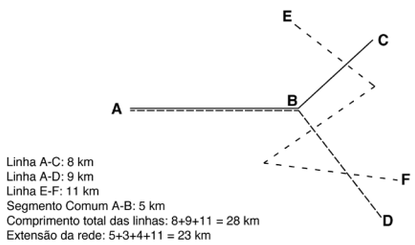


Figura 3 – Indicadores de cobertura espacial

A área servida por transportes públicos pode ser determinada considerando que a atracção de uma carreira é definida por círculos centrados nas para-

gens com raio de 300 metros (ou 600 metros) equivalente a percursos pedonais máximos de cerca de 5 minutos (ou 10 minutos), respectivamente. Note-se, contudo, que em zonas urbanas com uma rede viária reticulada a distância real equivalente cresce, tendo em conta que raramente o percurso efectuado a pé é rectilíneo. Assim, será preferível, nestes casos, substituir o círculo por um quadrado centrado na paragem, orientando-o conforme a estrutura geométrica da malha viária.

Em alternativa pode usar-se de uma forma mais simplista uma faixa centrada no percurso da carreira com uma largura de 500 metros, ou seja 250 metros para cada lado do traçado em planta (com um limite de 1000 metros). Em estudos mais rigorosos a área de influência da carreira pode ser determinada, para cada paragem, pelo desenho das isócronas, isto é, das linhas que correspondem ao lugar geométrico dos pontos que distam da paragem 5 (ou 10 minutos), podendo ainda ser considerada uma correcção que atenda ao declive do percurso.

Note-se que, segundo estudos realizados, uma distância em linha recta de 400 metros equivale efectivamente a uma distância média de 528 metros e, no caso de ser considerada a deslocação em cadeiras de rodas aquela distância aumenta para 930m.

Relativamente à cobertura temporal os indicadores são baseados no período de funcionamento do serviço e nas frequências das passagens (ou o seu inverso, intervalos de tempo entre passagens). Assim, podem definir-se os seguintes indicadores de cobertura temporal:

- Amplitude do período de funcionamento
- Frequência média (ou intervalo de tempo médio entre passagens) no sistema ou na carreira, para diferentes períodos do dia (24 horas, pontas, nocturno, madrugada, hora, etc.) e por tipo de dia (útil, sábado, domingo, etc.)

Há, ainda, outro tipo de indicadores que resultam da combinação entre a cobertura espacial e temporal, relacionados com o volume da oferta. Estes indicadores baseiam-se na produção de transporte, cujo conceito será adiante desenvolvido, dada pelo produto do número de viaturas e da extensão percorrida, podendo obter-se vários rácios por área ou população, para diferentes períodos do dia. É o caso, por exemplo, do quociente entre a extensão total percorrida pelas viaturas, expressa em veículos*km, e a área (ou população) de uma dada entidade geográfica (freguesia, concelho, etc.) para um período de tempo determinado.

Finalmente o conhecimento da tipologia do material circulante, particularmente no que se refere à sua lotação (lugares sentados e de pé)[2] permite adoptar para o indicador do volume da oferta atrás referido, o número de lugares oferecidos em vez do número de viaturas, passando aquele indicador a exprimir-se em lugares*km.



## 2.3 PARAGENS

As paragens constituem um elemento fundamental da rede de transportes pois é a partir delas que os passageiros têm acesso ao sistema de transportes, não devendo, contudo, porque dele fazem parte, ser ignorada a sua integração no espaço urbano.

Em princípio a densidade das paragens deve corresponder a um valor de aproximadamente 2 a 3 paragens por quilómetro, sendo tipicamente a sua zona de influência, conforme referido anteriormente, limitada por uma linha que representa o lugar geométrico dos pontos que distam à paragem de um tempo próximo dos 5 minutos (cerca de 300 metros).

2 Existe em Portugal um enquadramento legislativo que define os tipos de viaturas a utilizar, conforme o tipo de serviço (urbano, suburbano e interurbano) a realizar.

O espaço destinado à paragem deve ser apropriado para que os passageiros possam aguardar pelo transporte e permitir que a sua entrada e saída nas viaturas se faça com facilidade.

Em geral devem estar localizadas próximo dos principais pólos geradores de passageiros com um desenho que minimize a penalização sofrida pelo restante tráfego e afastada dos locais sensíveis ao acréscimo de ruído resultante das manobras de paragem e arranque das viaturas.

Na concepção da paragem estão em jogo diversos factores, dependendo das diferentes perspectivas com que podem ser encaradas. Tal dá origem a objectivos com sinal contrário, o que exige a hierarquização de prioridades e à adopção de soluções de compromisso. Enumeram-se de seguida alguns destes objectivos agrupados pelas diferentes perspectivas:

Utilizadores

· esperar confortavelmente e em segurança pela viatura, à qual tem de ter fácil acesso, com um tempo de espera aceitável pela viatura da carreira desejada
· poder identificar facilmente a carreira no momento de chegada da viatura
· poder encontrar informação acerca do serviço de TP e eventualmente de outros locais de interesse na envolvente à paragem
poder orientar-se facilmente após a saída da viatura, encontrando o caminho que o conduza ao destino

Motoristas da viatura

· poder identificar facilmente o local de paragem
· ter facilidade em efectuar as manobras de paragem e arranque
· não ter veículos estacionados ou parados próximo da paragem
· dar condições aos passageiros para entrar e sair das viaturas com facilidade
· não haver obstáculos que dificultem as manobras de paragem
· haver homogeneidade nos desenhos das paragens que crie rotinas na condução
· ser fácil abandonar e reentrar na corrente de tráfego
· observar com facilidade a entrada e saída dos passageiros nas viaturas

Operadores

· facilitar a paragem das viaturas
· facilitar as manobras de reintegração na corrente de tráfego
· minimizar o atraso imposto às viaturas

Autoridades

· minimizar o impacte (demoras e sinistralidade) das manobras de paragem no escoamento do tráfego
· minimizar o custo de instalação e manutenção
· minimizar a contestação dos diferentes grupos de interesse (utilizadores, residentes, comerciantes, operadores, etc.)

Residentes próximo das paragens

· não estar muito afastada das suas habitações
· não estar em frente à sua habitação
· não ser inestética

Comerciantes

· estar próximo do local de negócio (para os clientes que usam os TP)
· estar afastado do local de negócio (para os clientes que não usam o TP)
· não encobrir o estabelecimento dificultando a sua visão
· não obstruir o acesso aos veículos dos clientes e de carga e descarga

Peões

· não obstruir o seu percurso
· não provocar insegurança

Automobilistas

· não interferir com o escoamento de tráfego
· não reduzir o estacionamento

Como atrás se referiu, não é possível satisfazer simultaneamente esta extensa lista de objectivos, havendo que estabelecer prioridades, colocando, em princípio, no primeiro nível os utilizadores e os motoristas já que os respectivos objectivos constituem a razão principal da criação do serviço público de transportes.

Idealmente a localização das paragens deveria preencher os seguintes requisitos:

- articulação com a rede pedonal e proximidade com os pólos geradores de tráfego importantes
- facilidade na realização de transbordos entre carreiras e/ou modos de transporte
- intervisibilidade entre os motoristas e os passageiros na paragem
- disponibilidade de largura do passeio adequada para o movimento dos peões
- afastamento dos locais com ocupação provável de veículos estacionados
- proximidade às travessias pedonais, sem que as viaturas possam obstruir a visão no atravessamento
- proximidade das intersecções minimizando o efeito na segurança e na capacidade
- afastamento das fachadas dos edifícios mais sensíveis evitando a intrusão visual
- afastamento de locais que ponham em risco a segurança pessoal
- iluminação adequada por razões de segurança pessoal
- afastamento dos locais equipados com sensores de presença de veículos

A identificação do local de paragem faz-se por um poste (ou postalete) que suporta uma placa que indica as carreiras (código e destino) com paragem nesse local, podendo haver um abrigo para protecção dos passageiros. O poste e a placa devem ser diferenciados do restante mobiliário urbano, de modo que a sua presença seja notada com facilidade. O conteúdo da placa deve ser bem legível pelos passageiros, devendo a placa ser colocada de forma a garantir uma altura livre mínima de 2,5 metros.

Para dimensionar a paragem é preciso ter em conta por um lado o número de passageiros que aguardam a chegada de autocarro e neste sentido o número de carreiras com paragem nesse local tem um efeito significativo e, por outro lado, o número de autocarros presentes em simultâneo na área da paragem, dependendo mais uma vez do número de carreiras e do tempo que as viaturas permanecem na paragem para a entrada e saída de passageiros. Neste último caso deve considerar-se uma capacidade prática correspondente a uma dada percentagem (80%, por exemplo) da capacidade máxima oferecida, para atender à irregularidade das chegadas dos autocarros.

O espaço ocupado pelos passageiros que esperam pelo autocarro, designado por plataforma, nem sempre é possível distingui-lo fisicamente do passeio, o que não significa que não seja tido em conta no desenho da paragem. Em princípio deve contar-se para a plataforma com uma largura mínima de 2,3 metros.

Os autocarros nas paragens devem aproximar-se das plataformas, evitando-se que os passageiros usem a faixa de rodagem para entrar ou sair do autocarro. Assim, devem ser criadas condições para que os motoristas possam executar com facilidade a manobra de paragem fazendo parar o autocarro no local apropriado.

Na Figura 4 apresentam-se os valores recomendados e aceitáveis que, em princípio, devem ser garantidos nas paragens de autocarros, para as distâncias vertical (altura entre a superfície da plataforma e o nível do degrau de acesso ao autocarro) e horizontal (distância entre a plataforma e a entrada do autocarro).

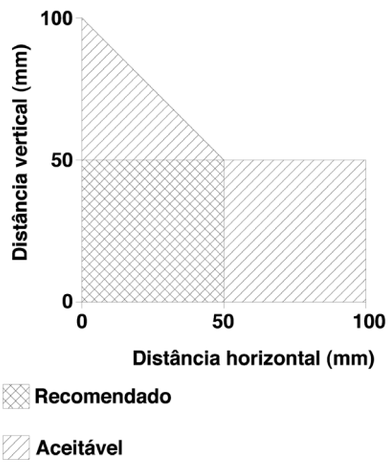


Figura 4 – Distância da plataforma ao piso do veículo (Fonte: Ministério Federal dos Transportes da Alemanha – 1997)

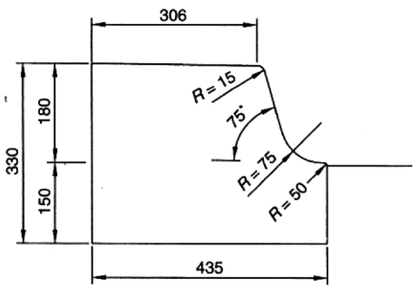


Figura 5 – Perfil do lancil modelo "Kassel" (dimensões em mm; R – raio) In Tyler, N. – "Accessibility and the Bus System: from concepts to practice". University College London, UK, Thomas Telford Publishing, 2002, pp. 168

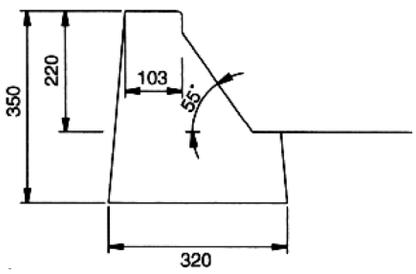


Figura 6 – Perfil do lancil modelo "Charcon" (dimensões em mm)

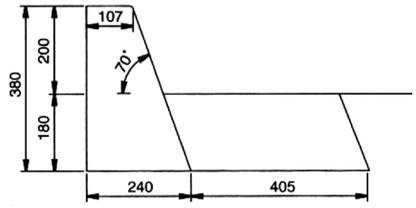


Figura 7 – Perfil do lancil modelo "Marshall" (dimensões em mm) In Tyler, N. – "Accessibility and the Bus System: from concepts to practice". University College London, UK, Thomas Telford Publishing, 2002, pp. 169

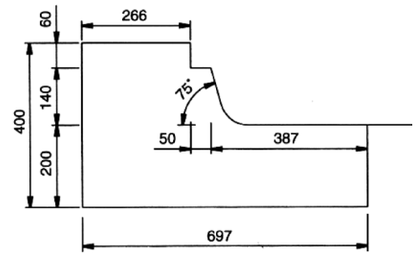


Figura 8 – Perfil do lancil modelo "Dresden"[5] (dimensões em mm)

Assim, segundo a Figura 4 para uma distância vertical de 75 mm a distância horizontal aceitável não deve ultrapassar 25 mm, mas se a distância horizontal for de 50 mm a distância vertical não deve ser superior a 50 mm.

Para aproximar a altura da plataforma (altura do passeio) ao nível da entrada do autocarro, isto é, reduzir a distância vertical, existem vários modelos de lancil específicos com uma altura superior ao lancil normal e com um desenho que procura facilitar a manobra de paragem do autocarro, sem danificar os pneus ou a carroçaria da viatura. Nas Figuras 5, 6, 7 e 8 são mostrados alguns desses modelos de lancil.

A adopção deste tipo de lancis elevando a plataforma requer cuidados construtivos especiais, nomeadamente no que se refere à drenagem e à circulação de pessoas de mobilidade reduzida que obriga à utilização de declives limitados.

O desenho da paragem dependerá do tipo de autocarro que a utiliza, pelo que não é fácil serem estabelecidas normas geométricas devido à variedade de marcas e modelos de viaturas. É evidente que o atrás referido assenta no princípio discutível de ser a paragem a adaptar-se ao material circulante e não o inverso, ou seja, ter um modelo de paragem que satisfaça os requisitos dos utentes e exigir que as viaturas tenham as características adequadas a esse modelo.

O local de paragem do autocarro poderá ser convenientemente assinalado por marcação horizontal definindo uma caixa rectangular paralela ao lancil do passeio devidamente assinalada eventualmente com pavimento diferenciado da faixa de rodagem. Para garantir a acessibilidade do autocarro ao local de paragem é necessário manter na sua vizinhança a faixa de rodagem desobstruída, em particular impedindo o estacionamento de veículos antes e após o local de paragem. O Código de Estrada estabelece a proibição de paragem numa distância de 5 metros e 25 metros à frente e atrás, respectivamente, do sinal indicativo de paragem. Estes valores podem ser comparados com os sugeridos na literatura especializada que se mostra na Figura 9.

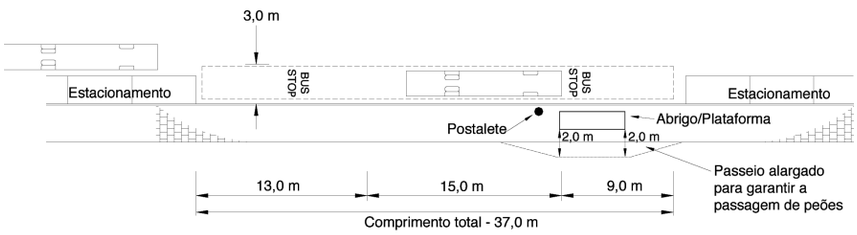


Figura 9 – Paragem para autocarros

Nos locais em que por razões de segurança e/ou escoamento do tráfego for criada uma baia para a paragem dos autocarros fora da faixa de rodagem devem ser adoptados, no mínimo, as dimensões mostradas nas Figuras 10 e 11 que dizem respeito a estradas com velocidade de projecto de 50 km/h e 70 km/h, respectivamente.

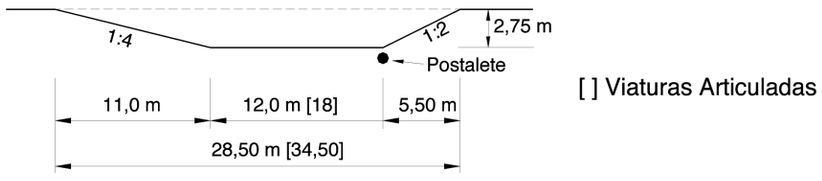


Figura 10 – Dimensões mínimas de paragens de autocarros em baia paralelas à faixa de rodagem de uma estrada com velocidade de projecto de 50 km/h

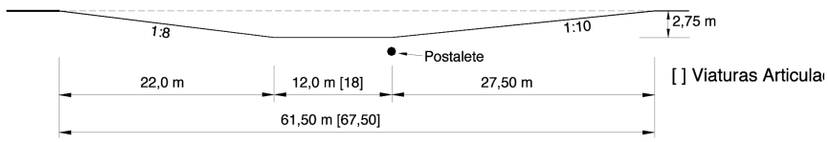


Figura 11 – Dimensões mínimas de paragens de autocarros em baia paralelas à faixa de rodagem de uma estrada com velocidade de projecto de 70 km/h

Estas baias têm a vantagem de retirar da circulação as viaturas durante as operações de entrada e saída de passageiros, mas apresentam como desvantagem a dificuldade sentida pelos motoristas em voltar a integrar-se na corrente de tráfego, pelo que não são geralmente recomendadas em áreas urbanas com velocidades praticadas relativamente baixas.

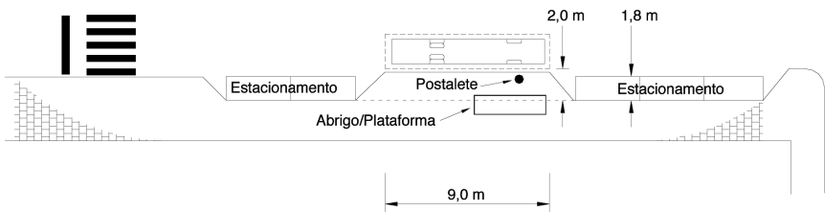


Figura 12 – Paragem de autocarro com alargamento do passeio para a faixa de rodagem (2,0 metros)

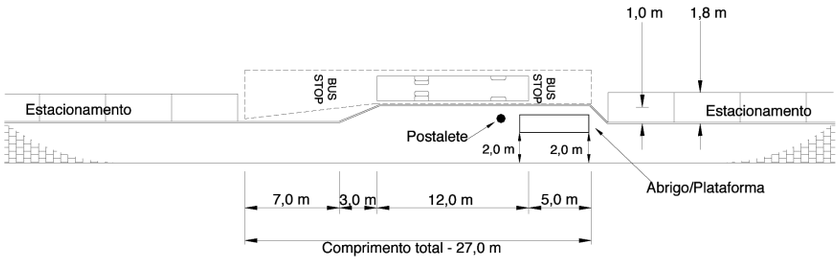


Figura 13 – Paragem de autocarro com alargamento do passeio para a faixa de rodagem (1,0 metros)

Em alternativa e sempre que a aproximação à plataforma seja difícil é possível ultrapassar esta situação alargando o passeio junto à paragem com invasão da faixa de rodagem. Uma extensão de 1,0/2,0 metros na direcção da faixa de rodagem num comprimento mínimo de 9,0 metros é suficiente para obter o efeito desejado. Em geral esta solução é fácil de implementar substituindo alguns lugares de estacionamento junto ao lancil do passeio. Nas Figuras 12 e 13 apresentam-se alguns esquemas que ilustram este tipo de paragem.

Em qualquer caso deve manter-se permanentemente um espaço reservado para a circulação de peões alheios à paragem no mínimo de 2,0 metros, conseguido muitas vezes à custa do alargamento do passeio na zona da plataforma destinada à espera dos passageiros.

A localização das paragens e respectivo espaçamento tem um efeito significativo na velocidade dos veículos. Dum modo geral as paragens devem ser localizadas de modo a facilitar o acesso dos passageiros, minimizando a perturbação no escoamento dos restantes veículos. Quanto à distância entre paragens de uma carreira de TP é um assunto tratado frequentemente em artigos da especialidade, embora a maior parte destes modelos tivessem sido concebidos para o transporte ferroviário.

Como se referiu atrás a localização das paragens depende de numerosos factores, pelo que fica limitada a aplicação de modelos económicos envolvendo quer o custo dos passageiros quer o custo dos operadores. Apesar disso a utilização deste tipo de modelos é importante pois permite avaliar o

efeito da adopção de diferentes políticas de localização das paragens de TP, em particular o impacte da densidade das paragens nos custos de operação das viaturas.

Em geral a formulação do problema nos modelos de tipo económico consiste em minimizar quer o custo generalizado associado ao passageiro, quer o custo total para o operador, sendo que o primeiro inclui o valor monetário dos tempos de percurso a pé e na viatura, bem como o custo da tarifa praticada e no segundo o custo de operação das viaturas, o custo do pessoal e o valor monetário do tempo gasto a percorrer uma determinada extensão.

Dum modo simplista o espaçamento óptimo entre as paragens pode ser obtido anulando a derivada em relação à distância da soma do tempo de acesso dos passageiros à paragem com o tempo de percurso na linha, resultando:

$S^*=\sqrt{(2*lm*Tl*Va)}$

sendo S* o espaçamento óptimo, lm o comprimento médio da viagem, Tl o tempo perdido em cada paragem e Va a velocidade de acesso (chegada ou partida) à paragem.

### 2.3.1 ABRIGO NAS PARAGENS

O abrigo constitui um elemento importante que favorece a zona de espera nas paragens. Não sendo possível equipar todo o universo das paragens com abrigos, a sua instalação requer que sejam analisados os seguintes aspectos:

- exposição do local da paragem à intempérie
- tempo de espera pela viatura
- disponibilidade de espaço no passeio
- obstrução da visibilidade na circulação
- efeito estético

Embora a sua função principal seja a de protecção dos passageiros, os abrigos têm um carácter multifuncional em que se destaca o papel que podem desempenhar na informação ao utente e pessoas em geral, sendo um local privilegiado para o fazer. Complementarmente podem disponibilizar outros serviços de interesse para a população (máquinas de aquisição de títulos de transporte, telefones, quiosques, máquinas de venda de bebidas e snacks, etc.).

A comodidade e a segurança são dois requisitos básicos que devem ser garantidos nos abrigos. Os passageiros devem sentir-se confortáveis enquanto esperam pelo autocarro, pelo que devem ser previstos lugares sentados apropriados e colocados de forma que os passageiros sentados possam ver sem dificuldade a aproximação dos autocarros. Existem em alguns locais estruturas que de certo modo substituem a cadeira, designada por "sciatica seat" ou "cadeira de encosto", conforme ilustra a Figura 14, com um desenho que proporciona descanso aos passageiros enquanto esperam.

No que respeita à segurança pessoal os abrigos devem ser localizados em espaços abertos e serem construídos com materiais transparentes que garantam uma boa visibilidade do interior para o exterior e vice-versa. Por outro lado de noite devem ser iluminados, tendo o cuidado que os cabos eléctricos estejam convenientemente isolados.

Em geral existem dois tipos de abrigo, um em forma de "L" sem painéis laterais e outro com um ou dois painéis laterais confinando o espaço destinado aos passageiros. A área do abrigo depende do número de pessoas previstas em espera, tendo em conta que a garantia de um bom nível de serviço obtém-se com áreas de cerca de 1 $m^2$ por peão, considerando-se aceitável que, nos períodos de ponta a concentração de peões possa duplicar, o que se traduz em valores de área de cerca de 0,5 $m^2$ por peão.[3] Em princípio considera-se 5 $m^2$ como área mínima do abrigo, com uma profundidade mínima de 1 metro. A altura deve ser de 2,5 metros.

3 In Tyler, N. – "Accessibility and the Bus System: from concepts to practice". University College London, UK, Thomas Telford Publishing, 2002, pp. 161

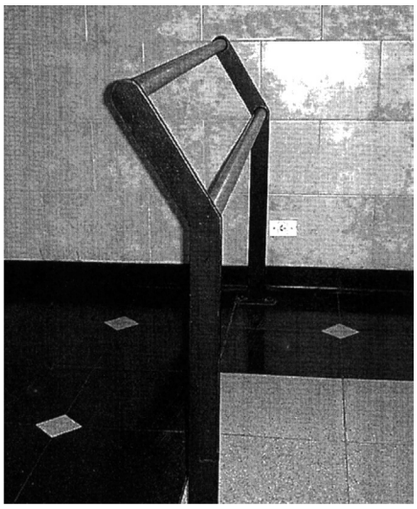

Figura 14 – A "sciatica seat" em Buenos Aires - Argentina

Em qualquer caso o abrigo deve estar recuado da extremidade do passeio de cerca de 1,0 metro, de forma que permita o seu acesso por cadeiras de rodas e também para facilitar a entrada e saída dos passageiros.

## 2.4 CONFIGURAÇÃO DA REDE

A configuração da rede de transportes públicos é muito dependente da estrutura urbana, isto é, da localização dos principais pólos geradores de tráfego, da sua concentração ou dispersão e da malha viária urbana disponível para a circulação dos autocarros, pelo que apenas se podem enunciar princípios gerais.

O elemento chave para a definição da rede de transportes é a matriz origem/destino das viagens, onde se podem identificar as linhas de desejo das deslocações das pessoas, estabelecendo-se, em princípio, carreiras directas para as ligações com maior procura.

A estrutura da rede pode assentar numa rede hierarquizada onde é criada uma rede primária que liga os principais núcleos geradores de tráfego, complementada por ligações amarradas à rede primária com uma função de cobertura do espaço urbano. Na rede primária privilegiam-se as ligações directas, enquanto se admite nas carreiras complementares um traçado mais sinuoso ao encontro da procura. Convém, no entanto, ter presente que uma rede fortemente hierarquizada aumenta o número de transbordos criando incomodidade nos passageiros.

A opção por uma rede hierarquizada favorece a criação de eixos com elevada procura, onde se deve garantir uma boa qualidade de transporte, o que justificará a adopção de medidas de apoio ao transporte colectivo, nomeadamente a existência de corredores de circulação exclusivos.

Os locais de rebatimento garantindo a complementaridade entre carreiras e modos de transporte deve ser assegurada, em particular, a conexão entre o sistema de transportes urbano e os sistemas de transportes interurbanos afectos a viagens de médio e longo curso.

Os percursos de ida e volta das carreiras devem ser o mais coincidente possível a fim de que possam servir, em boas condições, as pessoas em ambos os sentidos de circulação.

Para homogeneizar a ocupação dos veículos ao longo do percurso as carreiras de cobertura territorial devem atravessar zonas com diferente ocupação do solo e o seu comprimento não deve ser demasiadamente extenso para não criar dificuldades à regularização do serviço, afectando o cumprimento dos horários em situações de perturbação do escoamento.

Considerando a classificação das linhas referida anteriormente podem enumerar-se as principais características de cada tipo:

- Linhas circulares – têm principalmente uma função distribuidora e de ligação entre zonas com usos distintos sem passar pelo núcleo central, sendo a procura elevada e caracterizada por uma alta rotatividade motivada pela reduzida extensão das viagens. A manutenção do cumprimentos dos horários pode ser difícil dado ser dispensável os terminais onde seja possível recuperar os atrasos. Por esta razão em algumas cidades optou-se por dividir o serviço da linha circular em 2 linhas, cada uma delas responsável por parte do serviço total. Apesar das dificuldades enunciadas, em geral, estas linhas desempenham um papel fundamental no funcionamento integral da rede.
- Linhas diametrais – têm a vantagem de garantir uma boa distribuição dos passageiros na zona central, mas a desvantagem de poder transferir os atrasos sofridos quando atravessam o centro para o exterior. Os terminais localizam-se fora da zona central, havendo a possibilidade deste tipo de linhas intersectar outras linhas o que facilita a transferência de passageiros entre elas. Para que se mantenha uma ocupação equilibrada ao longo da

linha é conveniente que a procura nas duas partes da linha tenham padrões análogos.

· Linhas tangenciais – são mais comuns em cidades de estrutura viária reticular, tendo como principal característica uma procura sem grandes variações durante o dia, isto é, os períodos de ponta são mais esbatidos.

· Linhas radiais – apresentam volumes intensos na ponta da manhã no sentido do centro e inversamente na ponta da tarde, embora estes sejam cada vez menores à medida que se afastam do centro. Deste modo há neste tipo de linhas a necessidade de criar reforços que cubram parte da extensão da linha para compensar o desequilíbrio da procura. A distribuição dos passageiros no centro é mais limitada do que no caso das linhas diametrais. Um dos seus terminais está localizado no centro, onde o espaço disponível é mais escasso.

Há dois tipos de solução (Figura 15) para dar resposta à tendência generalizada de um padrão de viagens com origem/destino no centro. Uma consiste em dispor de uma linha principal que se ramifica ao longo do seu trajecto para servir zonas cada vez menos densas; a outra corresponde a ter a linha principal a ser alimentada directamente por linhas complementares. Cada uma destas soluções apresenta as seguintes vantagens:

a) Ramificação da linha principal

· Proporciona aos passageiros um serviço directo entre o centro e a periferia

· Não necessita de paragens de transbordo de passageiros

· Maior facilidade em optimizar o serviço porque as linhas são independentes

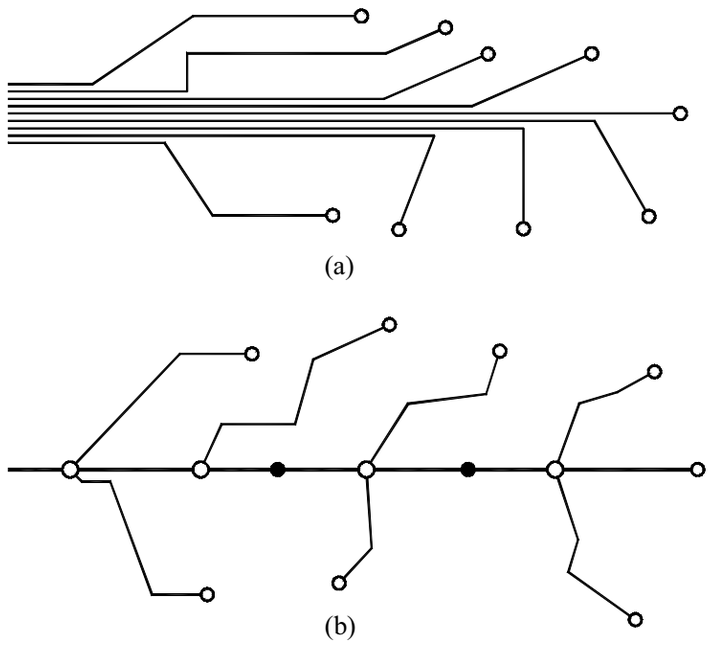


Figura 15 – Linha principal com ramificações e linha principal alimentada por linhas complementares

b) Alimentação da linha principal por linhas complementares

· Optimização do serviço em cada linha

· Utilização eventual de modos de transporte de maior capacidade na linha principal

· Maior conectividade da rede

· Maior garantia de pontualidade

Uma das primeiras tarefas a desenvolver na concepção do sistema de transportes é criar uma rede que efectivamente sirva as pessoas tendo particular atenção a localização das paragens, de modo que sejam facilmente acessíveis. Sem esta condição estar garantida todo o esforço colocado na prossecução das tarefas subsequentes de organização do sistema pode ser desperdiçado já que a rede concebida não presta o serviço que devia assegurar.

Tal envolve que a rede pedonal seja convenientemente articulada com a rede de TP, em particular, as paragens devem estar a uma distância de acesso apropriada, sendo removidas todas as barreiras que dificultem a acessibilidade, com particular atenção aos utentes de mobilidade reduzida.

A melhoria da acessibilidade proporcionada pelo TP resulta de:

a) servir todos os núcleos urbanos com um número mínimo de habitantes, estabelecendo uma distância máxima de acesso ao serviço de transportes;

b) garantir que as necessidades de deslocação não satisfeitas não possam ultrapassar um determinado valor pré-fixado;

c) assegurar o acesso com regularidade a certos equipamentos ou pólos urbanos importantes;

d) garantir que as deslocações correspondentes às linhas de desejo de maior procura tenham uma duração média (ou máxima) inferior a um determinado valor pré-fixado;

e) permitir o acesso a actividades, em particular de lazer, fora das horas normais de funcionamento do sistema.

## 2.5 CARACTERIZAÇÃO DA PROCURA DE TRANSPORTES PÚBLICOS

A procura em transportes públicos que interessa conhecer refere-se não apenas ao volume de passageiros actual, mas também à procura futura. Em relação à primeira há, ainda, a considerar a procura já servida por transportes públicos e a procura potencial resultante de não haver soluções de transporte disponíveis, ou da transferência modal, em particular do transporte individual, ou gerada por alteração das condições da viagem, como, por exemplo, maior rapidez e/ou comodidade, tarifário mais barato, ou mesmo, alterando as condições de exploração.



O volume e débito de passageiros exprimem-se ambos nas mesmas unidades, ou seja, em pas/hora, distinguindo-se apenas por, enquanto o débito representa um processo contínuo traduzindo um fluxo que se escoa com uma determinada intensidade mantendo-se as condições, o volume diz respeito ao número de passageiros que efectivamente passaram durante um certo tempo, geralmente uma hora, num dado local e sentido de movimento.

Admitindo, por hipótese puramente teórica, que os passageiros podem entrar ou sair em qualquer ponto da linha, as curvas a(s) e b(s) apresentadas na Figura 16 representam funções de densidade expressas em passageiros por unidade de distância (p. e. km) e por unidade de tempo (p. e. hora).

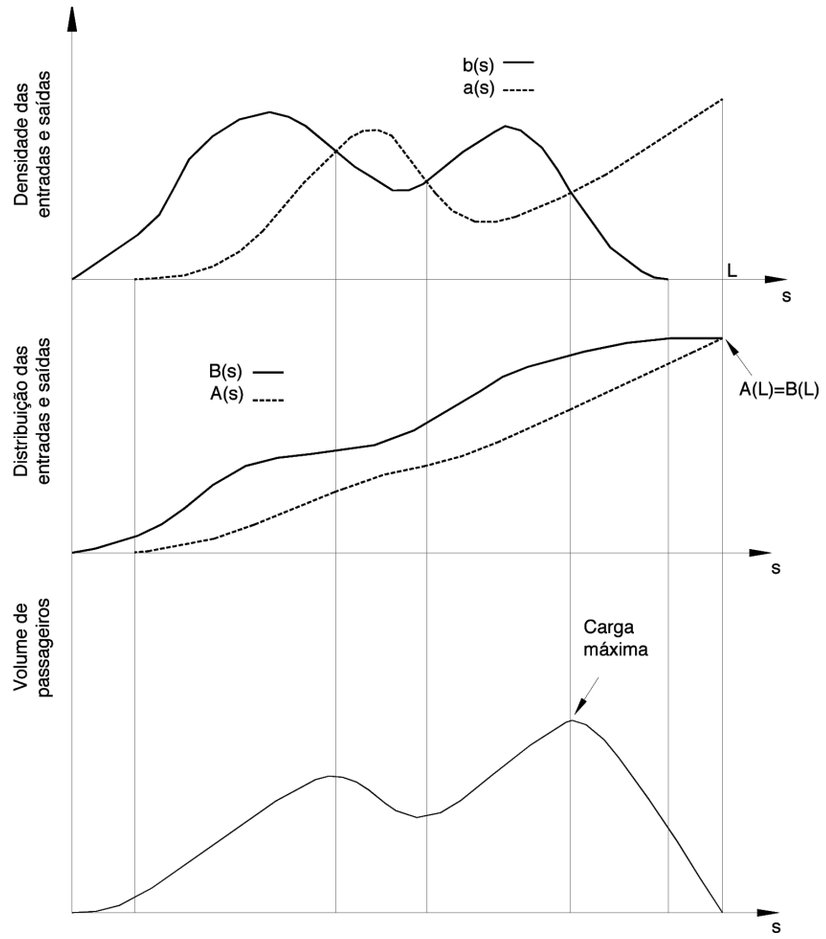


Figura 16 – Funções de densidade e cumulativa de entrada e saída de passageiros



As funções cumulativas também apresentadas na Figura 16 representam o número de passageiros entrados (ou saídos) até um determinado local por unidade de tempo, sendo a diferença entre estas duas curvas a carga (número de passageiros) existente ao longo da linha por unidade de tempo. Na Figura 16 pode observar-se, de acordo com os conceitos apresentados, que os pontos de intersecção entre as curvas a(s) e b(s) correspondem a pontos extremos (máximos ou mínimos) da curva de carga P(s), isto é, os locais em que o número de passageiros nas viaturas deixa de aumentar ou de diminuir. Assim, é fácil identificar as zonas onde há aumento ou diminuição do número de passageiros, bem como o local de carga máxima da linha e o respectivo valor, que corresponderá ao valor máximo absoluto da curva P(s) que representa o valor crítico a considerar em fase de planeamento do serviço.

Na prática estas funções são em "escada" já que a entrada/saída de passageiros só pode ocorrer em certos locais (paragens) distribuídos ao longo da linha, apresentando-se na Figura 17 uma representação mais realista da que foi feita para a Figura 16.

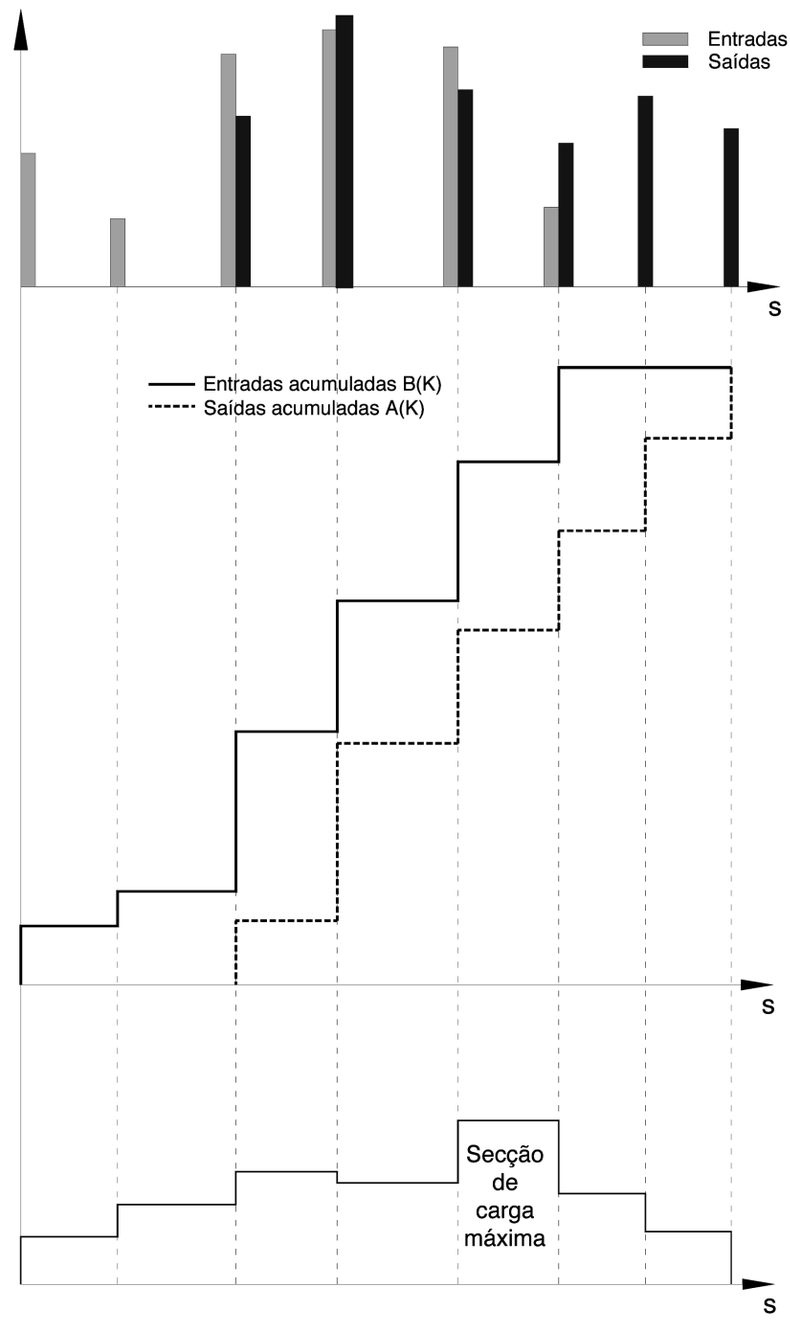


Figura 17 – Entrada e saída de passageiros

O volume de passageiros na secção K é dado por:

$$P(K)=B(K)-A(K)=\Sigma bi-\Sigma ai$$

Naturalmente que o número total de passageiros entrados, saídos e que usaram a linha por unidade de tempo é igual, isto é, AL=BL=PL.

Atendendo a que o volume de passageiros, P(K), representa a procura e, por outro lado, a oferta é dada pela capacidade (ou lotação), C, expressa em lugares/h, designa-se por coeficiente de utilização da capacidade, ou factor de carga, $\alpha$, o quociente entre estes valores, isto é,

$$\alpha=P/C.$$

A procura actual pode ser medida a partir de contagens, com recurso, por exemplo, a contadores automáticos, de passageiros entrados e saídos em cada paragem, eventualmente reforçada com informação obtida por inquéritos.

Com o valor da procura pode obter-se a carga média da viatura por quilómetro e o comprimento médio da viagem, dividindo a procura de transporte (expressa em pas*km) pela extensão da linha ou pelo número total de passageiros, repectivamente. Estes indicadores serão apresentados mais adiante de um modo mais desenvolvido.

Na Tabela 1 apresenta-se o registo das contagens das entradas e saídas dos passageiros nas paragens ao longo duma linha, sendo calculados alguns indicadores que caracterizam a procura e o serviço oferecido.

Tabela 1 – Contagens nas paragens

| Paragens | Entradas | Saídas | Carga | Distância (km) | pas*km |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 48 | 0 | | | |
| | | | 48 | 0.6 | 28.8 |
| 2 | 35 | 12 | | | |
| | | | 71 | 0.7 | 49.7 |
| 3 | 54 | 30 | | | |
| | | | 95 | 0.5 | 47.5 |
| 4 | 29 | 13 | | | |
| | | | 111 | 0.8 | 88.8 |
| 5 | 16 | 46 | | | |
| | | | 81 | 0.6 | 48.6 |
| 6 | 0 | 81 | | | |
| | | | | | |
| Total | 182 | 182 | | 3.2 | 263.4 |
| Comprimento médio da viagem: 263.4/182=1,45 km | | | | | |
| Número médio de entradas por km: 182/3.2=56.9 pas/km | | | | | |
| Carga média por km: 263.4/3.2=82.3 pas*km/km | | | | | |

A estimação da procura potencial é um processo mais complexo que exige a aplicação de modelos que procuram incorporar os factores mais significativos que influenciam o volume da procura.

Um primeiro passo é a delimitação da área de estudo e respectivo zonamento. A área a considerar depende do objectivo do estudo, não devendo, contudo, serem esquecidas as eventuais expansões que venham a ocorrer a curto/médio prazo. A subdivisão da área em estudo em zonas deve ser feita tendo em conta a estrutura do espaço urbano, nomeadamente quanto à demografia e respectiva dinâmica de crescimento, à tipificação das actividades e da habitação, aos limites administrativos, aos acidentes físicos existentes no terreno e, eventualmente, ao zonamento praticado em estudos anteriores a fim de facilitar eventuais comparações de resultados. O objectivo é dispor de zonas homogéneas que permitam obter com o maior rigor possível o volume de viagens geradas e atraídas em cada zona.

A determinação das viagens produzidas e atraídas obtém-se a partir de contagens e inquéritos, aplicando metodologias cuja descrição afasta-se do âmbito deste documento.

A previsão da procura futura obtém-se através da aplicação de modelos de evolução da procura baseados em taxas de crescimento que permitem quantificar a procura potencial para um determinado ano horizonte.

## 2.6 RECOLHA DE DADOS

Na gestão de qualquer sistema é essencial obter dados cuja análise permitirá sustentar a tomada de decisões e que neste caso podem incluir: caracterização física das linhas (geometria, sinalização, equipamento nas paragens, etc.), dimensões e desempenho dos veículos, condições de operação, horários e período de funcionamento, volume de passageiros, entrada e saída de passageiros nas paragens, sistema tarifário e bilhética, segurança, etc.

A obtenção destes dados exige a realização sistemática e periódica de contagens e inquéritos, o que requer uma solução de compromisso entre o seu custo e as vantagens da credibilidade da informação. Uma solução será a de organizar em intervalos mais longos as campanhas de recolhas de dados que exijam a mobilização de maiores recursos, as quais serão completadas com levantamentos mais pequenos realizados em intervalos menores.

Os dados relativos a tempos de percurso e velocidades são obtidos ou por observadores que viajam no interior dos veículos e registam os tempos de passagem, bem como os atrasos verificados e respectivas causas, ou por equipamento embarcado que nos casos mais avançados integram sistemas de localização automática de veículos (AVL).

Igualmente o sistema de bilhética pode dar informações úteis acerca do padrão de viagens dos utilizadores de transporte colectivo, que podem ser complementadas com inquéritos específicos destinados não só em conhecer a origem e destino das viagens, mas também a qualidade percebida do serviço oferecido.



## 2.7 ENTRADAS E SAÍDAS DE PASSAGEIROS E CARGA AO LONGO DA LINHA

A viagem feita pelos passageiros numa carreira onde foram contados as entradas e saídas em cada paragem pode ser determinada usando o seguinte procedimento. Seja uma carreira com $\underline{n}$ paragens onde se conhecem os passageiros entrados $\underline{bi}$ e saídos $\underline{a_i}$ em cada paragem i (1=1,...n). Um modelo simplista será considerar, na falta de outra informação relevante, que os passageiros entrados em $\underline{i}$ se distribuem pelas saídas nas paragens $\underline{j}$ a jusante (j=i+1,...n) proporcionalmente ao volume total de passageiros saídos em cada paragem, o que permitirá conhecer uma estimativa da matriz origem/destino das viagens na carreira estudada. É evidente que esta matriz é tanto mais rigorosa quanto mais realista for a hipótese considerada para a repartição das paragens-destino.

Assim, o número de passageiros que entram em i e saem em j, $f_{ij}$, depende da capacidade de atracção $K_j$ da zona j, pelo que, como atrás foi referido, na ausência de outra informação pode ser obtido por:

$$fij=bi*kj$$

e

$$kj= aj/(\Sigma aj)$$

resultando,

$$fij=bi*aj/(\Sigma aj)$$

em que o índice j representa as paragens que sucedem para além da paragem i.

Para determinar o número de passageiros que usam a secção (k,k+1) entre as paragens consecutivas k e k+1 de uma carreira, designada habitualmente por carga $p_k$, usa-se a seguinte expressão,

$$pk=\Sigma bi-\Sigma ai$$

Um método mais rigoroso para a determinação da matriz origem/destino em carreiras de transporte público será distribuir aos passageiros na entrada um cartão com um código associado a esta paragem que será posteriormente recolhido na saída, permitindo identificar a viagem realizada por cada passageiro.

Uma das variáveis mais importantes no estudo da linha é o volume de passageiros e consequentemente a identificação da secção de carga máxima. Não é sempre exequível fazer as contagens do movimento de passageiros em todas as paragens da linha, pelo que, a forma mais simples de o obter é contar o número de passageiros que viajam no veículo em locais específicos, principalmente nas secções onde os volumes sejam maiores a fim de determinar o seu valor máximo. Por vezes, pode acontecer não ser possível contar com precisão todos os passageiros, pelo que os observadores devem ser treinados para que com uma rápida inspecção consigam estimar razoavelmente o número de passageiros.

## 2.8 MATERIAL CIRCULANTE

O tipo de serviço (urbano, suburbano e interurbano) determina as características das viaturas que podem ser utilizadas, particularmente no que diz respeito à possibilidade de poder ou não transportar passageiros em pé, existindo, em Portugal, legislação em vigor que estabelece as condições relativas à distância e tempo de percurso para que tal aconteça.

Na Tabela 2 apresentam-se as dimensões e lotação médias por tipo de veículo.

Tabela 2 – Características do material circulante

| | Comprimento (m) | Largura (m) | Altura (m) | Lotação |
|---|---|---|---|---|
| **Standard** | 11,5 | 2,5 | 3,0 | 90 |
| **Articulado** | 17,5 | 2,5 | 3,0 | 135 |
| **Mini-bus** | 7 | 2,0 | 2,25 | 20 |

O conhecimento dos raios de viragem e de inscrição são elementos fundamentais para definir a capacidade de manobra dos veículos, sendo apresentado na Figura 18 as dimensões destes elementos relativo a um veículo-tipo.

Em estudos que requeiram o levantamento das características do material circulante é importante conhecer para além dos tipos de viatura que opera, a respectiva lotação em lugares sentados e de pé e dimensões, a sua idade e características técnicas e de conforto, nomeadamente a existência de ar condicionado e de equipamentos de apoio a passageiros de mobilidade reduzida.

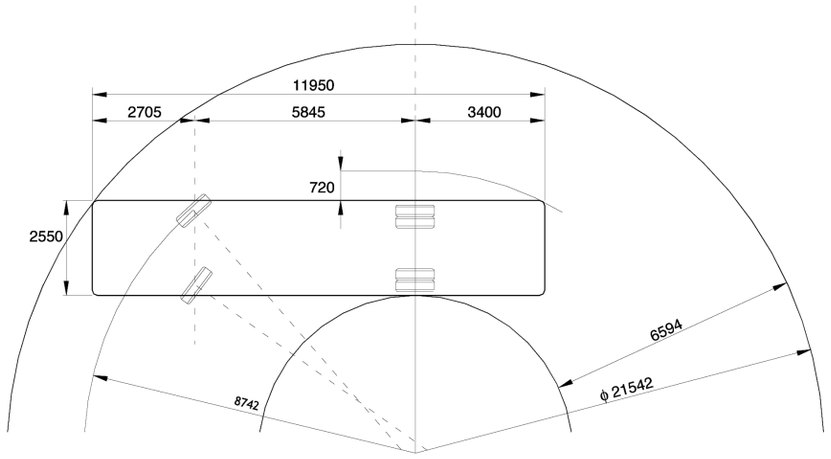


Figura 18 – Capacidade de manobra de autocarro (dimensões em mm)
"Autocarro Mercedes-Benz CITARO (STCP)"

## 2.9 INFORMAÇÃO

A informação é um elemento chave nos sistemas de transportes, não só pela influência que tem para a tomada de decisão acerca do modo como as pessoas vão realizar a deslocação, mas também no apoio dado aos passageiros durante a viagem. Segundo alguns estudos a falta de informação é responsável numa fracção não desprezável pela fraca utilização dos transportes públicos.

O viajante necessita de informação antes, durante e após a viagem, devendo ser fornecida em cada fase da deslocação (antes do início, percurso a pé, tempo de espera na paragem, viagem de autocarro, local de transbordo) informação específica relativa ao momento da deslocação e/ou informação de orientação.

Assim, no início da viagem a informação específica compreende a identificação da(s) carreira(s) com ou sem transbordo e serviços disponíveis para efectuar a ligação entre o início e fim da deslocação, a localização da paragem mais próxima e dos eventuais locais de transbordo, os horários, duração da viagem e tarifas.



No percurso a pé a informação específica diz respeito à identificação da localização correcta do local de embarque, enquanto que a informação de orientação refere-se à escolha do percurso mais adequado para atingir a paragem.

Durante a espera na paragem a informação específica refere-se ao tempo de espera até à chegada do próximo veículo, às características dos veículos, em particular, a localização das portas de entrada, ao aviso sonoro e/ou visual da designação da carreira com chegada iminente e a localização de eventual centro de informação. A informação de orientação na paragem inclui um mapa com a localização dos principais pontos de interesse na zona, que são não só importantes conhecer para os passageiros, mas também para o público em geral, passando a paragem a constituir um ponto privilegiado de informação local.

Para o percurso de autocarro a informação específica diz respeito ao destino da carreira e à designação das paragens que forem aparecendo, bem como as regras de utilização do interior do veículo (lugares reservados, local de validação dos títulos, etc.). A informação de orientação inclui a presença de esquemas/mapas ("espinhas da linha") que permitam seguir o percurso efectuado, bem como o anúncio do momento da paragem de destino e eventuais ligações com outras carreiras e/ou modos.

Nos locais de transbordo a informação específica compreende a estimativa do tempo de espera pela ligação e a operacionalidade do local de transbordo, com indicação da localização de eventual centro de informações. A informação de orientação mostra o trajecto a realizar no transbordo, bem como a localização de outros serviços de apoio ao utente (elevadores, bar, instalações sanitárias, etc.).

O suporte de transmissão da informação é muito variado podendo ir desde o papel, até ao uso da internet, passando pelo telefone ou pelos painéis de

mensagens digitais. É, no entanto, necessário ter presente que a informação disponibilizada deve também chegar às pessoas que apresentem deficiências, pelo que o mesmo produto terá de estar disponível em vários tipos de suporte, de forma que atinja o maior número de pessoas possível.

Igualmente importante é a forma de apresentação, nomeadamente o conteúdo e a respectiva concepção, tendo neste caso as novas tecnologias um importante papel a desempenhar.

Finalmente a clareza da informação a transmitir e a sua validade é um elemento fundamental para a credibilidade do sistema. Pior do que não haver informação é certamente dispor de informação errada.

# 3. CARACTERÍSTICAS OPERACIONAIS DO SERVIÇO

## 3.1 CONCEITOS DE CAPACIDADE

A capacidade refere-se sempre à máxima aptidão física que um determinado sistema apresenta em determinadas condições. Nos transportes colectivos há que distinguir entre a capacidade estática relacionada com o veículo e a capacidade dinâmica afecta à linha. Antes, porém, dever-se-á ter presente que um veículo pode ser composto por uma ou várias carruagens agregadas, como acontece, por exemplo, nos autocarro articulados e no metro. O número total de veículos necessário para o serviço de uma linha ou rede é designado por dimensão da frota e corresponde à soma dos veículos necessários para a operação propriamente dita, normalmente determinada pelas necessidades no período de ponta, com os veículos de reserva e os sujeitos a operações de manutenção.

i. Capacidade estática – representa o número máximo de passageiros que um veículo (ou carruagem) pode transportar, geralmente designada por lotação, podendo ser expressa em lugares sentados e de pé ou apenas lugares sentados. Na Tabela 3 podem encontrar-se alguns valores de referência em função das condições de comodidade para os passageiros que viajem de pé, sendo que o valor standard usado em estudos para $\underline{\sigma}$, expresso em $m^2$/passageiro, varia geralmente entre 0,20 $m^2$/passageiro e 0,25 $m^2$/passageiro, sendo 0,15 $m^2$/passageiro um valor excessivamente baixo. Por vezes usa-se como um objectivo de conforto uma razão de 40/60 entre lugares sentados e de pé.

Naturalmente que a capacidade de um veículo é dada pelo produto do número de carruagens $\underline{n}$ e a capacidade de cada carruagem, Cc, isto é,

$$Cv=n*Cc$$

Ao valor da capacidade (teórica) é aplicado, por vezes, um factor de carga $\underline{\alpha}$ que a transforma na capacidade prática e ao usá-la em dimensionamento traduz-se em adoptar níveis superiores de comodidade.

Tabela 3 – Relação entre comodidade dos passageiros em pé e área disponível da carruagem

| Concentração (pas/$m^2$) | Área/pas ($m^2$/pas) | Comodidade e condições de circulação |
|---|---|---|
| <1 | >1 | Sem contacto. Circulação livre. |
| 2-3 | 0,50/0,33 | Ligeiro contacto.<br>Circulação com ligeiro incómodo |
| 4 | 0,25 | Contacto expressivo.<br>Dificuldade de circulação |
| 5 | 0,20 | Contacto permanente. Circulação difícil |
| 6-7 | 0,15 | Contacto forte. Circulação forçada |

ii Capacidade dinâmica (ou capacidade da linha) – representa, para determinadas condições, o número máximo de entidades que podem passar por unidade de tempo num local fixo, sendo que as entidades podem referir-se a veículos, carruagens ou lugares. Assim, se for fmax a frequência máxima de veículos que pode ser atingida numa dada linha, podem distinguir-se os seguintes conceitos:

Capacidade (carruagens/h) é o número máximo de carruagens que podem passar por hora num local fixo por sentido de circulação, isto é,

c=n*fmax,

em que n representa o número de carruagens do veículo.

Em particular no caso de autocarros, sendo n=1, vem c=fmax.

Capacidade (lugares/h) representa a oferta de lugares que podem passar num local fixo e num certo sentido por hora, sendo dada por,

C=Cv*fmax=Cc*n*fmax=c*Cc

Capacidade oferecida é o número de lugares que, de acordo com a frequência efectiva passa num local, por sentido e por hora, sendo dada por,

Co=Cv*f

em que f é a frequência existente.

Atendendo aos anteriores conceitos pode ainda definir-se os coeficientes de utilização do serviço dados por:

$\delta$=f/fmax; ou $\delta$=n*f/c; ou $\delta$=Co/C

## 3.2 CAPACIDADE DA LINHA

Conforme foi atrás apresentado a capacidade da linha depende da capacidade dos veículos e da frequência máxima (ou do intervalo mínimo entre veículos), isto é, C=Cc*n*fmax=Cc*n/hmin. O produto de Cc por n é a capacidade estática e o seu valor dependerá da capacidade das carruagens e do número de carruagens que compõem o veículo, podendo ainda recorrer-se ao factor de carga $\alpha$, de modo a introduzir uma margem de segurança.

Na capacidade da linha é, pois, necessário conhecer o intervalo mínimo entre passagens, hmin, sendo escolhido o maior valor entre o intervalo mínimo entre passagens na linha propriamente dita, hw(min) e o intervalo mínimo entre veículos sucessivos nas paragens/estações, hs(min). Na maior parte dos casos o valor de hs(min)> hw(min) pelo que é o intervalo mínimo nas estações que determina a capacidade da linha, isto é,

C=min(Cw,Cs)

com,

C – capacidade da linha,

Cw – capacidade do "canal"

Cs – capacidade da estação.

A capacidade do "canal", Cw pode ser calculada a partir da capacidade do veículo, Cv=n*Cc, e do intervalo mínimo entre veículos no "canal", isto é,

Cw=n*Cc/hw(min)

Por outro lado hw(min) está relacionado com o espaço entre pontos homólogos dos veículos dado pela soma da distância mínima de segurança, sg(min), e do comprimento do veículo, ou seja,

hw(min)=(n*l+sg(min))/v

onde,

n – número de carruagens

l – comprimento da carruagem

v – velocidade.

Pode demonstrar-se que a distância mínima a manter entre veículos de modo que, se o veículo da frente travar o que o segue ter espaço suficiente para se imobilizar a uma distância de *so* do veículo da frente, fixada como margem de segurança para atender, quer a diferentes desempenhos do mecanismo de

travagem, quer ao valor da distância mínima entre veículos parados, é dada pela seguinte expressão,

sg(min)=so+tr*v+(v^2/2*((b1-b2)/b1/b2)

sendo,

tr – tempo de reacção

b1 e b2 – desacelerações dos veículos da frente e de trás, respectivamente.

A expressão final para a capacidade do "canal" vem,

Cw=n*Cc/((n*l+so)/v+tr+v*(b1-b2)/(2*b1*b2))

No que respeita à capacidade na paragem/estação é, como se referiu, geralmente inferior à capacidade do "canal" e, portanto, limitará a capacidade da linha. O valor do hs(min), intervalo de tempo mínimo entre veículos na estação é dado pela soma de várias componentes: tempo parado na estação para a entrada e saída de passageiros, tempo de reacção, tempo para que a traseira do veículo da frente deixe a paragem e os tempos para o veículo de trás percorrer a distância de segurança e travar. Pode demonstrar-se que o valor de hs(min) pode ser calculado através da seguinte expressão,

hs(min)=ts+tr+sqr((2*n*l*b1)/(a*(a+b1)))+nl/v+v/b2

em que,

ts – tempo parado

tr – tempo de reacção

a – aceleração do veículo da frente

b1 e b2 – desacelerações dos veículos da frente e de trás,

n – número de carruagens

l – comprimento da carruagem

O valor do tempo parado na estação, ts, é muitas vezes dominante sendo obtido com base no tempo gasto na abertura e fecho das portas, to, e no tempo necessário para os passageiros entrarem e/ou saírem da carruagem, isto é,

ts=to+ Max(b'*τb,a'*τa)  se houver portas de entrada e saída separadas

ts=to+b'*τb+a'*τa  se as entradas e saídas puderem ser em qualquer porta

em que,

b' e a' são o número de passageiros entrados e saídos na porta com mais movimento, respectivamente

e,

τb e τa são o tempo de entrada e saída por passageiro, respectivamente.

Os valores de τb e τa dependem, entre outros, do tipo de bilhética, da diferença de nível entre o piso do veículo e o da plataforma e do "layout" das entradas/saídas das carruagens, podendo o ritmo de entradas variar nos autocarros entre 2 seg/pas a 6 seg/pas, enquanto que no caso do metro o valor normal será de 1 seg/pas.

Por fim refira-se que há uma relação directa entre a pontualidade do serviço, R, definido como a percentagem de partidas que ocorrem após 4 (ou 5) minutos do horário, e o valor de hmin.

Para calcular com rigor a capacidade será necessário conhecer não só o valor de Cc, hmin e α mas também os factores que os influenciam, como, por exemplo, o valor a adoptar para σ ($m^2$/passageiro) em função do nível de comodidade a oferecer.

Na Tabela 4 compara-se as capacidades e outros parâmetros relevantes para 3 tipos de veículos.

Tabela 4 – Comparação entre capacidades para 3 tipos de veículo

| Parâmetros | | Eléctrico | Metro | Metro (max) |
|---|---|---|---|---|
| Índice de conforto | Σ ($m^2$/pas) | 0,15 | 0,25 | 0,15 |
| Capacidade do veiculo | Cv=Cc*n (lugares/veic) | 120*2=240 | 190*3=570 | 271*3=810 |
| Capacidade da linha | C=Cv*fmax (lugares/h) | 240*100=24000 | 570*45=25650 | 810*45=36450 |
| Factor de carga | α | 0,92 | 0,86 | 0,90 |
| Capacidade prática | Cp= α*C (lugares/h) | 24000*0,92=22080 | 25650*0,86=22059 | 36450*0,90=32802 |
| Pontualidade | R (%) | 80 | 94 | 90 |
| Velocidade de operação | Vo (km/h)[1] | 12 | 24 | 20 |
| Capacidade produtiva | Pc=Cp*Vo[1] (lugares*km/h2) | 22080*12=264960 | 22059*24=529416 | 32802*20=656100 |

Assim, o cálculo da capacidade da linha desenvolve-se nos seguintes passos:

i. Recolha de dados
- Carruagem: Capacidade de lugares sentados, área disponível para lugares em pé, número de portas
- Número de carruagens

ii. Estimar os valores para os seguintes parâmetros
- Tempo de entrada e saída dos passageiros
- Intervalo mínimo entre passagens (ou frequência máxima)

iii. Fixar os valores dos indicadores de conforto dos passageiros (α e σ)

iv. Calcular capacidades para a carruagem e para o veículo

Na Tabela 5 apresenta-se um resumo das principais características de diferentes tipos de veículos de transporte de passageiros.



Tabela 5 – Características de alguns modos de transportea

| Modo de Transporte | Valores máximos ou moderados | Intervalo entre viaturas mínimo (s) | Capacidade da linha (car./h), c = f *n (car./h) | Capacidade do veículo, Cv (lugares/ veic.) | Capacidade máxima C (lugares/h) | Capacidade média relativa à capacidade média do autocarro | Velocidade de operação durante a capacidade , V (km/h) | Capacidade Produtiva, Pc ($10^3$ lugares x km x $h^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Autocarro com ou sem via reservada | Máximo<br>Moderado | 30<br>40 | 120<br>90 | 75<br>75 | 6 000 - 9 000<br>4 000 - 6 300 | 1.0<br>1.0 | 8 - 12d<br>20 - 40e | 75 - 50d<br>220 - 160e |
| Autocarro articulado com ou sem via reservada | Máximo<br>Moderado | 33<br>45 | 110<br>80 | 110<br>110 | 8 500 - 12 000<br>5 000 - 8 500 | 1.4<br>1.3 | 7 - 11d<br>18 - 36e | 90 - 60d<br>290 - 180e |
| Eléctrico | Máximo<br>Moderado | 33<br>40 | 110x2 =220<br>90x2 = 180 | 100<br>100 | 14 000 - 22 000<br>10 000 - 16 000 | 2.4<br>2.5 | 8 - 10<br>10 - 14 | 160<br>170 |
| Eléctrico rápido | Máximo<br>Moderado | 60<br>80 | 60x2 =120<br>45x2 = 90 | 180<br>180 | 12 000 - 20 000<br>8 000 - 15 000 | 2.1<br>2.2 | 18 - 30<br>20 - 35 | 384<br>316 |
| Metro | Máximo<br>Moderado | 100<br>120 | 36x10 =360<br>30x8 = 240 | 175<br>175 | 40 000 - 63 000<br>30 000 - 42 000 | 6.9<br>7.0 | 22 - 40<br>25 - 45 | 1 596<br>1 260 |
| Comboio | Máximo<br>Moderado | 120<br>180 | 30x9 =270<br>20x9 = 180 | 180<br>180 | 30 000 - 48 000<br>20 000 - 32 000 | 5.2<br>5.0 | 25 - 45<br>30 - 50 | 1 360<br>1 040 |

a) O valor máximo refere-se a quando o sistema está integralmente optimizado enquanto que o moderado refere-se às condições correntes.
b) Valores arredondados
c) Valores médios
d) Veículos de serviço regular
e) Veículos de serviço expresso

## 3.3 PRODUÇÃO, CONSUMO E PRODUTIVIDADE

A produção de transportes Wo, expressa em lugares (ou veículos, ou carruagens)*km, realizada ao longo duma linha representa a quantidade de movimento produzida, sendo dada pelo produto da capacidade e do respectivo comprimento. Analogamente o consumo Wp é obtido pelo somatório estendido a todas as secções K, dos produtos da procura pelo comprimento da respectiva secção, isto é:

$Wo=C*L=f*Cv*L=f*n*Cc*L$,

em que L é o comprimento total da linha

e

$Wp=\Sigma pi*Si$,

em que pi e Si, são o volume de passageiros e o comprimento das secções i, respectivamente.

O quociente entre a produção e o consumo é designado pelo coeficiente de utilização da produção $\alpha 1$ e representa o valor médio do factor de carga ponderado pelos comprimentos das secções,

$\alpha 1= (\Sigma pi*Si)/C/L$

Este coeficiente também pode ser calculado pelo quociente entre o produto do número de passageiros e o comprimento médio da viagem, e o produto de veic*km e a capacidade do veículo, ou seja, é a razão entre os pass*km transportados (serviço utilizado) e os lugares*km realizados (serviço oferecido). Este quociente pode ser calculado para um veículo, para uma linha durante um determinado período de tempo ou para a rede, numa base anual. Quanto maior for o seu valor melhor será a utilização e mais económica será a operação, eventualmente em prejuízo do conforto dos passageiros.

Na Figura 19 pode observar-se estes conceitos, em particular a variação do factor de carga $\alpha$ ao longo da linha, atingindo o valor máximo na secção de carga máxima. O coeficiente de utilização da produção $\alpha 1$ é dado pela razão entre a área sombreada e a área total definida pela capacidade C ao longo da linha L.

Sendo a produtividade o trabalho realizado por unidade de tempo e tendo em conta que neste caso o trabalho é representado pela quantidade de movimento produzida, pode definir-se a produtividade do veículo, pelo produto da sua capacidade, Cv, pela velocidade comercial, Vc, isto é,

$Pv=Cv*Vc$

A velocidade comercial, Vc, é, como se verá mais adiante a velocidade média incluindo os tempos parados nas paragens e terminais. Analogamente a produtividade da linha é dada por,

$Pl=N'*Pv$

sendo,

N' o número de veículos a operar na linha

Finalmente a capacidade produtiva Pc de uma linha obtém-se pelo produto da capacidade da linha C e a velocidade de operação (velocidade média entre os 2 terminais), isto é,

$Pc=C*Vo$

Este é um dos mais importantes indicadores para o desempenho da linha pois reflecte aspectos relacionados não só com o operador (capacidade), mas também com os passageiros (velocidade).

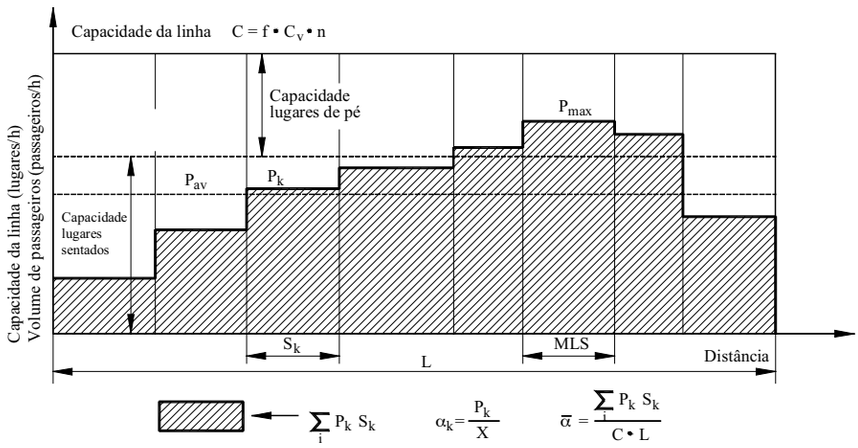


Figura 19 – Produção, consumo e carga da linha

## 3.4 TEMPOS DE PERCURSO E VELOCIDADES

Existem vários conceitos para os tempos de percurso e velocidades dos veículos, que a seguir se apresentam:

· Tempo de marcha, tr, que um veículo demora entre paragens.

· Tempo parado, ts, que um veículo aguarda na paragem para a entrada e saída de passageiros.

· Tempo entre partidas dos veículos de estações consecutivas, Ts, dado pela soma do tempo de marcha tr e do tempo parado ts. Existem expressões para a determinação deste valor, em função da velocidade máxima que o veículo pode atingir, no caso da distância entre estações o permitir, e as acelerações (positivas e negativas) dos movimentos de paragem e arranque do veículo nas proximidades das paragens.

· Tempo de operação, To, que um veículo demora a percorrer toda a linha, isto é, entre a partida e a chegada aos términos, dado pela soma dos tempos entre partidas dos veículos de estações consecutivas, isto é, To=ΣTs=Σ(tr+ts). Ao considerar todas as secções entre estações admite-se que para os terminais no início e fim da linha corresponderá um tempo parado igual a metade do tempo parado usado nas paragens intermédias ao longo da linha.

· Tempo de terminal (ou tempo de suporte ou tempo de batimento), tt, que um veículo está parado no terminal. Para manter a coerência com o referido atrás, dever-se-á subtrair a este tempo uma quantidade igual a 2*ts/2=ts. O tempo de terminal serve para descanso dos motoristas ou sua substituição, mas também para acertar o horário ou recuperar atrasos.

· Proporção do tempo total de terminal, γ, que se exprime, em geral, em percentagem relativamente ao tempo de operação, isto é, γ=(tt'+tt'')/2/To*100%, em que tt' e tt'' são os tempos de terminal em cada uma das extremidades da linha, variando , em geral, o seu valor entre 10 e 30%.

· Tempo de rotação, T, entre partidas consecutivas do mesmo terminal, ou seja, o tempo que demora um veículo a fazer o percurso de ida e volta incluindo os tempos gastos nas paragens e terminais. Assim, T=To'+To''+tt'+tt'', sendo To' e To'' os tempos de operação na ida e volta, e tt' e tt''os tempos de terminal em cada extremidade. Admitindo que são iguais quer os tempos de operação de ida e volta, quer os tempos de terminal, vem T=2*(To+tt).

· Tempo improdutivo, td, que o veículo gasta para se deslocar para a estação de recolha ou quando se desloca de uma linha a fim de retomar o serviço noutra. Trata-se de um período em que o veículo não vai em serviço e, portanto, deverá ser minimizado.

· Tempo de plataforma, Tp, é o tempo total que um veículo está em operação. Admitindo que o veículo faz k viagens de ida e volta o tempo de plataforma é dado por Tp=kT+2*td.

No caso das velocidades dos veículos consideram-se:

· Velocidade máxima, Vmax, que o veículo pode alcançar em condições favoráveis de circulação (alinhamento recto, patamar, boas condições atmosféricas, etc.)

· Velocidade de marcha, Vr, entre paragens consecutivas dada pelo quociente da distância entre paragens e o tempo de marcha, isto é, Vr=S/tr. O seu valor representa a velocidade média entre paragens podendo naturalmente variar entre secções.

· Velocidade entre paragens, Vs, que representa a velocidade média do veículo entre os instantes de partida em paragens consecutivas, dada por Vs=S/Ts=S/(tr+ts).

· Velocidade de operação, Vo, de um veículo ao longo da linha obtida pelo quociente entre o comprimento da linha L e o tempo de operação To.

· Velocidade comercial, Vc, relativa à viagem de ida e volta incluindo os tempos nos terminais, isto é, Vc=2*L/T=2*L/( To'+To''+tt'+tt'') ou no caso dos tempos serem iguais na ida e volta e nos terminais vem Vc=L/(To+tt)

· Velocidade da plataforma, Vp, relativa ao tempo de plataforma, isto é, Vp=Lp/Tp, sendp Lp a distância que o veículo percorre desde que deixa a estação de recolha e que inclui as k viagens de ida e volta na linha e a distância percorrida de e para a estação de recolha.

· Velocidade de projecto, Vd, que é a máxima velocidade que um veículo pode circular em condições de conforto e segurança, apenas condicionada pelas características geométricas do traçado. Deste modo varia de secção para secção sendo o seu valor médio dado por Vd(med)=ΣS/Σ(S/Vd).

· Velocidade legal, Vl, que é a máxima velocidade que um veículo pode legalmente circular, sendo igual ou menor que a velocidade de projecto.

· Velocidade programada, Vg, que os veículos podem circular em função de desempenhos de segurança, comodidade, economia, etc. que se pretendem atingir



Nas Figuras 20 e 21 podem observar-se alguns dos conceitos de tempos de percurso e velocidades acabados de apresentar.

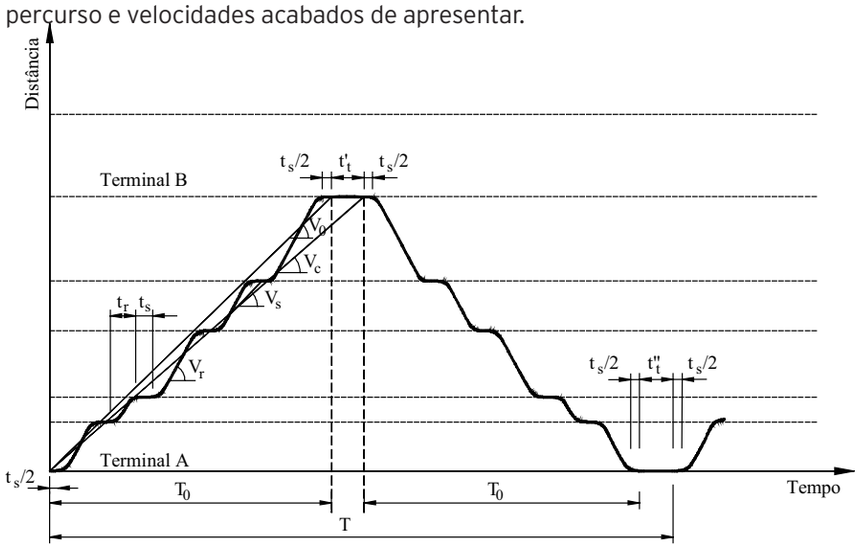


Figura 20 – Tipos de velocidade e tempos de percurso de um veículo ao longo da linha

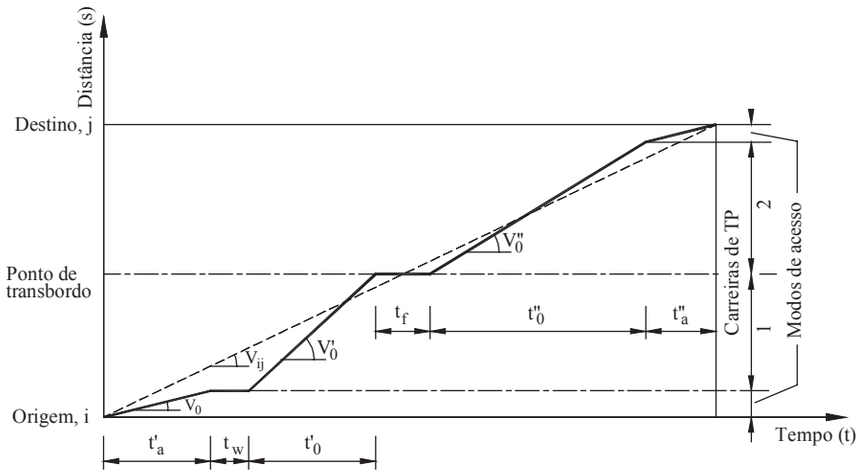


Figura 21 – Relação entre as velocidades de um veículo ao longo de uma linha

De modo análogo para os passageiros existem os conceitos a seguir apresentados.

· Tempo de acesso, ta, refere-se ao tempo que um passageiro demora para chegar à paragem ou desde a paragem até ao destino final.

Tempo de espera, tw, é o tempo entre a chegada à paragem e a partida no veículo. No caso de frequências elevadas (superiores a 5 veic/h) pode utilizar-se como estimativa deste valor metade do intervalo entre passagens, admitindo, portanto, que o intervalo entre veículos seria constante e a chegada uniforme das pessoas à paragem. Para frequências inferiores a 5 veic/h admite-se que os passageiros (ou pelo menos alguns deles) cheguem à paragem atendendo ao horário de passagem e não aleatoriamente como anteriormente, sendo mais baixo o valor médio de tw, conforme se pode observar na Figura 22.



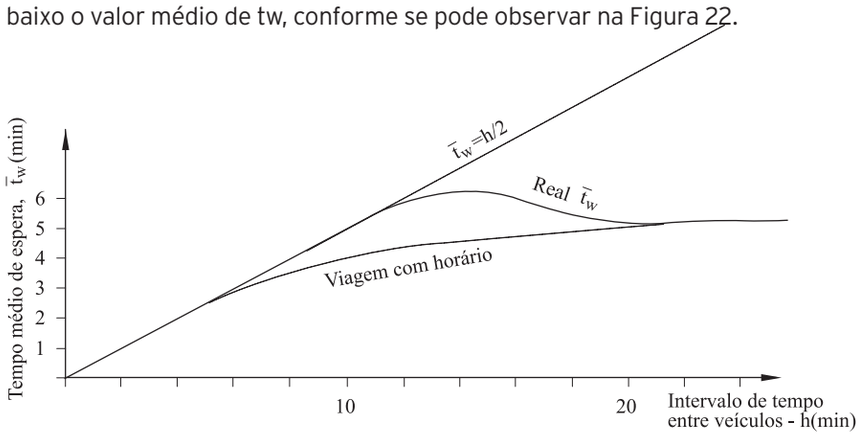


Figura 22 – Valor médio do tempo de espera

· Duração da viagem, to, do passageiro.

· Tempo de transferência, tf, para que um passageiros passe de uma linha para outro, isto é, tempo entre a saída dum veículo e entrada noutro. Dependerá da distância entre as paragens das 2 linhas, do intervalo de passagem da segunda linha e da coordenação entre os horários das 2 linhas.

· Tempo total de percurso, Tod, dos passageiros é o tempo que demora entre a origem da viagem e o seu destino. O seu valor pode ser calculado por: Tod=ta+tw+to+tf.

Para as velocidades dos passageiros consideram-se as seguintes.

· Velocidade de acesso, Va, do passageiro à paragem dependendo do modo de transporte utilizado. No caso do automóvel esta velocidade pode ser da ordem dos 30/50 km/h e nos percursos a pé considera-se Va=4 a 5 km/h.
· Velocidade média no percurso, Vod, que representa a velocidade média do passageiro entre a origem e o destino.

## 3.5 OPERAÇÃO DO SERVIÇO

Habitualmente os termos de frequência e intervalo entre veículos são usados como sinónimos, associando-se ao tempo entre passagens de veículos num determinado local. Em rigor, a frequência diz respeito ao número de veículos que passam num dado local por unidade de tempo, em geral, uma hora, sendo o seu inverso o intervalo de tempo entre passagens.

Em geral os interesses dos passageiros e dos operadores são diferentes, pois enquanto aqueles desejarão ter demoras mínimas dadas por frequências altas, já os operadores desejam ter as frequências que rentabilizem a exploração.

Para simplificar a memorização das passagens dos veículos convirá que, para intervalos, superiores a 6 minutos, sejam adoptados intervalos submúltiplos de 60 (7.5, 10, 12, 15, 20, 30 e 60), de forma que os veículos passem sempre ao mesmo minuto.

O intervalo mínimo hmin numa linha é fixado, conforme referido anteriormente, tendo em conta a exploração da linha (características tecnológicas dos veículos, segurança, etc.) e as operações nas estações (entrada e saída de passageiros, controlo das partidas, etc.), sendo adoptado o maior dos valores exigidos para cada uma das anteriores situações, que, em geral, é condicionado pelas operações nas estações que requerem intervalos substancialmente superiores ao das explorações nas linhas.

## 3.6 CARACTERIZAÇÃO DA VIAGEM



Para descrever as viagens dos passageiros numa linha podem usar-se os seguintes indicadores:

· Comprimento médio da viagem, lm, obtido pelo quociente entre o pas*km e o número total de passageiros, isto é, lm=Σ(p*S)/Pt, em que p e S referem-se ao número de passageiros e distância entre paragens consecutivas, respectivamente, e Pt=Σb (soma das entradas).

· Carga média de passageiros, Pav, dada pelo quociente entre o pas*km e o comprimento total da linha L, isto é, Pav=Σ(p*S)/L.

· Coeficiente de variação do volume ao longo da linha, ηf, dado pelo quociente entre a carga máxima e a carga média, isto é, ηf=Pmax/Pav.

· Coeficiente de rotatividade dos passageiros, ηx, que representa a proporção de passageiros que mudam ao longo da linha, ou seja, a sua taxa de renovação. O seu valor é obtido pelo quociente entre o total de passageiros entrados ao longo da linha e os que não compensaram as saídas de passageiros. Atendendo à Figura 23 a) o valor de ηx é dado por ηx=Bl/(Bl-Px), sendo Bl o número total de passageiros entrados e Px o número de passageiros saídos que foram compensados pelas entradas, isto é, a área sobreposta dos passageiros entrados e saídos, podendo variar, teoricamente, entre a unidade quando Px for nulo, isto é, não há renovação de passageiros, apenas se iniciando as saídas após todas as entradas e infinito quando o Px coincide com Bl, ou seja, há uma renovação permanente de passageiros, entrando e saindo em cada paragem o mesmo número de passageiros. No caso real de uma linha o valor de ηx é calculado a partir de (ver Figura 23 b)), ηx=Pt/(Pt-Σmin(b-a)), onde o somatório diz respeito às compensações entre as entradas e saídas. No caso de haver apenas uma única paragem k onde as curvas de entrada e saída de passageiros se intersecta, isto é, o volume de passageiros embarcado aumenta até k e diminui após k, pode demonstrar-se que a expressão de ηx é dada por ηx=Pt/Pmax=L*Pt/ηf/

Σ(p*S)=L/ηf/lm, o que resulta, tal como atrás, um valor igual à unidade quando todos os passageiros percorrem toda a extensão da linha, ou no outro extremo igual a n se todos os passageiros são renovados em cada paragem.

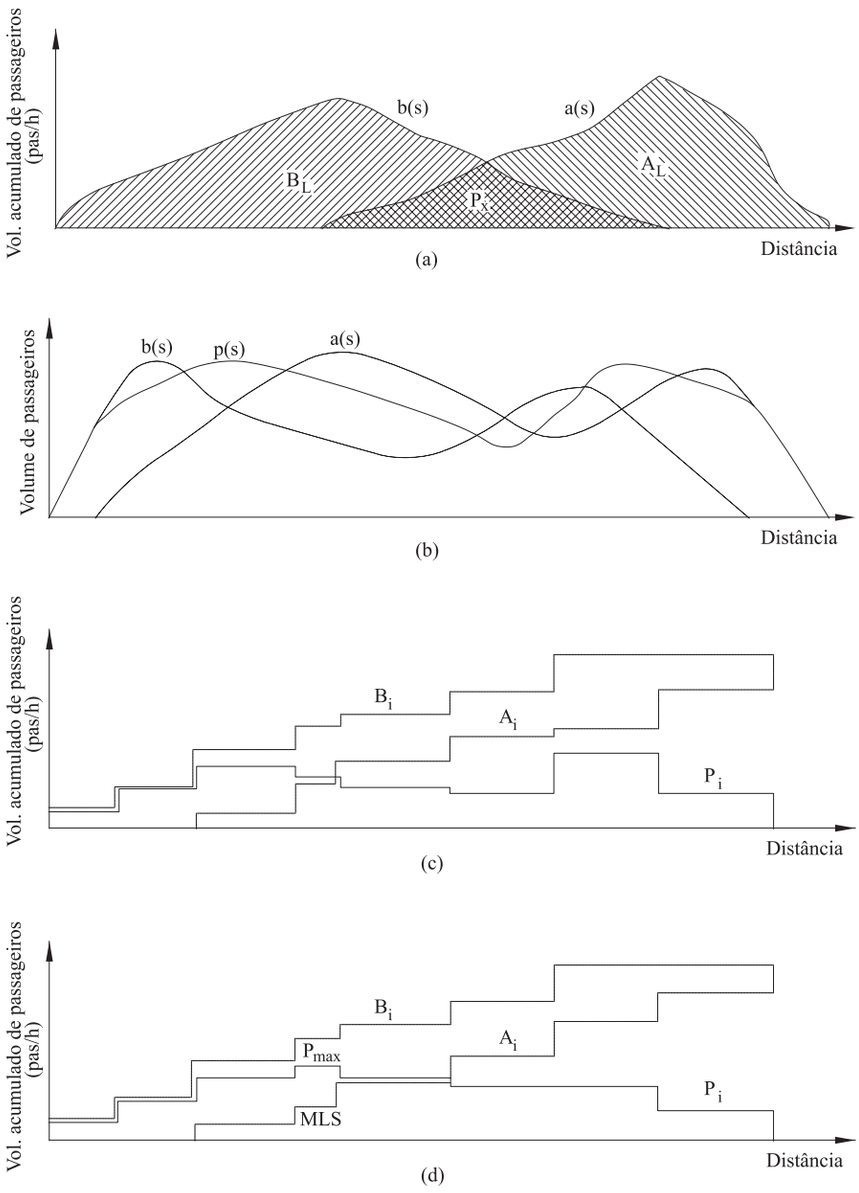


Figura 23 – Definição do coeficiente de rotatividade de passageiros

## 3.7 CONDIÇÕES OPERACIONAIS EM LINHAS DE VIA ÚNICA

Este caso tem especial relevância na ferrovia quando existem troços de via única e, portanto, no que respeita à circulação as vias são reversíveis, onde os veículos podem circular num e noutro sentido. Neste caso os veículos necessitam de cumprir os horários de uma forma mais rigorosa de forma que o cruzamento dos veículos se faça sem perdas de tempo desnecessárias.

Admitindo que os veículos circulam com intervalos entre passagens, h, constantes, o seu cruzamento repete-se sempre nos mesmos locais a uma distância que corresponde um tempo de percurso igual a h/2 e, portanto, nestes pontos a linha deve passar a via dupla de modo a permitir o cruzamento dos 2 veículos, conforme se apresenta na Figura 24.

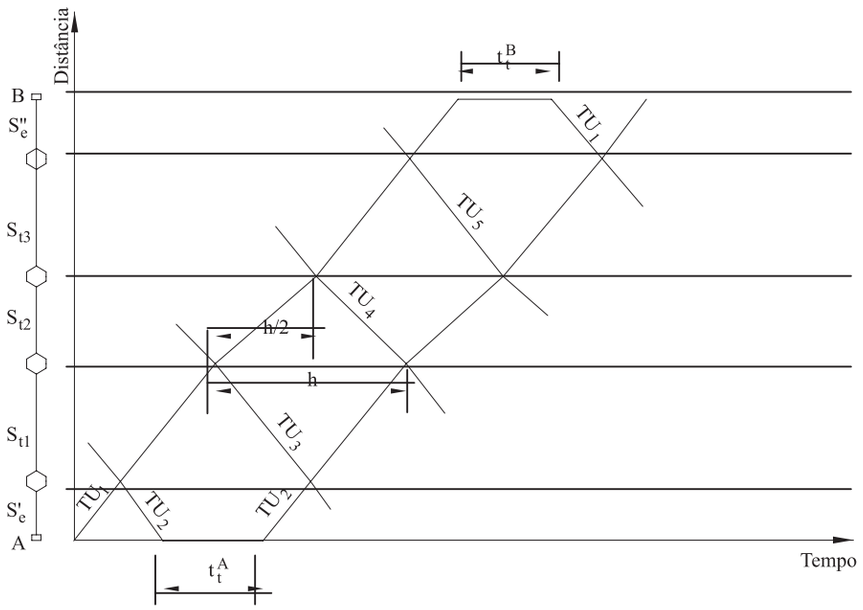


Figura 24 – Diagrama espaço-tempo para operação em via única

Supondo que a velocidade entre 2 locais de cruzamento é constante e igual a Sw, o tempo de percurso, tw, respectivo terá de ser metade do intervalo entre passagens, isto é, tw=Sw/Vo=h/2.

## 3.8 CONDIÇÕES OPERACIONAIS EM LINHAS CIRCULARES

Estas linhas caracterizam-se por poderem não ter tempos de terminal, pelo que o tempo operacional To é igual ao tempo de rotação T. Por outro lado este tempo T (ou To) terá de ser um múltiplo do intervalo constante entre passagens, pelo que a solução óptima decorre quando a velocidade operacional for Vo=L/h/N, em que L é o comprimento da linha, h é o intervalo entre passagens e N é um número inteiro.

## 3.9 CONDIÇÕES OPERACIONAIS EM LINHAS PRINCIPAIS COM RAMIFICAÇÕES

As linhas principais com ramificações existem com frequência em redes de transportes públicos, obrigando a que as características operacionais do tronco comum e das ramificações sejam analisadas em simultâneo.

A frequência no tronco comum é igual à soma da frequência nas ramificações do que resulta para o intervalo entre as passagens no tronco ser dado pelo inverso da soma das frequências.

O tempo médio de espera dos passageiros no tronco comum com 2 ramificações com intervalos entre passagens h1 e h2 é dado por ht=h1/2*(1-h1/2/h2), válida para h1≤h2 e com chegadas dos passageiros aleatórias, o que só acontecerá para intervalos pequenos (h<10 min).

A capacidade do tronco comum é dada pela soma das capacidades das ramificações.

A situação ideal ocorre quando em todas as ramificações o volume de passageiros é análogo conduzindo a que as ramificações tenham veículos com a mesma capacidade e com iguais intervalos entre passagens e no tronco comum o serviço terá um intervalo entre passagens igual ao das ramificações dividido pelo seu número. A situação complica-se quando o volume de passageiros é diferente nas ramificações originando que ou a capacidade dos veículos ou os intervalos entre passagens sejam irregulares no tronco comum e/ou nas ramificações.

Considere-se o caso em que há um tronco comum T com 2 ramificações A e B, tendo volumes de passageiros PA e PB diferentes. Na Tabela 6 são apresentados 6 casos e respectivas condições de operação.

Tabela 6 – Tipos de serviço em linhas com ramificações

| Caso | Volume Passageiros | Número carruagens/ veículo | Frequência | Intervalo entre passagens | | | Secção regular |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | hT | hA | hB | |
| 1 | PA=PB | nA=nB | fA=fB | Unif. | 2* hT | 2*hT | T, A, B |
| 2 | PA>PB | nA=nB | fA>fB | Unif. | Irreg. | Unif. | T, B |
| 3 | PA>PB | nA=nB | fA>fB | Irreg. | Uniforme | Unif. | A, B |
| 4 | PA>PB | na>nB | fA=fB | hT | 2* hT | 2*hT | T, A, B |
| 5 | PA>>PB | na>nB | fA>fB | Unif. | Irregular | Unif. | T, B |
| 6 | PA>>PB | na>nB | fA>fB | Irreg. | Uniforme | Unif. | A, B |

# 4. DIMENSIONAMENTO DO SERVIÇO

No dimensionamento do serviço de transportes apenas se vão considerar os aspectos relacionados em satisfazer a procura e, portanto, não será referido tudo o que diga respeito aos horários dos motoristas.

A informação básica necessária é o perfil da procura ao longo da linha durante, em geral, uma hora ou para o dia inteiro, o que permite identificar a secção de carga máxima, cujo valor do volume de passageiros constituirá a solicitação para a qual se deve assegurar que o sistema venha a ter uma capacidade que a ultrapasse. Na Figura 25 mostra-se um diagrama da procura de passageiros ao longo da linha onde o volume é claramente diferente em segmentos da linha o que poderá conduzir à adopção de reforços nos segmentos de maior procura, ou dividir a linha em 2 ramos no ponto de quebra da procura.

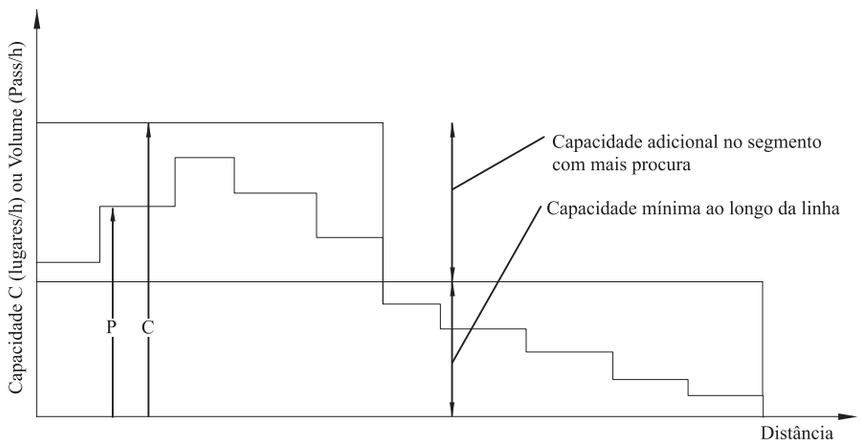


Figura 25 – Variação da procura e da capacidade oferecida ao longo da linha

Igualmente haverá variações ao longo da linha que impõe a necessidade de criar vários serviços que respondam de forma eficiente à procura. Pode acontecer que a secção de carga máxima seja diferente nos 2 sentidos e em períodos distintos, pelo que se torna necessário obter diagramas para as diferentes horas do dia e para os 2 sentidos, onde se identificariam em cada caso as secções de carga máxima. Por outro lado há que atender às variações do volume de passageiros na hora de ponta, introduzindo o conceito de Factor de Ponta Horário (FPH) dado pelo quociente entre o volume de ponta dos passageiros e 4* o volume máximo em 15 minutos, isto é, FPH= Pmax /4*p15, cujo valor se obtém por dados históricos de contagens. O volume a considerar em dimensionamento, Pd será, assim, dado pelo quociente entre Pmax e o FPH. Evidentemente que o dimensionamento do serviço terá em conta, como foi referido atrás, a variação da procura, sendo a medida mais simplista a que resulta da adaptação dos intervalos de passagem aos diferentes períodos do dia.

## 4.1 DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE

Fora das horas de ponta a capacidade é geralmente definida pelo intervalo mínimo fixado para o serviço e não por aspectos relacionados com a satisfação da procura. Isto é, as pessoas, em princípio, não estão dispostas a aguardar pelo transporte público um tempo superior a 10 minutos, pelo que há situações onde eventualmente a procura pode não justificar frequências altas, mas a condição anterior exige um sistema baseado na regularidade das passagens com intervalos relativamente curtos. Em alternativa, para procuras baixas, o funcionamento da carreira basear-se-á no horário, sendo a fiabilidade do serviço, ou seja a pontualidade, uma característica importante a observar.

Para os períodos de ponta a capacidade oferecida, que conforme foi referido anteriormente depende da frequência e da lotação dos veículos, deve ser superior à procura, com uma margem de segurança baseada no coeficiente de utilização da capacidade (ou factor de carga) $\alpha$. A escolha deste coeficiente dependerá principalmente do nível de conforto a proporcionar aos passageiros, do custo de operação e de outros factores, entre os quais se destacam:

i. Factor de carga elevado

- irregularidade do volume de passageiros ao longo da linha, pois que quanto mais irregular forem os volumes, as pontas ocorrem em secções mais curtas;
- passageiros predominantemente estudantes;
- acontecimentos especiais esporádicos que envolvam elevado número de passageiros.

ii. Factor de carga baixo

- quociente entre lugares sentados e de pé elevado, já que é menor a flexibilidade para entrar mais passageiros;
- viagens extensas;
- predominância de passageiros idosos.

## 4.2 DETERMINAÇÃO DA FREQUÊNCIA E DO NÚMERO DE VEÍCULOS E CARRUAGENS

Para a exploração de um sistema urbano de transportes é necessário conhecer, em função do volume de projecto de passageiros, Pd, o número de viaturas afectas a esse serviço, tendo em conta a frequência e o tempo de percurso das carreiras, bem como o número de lugares que é necessário reservar nas paragens devido à paragem simultânea de autocarros.

Admitindo que existe uma procura Pd (volume de passageiros de projecto) e é fixado um valor para $\alpha$ ($\alpha$=P/C) é possível determinar o número de carrua-

gens n e/ou a frequência f, recorrendo a expressões que resultam das anteriormente apresentadas, isto é,

$f=Pd/\alpha/Cv$

e,

$n= Pd/\alpha/Cc/f$

e,

$h= \alpha*n*Cc/Pd$

sendo, Cc e Cv a capacidade da carruagem e do veículo, respectivamente.

No caso de se ter determinado o intervalo entre passagens h e se o seu valor for inferior a 6 minutos, poderá ser adoptado qualquer valor, já que não é importante os passageiros memorizarem o horário. Caso contrário, com um valor de h superior a 6 minutos, este deve ser arredondado, de acordo com o que atrás se referiu, para o valor mais próximo que seja submúltiplo de 60.

Para calcular o número de carruagens necessário para realizar o serviço fixado, conhecido o valor do intervalo entre passagens h, é necessário determinar o valor do tempo de rotação T dado por T=2*(To+tt), sendo To o tempo de operação e tt o tempo de suporte. Por vezes é dado o valor da proporção do tempo total de terminal, $\gamma$, resultando $T=2*To*(1+\gamma)$, com $\gamma$ a variar entre 0,1 e 0,3.

Um elemento fundamental é a velocidade comercial das viaturas dada pelo quociente entre a extensão da carreira e o tempo total de percurso incluindo o tempo gasto nas paragens e outras demoras provocadas pelo restante tráfego. Para a sua estimação existem várias expressões obtidas geralmente de forma empírica, como, por exemplo, a seguinte:

$Vc=L(\Sigma((Vr/2*(1/a+1/b)+(k-2)*ts)$

onde,

$V_c$ – velocidade comercial que inclui todas as demoras, nomeadamente as devidas às manobras de paragem e arranque dos veículos

L – distância entre a 1ª e a última paragem

$V_r$ – velocidade de cruzeiro entre paragens em função das características geométricas e do tráfego, não incluindo as demoras relativas às paragens e arranque

a – aceleração média

b – desaceleração média

$d_{ij}$ – distância entre a paragem i e j

K – n.º de paragens

$t_s$ – tempo parado em cada paragem

A aplicação deste tipo de expressões permite conhecer a influência da variação da distância entre paragens no tempo de percurso e consequentemente o efeito no número de autocarros e respectiva tripulação, a manter-se o mesmo intervalo entre passagens.

O número de veículos (N) necessário na linha é dado pelo quociente entre o tempo de rotação e o intervalo médio entre passagens, arredondado para o inteiro superior, isto é, sempre que exista parte decimal não nula neste quociente terá de se acrescentar um veículo à parte inteira. Admitindo uma carreira com 10 km de extensão, uma velocidade de operação de 15 km/h, um tempo de suporte de 5 minutos e um intervalo entre passagens de 8 minutos, o número (N) de veículos para efectuar o serviço é:

$T=2*(10/15*60+5)=90$ minutos

donde,

$N = \frac{90}{8} = 11{,}25 \rightarrow 12$ veículos

Uma vez que h é fixado, o valor do tempo de rotação terá de ser, normalmente, ajustado para T=h*N, actuando no(s) tempo(s) de terminal. No caso de se pretender minimizar o número de veículos poderão ser usados 2 valores diferentes para o intervalo entre passagens, geralmente com diferença de 1 minuto, satisfazendo a seguinte equação,

T=k1*h1+k2*h2

em que k1 e k2 são o número de vezes que cada um dos h's se repete no tempo de rotação.

Considere-se o seguinte exemplo, numa linha o tempo de rotação é 81 minutos e ao calcular o intervalo entre passagens obteve-se 5.4 segundos, tendo sido fixado o seu valor em 5 segundos do que resulta que ao arredondar T para um múltiplo de h obtém-se T=85 segundos e N=85/5=17 veículos. Contudo, se for possível adoptar intervalos entre passagens variáveis, poder-se-ia usar 9 intervalos de 5 e 6 de 6, de modo a perfazer um total para o tempo de rotação de 81 segundos, isto é, 9*5+6*6=81, resultando 9+6=15 veículos, menos 2 que na situação anterior com um intervalo entre passagens uniforme.

Atendendo que,

$Vc=2*L/T=2*L/h/N$

e,

$T=2*To*(1+\gamma)$

obtém-se,

$Vc=Vo/(1+\gamma)$

e

$N=2*L*Pd*(1+\gamma)/\alpha/n/Cc/Vc=2*L*Pd/\alpha/Cv/Vo,$

o que mostra (Figura 43) que a velocidade comercial tem um efeito significativo no número de veículos necessário, principalmente para velocidades baixas e intervalos entre passagens pequenos e, por outro lado, o valor de N é directamente proporcional ao comprimento da linha e ao volume de passageiros e inversamente proporcional à capacidade do veículo e à velocidade de operação. Na Tabela 7 apresenta-se a influência da velocidade opercional no número de veículos necessário, salientando-se que o mesmo aumento da velocidade pode conduzir a resultados diferentes.

Apesar destas relações entre as variáveis ter uma formulação simples a sua influência é mais complexa, como se ilustra na figura 25 com a curva em dente de serra devido ao facto de o tempo de rotação T ter de ser múltiplo do intervalo entre passagens h.

Este tipo de análise serve de base para estudos mais elaborados onde se pretenda saber o efeito da variação da velocidade comercial na dimensão da frota, mantendo-se a qualidade de serviço representada pelo intervalo entre passagens ou conhecer a melhoria de serviço que é possível alcançar, com a frota existente, para um determinado aumento da velocidade comercial.

O valor de N atrás calculado (N=12) não representa o número total de veículos que devem estar disponíveis para realizar este serviço, já que é necessário ter em conta não só os períodos de imobilização das viaturas quer para serviços de manutenção de rotina, quer devido a avarias, mas também os veículos de reserva. Assim, considerando-se uma taxa de imobilização de 10% o que se traduz por uma disponibilidade de 90% a frota tem de ser constituída por 12/0,90=14 viaturas.

Designa-se por índice de utilização da frota $\varphi$, o quociente entre a soma do número de veículos ao serviço N com o número de veículos de reserva, Nr, e o número total de veículos necessário (dimensão da frota), Nf, isto é:

$\varphi=(N+Nr)/Nf$

Tabela 7 – Influência da velocidade operacional no número de veículos necessário

| Parâmetros | Unidades | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 | Caso 4 |
|---|---|---|---|---|---|
| Vo | km/h | 18.0 | 19.5 | 20.0 | 21.5 |
| To | min | 40 | 37 | 36 | 34 |
| T | min | 105 | 105 | 90 | 90 |
| Vc | Km/h | 13,7 | 13,7 | 16,0 | 16,0 |
| N | *** | 7 | 7 | 6 | 6 |
| L=12 Km; h=15 min; min(t'+t+t'')=18 min | | | | | |

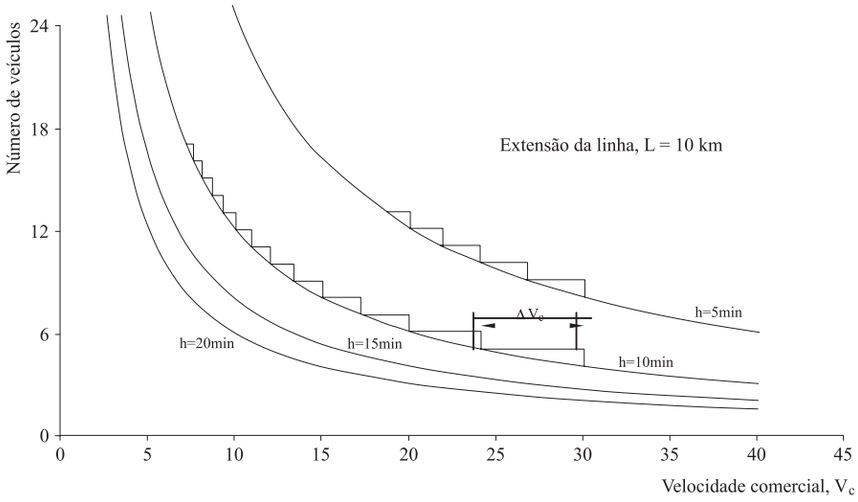


Figura 26 – Relação entre o número de veículos, a velocidade comercial e o intervalo entre passagens



O serviço a criar tem de dar resposta à procura que é variável no tempo e no espaço, o que se consegue actuando do seguinte modo:

a) Reduzindo os intervalos entre passagens nos períodos de ponta;
b) Reforçando o número de viaturas nas secções de maior procura;
c) Utilizando veículos com mais carruagens nos períodos de ponta.

Em conclusão, o dimensionamento do serviço pode basear-se na seguinte marcha de cálculo:

a) Dados: L, To, Cc, n, hp (intervalo mínimo exigido), $\alpha$, Pd, tt (ou $\gamma$)
b) Calcular intervalo entre passagens e frequência
c) Calcular o número de veículos necessário
d) Calcular o tempo de rotação e tempo de suporte
e) Calcular a velocidade comercial

A solução pode ser representada graficamente num diagrama tempo-distância ou em alternativa por um diagrama tempo-velocidade ou espaço-velocidade. Nas Figuras 27 e 28 representa-se um mesmo serviço numa linha reforçada em parte do percurso, com a diferença que na Figura 28 a escala das ordenadas é variável a fim de evitar os diferentes declives das trajectórias dos veículos, oferecendo, assim, uma melhor leitura.

Na Figura 29 é apresentada uma solução para o caso de uma linha que se divide em 2 ramificações e na Figura 30 mostra-se a solução para o caso de se dispor de um troço comum intermédio a várias linhas. A leitura de ambas as Figuras 29 e 30, embora numa primeira observação pareça algo complexa, torna-se simples se houver o cuidado de tomar em atenção as letras comuns no eixo das ordenadas, tendo, por outro lado, a vantagem de rapidamente se ficar a conhecer o serviço em cada segmento da(s) linha(s).

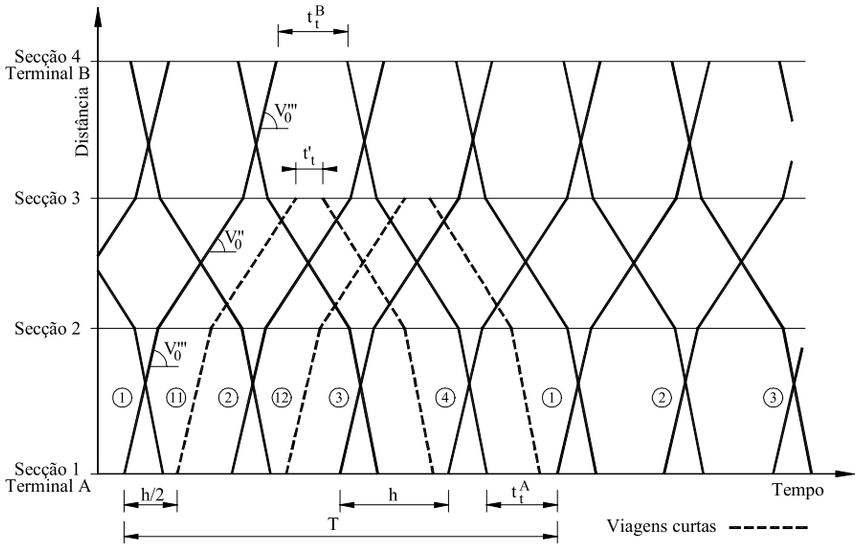


Figura 27 – Diagrama espaço-tempo de uma linha com reforço

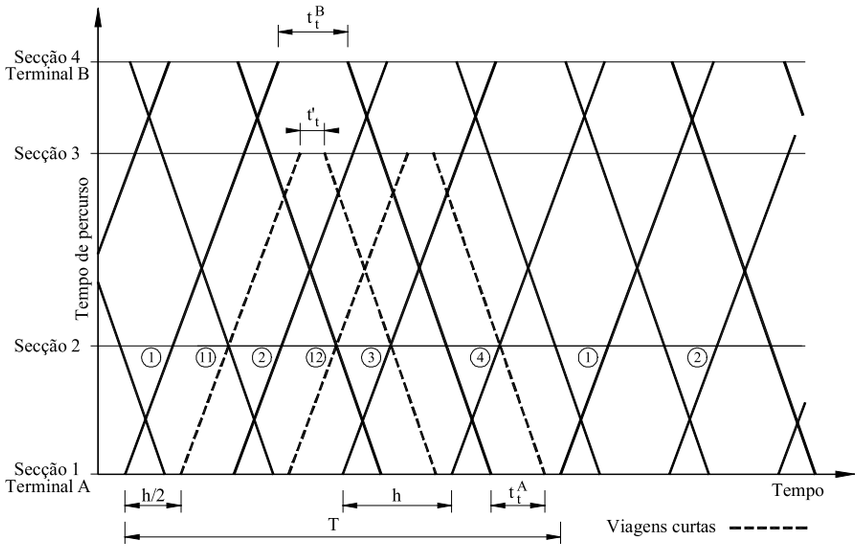


Figura 28 – Diagrama espaço-tempo "distorcido" de uma linha com reforço

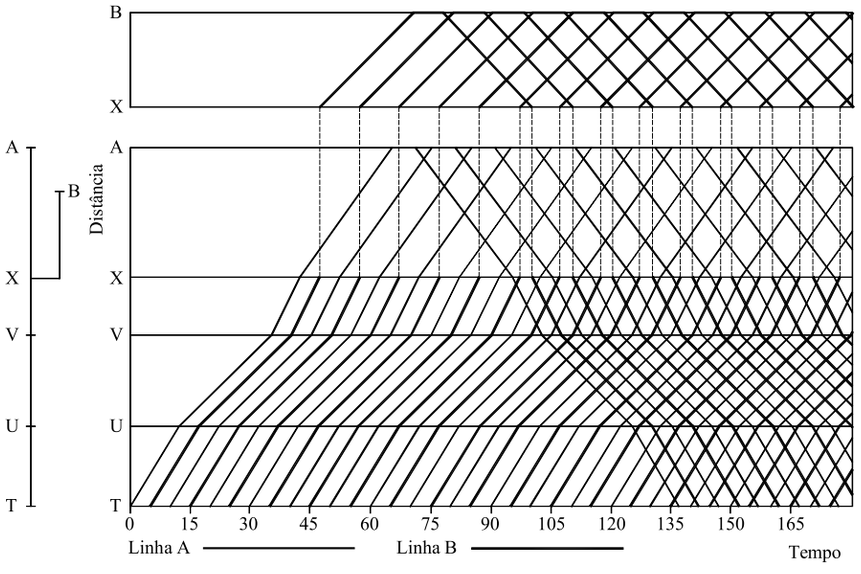


Figura 29 – Diagrama espaço-tempo de uma linha com duas ramificações

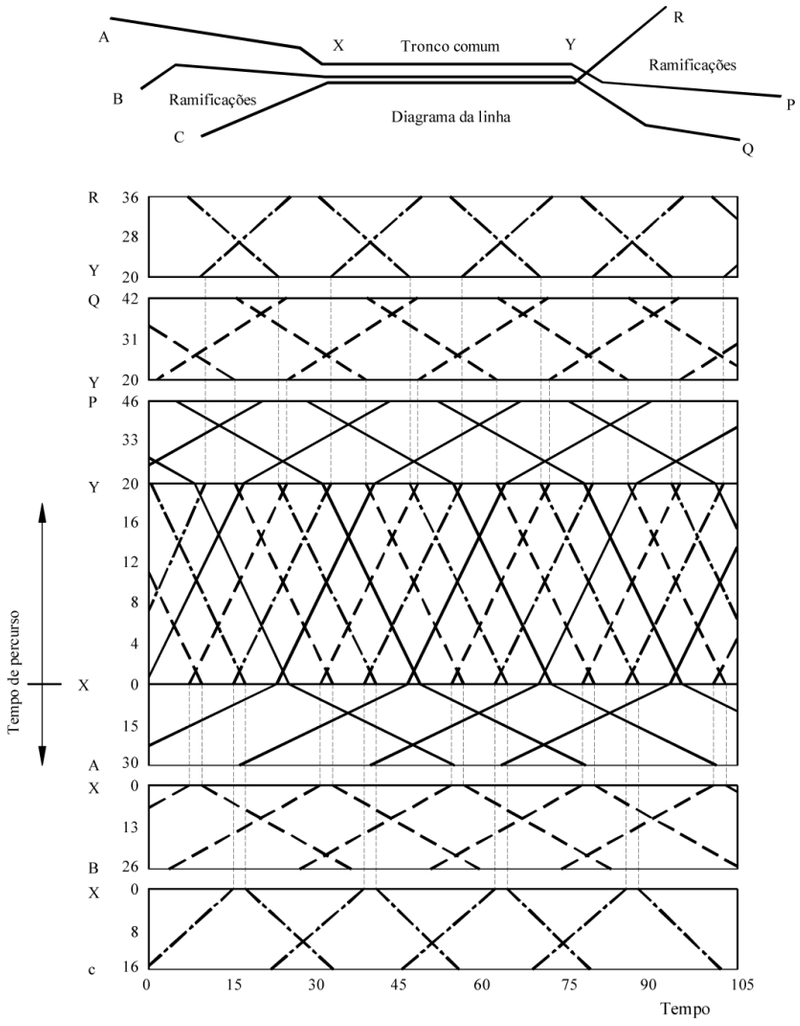


Figura 30 – Diagrama espaço-tempo de várias linhas com um troço comum

# 5. AVALIAÇÃO DO SERVIÇO DE TRANSPORTES PÚBLICOS

## 5.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DOS TRANSPORTES PÚBLICOS

A qualidade dos transportes públicos pode ser encarada de modos diferentes dependendo dos objectivos pretendidos. A sua percepção pelos utentes é subjectiva dependendo das necessidades individuais que não se mantêm constantes ao longo do tempo.

Podem identificar-se os seguintes critérios de qualidade:

- Oferta do serviço traduzida pelas coberturas temporais nos diferentes períodos do dia, período de funcionamento e cobertura espacial dos percursos, que representam a acessibilidade ao sistema e a mobilidade que proporcionam
- Fiabilidade do sistema traduzida pela regularidade e pontualidade do serviço, bem como o tempo total de viagem incluindo o tempo de espera na paragem
- Necessidade de transbordo e condições (tempo e conforto) de espera nos respectivos locais
- Acesso ao transporte quer a partir das paragens e interfaces, quer relativo aos sistemas de bilhética e tarifário
- Nível de ocupação das viaturas em viagem e passageiros sem embarque devido a lotação completa das viaturas
- Sistema de informação ao público antes, durante e após a viagem
- Atendimento ao cliente, competência do pessoal e atitude perante reclamações
- Limpeza, comodidade e conforto nas paragens
- Limpeza, comodidade e conforto no material circulante
- Segurança pessoal e sinistralidade
- Impacte ambiental ao nível das emissões gasosas e ruído

Para cada critério é necessário definir os seguintes aspectos:

a) os serviços de referência que representam um compromisso entre as expectativas identificadas pelo utente, as possibilidades oferecidas pelo sistema e os custos;

b) o nível de exigência sob o ponto de vista do utente;

c) as situações inaceitáveis que justificam penalizações.

Os diferentes conceitos de qualidade podem ser apresentados recorrendo ao esquema da cadeia de qualidade que a seguir se reproduz (Figura 31).

A qualidade desejada e a qualidade sentida referem-se ao ponto de vista do utente sendo a qualidade desejada aquilo que o utente pretende que lhe seja oferecido pelo transporte e a qualidade sentida a que é percebida pelo utente dependendo da sua experiência pessoal e da forma como cada um concebe o serviço. A comparação entre estes dois conceitos de qualidade representa o nível de satisfação do utente.

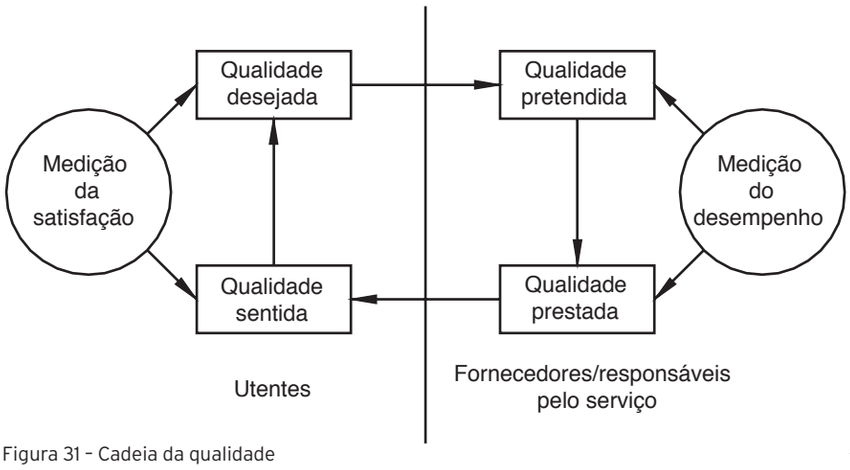


Figura 31 – Cadeia da qualidade

Por outro lado relativamente aos fornecedores do serviço (operadores, autoridades, etc.) pode considerar-se a qualidade pretendida que será aquela que o operador/autoridade deseja prestar aos utentes em função dos custos, da concorrência e de pressões internas e externas, e a qualidade prestada, partindo do ponto de vista do utente, no dia-a-dia em condições normais de funcionamento, mas tendo também em consideração as disfuncionalidades do sistema. A comparação entre estes dois tipos de qualidade traduz o desempenho do operador.

Neste sentido e tendo em conta o diagrama da Figura 31 o ciclo da qualidade passará pelas seguintes fases:

· Identificação das expectativas do utente (qualidade desejada)
· Definição das especificações do serviço a prestar (qualidade pretendida)
· Prestação do serviço e respectivo acompanhamento (qualidade prestada)
· Verificação do nível de satisfação do utente (qualidade percebida) e eventual revisão das especificações



## 5.2 INDICADORES DE DESEMPENHO

A apreciação da qualidade de serviço sob o ponto de vista dos utilizadores pode ser feita recorrendo-se à metodologia proposta pela edição de 2000 do Highway Capacity Manual (HCM/2000) que, a exemplo do que se propõe para outras componentes da infra-estrutura rodoviária e que está descrita num outro texto desta colecção intitulado "Capacidade e níveis de serviço em estradas e auto-estradas" usa um conjunto de indicadores de desempenho na definição do nível de serviço numa escala de A (elevada qualidade do serviço) a F (má qualidade do serviço).

Dum modo geral podem considerar-se as medidas quantitativas e indicadores de desempenho a seguir apresentadas para a avaliação de redes de transporte público.

Volume de transporte

· Dimensão da frota classificada por tipologia de veículos
· Capacidade da frota, representando a capacidade de todos os veículos que compõem a frota. A capacidade média da frota é dada dividindo a capacidade pela dimensão da frota
· Número de linhas e comprimento da rede
· Número de paragens/estações reflectindo a cobertura espacial do serviço (acessibilidade)
· Volume anual de passageiros ou número de viagens realizadas durante um ano

Desempenho da rede

· Intensidade do serviço oferecida (lugares*km/km/dia) que resulta dividindo a produção diária de transporte pelo comprimento total da rede

· Velocidade média dos veículos, Vav, dada por Vav=Σ(WiVi)/ ΣWi, em que Wi é o número de veic*km realizado e Vi a velocidade (operação ou comercial ou outra) na linha i.

Produção de transporte

· Veic*km anual obtido pela soma das distâncias realizadas por cada um dos veículos da frota durante um ano

· Lugares*km anual dada pelo produto de veic*km anual e a capacidade média dos veículos e representa a quantidade de serviço oferecida num ano

· Pas*km anual dada pelo produto do número de passageiros transportados e o comprimentos médio da viagem, correspondendo à utilização do serviço

· Eficiência laboral que resulta da divisão entre o número de passageiros (ou pas*km ou outra) e o número de trabalhadores

Produtividade

· Produtividade da linha (veic*km/h ou pas*km/h ou lugares*km/h) que representa a distância total percorrida por unidade de tempo, dada pelo produto do número de veículos (passageiros ou lugares) operando numa linha e a sua velocidade média.

Eficiência do transporte

· Veic*km/veic é o total veic*km realizado num ano a dividir pela dimensão da frota reflectindo a utilização dos veículos

· Pas/(veic*km) é o quociente entre o número de passageiros e o veic*km para o período de um ano, sendo um dos indicadores da intensidade da utilização do serviço (quanto maior for o seu valor mais eficiente em termos económicos é o serviço)

· Pas/veic é o quociente entre o volume de passageiros anual e a dimensão da frota representando a eficiência da utilização dos veículos em relação ao número de viagens

· Pas*km/veic obtém-se dividindo os pas*km pela dimensão da frota indicando, em média, qual a produção de cada veículo

· Pas (ou lugar ou veic)*km/trabalhador reflectindo a produtividade da mão-de-obra (analogamente pode ter-se como indicador os passageiros diários a dividir pelo número de trabalhadores

Alguns destes indicadores tomam o aspecto de indicadores de eficiência de consumo de energia se for utilizado como divisor a quantidade de energia consumida (p. e. veic*km/kwh) ou o seu inverso traduzindo índices de consumo (p. e. kwh/veic*km)

Utilização

· Veic*h/veic é um indicador da utilização dos veículos

· Veículos em operação/dimensão da frota

A eficiência do transporte pode ser medida comparando o trabalho produzido (produção de transporte) com os recursos consumidos no processo de produção, o que atendendo às diferentes unidades usadas para medir quer a produção (veic*km, lugar*km, pas*km) quer os recursos consumidos (custos, pessoal, energia, etc.) podem ser definidos vários tipos de indicadores de eficiência. Em geral o índice de eficiência é dado pelo quociente entre os resultados

produzidos e a quantidade de recursos utilizados. O inverso do índice de eficiência é designado por índice de consumo.

Em transportes é também usado o termo utilização com um significado análogo, embora adimensional, ao de eficiência, obtido pelo quociente entre a procura e a oferta.

Para medir a eficiência operacional pode recorrer-se, ainda, a um indicador que reflecte os tempos perdidos nos terminais comparativamente ao tempo de rotação, isto é, $\eta t=(T'o+T''o)/T$. Se tomarmos em conta expressões apresentadas anteriormente e considerando que $T'o=T''o$, então, o coeficiente das perdas de tempo em terminais, $\eta t$ pode ser obtido usando as seguintes expressões:

$\eta t=1/(1+\gamma)=Vc/Vo=2*To/N/h=1-2*tt/N/h$

em que,

$\gamma$ - tempo total de terminal

Vc – velocidade comercial

Vo – Velocidade de operação

To – Tempo de operação

N – número de veículos

H – intervalo entre passagens

tt – tempo de suporte

Analogamente podem-se definir os coeficientes de trabalho $\eta a$ e o das perdas de horário $\eta s$, dados, respectivamente, pelo quociente entre as horas de trabalho e as horas pagas e pelo quociente entre as horas operacionais (no veículo) e as horas de trabalho. Este último reflecte os tempos mortos no horário (horas de descanso, mudanças de linha, preparação da viagem, viagens entre os terminais e o início do serviço, etc.).

O produto destes 3 coeficientes $\eta=\eta t*\eta a*\eta s$ designa-se por coeficiente de utilização operacional do pessoal reflectindo o número de trabalhadores necessário para realizar um determinado serviço.

O valor de $\eta t$ não tem uma relação linear com a velocidade de operação. Se for considerado o exemplo apresentado na Tabela 7 e pela razões expostas anteriormente referentes à necessidade do tempo de rotação ser um múltiplo do intervalo entre passagens, o valor de $\eta t$ é igual a 0,76; 0,70; 0,80 e 0,76 correspondendo aos casos 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

Para evitar a redução do número de passageiros em TP, mantendo ou captando novos utentes, um grande esforço tem de ser feito no sentido de melhorar a qualidade do TP, tornando-o mais atractivo de modo a que possa ser considerado uma alternativa válida para viajar.

Assim, na contratualização do serviço de TP recorre-se frequentemente a mecanismos onde se prevejam prémios ou penalizações baseados em indicadores de qualidade do serviço, devendo, contudo, ser evitado a utilização de indicadores que escapam ao controlo dos operadores e, portanto, não podendo ser responsabilizados pelo ocorrido.



# 6. MEDIDAS DE APOIO AO TP

Atrás já foi referido uma possível classificação das medidas que visam aumentar a atractividade dos TP. As medidas directas visam melhorar, em termos absolutos, as características da oferta de TP. As medidas indirectas têm como objectivo tornar menos atractivos os modos alternativos, em particular o TI, e, portanto, aumentar a atractividade relativa do TP.

Em particular as medidas de apoio ao TP visam aumentar a fiabilidade do sistema, reduzindo os atrasos sofridos pelas viaturas devido ao congestiona-

mento do tráfego e, se possível, reduzir os custos de operação. Os inconvenientes para o TI traduzem-se por uma redução do espaço e/ou tempo de verde nos sinais luminosos disponível para poderem circular e no aumento do respectivo custo de operação.

Segue-se uma breve descrição das medidas directas e indirectas de apoio ao TP, dando especial relevo às vias exclusivas para circulação do TP.

## 6.1 MEDIDAS DIRECTAS

a) Sistema tarifário e bilhética

Tem sido registado notáveis avanços na tecnologia de suporte da bilhética o que permite adoptar regimes tarifários diferenciados mais adaptados às necessidades dos diversos grupos de passageiros e tornar mais cómoda a sua utilização e carregamento por parte dos passageiros. Por outro lado estes sistemas também permitem criar bases de dados do movimento dos passageiros mais fiáveis que constituem um poderoso auxiliar na organização da exploração do transporte.

b) Rede de TP e sua exploração

A cobertura espacial e temporal da rede e a criação de produtos dirigidos às necessidades específicas de grupos de cidadãos têm uma influência significativa na atractividade do TP. Em estudos realizados na Europa verificou-se que a criação de carreiras específicas para atender a certo tipo de procura alcançaram bons resultados. De igual modo, a melhoria da qualidade nas paragens, quer no que respeita à comodidade, informação e segurança, quer onde se localizam, em particular no caso da complementaridade com outros modos de transporte, tem conduzido a um aumento da procura. Finalmente há a referir como medida que claramente favorece a utilização do TP a necessidade em garantir a pontualidade/regularidade das viaturas sem a qual o sistema deixa de merecer a confiança dos utilizadores. A satisfação desta condição é exterior ao sub-sistema do TP, dependendo essencialmente da política de transportes adoptada.



c) Prioridade aos TP

O aumento da velocidade de operação dos veículos de TP fazendo com que sejam verdadeiramente competitivos quando comparados com as viagens em TI é uma medida importante para o encorajamento da utilização do TP. Para que tal aconteça, há que por um lado segregar o TP, oferecendo canais (vias/ruas) próprios de circulação e por outro lado reduzir as demoras impostas às viaturas de TP nos cruzamentos regulados por sinais luminosos, através de um tratamento preferencial. Neste último caso há dois tipos de medidas: as passivas que se limitam a reorganizar as fases dos sinais luminosos, não havendo detecção das viaturas e os sistemas activos em que há a criação de uma fase especial para o avanço dos autocarros desde que ocorra a sua detecção. A operacionalização destes casos é desenvolvida no texto desta colecção dedicado aos sinais luminosos.

d) Frota e pessoal

As características dos veículos, em particular no que respeita à segurança, ao conforto no interior e no acesso à viatura, e à limpeza são aspectos que têm sido demonstrados relevantes na conquista de novos utilizadores. De igual modo acontece com a qualidade de atendimento por parte do pessoal, bem como a suavidade na condução da viatura. Um outro aspecto importante diz respeito à presença efectiva de pessoal de vigilância que garantam a segurança pessoal dos passageiros.

e) Informação

Trata-se de um requisito muito importante que influencia o nível de procura do TP. Por vezes uma das causas de não utilização do TP é atribuída ao desconhecimento da existência do serviço e das condições em que é executado. Para uma verdadeira mudança de atitude das pessoas face ao TP é necessário dispor

da maior informação possível acerca do sistema de transportes públicos. Relacionado com este aspecto há também que ter em conta o tipo de promoção realizada para este "produto" que possa influenciar as opções escolhidas pelos cidadãos.

## 6.2 VIAS RESERVADAS A VEÍCULOS DE TRANSPORTE PÚBLICO

A fiabilidade do serviço de TP depende das condições de escoamento do tráfego, sendo certo que não é possível garantir a pontualidade e/ou regularidade das viaturas quando estão sujeitas às demoras impostas pelos congestionamentos que têm crescido no espaço e no tempo, isto é, os congestionamentos duram cada vez mais tempo e espalham-se por uma área maior.

Para evitar o efeito do restante tráfego têm sido adoptadas medidas de segregação do tráfego, afectando espaço viário para uso reservado a veículos de TP, permitindo que estes se possam deslocar sem congestionamento, ultrapassando os veículos que circulam no mesmo sentido ocupando as restantes vias. Naturalmente que esta reafectação de espaço provoca mais congestionamento ao TI, pelo que a implementação desta medida deve merecer uma análise antecipada das suas vantagens e desvantagens.

As vias reservadas a veículos de transporte público (vias "bus") podem ser no mesmo sentido ou em sentido contrário ao da circulação em eixos de sentido único. Podem, ainda, em alguns países funcionar apenas durante certos períodos do dia, nomeadamente nos períodos de ponta, ou permanentemente durante o dia. Também em certos países é permitida a circulação para além dos veículos de transporte público, incluindo táxis, dos veículos de emergência e da polícia, a ciclistas e a veículos de mercadorias para efectuar cargas e descargas durante os períodos fora das pontas.

A extensão de permissão de circulação a outros tipos de veículos só deve ser considerada no caso de tal não prejudicar a circulação dos autocarros e não comprometer as tarefas de fiscalização. No caso de serem autorizadas as cargas e descargas fora das horas de ponta, o que pode tornar-se contraproducente por vulgarizar uma excepção, deve ser acompanhada por sinalização específica. O funcionamento em boas condições deste tipo de vias requer normalmente uma apertada vigilância que imponha o cumprimento das normas estabelecidas.



Em princípio considera-se que uma via reservada é justificada quando o número de autocarros for superior a, entre 30 e 50 por hora, dependendo da bibliografia consultada, podendo, no entanto, este valor ser consideravelmente reduzido se, para além das razões operacionais, forem consideradas razões ligadas à prossecução de uma política sustentável de transportes.

Não são apenas a redução da capacidade e o aumento do congestionamento local os inconvenientes da criação de vias "bus". Há, também, a referir a perda de estacionamento e a impossibilidade de efectuar paragens para cargas e descargas de mercadorias, o impacte negativo provocada pela proximidade da circulação de veículos pesados às habitações, a eventual migração do congestionamento para áreas vizinhas que passam a receber tráfego que deixou de circular nesse eixo e, particularmente, em vias "bus" contra-sentido o provável aumento da sinistralidade, pelo menos no período inicial.

Em geral, a largura das vias é igual ou superior a 3,0 metros, com um mínimo absoluto de 2,8 metros, possível apenas em condições muito especiais. Note-se que para larguras inferiores a 3,0 metros os autocarros passam demasiado próximo dos passeios, pondo em perigo a integridade física dos peões, em particular, a ocorrência dum choque com os espelhos laterais, ou danificar o mobiliário urbano existente. Para vias "bus" com um volume elevado de ciclistas a sua largura deve aumentar para um mínimo de 4,0 metros, criando-se eventualmente uma pista para ciclistas.

Nas vias "bus" no mesmo sentido a via reservada é em geral a mais próxima do passeio, embora, em condições especiais de eixos importantes das cidades se possa admitir que a via "bus" ocupe a via central, havendo, no entanto, que analisar com especial cuidado a localização das paragens.

Neste tipo de vias não se usam normalmente limitadores físicos para delimitar as vias "bus" junto ao passeio, bastando para o efeito fazê-lo com as marcas longitudinais previstas no Regulamento de Sinalização do Trânsito, complementada com a sinalização vertical recomendada para este caso, colocada em local que permita a sua fácil leitura. Por vezes para realçar a existência destas vias procede-se à sua pintura diferenciando-a do espaço restante da faixa de rodagem.

Ao aproximarem-se do cruzamento devem terminar com suficiente antecedência para facilitar as viragens à direita no cruzamento e não reduzir excessivamente a capacidade do ramo de entrada do cruzamento. Como valor de referência a interrupção da via "bus" será feita a uma distância da linha de paragem do ramo de entrada que corresponda a cerca de 2 a 3 metros por cada segundo de verde. Por outro lado antes do início da via "bus" deve existir uma transição gradual que facilite a convergência das correntes de tráfego. A operacionalização dos sinais luminosos dos cruzamentos com este tipo de vias é descrita no texto dedicado aos sinais luminosos que integra esta colecção.

As vias "bus" contra-sentido são usadas para encurtar a extensão das carreiras e simultaneamente servir as pessoas nas viagens de ida e volta que em ruas de sentido único ficariam servidas deficientemente, evitando que tenham de fazer percursos a pé demasiado longos para terem acesso ao autocarro. A necessidade de vigilância para garantir o cumprimento das regras de circulação é menor que no caso anterior, pois são mais visíveis as acções de desrespeito.

Antecipadamente à data de entrada em funcionamento deste tipo de vias devem ser amplamente divulgadas as alterações de circulação previstas, prevenindo situações de risco que os utentes puderem vir a ter.



Estas vias podem ser delimitadas por separadores físicos, embora se recomende a utilização da marca longitudinal apropriada, devido à eventual necessidade de realização de manobras evasivas por parte dos motoristas dos autocarros.

Particular atenção deve ser dada à sinalização horizontal e vertical, para que todos os utentes (condutores dos automóveis, motoristas de autocarros e peões) tenham os comportamentos adequados a esta situação.

Em especial os atravessamentos pedonais e os movimentos de entrada na rua de sentido único dos veículos provenientes das ruas laterais que cruzam a via "bus" são aspectos que merecem o maior cuidado, pelo perigo potencial que representam.

Para além dos inconvenientes atrás apresentados que no caso das vias "bus" de contra-sentido são em alguns deles reforçados, como, por exemplo, a dificuldade de acesso aos edifícios, a consideração da circulação de veículos de transporte público no sentido contrário, cria maiores dificuldades na gestão de tráfego dos cruzamentos, nomeadamente prejudicando a formação de bandas de passagem (ondas verdes) nos sistemas de sinais luminosos coordenados.

## 6.3 MEDIDAS INDIRECTAS

a) Taxas e impostos aplicadas aos automóveis

O aumento de encargos financeiros na aquisição ou utilização dos automóveis tem certamente influência na procura do TP. As taxas e/ou impostos podem revestir-se de diversas formas, quer incidindo na compra e uso ou posse dos veículos automóveis, quer aplicadas aos combustíveis, ou ainda quando aplicadas ao uso da infra-estrutura de transporte através, por exemplo, da tarifação urbana e das tarifas de estacionamento.

b) Gestão de tráfego

As medidas de gestão de tráfego de limitação da circulação e/ou estacionamento do TI são um instrumento com um elevado potencial para inverter a tendência actual da redução do número de passageiros em TP. Para além da proibição de circulação em certas zonas ou ruas, de forma permanente ou em períodos temporários, os condicionalismos impostos à oferta de estacionamento podem ser decisivos na escolha do modo de transporte das deslocações. A existência de lugares de estacionamento e as tarifas praticadas devem obedecer a uma estratégia global ultrapassando o âmbito restrito do sector dos transportes. A eficácia deste tipo de medidas depende fortemente do nível de fiscalização que pode ser assegurado, o que dada a dificuldade em garantir uma fiscalização competente compromete naturalmente o seu êxito.

# 7. TRANSPORTES EM ZONA RURAL

Nas áreas rurais, com as suas características específicas, não é viável adoptar o mesmo tipo de serviço de TP que é praticado em áreas urbanas. A densidade da população e das actividades condicionam significativamente o TP, sendo o excesso de capacidade oferecida o principal problema em zonas escassamente povoadas. Como atrás se referiu a oferta de TP tradicional requer uma elevada concentração de actividades, tornando-se cada vez menos eficiente à medida que aumenta a dispersão.

O conjunto de características comum às áreas rurais que deve ser tomado em conta na concepção e exploração de um serviço de transportes públicos compreende os seguintes factores:

- número de habitantes reduzido
- proporção de idosos elevada
- nível de rendimentos individual baixo
- densidade populacional baixa
- densidade das actividades de serviços e comerciais baixa



Nestas condições não é sustentável manter um serviço de TP com as funcionalidades descritas anteriormente, criando-se um ciclo vicioso onde a redução da procura conduz à diminuição da frequência e/ou período de funcionamento do serviço e vice-versa, até à extinção completa do serviço.

A degradação ou mesmo a falta de TP a acontecer nestas áreas potencia os problemas de isolamento destas populações, agravado pelo facto de haver margens significativas de habitantes para os quais o TP constitui a única opção válida para se deslocarem. Isto é, o automóvel que nestas zonas tem um papel importante a desempenhar nas deslocações das pessoas não garante a mobilidade do universo populacional. É, pois, necessário evitar que os espaços rurais se fechem sobre si mesmo, havendo que adoptar políticas de transporte inovadoras que favoreçam a coesão social, oferecendo uma maior mobilidade às pessoas (particularmente jovens e idosos, mas também as de baixo rendimento) sem carta de condução e/ou veículo disponível e aos cidadãos de mobilidade reduzida, que correm o risco de ameaça de exclusão.

A política de transportes em meio rural não deve ser tomada isoladamente mas sim integrada em planos com objectivos mais vastos que considerem os aspectos demográficos, sociais, económicos, ambientais, para os quais os transportes têm um contributo importante a desempenhar na fixação das pessoas nas zonas rurais, sendo um factor de favorecimento do emprego local, evitando que as pessoas sintam a necessidade de abandonar as suas origens.

Perante a dificuldade das soluções correntes de transporte responderem com dificuldade às exigências das áreas pouco densas, há que procurar novas

soluções que cumpram o objectivo primário de garantir, no mínimo, a mobilidade e acessibilidade aos serviços básicos das populações rurais.

O Estado tem neste contexto de criar as condições indispensáveis para responder a este desafio, não só através do financiamento, onde o incentivo à criação de parcerias público/privadas constitui, em princípio, um caminho a seguir, mas também na definição de um quadro regulamentar específico que dê cobertura às soluções encontradas.

A oferta de transportes públicos resultará do compromisso entre os objectivos gerais definidos para o aglomerado e os meios financeiros consagrados ao funcionamento do serviço, sendo o lançamento destas soluções, em princípio, da iniciativa das autoridades locais.

Existem vários tipos de soluções que tem vindo a ser aplicadas em variadas situações, sendo de referir resumidamente as seguintes:

- Carreiras regulares com horários fixos (oferta clássica)
- Carreiras regulares com desvio a pedido (horários e pontos de paragem fixos)
- Extensão das carreiras regulares a pedido (pontos de paragem fixos)
- Rede desenvolvendo-se para um e outro lado de um corredor fixo em função do pedido, em períodos horários pré-definidos
- Rede de zona criada a pedido centrada num certo local como, por exemplo, um ponto de transbordo de um transporte regular. Pontos de paragem fixos ou variáveis. Horário de chegada/partida ao ponto central fixado.
- Rede de zona criada a pedido sem pontos de atracção particulares. Funcionamento em períodos do dia alargados.

De um modo geral o desenvolvimento destas soluções passa inicialmente por uma fase de levantamento da situação actual que inclui a definição da área de estudo, a distribuição da população e das actividades, a caracterização do eventual serviço existente e das respectivas necessidades. A fase seguinte compreende o planeamento do serviço, em função dos objectivos e do levantamento anterior, identificando as necessidades em recursos humanos e meios tecnológicos, bem como a criação de uma metodologia de avaliação que será seguida durante a exploração do sistema.



O transporte por chamada, embora ainda com aplicações limitadas aos países do Centro e Norte da Europa (França, Alemanha, Bélgica, Holanda, Suécia, Finlândia, etc.) é conjuntamente com a disponibilização do transporte escolar sub-utilizado e das carreiras regulares com percurso e horário fixado, uma das soluções para o transporte em zona rural.

O transporte por chamada é um serviço de TP que opera apenas a partir dos pedidos feitos pelos utentes. Há duas modalidades distintas: uma que faz um serviço porta-a porta e outra onde o serviço é definido por áreas com rotas fixas (carreiras virtuais) percorridas em função dos pedidos. Não há horários pré-definidos e a reserva é feita por antecipação com um mínimo de 3 horas, havendo casos em que se exige uma antecipação significativamente superior. Os locais de entrada e saída de passageiros também não são impostos, pois dependem das necessidades dos utentes. O sistema tarifário deve ser conhecido antecipadamente e o material circulante é, em geral, constituído por viaturas de pequena lotação (mini-bus).

A reserva antecipada dos transportes por chamada pode fazer-se via telefónica, podendo estabelecer-se uma ordem de prioridades em função do tipo de utente. A evolução recente das novas tecnologias, em particular no campo das comunicações permite que se possa recorrer a serviços de, por exemplo, SMS para efectuar as reservas.

A divulgação e promoção deste produto atingindo todas as camadas sociais é um factor importante para o seu êxito. A eventual criação de um centro de mobilidade que reúne as informações pertinentes de todos os serviços disponíveis, ajuda certamente a um melhor conhecimento da oferta.

# BIBLIOGRAFIA

Vuchic, V. R. "Urban Transit. Operations, Planning and Economics", John Willey & Sons, (2005).

Accessibility and the Bus System: from Concepts to Practice. University College of London, Published by Thomas Thelford Publishing (2002).

Quality Bus Infrastructure – A Manual and Guide. The TAS Partnership Limited, Published by Landor Publishing Ltd (2000).

Highway Capacity Manual. Transportation Research Board, Washington, D. C. (2000)

Roads and Traffic in Urban Areas. Produced by Institute of Highways and Transportation with the Department of Transport, HMSO (1987).

Vuchic, V. R. "Urban Public Transportation Systems and Technology", Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall (1981).