



Universidade do Porto

Faculdade de Engenharia

FEUP



Rute Castro Lopo Ramalho

Factores Determinantes no Ressurgimento do Carro Eléctrico

MVC

Porto, Janeiro 2003

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Factores determinantes no ressurgimento do carro eléctrico

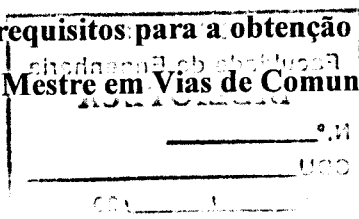
Rute Castro Lopo Ramalho

Licenciada em Engenharia Civil

Pela Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Dissertação submetida para satisfação parcial

**dos requisitos para a obtenção do grau
de Mestre em Vias de Comunicação**



Dissertação realizada sob a supervisão de
Professor Doutor Álvaro Fernando de Oliveira Costa
do Departamento de Engenharia Civil da
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Porto, Janeiro de 2003

625(043)/RAM~FAC

UNIVERSIDADE DO PORTO
Faculdade de Engenharia
BIBLIOTECA M
N.º <u>67123</u>
CDU <u>625(043)</u>
Data <u>14</u> / <u>5</u> / 20 <u>03</u>

Resumo

A partir de 1980, verificou-se o reaparecimento do carro eléctrico em várias cidades da Europa e do Mundo, apesar deste tipo de sistemas ter sido praticamente suprimido na década de 60. No entanto, para quem ainda tem presente na memória, a imagem dos eléctricos antigos, este novo meio de transporte ainda não é entendido como uma medida eficaz para resolução da problemática dos transportes em cidades que carecem de sistemas de capacidade intermédia. Sabendo-se por análises empíricas que há factores que induzem ao sucesso da solução do metro ligeiro, dos quais se destacam: a regularidade; a fiabilidade; a segurança e a imagem do sistema (condicionadas especialmente pelo grau de reserva da plataforma, pela prioridade semaforica pelos sistemas de ajuda à exploração e pela frequência de passagem); a extensão da rede; a distância entre paragens e o carácter urbanizador deste tipo de soluções. Sendo também apontados: a adopção conjunta de medidas de restrição do transporte individual; a integração deste modo no sistema de transportes públicos e a sensibilização da população para a importância e necessidade deste tipo de medidas. Foi delimitado um estudo retrospectivo de tipo exploratório, descritivo e correlacional com duas vertentes: uma explora e identifica potenciais causas julgadas responsáveis pelo sucesso de cada sistema de eléctrico e outra relaciona o número de passageiros que utiliza o sistema com todas e cada uma dessas causas. O objectivo do estudo é identificar as causas que determinaram o ressurgimento do carro eléctrico, a partir de 1985, nas seguintes cidades europeias: Nantes (1985); Stuttgart (1985), Paris (1992); Manchester (1992); Valencia (1994); Lille (1994); Strasbourg (1994); Rouen (1994); Lisboa (1995) e Sheffield (1995). Os resultados permitem constatar que os factores mais determinantes do sucesso destes sistemas são:

- Aumento da mobilidade;
- Regeneração urbana;
- Aumento da acessibilidade;
- Reserva da plataforma.

Sugere-se que seja feito um maior investimento por parte do estado no desenvolvimento de programas de sensibilização dirigidos aos investidores e população, bem como na formação de engenheiros civis, urbanistas, economistas e ambientalistas, referente ao impacto desta temática na melhoria da qualidade de vida das gerações presentes e futuras.

Abstract

Since 1980, the reappearing of the electrical car has been observed in several cities of Europe and all over the world, despite of its nearly disappearance in the 60's. Nevertheless, for some people that still have in mind the image of the old electric cars, this new transport isn't yet seen as an effective measure for the solution of the transport problem in cities that lack of intermediate capacity systems. Knowing by empiric analyses that these factors that promote the success of the light metro solution such as: regularity, fidelity, security and image of the system (conditioned especially by the degree of platform reserve, by the lightening priority and by exploitation help systems), the extension of the net, the distance between stops and the urbanising character of this kind of solution.

Been also pointed out: the joint adoption of restriction measures in individual transport, the integration of this kind of public transport and the explaining process to the population of the importance and need of these measures.

An exploratory retrospective study has been delimited, descriptive and correlative, with two aspects. One exploits and identifies potential causes for the success of each electric car system and another relates the number of passengers that uses it, with each and every causes (trying to identify the causes that determine the reappearing of the electrical car in European cities since 1985).

The study focus on this reappearing in: Nantes (1985); Stuttgart (1985); Paris (1992); Manchester (1992); Valencia (1994); Lille (1994); Strasbourg (1994); Rouen (1994); Lisboa (1995) and Sheffield (1995).

Of these results it was registered that the most determinant success system factors are:

- Increase of mobility;
- Urban regeneration;
- Increase of accessibility;
- Reserve of platform.

We therefore suggest that a bigger investment should be made by the estate in the developing of sensibility programs directed to the investors and populations, as the training of civil engineers, urbanites, economists and ambientalists, referring the impact of this theme, in an improvement of life quality for present and future generations.

Résumé

A partir de 1980, on a pu vérifier le resurgiment de la voiture électrique en plusieurs villes de l'Europe et du Monde, même si ce système de transport est pratiquement disparu dans les années 60. Pour ceux qui ont encore présent l'image des anciennes voitures électriques, ce moyen de transport n'est pas encore vu comme efficace pour la résolution des problèmes de transports en certaines villes qui n'ont pas de système de capacité intermédiaire. On sait par analyse empirique, qu'il y a certains facteurs qui induisent le succès de la solution de métro léger, les quelles sont: la régularité, fiabilité sécurité et l'image du système en général (conditionner spécialement par le degré de réserve de plateforme, par la priorité aux signaux lumineux, par les systèmes d'aide à l'exploitation et par la fréquence des passagers), l'extension des lignes, la distance entre arrêts et le caractère urbanistique de ce genre de solutions. On peut aussi assigner, l'adoption conjointe de mesures de restrictions du transport individuelle, l'intégration de ce genre de transports publics et le processus d'explication aux populations de l'importance et nécessité de ce genre de mesures.

On a délimité une étude rétrospective du genre exploratoire descriptif et corrélationné avec deux vertentes, une exploite et identifie les causes potentiellement responsables par le succès de chaque système de métro et une autre qui relationne le nombre de passagers qui utilisent le système avec toutes et chaque une de ses raisons (espérant identifier les causes qui déterminent le resurgiment de la voiture électrique en diverses villes Européennes à partir de 1985).

Cet étude concentre le resurgiment des voitures électriques dans les villes de Nantes (1985); Stuttgart (1985); Paris (1992); Manchester (1992); Valencia (1994); Lille (1994); Strasbourg (1994); Rouen (1994); Lisboa (1995) et Sheffield (1995), des résultats obtenus on conclue que les facteurs plus déterminants du succès de ses systèmes sont:

- Plus grande mobilité;
- Régénération urbaine;
- Plus grande accessibilité;
- Réserve de plateforme.

On propose que un plus grand investissement, soit fait, de la part des états, dans le développement de programmes de sensibilisation dirigée aux investisseurs et populations, bien comme la formation de Ingénierie, Urbanistes, Économistes et Ambientalistes, sur l'impact de ce sujet dans une meilleure qualité de vie pour les générations futures est présentes.

Agradecimentos

Este trabalho de investigação não teria sido possível sem o apoio de várias pessoas às quais não posso deixar de manifestar toda a minha gratidão.

Os meus vivos agradecimentos são, em primeiro lugar, para o professor Doutor Álvaro Costa, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, que me propôs a elaboração deste trabalho e o acompanhou diligentemente em todas as suas fases. Os seus conselhos e sugestões foram preciosos quer para a delimitação rigorosa do objecto de estudo quer para o desenvolvimento da investigação e subsequente obtenção de resultados. Quero ainda agradecer-lhe pelo apoio e orientação da minha carreira profissional como Engenheira Civil.

Dirijo também os meus sinceros agradecimentos ao Josep Canudas pela ajuda que me prestou no tratamento estatístico dos dados, desde a aplicação do programa informático à escolha do teste mais adequado

A concretização do trabalho que seguidamente se apresenta foi conseguida graças a numerosas outras ajudas pessoais que mesmo correndo o risco de injustas omissões, passo a referir:

Na SENER Barcelona encontrei uma equipe que tão calorosamente me recebeu e apoiou, facultando-me todos os instrumentos e informações disponíveis para a realização deste trabalho. Agradeço em especial ao meu chefe Henning Schwarz, aos colegas Cristian Bardaji, Jorge Cabrera, e Albert Pères e aos arquitectos José Maria Prat, Bibiana Carcelero e Natália Bernardez.

Beneficiei da atenção activa e solicita do Professor Francesc Magriñá da Universidade de Barcelona, a quem agradeço por todas as valiosas indicações que me deu e pela recomendação do estudo de alguns livros existentes nessa Universidade.

Quero ainda agradecer ao Engenheiro Alfred Pallardó, conselheiro da ATM (Autoritat de Transport Metropolità de Barcelona) e responsável pelos projectos do eléctrico da cidade de

Barcelona, por toda a informação que me disponibilizou e ânimo para a prossecução do processo de investigação.

Pretendo prestar a minha sincera homenagem a todos os Professores do curso de Mestrado em Vias de Comunicação pela forma sábia e capaz de transmissão de ensinamentos tão valiosos para uma vida profissional que cada vez se proclama mais exigente e voraz de conhecimento, em especial ao Professor Doutor Carlos Rodrigues pela sua consensual e amigável forma de coordenação do curso, ao Professor Doutor Américo Pires da Costa e ao Professor Doutor Arnaldo Humberto Pereira de Sousa Melo pela oportunidade que nos deram de aprofundar a nossa formação criando o curso de Mestrado em Vias de Comunicação.

Agradeço ainda a todos os colegas do curso de Mestrado pela sua forma de estar, amizade e companheirismo com que juntos empreendemos este curso tão especial para todos e cada um de nós.

Agradeço ao Gil pela ajuda incondicional e sem horários e por agir de acordo com a sua máxima “vales por aquilo que dás e não por aquilo que tens”.

As minhas últimas palavras dirigem-se ao João pelos momentos de que o privei, pela companhia e compreensão dos meus estados de espírito menos felizes; ao meu pai Carlos e à minha irmã Lara por todo o seu apoio, amizade e compreensão, finalmente quero ainda agradecer à minha mãe Anabela que para mim se destacou, pela forma como pauta e coerentemente observa as suas regras de vida, pela maneira desinteressada com que se entrega sem limite a tudo o que empreende e pela sua aposta séria e convicta na formação científica como elemento enriquecedor do ser humano, as quais me servem de exemplo, me encorajaram para a realização deste trabalho e sem ajuda da qual este teria sido certamente mais pobre.

Índice

1	Introdução	12
1.1	Antecedentes	12
1.2	Objectivos	15
1.3	Metodologia	15
1.4	Hipótese	16
1.5	Estrutura	17
2	Conceitos e soluções inovadoras de transporte colectivo	19
2.1	Introdução	19
2.2	Evolução histórica do transporte colectivo nas cidades	19
2.2.1	Aperfeiçoamento do sistema de autocarros	23
2.2.2	Aperfeiçoamento do sistema de eléctricos	24
2.2.3	Novos sistemas	24
2.3	Sistemas de capacidade intermédia	25
2.3.1	O autocarro guiado	27
2.3.2	Transporte ligeiro guiado	29
2.3.3	Transporte guiado automático	30
2.3.4	Metro ligeiro	31
2.3.5	Comparação entre sistemas de capacidade intermédia	33
3	Estudo comparativo de sistemas de metro ligeiro	40
3.1	Introdução	40
3.2	Sistemas de metro ligeiro em cidades europeias	40
3.2.1	Lille	41
3.2.2	Lisboa	46
3.2.3	Manchester	49
3.2.4	Nantes	53
3.2.5	Paris Île de France	57
3.2.6	Rouen	61
3.2.7	Sheffield	65
3.2.8	Strasbourg	69
3.2.9	Stuttgart	76
3.2.10	Valencia	80
3.2.11	Comparação de factores	86
4	Metodologia	89
4.1	Introdução	89
4.2	Modalidades de investigação	90
4.3	Problema, hipótese e variáveis	94
4.3.1	Problema	94
4.3.2	Hipóteses	98
4.3.3	Variáveis	104
4.4	População e amostra	107
4.4.1	Caracterização da população	108
4.4.2	Caracterização da amostra	110
4.5	Recolha de dados, procedimentos e instrumentos	111
4.5.1	Procedimentos de construção	111
4.5.2	Recolha de itens	111

4.5.3	Características metodológicas dos resultados.....	114
4.6	Análise de resultados	114
4.6.1	Matriz de dados.....	115
4.6.2	Classificação dos métodos de análise	116
4.6.3	Metodologia da análise de regressão múltipla.....	119
4.6.4	Análise de resíduos	131
4.7	Discussão de resultados	132
4.7.1	Considerações metodológicas.....	132
4.7.2	Discussão	135
5	Conclusões	155
6	Notas e Referências.....	161
7	Bibliografia	163
Anexo A		171
Anexo B		187

Índice de Figuras

Figura 1 - Gráfico da capacidade máxima de transporte.....	25
Figura 2 – O autocarro guiado	27
Figura 3 – O transporte ligeiro guiado em Lyon	29
Figura 4 – O VAL de Toulouse 1	30
Figura 5 – O VAL de Toulouse 2	31
Figura 6 – O metro ligeiro	32
Figura 7 – Rede Lille.....	42
Figura 8 – Veículo Lille	44
Figura 9 – Rede Lisboa	46
Figura 10 - Veículo Lisboa.....	47
Figura 11 - Rede Manchester.....	50
Figura 12 - Veículo Manchester	51
Figura 13 - Rede Nantes.....	53
Figura 14 - Veículo Nantes.....	55
Figura 15 - Rede Paris.....	58
Figura 16 - Veículo Paris.....	59
Figura 17 - Rede Rouen.....	62
Figura 18 - Veículo Rouen	63
Figura 19 – Rede Sheffield.....	66
Figura 20 - Veículo Sheffield	67
Figura 21 - Rede Strasbourg.....	71
Figura 22 - Veículo Strasbourg.....	72
Figura 23 - Rede Stuttgart	77
Figura 24 - Veículo Stuttgart.....	78
Figura 25 - Rede Valencia.....	81
Figura 26 - Veículo Valencia.....	83
Figura 27 – Matriz de dados	116
Figura 28 – Métodos de Análise Estatística	118
Figura 29 – Esquema metodológico da análise de regressão múltipla.....	120
Figura 30 – Matriz de correlações entre variáveis explicativas.....	125
Figura 31 - Resultados análise de regressão múltipla.....	126
Figura 32 - Resultados sobre o peso das variáveis	128
Figura 33 - Backward elimination	131
Figura 34 – Objectivos de um sistema de metro ligeiro.....	136
Figura 35 – Extensão das redes.....	138
Figura 36 – Regeneração urbana	140
Figura 37 – A distância média entre paragens.....	146
Figura 38 – A plataforma reservada.....	148

Índice de Quadros

Quadro 1: Características técnico/operativas de meios de transporte público	34
Quadro 2: Características dos sistemas	88
Quadro 3: Fases na definição de um problema e de um modelo	95
Quadro 4: Fases na definição do problema estudado e do modelo adoptado.....	96
Quadro 5: Tipos de escalas de medida.....	107
Quadro 6: Ficha de dados.....	180

Índice de Tabelas

Tabela 1: Investimento em Lille	45
Tabela 2: Investimento em Manchester	52
Tabela 3: Investimento em Paris.....	60
Tabela 4: Investimento em Rouen	64
Tabela 5: Investimento em Strasbourg.....	74
Tabela 6: Investimento em Stuttgart	79
Tabela 7: Investimento em Valencia.....	84
Tabela 8: Tipos de Investigação	90
Tabela 9: Estatuto das variáveis na investigação.....	105
Tabela 10: Estatuto das variáveis adoptadas	105

1 Introdução

1.1 Antecedentes

“O aparecimento do carro eléctrico”,¹ no ano de 1888 “potenciou o desenvolvimento das cidades proporcionando a expansão dos limites urbanos e o aumento de população pelo facto de ser um meio de transporte realmente acessível aos trabalhadores”².

No entanto, a imagem do eléctrico foi prejudicada pelo despoletar de uma consciência colectiva de que o rolamento sobre pneumáticos era muito mais confortável e moderno do que o rolamento sobre carril, devido à conjugação de uma série de factores tais como a defesa dos interesses económicos e empresariais das indústrias automóvel, do petróleo e pneumática.

Os problemas dos sistemas de então, tais como: o ruído; os atropelamentos; as disfunções dos sistemas de alimentação e a rigidez do processo de abordagem ao cliente também contribuíram para a transferência de passageiros para outros sistemas.

No período pós II Guerra Mundial, com o crescimento económico e institucionalização do capitalismo, crescem desmesuradamente os níveis de aquisição de veículos privados e respectiva transferência dos passageiros do transporte público para o individual.

Todos estes factos também contribuíram para a desmotivação dos construtores ferroviários, que se centraram apenas na modernização dos comboios, e dos responsáveis políticos que permitiram a deterioração das redes e veículos.

Com a destruição da imagem e consequente abandono por parte dos utilizadores, grande parte dos sistemas de eléctrico desaparece, em todo o Mundo. Resiste na Europa, uma série de sistemas muito limitada, não se permitindo a sua extinção devido à força da sua imagem como elemento caracterizador da cidade.

No entanto, a escassa eficiência demonstrada pelo veículo privado na resolução das necessidades de mobilidade obrigada nas cidades, produzindo impactos significativos na qualidade de vida da população: congestionamentos, necessidades de mais infra-estrutura viária, contaminação acústica e ambiental, ocupação do espaço dos peões e desvirtuação da

1 Costa, Álvaro, 1996, p.1.1

2 Ibidem

vida das cidades, destacam a importância da existência de um sistema de transporte público realmente eficaz.

Neste âmbito, muitas cidades, especialmente europeias, partem para a adopção de políticas de restrição do transporte individual e fomento do desenvolvimento e utilização do transporte público. É então, em 1974 com a crise do petróleo que se começa a considerar seriamente esta necessidade, e se cataliza a ponderação, especialmente em França, da conveniência da recuperação para as cidades dos veículos de tracção eléctrica, e particularmente o eléctrico³.

O eléctrico ou metro ligeiro (denominações que legalmente não se diferenciam) aparece quando os volumes de procura não podem ser satisfeitos, em condições aceitáveis, pelos sistemas de transporte de superfície convencionais, como o autocarro ou o trólei. E se a sua ordem de grandeza não justifica os elevados investimentos que implica um sistema de infraestrutura totalmente reservada/independente, ou do tipo A, tal como é o caso do metro convencional ou dos comboios suburbanos.

Nantes, cidade pioneira em matéria de transportes públicos começa a pensar na renovação do carro eléctrico no ano de 1978, dando início em 1982 à construção da primeira linha, que é inaugurada em Janeiro de 1985, constituindo o primeiro eléctrico de nova geração. Nantes foi a primeira cidade francesa a recuperar o eléctrico, mas foi Grenoble que em 1987, demonstrou a possibilidade de fazer circular estes veículos pelo centro de um aglomerado urbano, melhorando notavelmente as suas condições urbanísticas e ambientais. O êxito de Grenoble foi o verdadeiro impulso para o renascimento do eléctrico em outras cidades francesas e de outros países. São alguns exemplos: Lille; Marselha; Montpellier; Estrasburgo ou Rouen, ainda em França; ou outras cidades da Europa tais como Manchester ou Sheffield na Grã-Bretanha; Karlsruhe ou Stuttgart na Alemanha; Utrech na Holanda, Turim ou Génova na Itália; Geneve ou Zurich na Suíça; Valencia em Espanha ou Lisboa em Portugal e ainda outras cidades do resto do Mundo: Los Angeles nos Estados Unidos da América; Sidney na Austrália; Istambul na Turquia e Tunes na Tunísia. Existem actualmente em todo o mundo mais de 350 sistemas de carro eléctrico ou metro ligeiro, que demonstram o elevado grau de difusão deste tipo de sistemas de transporte.

³ Márquez, Doble Tracción, 1994, p.22

“Nada nasce do vazio”⁴ e a difusão do ressurgimento dos sistemas de carro eléctrico é um exemplo disso. A adopção deste tipo de sistemas surge do reconhecimento das vantagens que este pode trazer para cada cidade onde o mesmo se implementa. O facto de este meio de transporte ser extremamente versátil, podendo e tendo sido adoptado a uma diversa panóplia de soluções quer a nível técnico quer económico ou mesmo político, pelas suas vantagens ambientais ou da sua força como elemento estruturador da cidade, são algumas das causas que justificam a escolha deste tipo de sistemas.

A identificação dos factores determinantes no ressurgimento do carro eléctrico terá grande utilidade prática. Para além de dar visibilidade aos factores que garantem e condicionam o sucesso de soluções deste tipo, permitirá conhecer as características imprescindíveis a adoptar na implementação de futuros sistemas, e fornecer dados objectivos que possam ser utilizados como argumentos válidos para orientar a tomada de decisões políticas acertadas na área dos transportes.

O deficiente desenvolvimento de uma política coerente de transportes em Portugal, contribui para a dificuldade na tomada de decisões e para a subsistência do carácter muito político e pouco técnico das referidas decisões. A carência de políticas de transporte e de realização de planos de transporte urbanos globais, resumem-se em tomadas de decisão pontuais que não funcionam em conjunto, o que se traduz numa oferta de transporte público ainda bastante precária e desconfortável para o cidadão que se puder continua a recorrer ao transporte individual.

A utilização do transporte individual também não é solução para o problema da mobilidade obrigada, como se pode observar pelos problemas que isso implica, congestionamentos, constante necessidade de infra-estrutura rodoviária, degradação ambiental, impossibilidade de agradável circulação dos peões e estrangulamento da economia da cidade.

O conhecimento detalhado de todos e de cada meio de transporte e da sua adaptabilidade, ou seja, de quando onde e porquê este deve ser utilizado, contribui para a possibilidade de elaboração de planos de mobilidade realmente eficientes. Planos em que cada meio de transporte tem o seu papel e o funcionamento conjunto de todos os meios constitui a melhor alternativa para as deslocações urbanas/suburbanas de que cada cidadão pode usufruir. A

⁴ Polit et Hungler, 1993, p.44

implementação de tais planos de mobilidade traduz-se num aumento da qualidade de vida dos cidadãos, das economias locais e desenvolvimento sustentável das cidades. É nesta perspectiva que se enquadra a pertinência deste trabalho.

Uma vez conhecidas as causas de ressurgimento do carro eléctrico, pode estimar-se a adaptabilidade destes sistemas de transporte a futuras situações, facilitando a tomada de decisões pelos técnicos e fundamentando a argumentação desta tomada de decisão perante os políticos e opinião pública. Consequentemente deixará de fazer sentido a utilização desta questão como arma de arremesso político, que tão prejudicial se tem demonstrado através das ineficiências que esse tipo de atitudes tem provocado.

É fundamental poder oferecer a todos os cidadãos uma explicação do problema, da necessidade de implementação de cada sistema e de que a sua tomada de consciência pode fazer a diferença, para aquisição de uma qualidade de vida mais elevada.

1.2 Objectivos

O objectivo fulcral deste trabalho é determinar os factores de ressurgimento do carro eléctrico. Visa conhecer as causas ou razões de adopção deste tipo de sistemas em cidades europeias da actualidade após o massivo desmantelamento das redes existentes, durante as últimas décadas.

1.3 Metodologia

O enfoque deste estudo visa conhecer os factores que influenciam o sucesso da implementação do metro ligeiro em cidades europeias. Para além do fornecimento de respostas às questões de investigação a escolha do tipo de estudo foi determinada por razões de ordem metodológica, económica e de horizonte temporal de realização.

Seleccionaram-se questões de investigação que pudessem ser convertidas em hipóteses de trabalho, isto é, afirmações passíveis de ser testadas⁵.

⁵ De Angelis, 1990, p.14

A selecção do tipo de estudo foi ainda elaborada com base nos seguintes critérios:

- Estudo factível (fácil de operacionalizar);
- Sujeitos disponíveis (informação pública dos dados);
- Tempo e recursos necessários, em função das possibilidades dum trabalho académico deste tipo;
- Amplitude do efeito: o efeito esperado corresponde à frequência de aparecimento de um fenómeno na população. É a expressão estatística que indica a força de correlação entre variáveis ou diferença entre duas médias.

“Se há boas razões para acreditar que a variável independente e dependente estão fortemente ligadas uma amostra reduzida é adequada para demonstrar a força dessa relação, isto é, quando se prevê um grande efeito o tamanho da amostra requerida é menor”⁶

O conhecimento prático e experiência indicam haver uma forte possibilidade de explicar as relações entre a variável dependente e as variáveis independentes referidas. Este conhecimento influenciou decisivamente a selecção da amostra e da metodologia seguida neste estudo.

Optou-se pela realização de um estudo do tipo dedutivo, retrospectivo e transversal que seguiu uma metodologia quantitativa de tipo descritivo e correlacional para resolução do problema concreto, coincidente com o objectivo central do estudo.

1.4 Hipótese

A hipótese principal formulada neste estudo foi:

H1- O grau de reserva da plataforma condiciona o sucesso de um sistema de metro ligeiro.

Para além desta, foram formuladas mais dez hipóteses alternativas:

- *H2 - A extensão da linha influencia a captação de passageiros;*

⁶ Fortin, 2000, p.202

- H3 - *A distância média entre paragens condiciona a captação de passageiros;*
- H4 - *A prioridade semafórica condiciona a velocidade comercial;*
- H5 - *A existência de SAE condiciona a velocidade comercial;*
- H6 - *A frequência condiciona a fiabilidade e regularidade do sistema;*
- H7 - *O eléctrico como elemento estruturador urbano é uma das razões de sucesso da solução;*
- H8 - *O facto de o eléctrico ser um elemento potenciador da expulsão do transporte individual conduz ao sucesso desta solução;*
- H9 - *Uma eficiente informação pública potencia o sucesso do sistema;*
- H10 - *A integração do sistema de transportes determina o seu sucesso;*
- H11 - *O tamanho da população da cidade influencia a captação de passageiros.*

Para testar as hipóteses efectuou-se uma regressão multivariável, em que os sujeitos foram as dez seguintes cidades:

Lille; Lisboa; Manchester; Nantes; Paris; Rouen; Sheffield; Strasbourg; Stuttgart e Valencia.

1.5 Estrutura

O primeiro capítulo engloba uma breve justificação da escolha do tema, relacionado com a necessidade de adoptar sistemas de metro ligeiro em cidades da Europa. Inclui ainda os objectivos do trabalho, metodologia seleccionada, hipóteses a testar e estrutura do trabalho.

O segundo capítulo dá uma panorâmica da evolução histórica dos sistemas de metro ligeiro na Europa e no Mundo. Faz ainda uma resenha de todos e cada um dos diferentes tipos de sistemas de capacidade intermédia existentes e sua comparação, para percepção da importância dos sistemas de metro ligeiro face a sistemas de transporte de igual capacidade.

O terceiro capítulo faz uma análise detalhada de dez implantações de sistemas de metro ligeiro na Europa. Efectua para cada caso em estudo uma breve apresentação da cidade, explica a forma como surgiu o sistema de metro ligeiro e posteriormente especifica de uma forma pormenorizada as características do sistema. As características dos sistemas estão agregadas segundo quatro grupos: infra-estrutura; superestrutura; material circulante;

exploração e os custos deste tipo de sistemas. Na sua parte final o capítulo contém uma comparação entre factores dos dez sistemas.

O quarto capítulo apresenta a metodologia seleccionada para a realização desta investigação. Inclui a descrição das modalidades de investigação, identificação do problema, hipóteses e variáveis; procedimentos para selecção da população e amostra, recolha de dados, análise e discussão de resultados. É neste capítulo que se testam as hipóteses em estudo.

O quinto capítulo apresenta as principais conclusões do estudo realizado ressaltando os aspectos originais investigados neste trabalho e suas limitações. Deixa ainda algumas questões em aberto para futuros trabalhos de investigação nesta área.

O sexto capítulo apresenta a lista de notas e referências bibliográficas citadas ao longo do trabalho, listadas por ordem de citação⁷.

O sétimo capítulo apresenta a lista de bibliografia consultada para a fundamentação teórica do trabalho de investigação.

Foi revertido para o primeiro anexo (anexo A) um modelo a seguir numa futura aplicação de uma sistema de metro ligeiro, definindo quais devem ser os objectivos, como deve ser feita a selecção de componentes, a avaliação económico-social e qual a fórmula de promoção, financiamento e gestão mais adequadas para que um sistema seja bem sucedido. O segundo anexo (anexo B) consta da apresentação dos resultados originais obtidos da aplicação do programa estatístico SPSS, com o método da regressão múltipla e o *backward elimination test*, para seis modelos distintos. Estes dois anexos foram documentos não incluídos no texto, que no entanto se consideram úteis para aprofundar e clarificar aspectos relacionados com a temática em estudo.

⁷ FEUP, (1995) Regras para a apresentação de dissertações de cursos de mestrado da FEUP, p. 3

2 Conceitos e soluções inovadoras de transporte colectivo

2.1 Introdução

Este capítulo oferece uma perspectiva da evolução histórica do transporte colectivo nas cidades, desde o seu aparecimento em 1888 até a actualidade. Apresenta ainda uma descrição detalhada de cada um dos sistemas de capacidade intermédia, que é o segmento de capacidade no qual se integram os sistemas de metro ligeiro.

2.2 Evolução histórica do transporte colectivo nas cidades

Uma política desequilibrada de investimento em transporte colectivo e privado conduziu, durante os anos 50 e 60, a uma deterioração progressiva da qualidade do transporte público de superfície, particularmente no caso do eléctrico que perde utilizadores e é considerado um obstáculo para o resto da circulação.

Mudanças importantes ocorreram ao longo do século XX, nos sistemas de transporte colectivo das cidades e suas áreas metropolitanas. Com a degradação das condições à superfície, o metro aparece como solução para o transporte de massas nas grandes aglomerações urbanas, já no fim do século XIX, mantendo até à actualidade a sua configuração básica, se bem que com muitas melhorias tecnológicas. No entanto, o transporte de superfície, como solução para volumes de procura menos elevados, em que o eléctrico é modo dominante desde o princípio de século XX, vê-se fortemente afectado pela aparição dos veículos com motor de combustão interna (automóvel e autocarro) que se apresentam como mais “modernos”, “flexíveis” e compatíveis entre si. Isso provoca que a partir dos anos 30, nos países mais desenvolvidos, se inicie a substituição de linhas de eléctrico por tróleys e posteriormente por autocarros.

Após uma estabilização durante a II Guerra Mundial, a meados dos anos 50 e anos 60, o processo de fecho de linhas de eléctrico é reactivado, especialmente nos EUA no Reino Unido e em França. Não obstante, na maioria dos países europeus, o eléctrico subsiste, destacando-se os exemplos da Alemanha, Holanda e Suíça.

Em todos os países onde se optou pela eliminação do eléctrico aparece como denominador comum o objectivo de potenciar o uso do automóvel e do autocarro, orientando os investimentos para a provisão de nova rede viária para estes modos, descurando-se a modernização e a segregação do transporte colectivo face ao privado. Neste contexto, os veículos e a infra-estrutura de eléctricos tornam-se obsoletos perdendo deste modo os seus passageiros, e representando um obstáculo para o resto da circulação, sendo totalmente substituído por autocarros, e como passo intermédio, por tróleys que aproveitavam a tracção eléctrica.

Contrariamente, nos países europeus que adoptam uma atitude mais positiva em relação ao eléctrico, os investimentos são realizados de uma forma mais equilibrada, sendo os eléctricos modernizados, mantida e alargada a plataforma reservada para este meio, garantindo assim um serviço atractivo.

A princípio dos anos 70 inicia-se um processo de perda de passageiros nos transportes colectivos, em diversos países da Europa. Ao longo desta década os problemas de mobilidade nas cidades tornaram-se cada vez mais acutilantes como consequência do aumento do tamanho dos aglomerados urbanos e do uso indiscriminado do automóvel. O incremento dos índices de motorização e uso do automóvel para realização de percursos urbanos faz com que o transporte colectivo não capte o incremento de mobilidade destes anos. O que por sua vez leva a que se verifique uma perda de qualidade nos transportes colectivos de superfície, como consequência do congestionamento, fenómeno que afecta não somente a mobilidade em geral, mas também a qualidade de vida dos cidadãos (ruído, poluição, stress, etc.).

A preocupação por este facto acentua-se na medida em que o número de cidades que geram volumes elevados de passageiros cresce continuamente, como consequência do incremento da mobilidade do tamanho das aglomerações e se evidencia a ineficácia dos autocarros para atender essas novas procuras de mobilidade. Assim, enquanto que em cidades ou corredores de transporte com baixos volumes de procura (até 4.000 passageiros/hora/sentido) um sistema de autocarros pode prover a capacidade suficiente em condições de exploração aceitáveis; e em cidades ou corredores de transporte com procura alta (mais de 20.000 passageiros/hora/sentido) o metro convencional ou o comboio se justificam, em termos de investimento e exploração, prestando um bom nível de serviço; existe uma franja de procura

intermédia (4.000 – 20.000 passageiros/hora/sentido) que resulta difícil de satisfazer em condições aceitáveis com sistemas tradicionais.

A constatação de que o automóvel privado não era a solução para os problemas de mobilidade nas aglomerações urbanas, devido aos seus efeitos negativos, provocou uma tomada de consciência generalizada e fez pensar na necessidade de uma mudança de função do transporte público, de forma a que este fosse utilizado não só pelos passageiros sem outra alternativa, os de escalão económico mais desfavorecido, mas também que fosse uma alternativa competitiva com o automóvel e capaz de captar antigos utilizadores do mesmo.

É importante destacar como os aspectos positivos do automóvel afectam maioritariamente o utilizador e os negativos a comunidade urbana, enquanto que no transporte colectivo são invertidos os conceitos, ou seja: os aspectos positivos afectam a comunidade e os negativos o utilizador. Isto explica de uma forma clara a tendência do indivíduo para a utilização do automóvel e a necessidade de um transporte público de qualidade se se quer aumentar o seu uso e portanto melhorar a qualidade de vida urbana.

Na década de 70 ponderaram-se diversas soluções para a potenciação dos serviços de transporte colectivo. As soluções mais convencionais baseavam-se no aperfeiçoamento dos sistemas de transporte colectivo de superfície (autocarro e eléctrico) para minorar os seus aspectos negativos, que afectam o utilizador, enquanto que outras soluções mais inovadoras apontavam para o desenvolvimento de sistemas de transporte público que oferecessem um serviço equivalente ao do automóvel, mas sem os seus efeitos negativos para a comunidade.

O eléctrico surge como um novo modo de transporte para as cidades mediante a necessidade de incrementar capacidade de melhoria das condições de operação e qualidade de serviço e como resposta aos casos em cujos níveis de procura não tornam economicamente viáveis modos convencionais com infra-estrutura completamente independente, como é o caso do metro tradicional.

Se bem que o sistema de Grenoble em 1987, com a adopção do piso rebaixado parcial, já tenha suscitado um grande interesse, até aos anos 90 o sistema não obteve a aceitação definitiva como alternativa ao metro convencional em corredores de capacidade intermédia.

A entrada em serviço de sistemas como o de Manchester (1992), Karlsruhe (1993), Rouen, Valencia e Estrasburgo (1994), demonstraram, por um lado a viabilidade de aproveitamento de infra-estruturas ferroviárias existentes e por outro a capacidade de revitalização e transformação urbana que proporcionam os sistemas de eléctrico.

A potencialidade dos sistemas de eléctrico ou metro ligeiro em superfície como elemento de transformação urbana, compreende, habitualmente, a urbanização da envolvente da linha, que tende a abarcar a totalidade de espaço existente entre fachadas na via por onde discorre a linha.

Esta acção permite a reabilitação de zonas degradadas e tem uma grande transcendência urbanística, tanto no caso de reconversões de antigas linhas ou instalações ferroviárias (Valencia), como no caso da penetração da linha no casco histórico da cidade (Estrasburgo).

Um sistema de eléctrico oferece amplas vantagens sobre o veículo privado e sobre o autocarro em termos de impacte ambiental. Para além de diminuir a capacidade aos veículos privados e de estacionamento em corredores centrais, mediante operações de revitalização urbana, facilita a mobilidade pedonal.

No entanto, ao eléctrico está associada a emissão de ruídos e vibrações e potencialmente associado a conflitos com o tráfego de veículos e peões com afectação da segurança. Ora actualmente estes impactes negativos são mitigados quase na sua totalidade, desde a sua fase de projecto. Também quanto à transmissão de substâncias contaminantes se observa que este meio de transporte é de longe o menos poluente de todos.

Não é fácil estimar valores orientativos sobre as despesas de investimento e exploração de um sistema de eléctrico, já que de forma geral, estas são diferentes consoante o caso. As experiências desenvolvidas até ao momento permitem, no entanto, estabelecer algumas considerações sobre os factores determinantes das despesas globais, e os elementos a ter em conta para que se mantenham ao mais baixo nível possível.

Em grande parte dos casos o material circulante é o encargo maior do investimento e apesar de ser o factor que menor flexibilidade oferece, todas as medidas possíveis devem ser tomadas para não incrementar as despesas de forma desnecessária.

As despesas de investimento em instalações fixas apresentam um intervalo de variação muito grande já que dependem fortemente das condições locais (necessidades de espaço, características do terreno, necessidades de projecto de traçado em túneis ou viadutos, etc.). Para além de que, como já anteriormente referido, os projectos são acompanhados em muitos casos, de importantes obras de renovação urbana nas imediações do traçado da linha (acondicionamento de fachadas, jardinagem, mobiliário urbano, pedonalização, etc.), que não são imputáveis ao próprio meio de transporte.

O metro ligeiro supõe como princípio uma evolução muito grande relativamente ao antigo eléctrico. Estes captaram a atenção internacional com o melhoramento da tecnologia que lhe permitiu usufruir das vantagens até então reservadas ao metro convencional: grande capacidade de entrada e saída de passageiros nas portas, conseguida graças ao material circulante de piso rebaixado e paragens ao nível do veículo; incorporação de sistemas de sinalização e segurança semelhantes aos dos metros pesados, e adopção de plataforma reservada, que lhes permite alcançar níveis de regularidade e velocidade comercial muito significativos.

2.2.1 Aperfeiçoamento do sistema de autocarros

Inicialmente, em algumas cidades europeias são adoptadas diversas medidas de preferência para o sistema de autocarros, com a introdução de carris BUS e prioridades nas intersecções. Ainda que se obtenham com isso importantes benefícios pontuais para os utilizadores e operadores, especialmente quando existe uma continuidade nas medidas ao longo de todo um percurso, não se conseguem mudanças importantes nas prestações do sistema global de transporte da cidade; em particular, no referente à captação de utilizadores do veículo privado e portanto redução do congestionamento. A adopção de vias reservadas exclusivamente para o tráfego de autocarros tem bons resultados em alguns corredores, mas a sua generalização torna-se difícil em cidades consolidadas, por condicionantes de espaço.

Nos finais da década, aparece a tecnologia dos autocarros guiados. Trata-se de dotar um autocarro convencional, de dispositivos que permitam circular tanto pelas vias normais como sobre plataformas especiais de condução automática. Esperando dos mesmos uma melhor qualidade de serviço e uma mais fácil integração na cidade que as vias reservadas

convencionais. O primeiro destes sistemas aparece em Essen, Alemanha em 1980 e foi implantada uma outra exploração em Adelaide, Austrália em 1986.

2.2.2 Aperfeiçoamento do sistema de eléctricos

Em numerosas cidades com eléctricos em exploração, pensa-se em soluções menos drásticas baseadas num aperfeiçoamento das prestações das linhas de eléctrico com o objectivo de minorar os aspectos negativos do transporte colectivo de superfície, dando-lhes uma maior percentagem de plataforma independente ou protegida e com tratamento preferencial nos cruzamentos regulados por semáforos. Incluindo a renovação do material circulante, a beneficiação das vias mantendo com frequência tramos em zonas peatonais. Surge assim o metro ligeiro.

Exemplos de cidades europeias que optaram por esta alternativa são Basel, Zurich, Karlsruhe, Stuttgart, Colónia e Hannover.

Nos Estados Unidos, nos finais da década de 60 e durante a década de 70 foi ponderada a directriz de encerramento das linhas de eléctrico, contra a opinião pública, ou da melhoria das suas condições de qualidade. Nos finais dos anos 70 havia em funcionamento, sistemas de metro ligeiro, em 8 cidades.

2.2.3 Novos sistemas

Por outro lado, ainda na década de 70, produz-se uma mudança revolucionária na concepção dos sistemas de transporte colectivo, combinando os aspectos positivos do veículo privado e do transporte colectivo convencional.

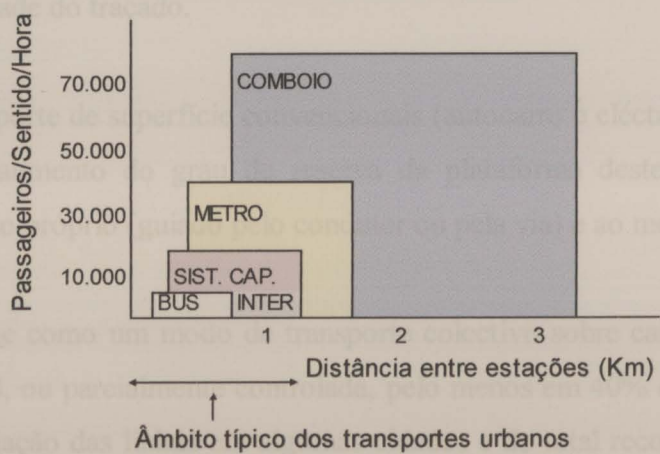
O sistema mais ambicioso é conhecido como “Personal Rapid Transit” (PRT) e baseia-se na ideia de que a melhor forma de atrair utilizadores do automóvel é mediante um sistema de transporte público que ofereça um serviço o mais parecido possível ao do automóvel, com alta frequência entre muitos pontos da cidade e sem transbordos.

O sistema consistiria num elevado número de pequenos veículos (cabines de 2 a 6 lugares) e uma rede de condução automática extensa, abrangendo toda a cidade. Os veículos operariam de forma totalmente automática a alta frequência (teoricamente 3.000 a 5.000 veículos/hora) e a alta velocidade (60 a 100 km/h) entre origens e destinos a pedido dos passageiros, em percursos directos. No entanto, os elevados custos da infra-estrutura e dos elevados custos de exploração para veículos de tão baixa capacidade, impediram até agora a sua utilização como meio de transporte urbano.

A evolução destes sistemas encaminha-se para soluções mais realistas com a utilização de veículos de maior capacidade, de um intervalo entre 60 e 150 passageiros, eliminando todas as características relacionadas com a privacidade (percursos directos, frequências demasiado altas, etc.). São os sistemas de condução automática, que começam a instalar-se nalgumas cidades durante os anos 80.

2.3 Sistemas de capacidade intermédia

Os sistemas de capacidade intermédia como é observável na Figura 1 surgem como um modo de transporte colectivo moderno e atractivo para o utilizador, em resposta a problemas de mobilidade em cidades cujos volumes de procura não podem ser satisfeitos em condições aceitáveis pelos sistemas de transporte de superfície convencionais (autocarros e eléctricos) e que também não justificam os volumes de investimento de um sistema de infra-estrutura totalmente independente (metro ou comboio convencionais).



Fonte: Metro Liger - Nuevos Tranvías en la Ciudad, 1995, p.49.

Figura 1 - Gráfico da capacidade máxima de transporte

O nível de segregação do transporte público do transporte privado aparece como elemento chave para conseguir um transporte colectivo de qualidade e com capacidade adequada para procura intermédias a preços aceitáveis.

Geralmente considera-se que há três categorias básicas de transporte colectivo, definidas pelo grau de independência da infra-estrutura:

- Categoria A, ou infra-estrutura totalmente controlada, que tem a plataforma para o transporte colectivo completamente independente, sem possibilidades de cruzamento com outros veículos ou peões.
- Categoria B, ou infra-estrutura parcialmente controlada, que compreende os casos em que o transporte colectivo está fisicamente separado do resto do tráfego (por guias de passeio, barreiras especiais ou via a distinto nível) mas com cruzamentos de nível com veículos e peões, incluindo intersecções.
- Categoria C, ou infra-estrutura não controlada, que se refere a vias públicas nas quais o transporte colectivo está misturado com o restante tráfego, não podendo portanto alcançar velocidades superiores a este último.

Os sistemas de metro convencional e o comboio suburbano são de categoria A, praticamente na totalidade do traçado. Oferecem um bom nível de serviço, mas os seus elevados custos iniciais e a rigidez de exploração limitam o seu campo de aplicação aos grandes aglomerados urbanos. Para minorar estes problemas surgem os sistemas de condução automática, com veículos mais pequenos e com total automatização, que exige a categoria A de reserva da plataforma na totalidade do traçado.

Os sistemas de transporte de superfície convencionais (autocarro e eléctrico) são basicamente de categoria C. O aumento do grau de reserva da plataforma destes modos conduz ao autocarro em caminho próprio (guiado pelo condutor ou pela via) e ao metro ligeiro.

O metro ligeiro surge como um modo de transporte colectivo sobre carril com categoria de infra-estrutura tipo B, ou parcialmente controlada, pelo menos em 40% do seu traçado, como resultado da beneficiação das linhas em algumas cidades e de total reconstrução noutras. Na sua actual concepção este modo de transporte caracteriza-se pela existência de tramos de cada tipo de infra-estrutura em percentagens que dependem fundamentalmente das origens do

sistema, mas com uma tendência crescente para a elevação da percentagem de plataforma reservada, total ou parcialmente. A maior independência da infra-estrutura permite conseguir um nível de serviço mais elevado, embora os investimentos iniciais sejam também bastante mais elevados, sobretudo se for necessária a segregação em túnel.

2.3.1 O autocarro guiado

O autocarro guiado é um modo de transporte dual, projectado de forma a que um autocarro convencional opere tanto em vias correntes como em plataforma de condução automática. O sistema procura combinar as vantagens da flexibilidade dos modos rodoviários com as capacidades e qualidades dos modos ferroviários. Em termos operativos, uma plataforma de autocarros guiados funciona de forma análoga a uma via convencional reservada, com a excepção de os veículos serem conduzidos pela própria plataforma em vez de por um condutor.



Figura 2 – O autocarro guiado

A aplicação do sistema de O-Bahn em Adelaide é a mais extensa das desenvolvidas até ao momento. O objectivo fundamental da política de transporte era atrair utilizadores do automóvel, pelo que se propôs a construção de estações de interface (estacionamentos dissuasórios), com frequência de serviço e velocidade elevadas.

A plataforma tem 12 km de extensão ao longo de um corredor radial, o que permite a ligação do centro da cidade com os bairros da envolvente do corredor. Foi projectado para prover altos standards de segurança e conforto, com níveis de manutenção mínimos, a uma velocidade de percurso de 100 km/h. Para isso foi necessário um projecto robusto, níveis muito altos de precisão na construção e especialmente dotação de plataformas estruturais

muito estáveis. Dada a escassa qualidade do solo, a betonagem teve que realizar-se sobre pilares que se elevam ligeiramente relativamente ao nível do solo, o que incrementou o seu custo. O raio mínimo de curvatura é de 400 m nos quais a velocidade se restringe a 80/85 km/h.

Ao longo da plataforma há três estações com um total de aproximadamente 1.000 lugares de estacionamento. O êxito do esquema de *“park-and-ride”* provocou problemas constantes de capacidade de estacionamento, com dificuldades para a provisão de solo adicional e queixas dos vizinhos, cujas ruas eram usadas para cobrir o excesso de procura.

Uma reorganização do serviço de autocarros na envolvente ao corredor, combinando serviços expresso com alimentadores, permitiu conseguir uma frequência de serviço alta, com um intervalo entre veículos de 76 segundos em horas de ponta nas estações mais centrais do corredor, nas horas de vazio tem-se um intervalo típico de 5 minutos.

Com a experiência acumulada até ao momento, a impressão com respeito às prestações é bastante boa. Os níveis de conforto são elevados e foram alcançados os objectivos de frequência e velocidade de exploração altos. Os autocarros operam bem, tanto sobre a via reservada como fora dela e os custos de manutenção da plataforma são bastante baixos. Não se têm verificado problemas de acidentes graves, exceptuando um devido a uma falha humana, pelo que a tecnologia se pode considerar segura.

O impacto sobre a procura em Adelaide é de singular importância. O número de passageiros no corredor aumentou 33% num período de tempo em que no resto da cidade diminuiu cerca de 16,5%. A procura em hora de ponta e sentido é de 4.400 passageiros. Calcula-se que o novo sistema de transporte tenha suprimido cerca de 1.000 viagens em automóvel em hora de ponta matinal, ainda que o correspondente espaço da via liberado tenha sido absorvido pelo crescimento do tráfego. É provável que a magnitude do impacto sobre a procura se deva à plataforma de condução automática e à reorganização e complemento do serviço de autocarros da área de influência do corredor.

2.3.2 Transporte ligeiro guiado

Inserido no programa THERMIE de diversificação e poupança energética da União Europeia impulsionou-se o projecto-piloto de transporte urbano inovador, baseado nos seguintes conceitos:

- Implantação de um sistema de transporte intermédio, com modo dual de condução e tracção;
- Integração deste sistema inovador na rede de transporte colectivo de cada cidade, especialmente nos intercâmbios modais com os serviços existentes;
- Melhoras no sistema de transportes públicos que permitam um planeamento integral de desenvolvimento urbano;
- Intensiva utilização das técnicas mais avançadas de gestão de tráfego.

No projecto estão envolvidas três cidades europeias, Eindoven (Holanda), Lyon (França) e Bristol (Reino Unido), bem como a associação francesa “GART” (agências de transporte e operadores de transporte público de França). O principal intuito do projecto é a implantação de um modo de transporte de capacidade intermédia (Baixa), rápido, de custo reduzido e que respeita o meio ambiente. O tipo de veículo adoptado foi desenvolvido pela firma Brugeoise et Nivelles (BN) da Bélgica, que realizou uma linha experimental em Rochefort (Bélgica) em Maio de 1988. As principais características deste veículo de transporte ligeiro guiado são as seguintes:

- Condução manual com um volante convencional através de um sistema “monorail” (um carril);
- Tracção eléctrica (catenária) e com um alternador diesel.



Figura 3 – O transporte ligeiro guiado em Lyon

Concebido de maneira a que o sistema possa operar de três maneiras diferentes:

- Em plataforma reservada, com alimentação eléctrica e guiado pela via;
- Em plataforma compartilhada com energia eléctrica e conduzido manualmente;
- Em plataforma compartilhada com energia diesel e conduzido manualmente.

2.3.3 Transporte guiado automático

Um sistema automático guiado é um sistema de transporte constituído por uma frota de veículos sem condutor que operam sob controlo de um computador, circulando em plataforma totalmente reservada do restante tráfego ao mesmo nível, em túnel ou em viaduto. As suas características de projecto, concepção e exploração são comparáveis em diversos aspectos às de metro convencional, embora com apreciáveis diferenças de investimento, capacidade e flexibilidade de exploração.

Um dos sistemas automáticos mais conhecido é o VAL, desenvolvido pela empresa francesa MATRA. Este sistema utiliza veículos de propulsão eléctrica sem condutor com rodagem pneumática sobre superfície de betão. Os carris são de aço e actuando como condutores e como alimentadores de energia eléctrica de corrente contínua a 750V.



Figura 4 – O VAL de Toulouse 1



Figura 5 – O VAL de Toulouse 2

O original sistema é composto por veículos de 12 m de comprimento, formando composições de 2 ou 4 veículos, com uma largura de 2,06 m. Cada veículo tem 3 portas deslizantes de 1,30 m de largura, de cada lado. Cada unidade de dois veículos tem capacidade para 68 passageiros sentados e 56 passageiros em pé, supondo uma utilização confortável (4 passageiros/m²). Dispondo ainda de espaços para cadeiras de rodas.

Os veículos têm uma velocidade máxima de 80 km/h, superam pendentes até aos 7% e têm um raio de curvatura mínimo de 30 m. A velocidade comercial do sistema operado em Lille é de 34 km/h.

2.3.4 Metro ligeiro

O metro ligeiro é um meio de transporte ferroviário de tracção eléctrica, tipicamente urbano e suburbano, constituído por uma frota de veículos com condutor que operam fundamentalmente em plataforma reservada, embora com interferências pontuais com o restante tráfego de veículos e peões em cruzamentos de nível. Não obstante, também podem existir troços de plataforma totalmente independente, em superfície, túnel ou viaduto, articulados com troços de plataforma compartida com o restante tráfego. A sua capacidade, custo e qualidade de serviço, situam-se entre o autocarro e o metro convencional, com um largo espectro de valores possíveis. Assim, quanto à funcionalidade das redes, construção e tipo de exploração, este modo de transporte caracteriza-se por uma grande flexibilidade,

admitindo pendentes e raios de curvatura que permitem a sua perfeita integração nos meios urbanos existentes.



Figura 6 – O metro ligeiro

A flexibilidade do traçado da plataforma, quanto ao grau de independência relativamente ao restante tráfego, é o elemento que permite diferenciar de forma mais clara este modo de transporte de outros modos ferroviários urbanos. Por sua vez, o grau de independência da infra-estrutura torna-se a decisão mais transcendental da concepção e projecto de um sistema de metro ligeiro, já que de ela dependem fortemente as características das restantes componentes da infra-estrutura e do material circulante; e sobretudo a capacidade, qualidade e custo do sistema.

A flexibilidade de funcionamento das redes é outra característica importante dos sistemas de metro ligeiro, podendo actuar como modo de transporte principal em cidades de tipo médio, como alimentador/distribuidor de outros sistemas de transporte de maior capacidade (metro convencional e comboio) em cidades grandes ou como linha de ligação de uma cidade principal a uma cidade periférica ou da sua área metropolitana.

Quanto à construção e melhoramento da rede, um sistema de metro ligeiro caracteriza-se pela possibilidade de um crescimento modular à medida que a procura ou outras condicionantes o justifiquem. Resulta particularmente interessante a possibilidade de ir incrementando progressivamente o grau de reserva da plataforma, com eliminação de cruzamentos de nível, soterramentos parciais da via, entre outros, o que permite começar com um sistema de baixo investimento inicial, ou seja a possibilidade de o investimento ser diferido ao longo do tempo.

Muitas cidades há na Europa que adoptaram este sistema de transporte, estes sistemas serão posteriormente descritos, dado que tanto os motivos como a forma de sua implantação em cada cidade são bastante diversificados, representando a interpretação da causa de seu ressurgimento/implantação o principal objectivo deste estudo.

2.3.5 Comparação entre sistemas de capacidade intermédia

O Quadro I apresenta as características técnico/operativas de meios de transporte público urbanos, permitindo uma explicação e análise comparativa dos diversos sistemas, quanto às características dos veículos, instalações fixas, características operativas e aspectos particulares de cada um dos sistemas.

Quadro 1: Características técnico/operativas de meios de transporte público urbanos

	ELÉCTRICO	AUTOCARRO	AUTOCARRO GUIADO	METRO LIGEIRO	TRANSPORTE GUIADO	METRO CONVENCIONAL
Características do veículo						
Composição mínima	1	1	1	1 (4 eixos)	1 – 2	1 – 3
Composição máxima	3	1	1	2 – 4 (6/8 eixos)	2 – 4	4 – 10
Comprimento do veículo (m)	14 – 23	8 – 12	8 – 12	14 – 30	12 – 30	15 – 23
Capacidade (nº assentos)	22 – 40	30 – 80	30 – 80	25 – 80	20 – 50	32 – 84
Capacidade (nº total lugares)	100 – 180	40 – 120	40 – 120	110 – 250	60 – 150	140 – 280
Instalações fixas						
Grau de independência (% extensão total)	0 – 40	0	40 – 90	40 – 90	100	100
Controlo do veículo	Manual / Visual	Manual / Visual	Manual / Visual / Sinais	Manual / Sinais	Sinais	Sinais
Controlo de bilhetes	No veículo	No veículo	No veículo ou estação	No veículo ou estação	Na estação	Na estação
Tomada de corrente	Aérea			Aérea	Terceiro carril	Terceiro carril / Aérea
Altura da paragem	Baixa	Baixa	Baixa / Alta	Baixa / Alta	Alta	Alta
Controlo de acesso de utilizadores	Nenhum	Nenhum	Nenhum / Total	Nenhum / Total	Total	Total
Características operativas						
Velocidade máxima (Km/h)	60 – 70	40 – 80	70 – 100	60 – 100	50 – 90	80 – 100
Velocidade comercial (Km/h)	12 – 20	10 – 20	20 – 40	20 – 40	20 – 40	25 – 60
Frequência máxima (unidades/h)	60 – 120	60 – 120	60 – 90	40 – 90	40 – 90	20 – 40
Capacidade por sentido (lugares/sentido)	4.000 – 5.000	2.400 – 4.000	4.000 – 8.000	6.000 – 20.000	6.000 – 20.000	10.000 – 40.000
Regularidade	Baixa / Média	Baixa / Média	Alta	Alta	Muito Alta	Muito Alta
Aspectos do sistema						
Rede e área coberta	Dispersa, boa cobertura	Dispersa, boa cobertura	Boa cobertura do centro, dificuldade de utilização	Boa cobertura do centro	Predominantemente e radial, boa a média cobertura do centro	Predominantemente radial, boa a média cobertura do centro
Separação de estações (m)	250 – 500	200 – 500	350 – 800	350 – 800	400 – 1.000	500 – 2.000
Extensão média de viagem	Pequena a média	Pequena, média ou extensa	Média a extensa	Média a extensa	Média a extensa	Média a extensa
Relação com outros modos	Possibilidade de alimentação de outros meios	Possibilidade de alimentação de outros meios	Estacionamento dissuasor	Estaciona mento dissuasor	Estacionamento dissuasor	Estacionamento dissuasor

Fonte: Metro ligeiro, Nuevos Tranvías en la Ciudad, 1995, p.24/25.

Da observação do Quadro I com descrição dos principais sistemas de capacidade intermédia, suas características técnicas e operativas e a partir da consideração de outros aspectos como o impacto ambiental a integração urbana ou os custos, podem extrair-se algumas conclusões acerca da aplicabilidade dos sistemas de capacidade intermédia para satisfação das necessidades de transporte de uma aglomeração urbana, que são:

1. O autocarro com caminho próprio

É uma solução a considerar em corredores de procura média/baixa (<8.000 passageiros/hora/sentido), ainda que com dificuldades de integração no tecido urbano e portanto em cidades consolidadas. A introdução da tecnologia de condução pela via apresenta, em princípio, diversas vantagens marginais, que provavelmente não compensam a menor flexibilidade associada à condução (rigidez ferroviária), se bem que em corredores de acessibilidade limitada, que permitam percursos extensos sem abandono da plataforma, pode ser uma alternativa a considerar. A combinação de tracção eléctrica e diesel que se experimenta nos projectos-piloto do programa THERMIE pode significar um relançamento deste modo de transporte.

2. O transporte guiado automático

Este modo de transporte eloquentemente representado pelo VAL, é a alternativa que apresenta o melhor nível de serviço, considerando todas as consequências que daí advêm. No entanto, o elevado investimento que supõe e as dificuldades de integração no tecido urbano limitam o seu campo de aplicação a configurações urbanas e volumes de procura que, em certa medida, se aproximem das requeridas para instalação de um metro convencional. Neste sentido, um sistema de transporte guiado automático pode apresentar vantagens com respeito ao metro convencional para volumes de procura entre 10.000 e 20.000 passageiros por hora e sentido, devido a requerer menores investimentos em infra-estrutura (veículos mais pequenos e de menor *gabarit*) e da sua maior flexibilidade de exploração, proporcionando um nível de serviço equivalente ou inclusivamente superior (maior frequência). O automatismo integral reduz ligeiramente as necessidades de pessoal mas as despesas de funcionamento são incrementadas pelos contratos de conservação do automatismo e software, que chegam a atingir uma importância semelhante às quantias poupadas com a diminuição do pessoal.

3. O metro ligeiro

Este meio de transporte é caracterizado pela grande flexibilidade de traçado de linhas (diferentes graus de reserva da plataforma), de funcionalidade das redes, de instalação por etapas, de despesas e de nível de serviço. Aparece como solução mais versátil para diversas configurações urbanas e volumes de procura. Foram instalados sistemas para servir volumes de procura entre 6.000 e 20.000 passageiros por hora e sentido e pode obter-se um nível de serviço próximo aos dos sistemas automáticos, caso se opte por uma elevada proporção de plataforma reservada. A sua facilidade de integração no tecido urbano, podendo inclusivamente penetrar em zonas comerciais, pedonais e de recreio, confere-lhe um carácter único com o sistema de transporte compatível com o resto das actividades da comunidade urbana.

O metro ligeiro aparece como o sistema de capacidade intermédia de maior versatilidade para resolução de problemas de mobilidade nas aglomerações urbanas, existindo mais de 300 instalações em todo o mundo, enquanto que os sistemas guiados automáticos têm maior aplicabilidade para resolução de problemas de transporte específicos em centros de actividade (aeroportos, parques temáticos ou de atracções) e foram instalados com êxito em algumas cidades como modo de transporte de alta capacidade (VAL em Lille, Sky Train em Vancouver). Por outro lado a autocarro guiado não teve a aceitação esperada, apenas existindo algumas aplicações pontuais (Essen, Adelaide), ainda que continuem a ser experimentadas novas tecnologias.

4. Autocarro guiado versus autocarro em via convencional reservada

Os autocarros guiados comparados com os autocarros sobre via convencional reservada, caracterizam-se por:

Vantagens:

- Ligeiramente menores necessidades de espaço (menos um metro de largura de plataforma em alinhamentos rectos) e menor *gabarit* em túneis;
- Maior facilidade na garantia de plataforma reservada (menor pressão para que seja utilizada por outros veículos);

- Maior segurança;
- Provavelmente menor ruído;
- Possibilidade de conversão a tracção eléctrica mesmo a altas velocidades;
- Possível captação de novos utilizadores como consequência da imagem ferroviária;
- Despesas de exploração e manutenção eventualmente menores (não quantificadas).

Desvantagens:

- Menor flexibilidade de exploração (sem possibilidades de adiantamentos);
- Necessidade de infra-estrutura para uma nova tecnologia;
- Ligeiramente maiores despesas de investimento (13% no caso de Adelaide), ainda que podem chegar a ser menores se incluídos troços em túnel, devido a menores gabarits.

5. Metro ligeiro versus autocarro com caminho próprio

O metro ligeiro comparado com o autocarro em caminho próprio caracteriza-se por:

Vantagens:

- Melhor imagem e identidade das linhas (tecnologia ferroviária);
- Veículos mais amplos e confortáveis;
- Maior capacidade de captação de novos utilizadores (resultado das anteriores);
- Níveis de ruído mais reduzidos;
- Sem emissão de substâncias contaminantes;
- Melhores prestações dos veículos, devido à tracção eléctrica;
- Maior capacidade de transporte (pode alcançar-se sem problemas uma capacidade de 20.000 passageiros por hora e sentido enquanto que nos autocarros de plataforma reservada dificilmente se podem superar os 8.000);
- Maior produtividade laboral como consequência da utilização de veículos de maior capacidade. O que conduz a despesas de exploração e manutenção menores;
- Maior aptidão para operar em túneis (sem necessidade de ventilação);
- Possibilidade de conversão a metro, ou similar, caso a procura o justifique;

- Maior capacidade estruturante para o desenvolvimento urbano (promoções imobiliárias, actividade comercial e outras).

Desvantagens:

- Frequências de serviço mais baixas para determinada procura, devido aos veículos de maior capacidade (particularmente problemáticos em horas de vazio);
- No caso de instalações novas, necessidade de introdução de uma nova infra-estrutura para diferente tecnologia;
- Menor capacidade de ramificação das linhas, requerendo mais transbordos;
- Período de instalação mais extenso

Diversas experiências nos EUA nos anos 80 sugerem que as despesas de investimento são equivalentes (da ordem dos 3,6 – 7,2 milhões de euros/km, incluindo o material circulante). No entanto, num estudo realizado sobre o sistema de transporte ligeiro guiado de B.N. (autocarro dual) conclui-se que o preço dos veículos é 30% menor que o preço dos veículos de metro ligeiro, para a mesma capacidade de transporte e o custo das instalações fixas é 20% menor. Para uma procura de 2.000 passageiros por hora e sentido as despesas de funcionamento são idênticas em ambos os sistemas e para procuras maiores são inferiores no caso do metro ligeiro.

6. Metro ligeiro versus transporte automático guiado

O metro ligeiro comparado com o transporte automático guiado, caracteriza-se por:

Vantagens:

- Menores despesas de investimento;
- Menores dificuldades de integração no tecido urbano, como consequência da exigência da plataforma totalmente independente no caso do transporte automático guiado;
- Maior facilidade no faseamento da construção;
- Período de instalação mais reduzido;

- Sem obrigatoriedade de contratos de manutenção com o fabricante dos veículos, e consequente diminuição das despesas de funcionamento e exploração.

Desvantagens:

- Nível de serviço menos elevado (velocidade comercial, frequência, regularidade);
- Menor segurança (sem controlo automático, sinais e paragem em caso de falhos);
- Os promotores dos sistemas de transporte automático guiado argumentam que as despesas de exploração e manutenção são mais reduzidas, ainda que consultores independentes não opinem o mesmo.

3 Estudo comparativo de sistemas de metro ligeiro

3.1 Introdução

Este capítulo destina-se a testar as hipóteses formuladas sobre a determinação dos factores de sucesso dos sistemas de metro ligeiro. As hipóteses foram testadas recorrendo a dados de dez cidades da Europa previamente seleccionadas. A justificação do processo de selecção das cidades encontra-se descrita no capítulo seguinte, referente à metodologia (p.108-111).

3.2 Sistemas de metro ligeiro em cidades europeias

Dado o grande número de actuações existentes, e pelas razões posteriormente descritas no capítulo da metodologia, na escolha da amostra foram seleccionadas 10 cidades europeias:

- Lille
- Lisboa
- Manchester
- Nantes
- Paris, linha Bobigny - Saint Denis
- Rouen
- Sheffield
- Strasbourg
- Stuttgart
- Valencia;

Configuram um conjunto de casos de tipologia diversa, que permite analisar o panorama actual da construção de sistemas de metro ligeiro.

3.2.1 Lille

Lille está situada no Norte da França cerca da fronteira belga. Com pouco mais de 1,1 milhões de habitantes sobre uma superfície de 612 km², a Comunidade Urbana de Lille é um aglomerado simultaneamente rural e urbano (a freguesia mais pequena conta com 180 habitantes e a maior com 172.000) e articula-se em torno de quatro cidades que representam 40% da população: Lille, Roubaix, Tourcoing e Villeneuve d'Asq.

A metrópole de Lille impõe-se como pioneira em matéria de inovação comercial em dois domínios: a grande distribuição e as vendas por catálogo. Lille tem um potencial muito forte dentro do sector têxtil comportando um sector terciário extremamente activo. Ocupa o terceiro lugar financeiro de França, pela sua localização Lille é um centro de negócios internacional, com 2.000 exportadores e 3.000 importadores.

É também o terceiro pólo universitário do país o que lhe confere um grande número de habitantes com menos de 25 anos de idade, uma população extremamente jovem.

Possui uma rede de transportes aéreos, ferroviários, fluviais e rodoviários muito desenvolvida: cinco auto-estradas fazem a ligação desta cidade com cidades como Londres (2h30), Paris (2h), Bruxelas (1h), Luxemburgo (3h), Amesterdão (3h) e Düsseldorf (4h), beneficiando desde 1994 de uma nova estação, Lille-Europe, plataforma de grande velocidade, pela qual passa o TGV que liga a Provença do Sul a Bruxelas.

Na cidade de Lille o eléctrico nunca foi esquecido, no início do século, mais precisamente no ano de 1909, surgiu o *Le Mongy*, com nome igual ao seu fundador. Foi sempre o suporte da rede regional de transportes.

Após uma primeira modernização em 1950/51, *Le Mongy* beneficiou 30 anos mais tarde com a chegada do VAL (veículo ligeiro automático⁸) a Lille. De esta forma no ano de 1983, a parte inicial do traçado foi soterrada e foi construída uma estação com correspondência directa com o VAL. Nesta altura o material foi também integralmente renovado. No entanto esta situação

⁸ O VAL é um mini-metro ou um metro ligeiro totalmente automático.

era provisória, uma vez que estava prevista a substituição do eléctrico por outra linha de VAL, subterrânea e com itinerário idêntico ao do eléctrico. Mas os problemas financeiros e ambientais, juntamente com as mudanças políticas na comunidade de Lille, começam a questionar a ideia do abandono do *Mongy*. Com a substituição da presidência da comunidade de Lille, no ano de 1989, as preferências do anterior governo foram colocadas em causa, decidindo o novo conselho, a imediata anulação da construção da 2ª linha de VAL e opta pela modernização do *Mongy*.

No ano de 1994, ano em que o *Mongy* completava 85 anos de existência, assiste-se a uma nova etapa na vida dos transportes urbanos de Lille. O eléctrico rápido aparece, com uma reconstrução integral da via, e rectificação do traçado. O traçado subterrâneo foi adaptado para servir a nova estação do TGV de Lille-Europe através de uma estação suplementar, e foram soterradas outras duas estações, passando a modernizar-se todas as outras.

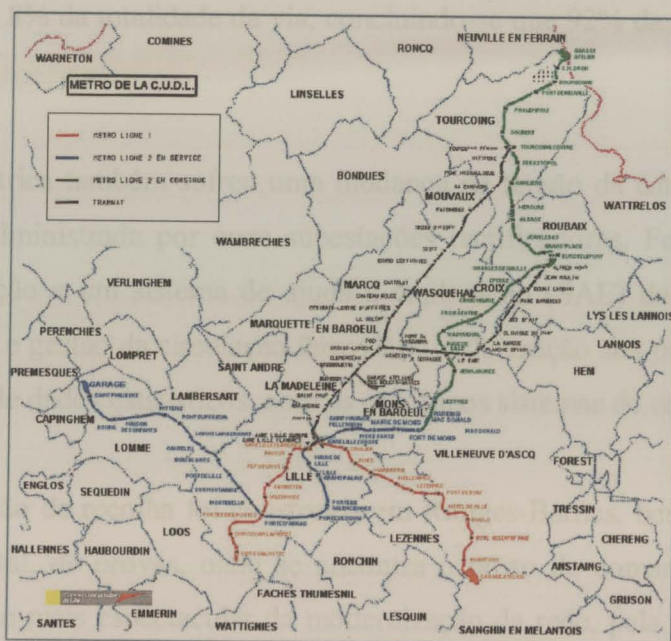


Figura 7 – Rede Lille

É desta forma que Lille recupera no mês de Julho de 1994, a utilização de uma linha em forquilha existente, com uma extensão de 19 km (ver Figura 7). Na realidade, são duas linhas diferentes, uma entre Lille e Tourcoing e outra entre Lille e Roubaix, com um tramo comum no centro de Lille, linhas estas exploradas de forma independente constituindo ambas as linhas uma plataforma reservada relativamente ao restante tráfego.

A frequência do serviço, em períodos de ponta, é de 3,5 minutos no tramo comum da linha, e de 7 minutos em cada um dos ramais. O horário de funcionamento tem início às 05h30 e término à 01h00 do seguinte dia.

Uma vez que a infra-estrutura foi aproveitada, com a excepção de alguns troços particulares, a via assenta geralmente sobre balastro, uns tramos com travessas de madeira, outros em betão. Nos cruzamentos e nas paragens a via não assenta sobre balastro, está embebida no pavimento.

A rede contém 36 paragens, e foi realizada uma urbanização parcial, posto que com o aproveitamento da infra-estrutura existente a urbanização completa da envolvente não se justificava.

A via é métrica, isto é, com uma bitola de 1000 mm, os troços/estações soterrados representam apenas 8% da totalidade da via, concluindo-se que 92% da mesma se desenvolve a céu aberto.

A alimentação eléctrica também sofreu uma mudança na tensão da catenária que passou de 600 V a 750 V, administrada por onze subestações rectificadoras. Foi instalado um novo sistema de sinalização e um sistema de ajuda à exploração (SAE) do tipo RAILSIM com funções de controlo e gestão da circulação ferroviária, informação aos passageiros em ecrã de vídeo e tratamento de dados estatísticos, com os oportunos sistemas de comunicação.

Uma moderna estação de recolha foi construída em Rouges-Barnes, bem como as oficinas e uma via experimental, de provas, onde se encontra o posto de comando. Foi aqui que se manifestou o aspecto mais espectacular da modernização da rede, pela primeira vez desde a renovação do eléctrico em França, um construtor estrangeiro abre caminho no mercado. Foi o construtor italiano Breda com a colaboração da Alussuisse Lonza Railtec, o responsável pelo material circulante, estação de recolha e oficinas. Destaca-se a significativa alteração do design do material, concebido por Pininfarina.



Figura 8 – Veículo Lille

O material circulante (ver Figura 8) é de piso rebaixado integral de 35 cm, está composto por 25 unidades, formadas por 4 vagões articulados com caixa de alumínio, com uma largura de 2,40 m e um comprimento total de 29,190 m. O seu peso vazio é de 43 t. Os veículos contam com um sistema hidráulico de auto-nivelamento dos vagões que mantém o piso a um nível constante, independentemente da carga que suportam.

A sua capacidade é de 168 passageiros por unidade, dos quais 50 lugares são sentados. A distribuição interior é variável: os vagões centrais têm os assentos alinhados longitudinalmente em relação ao sentido da marcha, perpendiculares ao vagão, embora sejam situados com uma inclinação de aproximadamente 15 graus com respeito à parede do veículo de forma a facilitar o acesso aos passageiros; nos dois vagões motores, a parte final mantém a mesma distribuição, mas para os 7 lugares restantes por vagão, as mais próximas da cabine de condução, foi eleita uma distribuição de assentos frente a frente.

Os veículos têm uma velocidade máxima de 70 km/h, uma aceleração de $0,9 \text{ m/seg}^2$ e uma desaceleração de $1,1 \text{ m/seg}^2$, conseguindo uma velocidade comercial de 23 km/h.

A tarifa está integrada no sistema de transportes metropolitano, explorado pela sociedade "Transpole", que compreende, para além da linha de eléctrico, duas linha de metro ligeiro, sistema VAL e autocarros urbanos e suburbanos, existindo títulos combinados que permitem igualmente o uso da rede ferroviária.

Os investimentos da entrada em serviço desta linha ascenderam a 216,689 milhões de euros, dos quais o material circulante supõe 25,4%. Em infra-estrutura foram investidos 46,2%, não

havendo nos dados nenhuma outra referência, pressupõe-se que os restantes 28,4 correspondam ao investimento em superestrutura e instalações.

A divisão elementar do investimento, cuja distribuição se pode observar na Tabela 1, é a seguinte:

Tabela 1: Investimento em Lille

	<i>Milhões de euros</i>
Infra-estrutura	100,201
Superestrutura e Instalações	61,375
Material circulante	55,113
Total	216,689

O que supõe um reduzido custo unitário de 11,405 M €/km, justificável pela utilização, em grande parte, da infra-estrutura e superestrutura existentes e pelo facto de não terem sido comprados muitos veículos quando comparados com a extensão da rede (1,26 veículos/km).

Entre os aspectos que mais se destacam no novo eléctrico de Lille, estão as poupanças em despesas de exploração e manutenção. O reduzido peso e a tecnologia de tracção e travagem, permitem um reduzido consumo de energia, relativamente a outros veículos para transportes urbanos similares. No que se refere à manutenção, o facto dos equipamentos se concentrarem na mesma zona do veículo, facilita a sua rápida substituição, também o facto de estes estarem protegidos por armários, permite reduzir as despesas em tarefas de manutenção.

3.2.2 Lisboa

Lisboa, capital de Portugal desde 1255, tornou-se gradualmente na maior área metropolitana do país. É constituída por um complexo sistema urbano, que se expande para ambos os lados do rio Tejo. Nos censos de 1991 a cidade de Lisboa apresentava 663.000 habitantes, mas a zona da grande Lisboa alojava cerca de 1,6 milhões de habitantes. Actualmente estima-se que esta zona tenha 2,5 milhões de habitantes.

A sua densidade populacional, ainda de acordo com os dados dos censos de 1991, era de 7911,7 habitantes por km², distribuídos por uma área urbana com um total de 83,85 km².

A actividade económica da cidade é baseada nos serviços, sector que representa 84% dos empregos na cidade e 77% em toda a região da grande Lisboa.

No respeitante a infra-estrutura quer a cidade quer a periferia de Lisboa beneficiaram bastante com a EXPO 98, pela implementação de um ambicioso projecto de desenvolvimento que incluiu a construção da ponte Vasco da Gama, uma nova linha de comboio que liga as duas margens do rio, a construção de vias circulares periféricas, a expansão da rede de metro, e ainda a implantação de uma linha de eléctricos rápidos.

A linha de eléctricos modernos, carreira E 15 (ver Figura 9), surgiu no ano de 1995 (Abril) entre a Praça da Figueira e Algés, percorrendo uma extensão de 10 km.



E 15

Figura 9 – Rede Lisboa

Este serviço funciona entre as 05h45 e a 01h10 do seguinte dia, com intervalos de cinco a oito minutos em período de ponta.

Os veículos têm uma velocidade máxima de 70 km/h e dispõem de travões do tipo

É uma rede composta por 24 paragens, das quais apenas duas são terminais. Não mais do que uma pequena percentagem ganhou em termos de regeneração urbana aquando da construção desta linha de eléctrico, pelo que não se pode considerar que neste caso o eléctrico tenha servido como um elemento estruturador e urbanizador da cidade. A bitola da via é de 900 mm, e toda a linha discorre a céu aberto.

Estes veículos são sazonalmente decorados com publicidade, que surge colocada no exterior

A via é totalmente embebida no pavimento, a electrificação efectua-se através de catenária com uma tensão de 600 V cuja captação se realiza por intermédio de um pantógrafo por unidade. Dispõe de um moderno sistema de sinalização e de um sistema de ajuda à exploração (SAE) do tipo RAILSIM. Todos os veículos contam com equipamentos de ar condicionado e um sistema de informação a bordo. No compartimento dos passageiros existe uma máquina para expedição de bilhetes e quatro máquinas obliteradoras, uma por cada uma das portas, que são de entrada e saída.

Os investimentos iniciais para a entrada em serviço desta linha foram suportados pela Câmara Municipal de Lisboa, a empresa pública de transportes de Lisboa, que compartilha com verbas para suportar



Figura 10 - Veículo Lisboa

O material circulante (ver Figura 10) é de piso rebaixado integral de 30 cm, é composto por 10 unidades, formadas por 3 vagões articulados com caixas de aço inoxidável autoportantes. Têm um comprimento de 24,020 m, com uma largura de 2,40 m. O seu peso vazio é de 30,7 t.

As primeiras seis unidades foram construídas pela CAF, as restantes quatro pela SOREFAME. A concepção dos veículos foi da responsabilidade das multinacionais alemãs

SIEMENS e DUEWAG. A sua capacidade é de 246 passageiros por unidade, dos quais 65 lugares são sentados.

Os veículos têm uma velocidade máxima de 70 km/h e dispõem de travões do tipo electrodinâmico com recuperação de energia, bem como de travões de disco accionados por um sistema hidráulico com dispositivo anti-patinagem. Este travão é complementado por um sistema de patins electromagnéticos sobre o carril para a travagem de emergência. A velocidade comercial praticada é de 12 km/h.

Estes veículos são sazonalmente decorados com publicidade, que surge colocada no exterior do veículo ocupando inclusivamente a área das janelas. Se bem que estes anúncios permitam a visibilidade do interior para o exterior o inverso não se verifica pelo que os passageiros que estão nos apeadeiros não conseguem ver se o veículo está cheio ou não e também se lhes torna difícil a identificação da localização das portas.

A tarifa está integrada no sistema de transportes da Carris de Lisboa, que para além desta linha de eléctrico explora outras linhas de eléctricos tradicionais e os autocarros.

Os investimentos iniciais para a entrada em serviço desta linha foram suportados pela Carris, a empresa pública exploradora e em parte pela câmara municipal da cidade que comparticipa com verbas para suprir o deficit económico da Carris.

3.2.3 Manchester

Manchester localiza-se a noroeste de Inglaterra, com um perímetro periférico bastante vasto (116,12 km²) albergando uma população total de 2,6 milhões de habitantes. Embora tradicionalmente o sector da manufactura fosse a maior fonte de emprego da cidade, hoje em dia o sector da banca e financeiro é o mais destacado com o emprego de 23% da população, da restante população a maior parte está empregada em serviços públicos. Manchester tem um dos maiores *campus* universitário da Europa, com cerca de 82.000 estudantes.

A cidade tem um aeroporto internacional, que no respeitante ao número de passageiros é o terceiro mais concorrido de toda a Inglaterra, com 17 milhões de passageiros anuais.

É uma cidade com uma população multicultural, e apesar da regeneração do centro da cidade, Manchester ainda apresenta elevados índices de degradação social e desemprego, pelo que as iniciativas de programas de regeneração têm sido muitas, entre elas também se pode contar com o Metrolink.

O eléctrico de Manchester foi o primeiro eléctrico moderno a aparecer em Inglaterra. Este eléctrico que estabelece a ligação do centro da cidade com áreas de subúrbio residenciais potenciou a reabilitação dessas franjas urbanas contribuindo para a sua desmarginalização, promovendo a habitação e a regeneração económica desses locais.

Manchester, dispõe de sistema ferroviário desde 1830, mas foi no princípio dos anos 80, que vários estudos conduziram a um plano geral originalmente para a reconversão de 6 linhas ferroviárias em linhas de eléctrico, o Metrolink.

Das inicialmente 6, antigas linhas de caminho-de-ferro que serviam os subúrbios, apenas duas (Manchester-Bury, a norte da cidade e Manchester-Altrincham, a sul) servem para a realização da rede que é completada pela ligação das referidas linhas, que percorre o centro da cidade (Figura 11).

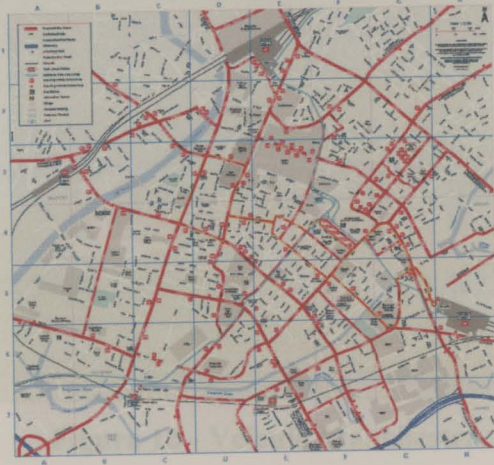


Figura 11 - Rede Manchester

A linha, entrada em serviço em Julho de 1992, faz a ligação entre Bury e Altrincham, passando pelo centro de Manchester, perfazendo uma extensão de 31 km com plataforma reservada na sua totalidade. Dos 31 km, 26 km correspondem a linhas ferroviárias previamente existentes, 2 km são variantes de traçado e os restantes 3 km correspondem à secção urbana central.

O serviço desta linha é facilitado entre as 05h53 e as 01h14 do dia seguinte, sendo a frequência de serviço em períodos de ponta de 6 minutos e de 12 minutos nos outros períodos.

A rede contém 26 paragens, e aquando da sua implementação a cidade contou com uma reurbanização uma vez que essa foi também uma das razões que levou à adopção deste sistema de transporte. A bitola da via é internacional (1.435 mm), e toda a extensão se apresenta a céu aberto.

Uma vez que a infra-estrutura foi aproveitada, com a excepção de alguns troços particulares, a via assenta geralmente sobre balastro, embora em alguns tramos isto não se verifique e a adopção de carril também foi uma solução mista.

A alimentação eléctrica faz-se através de catenária com uma tensão de 750 V. Foi instalado um novo sistema de sinalização e um sistema de ajuda à exploração (SAE) com funções de controlo e gestão da circulação ferroviária, e ainda um sistema de informação aos passageiros. Esta rede não conta com a prioridade semaforica nos cruzamentos.



Figura 12 - Veículo Manchester

O material circulante (ver Figura 12) foi projectado para o aproveitamento das paragens das antigas estações ferroviárias, uma vez que a tecnologia de piso baixo ainda não estava disponível, e que se considerava inaceitável a existência de paragens elevadas de 60 m de extensão no centro da cidade, optou-se por um sistema de paragens com distintas alturas com acessos nos pontos mais baixos, de 40 cm de altura. O que em nada favorece a utilização deste meio de transporte por parte de pessoas de mobilidade reduzida. Esta solução apresenta também uma pior integração urbana que as conseguidas com os veículo de piso rebaixado, embora resolva o problema da não implantação de paragens elevadas no centro urbano, obriga a maiores percursos, a subidas e descidas de degraus e aos tráfegos de peões que atravessam as ruas, contudo a solução foi bem aceite pela população.

São 26 os veículos, com extensões de 29 m, e de 2,65 m de largura, a altura do piso relativamente à cota do carril é igual a 91,5 cm. Estes veículos inscrevem-se em raios mínimos de 29 m e admitem pendentes máximas de 6,5%.

Os veículos foram construídos pela casa italiana FIREMA, com equipamentos de tracção GEC-ALSTHOM e são compostos por duas carruagens com articulação central. Alcançam uma velocidade máxima de 80 km/h em zona suburbana, estando limitados a velocidade de 50 km/h na zona urbana, pelo que a sua velocidade comercial se situa nos 25 km/h. Têm uma aceleração de $1,3 \text{ m/seg}^2$ e igual desaceleração de serviço, embora a sua desaceleração de emergência seja de $2,6 \text{ m/seg}^2$. A sua capacidade é de 206 passageiros por unidade, dos quais 84 lugares são sentados.

A tarifa não está integrada no sistema de transportes metropolitanos, uma vez que este sistema é explorado por um consórcio privado *BOM* (Design, Built Operate and Maintain) – concepção, exploração e manutenção, que detém um período de concessão de 15 anos.

O investimento foi financiado em parceria pelo sector público quer local quer nacional e ainda por um consórcio privado, que constitui o que se pode chamar um *Project Finance*. A divisão elementar do investimento que se dispõe como se pode constatar na Tabela 2, é a seguinte:

Tabela 2: Investimento em Manchester

	<i>Milhões de euros</i>
Infra-estrutura, Superestrutura e Instalações	133,581
Material circulante	71,641
Total	205,222

A linha foi construída e explorada por um consórcio, como contrato de concessão completa (projecto, construção, exploração e manutenção), por um período de 15 anos. A cifra do investimento total que foi facultada apenas oferece uma estimativa de “despesa neta” sem que se tenha obtido maior grau de detalhe.

Os investimentos efectuados em material circulante, foram da ordem dos 2,755 milhões de euros por unidade, que implicam uma despesa total de 71,641 milhões de euros.

As despesas na construção ascenderam a 205,222 milhões de euros, deduzindo-se que os 133,581 milhões restantes correspondem a infra-estrutura, superestrutura, instalações e estações de recolha. O que supõe um custo unitário de 6,620 M €/km, consideravelmente mais baixo que o de outras recentes realizações europeias cuja média ronda os 20 M €/km, explicável pela utilização, em mais de 80% do traçado, da infra-estrutura da linha e estações existentes e pelo reduzido número de veículos adquiridos, com menos de um veículo por km de linha (0,84 veículos/km).

O sucesso desta linha foi tal que num período em que o tráfego aumentou 10% nas principais vias, registou-se um decréscimo de 10% nas vias onde o eléctrico é uma alternativa.

3.2.4 Nantes

Nantes, uma cidade com 550 mil habitantes situada sobre o estuário do Loire, a sul da Bretanha é uma cidade predominantemente virada para o sector terciário no qual se ocupam $\frac{3}{4}$ da sua população, embora as actividades financeiras e informática também sejam bastante importantes. Efectuam-se quotidianamente dois milhões de deslocamentos, graças à sua evoluída rede de transportes colectivos que conta actualmente com 36 km de rede de eléctrico, bem como infra-estruturas de apoio e incentivo à utilização do transporte público em detrimento ou em conjugação com o transporte individual.

Nantes foi a primeira cidade francesa a adoptar um sistema de metro ligeiro, no ano de 1985. Após o desaparecimento dos eléctricos da cidade em 1958, no ano de 1978 as 11 comunidades da aglomeração de Nantes reuniram e decidiram renovar o eléctrico. Em 1982 foi dado início aos trabalhos de construção da linha que na sua orientação este-oeste, passando pela estação SNCF, percorre as largas avenidas do centro da cidade, aproveitando o corredor da linha 1 da antiga rede; a nordeste o eléctrico utiliza na sua parte terminal a larga plataforma comum às linhas SNCF.

O primeiro troço da rede foi inaugurado em Janeiro de 1985, com uma extensão de 12,6 km estabelecendo a ligação entre Bellevue e Beaujoire, esta linha (ver Figura 13) abriu caminho a um desenvolvimento tecnológico plenamente dominado e que superou todas as provas, resultando rapidamente num sucesso de tal forma relevante que proclamava a existência de uma segunda linha.



Figura 13 - Rede Nantes

No ano de 1992 surge a segunda linha, com orientação norte-sul liga Trocadière a Orvault Grand Val, com uma extensão de 14 km. Esta rede melhorou a imagem do transporte público uma vez que no início dos anos 80 menos de metade da população se declarava a favor do eléctrico e já após o aparecimento da segunda linha, no ano de 1992 os índices de satisfação alcançavam os 93%.

No ano de 1998 foi prolongada a primeira linha, mais 5,3 km e construiu-se uma terceira linha com 4,6 km de extensão.

Considera-se que os objectivos desta rede se inscrevem num esquema global de ordenação e controlo do conjunto dos instrumentos de mobilidade adoptados pelos responsáveis políticos da região. Este esquema compreendeu: a criação de vias periféricas que diminuiu o número de automóveis privados no centro da cidade; a criação de alternativas ao uso de automóveis privados verdadeiramente credíveis; a protecção das áreas históricas centrais e zonas de circulação de peões, com redução da velocidade de circulação nesses locais para 30 km/h; a existência de estacionamento periféricos que potenciaram a complementaridade dos diversos modos; a reconversão dos espaços urbanos para melhoramento quer da envolvente quer para o bom funcionamento dos subúrbios valorizando áreas anteriormente menos cotadas.

Esta rede foi uma verdadeira ferramenta para o desenvolvimento económico pelo impacto que teve na actividade imobiliária. Da observação imobiliária do corredor com 400 m de largura em volta da linha 1, verificou-se que durante os três anos seguintes à implantação da linha se outorgaram quatro vezes mais licenças de edificação que no resto da zona compacta da aglomeração. Ao mesmo tempo a estabilidade residencial dos inquilinos das habitações sociais servidas pelo eléctrico também aumentou consideravelmente. A construção da segunda linha induziu 200 postos de trabalho, 100 deles criados na própria obra.

A coerência do plano de mobilidade e o êxito da primeira linha foram seguidos por uma forte estratégia de “*marketing*” aquando da implementação da segunda linha, estratégia baseada nos seguintes pontos: controlo rigoroso do projecto, gestão operativa da obra; preocupação por uma concertação permanente com a população; uma política constante de informação; uma estratégia empresarial para o desenvolvimento da clientela; a política tarifária voltada para o cliente; a fidelização da clientela; a melhoria do serviço de transporte e as relações públicas.

O escrupuloso respeito pelo plano de realização, a concertação e informação pública permanentes, uma boa preparação desde o ponto de vista técnico e comercial, parecem à primeira vista constituir os principais factores de êxito desta segunda linha da rede. O seu sucesso é evidente e traduz-se pela modificação positiva do uso da cidade, como a melhoria da qualidade de vida (mais tranquilidade, menos poluição, mais actividade pedonal, criação de 20 km de carris de bicicletas, reconversão urbanística e paisagística de toda a envolvente da linha, a seu indubitável êxito comercial, a excelente integração das distintas formas de mobilidade (automóvel privado, autocarro e eléctrico) e o reforço da imagem do transporte público, o eléctrico já faz parte da imagem da cidade e converteu-se no núcleo central da comunicação externa da cidade.

A primeira linha que será objecto deste estudo de investigação tinha pois uma extensão de 12,6 km desenvolvendo-se na maioria em plataforma reservada.

O intervalo entre eléctricos em períodos de ponta, é de 5 minutos, e o serviço funciona entre as 04h09 e as 24h52.

A linha 1 dispõe de 24 paragens, das quais duas são terminais.

A via é internacional, isto é, com uma bitola de 1.435 mm, percorrendo na sua totalidade a céu aberto.

A alimentação eléctrica realiza-se através de uma tensão da catenária de 750 V, pantógrafo principal. Foi instalado um sistema de sinalização e um sistema de ajuda à exploração (SAE) do tipo RAILSIM com funções de controlo de horários, localização de veículos e prioridade semafórica.



Figura 14 - Veículo Nantes

O material circulante inicial (ver Figura 14) é fabricado pela BOMBARDIER (Adtranz). Composto por 42 unidades, cada eléctrica com uma largura de 2,30 m e um comprimento total de 28,50 m. O seu peso vazio é de 44,2 t. Os veículos têm 4 portas basculantes/deslizantes por lado, a sua capacidade é de 168 passageiros por unidade. Como o sucesso do sistema foi superior ao esperado decidiu-se acoplar outra carruagem rebaixada (para acesso a pessoas de mobilidade reduzida) entre as duas para fazer face ao tráfego, alargando a extensão de cada veículo a 39,4 m, os eléctricos mais longos da Europa, ou por novos eléctricos de três carruagens sobre 4 bogies com dois extremos motores. Estes novos eléctricos têm capacidade para 178 pessoas com 74 lugares sentados.

Os veículos têm uma velocidade máxima de 70 km/h, uma aceleração de $0,83 \text{ m/seg}^2$, uma desaceleração de serviço de $1,08 \text{ m/seg}^2$ e uma desaceleração de urgência de $2,70 \text{ m/seg}^2$, conseguindo uma velocidade comercial 24 km/h. A travagem é reostático-eléctrica com recuperação, e electromagnética em caso de urgência.

O investimento para a realização desta rede foi promovido pela administração local e nacional. A tarifa é integrada no sistema de transportes metropolitano.

O montante do investimento para consecução da rede foi a valores do ano 1980 de 61,2 M €/km, sem que se tenha obtido uma divisão mais detalhada do investimento.

O que supõe um custo unitário de 4,86 M €/km, um custo muito inferior à média de outros sistemas europeus, explicável pela diferença de anos entre a realização deste sistema e dos outros.

3.2.5 Paris Île de France

Paris, uma cidade com nove milhões de habitantes é ainda uma das grandes metrópoles europeias e mundiais, contudo, considerando toda a região de Île-de-France, constata-se que ao longo dos últimos 20 anos, esta cidade passa do 11º ao 22º lugar mundial em termos de população, o que é bom dados os inerentes problemas de sustentabilidade das grandes metrópoles (Bombay, Lagos, Séoul, etc.). No referente ao PIB, situa-se entre as primeiras cinco mundiais e representa 30% do PIB total francês.

A desindustrialização da cidade conduziu a uma forte transformação dos postos de trabalho que se transferiram para o sector dos serviços. Acompanhando esta evolução do emprego, o nível de escolaridade da população também aumentou, como exemplo pode dizer-se que o número de profissionais com formação superior evoluiu de 22,1% para 30,2%. A nível de qualidade de vida a cidade tem vindo a sofrer transformações positivas, com a realização de uma série de grandes equipamentos culturais, o desenvolvimento dos TGV dos que Paris é o ponto fulcral, do melhoramento da mobilidade, da sensibilização da população para os problemas ambientais e da importância do desenvolvimento sustentável.

Após a segunda guerra mundial e a criação em 1949 da RATP (Região Autónoma dos Transportes Parisienses), que reagrupou o metro e as linhas de autocarro, observou-se um período de relativo estancamento, durante o qual não se constatou nenhuma evolução significativa da rede. No início dos anos 90, o rápido aumento populacional na região parisiense e o facto de em Paris se concentrar um importante número de postos de trabalho, propiciou uma política de descentralização que, na Île de France levou à criação de “novas cidades” distanciadas de Paris. Decidiu-se então a construção de linhas transversais para servir estas novas cidades, contando para isso com um antigo aliado, que ressurge com força, o eléctrico.

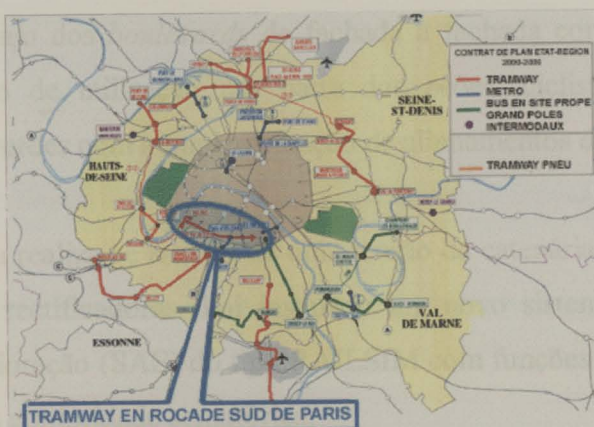


Figura 15 - Rede Paris

Inaugurada em Maio de 1992, a linha de Saint-Dennis – Bobigny (ver Figura 15), marcou o regresso do eléctrico a Paris após 55 anos. Esta linha de pouco mais de 9 km de extensão, interliga a estação ferroviária de St.Denis com a linha D do RER e com o terminal da linha 5 do metro, Bobigny nos subúrbios norte-orientais.

Actualmente esta primeira linha já sofreu extensões, e já foi posta em serviço uma segunda linha, no entanto, para este estudo, apenas serão considerados os dados referentes à linha inicial.

A linha desenvolve-se em plataforma reservada na sua quase totalidade, construída na reserva central de uma via da estrada de dupla faixa de rodagem (N168), com um pequeno tramo compartilhado com um carril BUS.

Conta com via dupla em toda a sua extensão e o intervalo entre eléctricos em períodos de ponta, é de 5 minutos, e de 8 minutos em períodos de vazio.

Toda a linha se encontra embebida no pavimento, pelo que não se encontra assente sobre balastro.

O primeiro tramo da linha 1 dispunha de 21 paragens, das quais quatro são de correspondência com linha de metro radiais (linhas 5, 7 e 13) e uma com a linha D do RER.

A via é internacional, isto é, com uma bitola de 1.435 mm, percorrendo na sua totalidade a céu aberto. Quando se construiu a via procedeu-se à urbanização da área envolvente,

compreendendo o arranjo dos *boulevards* de fachada a fachada com o principal intuito de devolução do conforto de utilização por parte dos peões, ciclistas ou patinadores e a renovação de espaços verdes com a implementação de alinhamentos de árvores.

A tarifa é integrada no sistema de transportes metropolitanos.

A alimentação eléctrica realiza-se através de uma tensão da catenária de 750 V, administrada por onze subestações rectificadoras. Foi instalado um novo sistema de sinalização e um sistema de ajuda à exploração (SAE) do tipo RAILSIM com funções de controlo de horários, localização de veículos e prioridade semafórica.

Também conta com um sistema de informação aos passageiros em ecrã de vídeo que indica o tempo de espera para a chegada do eléctrico seguinte e permite a difusão de mensagens específicas em caso de incidente.



Figura 16 - Veículo Paris

O material circulante (ver Figura 16) é exactamente o de Grenoble⁹, fornecido pela ALSTHOM, de piso rebaixado parcial, na parte mais baixa é de 34,5 cm e na parte mais alta de 87,5 cm, com acesso interno mediante três degraus. É composto por 17 unidades, cada eléctrica com uma largura de 2,30 m e um comprimento total de 29,40 m. O seu peso vazio é de 44,2 t.

Os veículos têm 4 portas basculantes/deslizantes por lado, a sua capacidade é de 174 passageiros por unidade, dos quais 52 lugares são sentados.

⁹ O metro ligeiro de Grenoble foi o primeiro transporte urbano de superfície do Mundo, com acesso directo ao nível do cais.

Os veículos têm uma velocidade máxima de 70 km/h, uma aceleração de 0,92 m/seg² e uma desaceleração de 1,19 m/ seg², conseguindo uma velocidade comercial de 20 km/h.

A tarifa é integrada no sistema de transportes metropolitano.

A divisão do investimento, que se pode observar na Tabela 3, é a seguinte:

Tabela 3: Investimento em Paris

	<i>Milhões de euros</i>
Infra-estrutura	109,727
Expropriações	19,599
Plataforma	19,262
Obras de arte	6,203
Urbanização	38,026
Jardinagem	26,637
Superstrutura e Instalações	37,515
Via	19,263
Energia e Electrificação	10,884
Informação, Sinalização e SAE	7,368
Material circulante	52,432
Estações de recolha	14,070
Total	215,367

O que supõe um custo unitário de 23,926 M €/km, um custo ligeiramente superior à média de outros sistemas europeus, assim como a aquisição de veículos por km de linha (1,89 veículos/km) cuja média europeia se situa nos 1,6 veículos/km.

3.2.6 Rouen

Rouen, uma cidade com 679 mil habitantes, no ano de 1995 segundo o INSEE¹⁰, com uma superfície de 2.215 km² (considerando um raio com centro na catedral correspondente à primeira coroa de atracção comercial da cidade) apresenta uma densidade populacional de 296 Hab/km². É um dos grandes pólos franceses e europeus da indústria química e petroquímica e também uma cidade universitária, com mais de 40.000 estudantes que dinamizam a vida da cidade dado que algumas das dependências universitárias se situam no centro da cidade.

É a capital da Alta Normandia e pode classificar-se como uma cidade histórica. Após o seu bombardeamento em Junho de 1944, a cidade emergiu das ruínas. Para além da sua favorecida condição geográfica (muito perto de Londres, Paris ou Bruxelas) e do seu património cultural, a cidade goza de um favorável embelezamento que tem vindo a sofrer na última década, a restauração do seu património das suas ruas pedonais e definitivamente a entrada em serviço do eléctrico e subsequente urbanização que este sistema desencadeou.

Em Dezembro de 1994, aparece em Rouen o eléctrico, curiosamente baptizado “Métrobus” que rapidamente altera os hábitos da cidade. Esta linha que atravessa o rio Sena consegue uma terça parte do tráfego total dos transportes urbanos assegurados pela TCAR (transportes da aglomeração de Rouen) não obstante de representar apenas 6% da extensão total da rede existente, constituindo 10% da oferta da rede de transportes. Esta linha desenvolve-se em plataforma reservada na sua totalidade ligando Rouen - Boulingrin a Grand Quevilly-Braque. A norte do rio 1,8 km são em túnel devido à complicada orografia, a parte a sul adopta uma disposição de forquilha, em que ambos os ramais se reúnem para atravessar o rio (ver Figura 17).

¹⁰ INSEE - Instituto Nacional de Estatística Francês.



Figura 18 - Veículo Rouen

O material circulante (ver Figura 18) parecido com o de Grenoble, fornecido pela GEC-ALSTOM e DE DIETRICH, de piso rebaixado parcial (65%), é composto por 28 unidades, cada eléctrica com uma largura de 2,30 m e um comprimento total de 29,40 m. O seu peso vazio é de 43,9 t.

Os veículos têm 4 portas basculantes/deslizantes por lado, a sua capacidade é de 174 passageiros por unidade, dos quais 54 lugares são sentados.

Os veículos têm uma velocidade máxima de 70 km/h, uma aceleração de $0,92 \text{ m/seg}^2$ e uma desaceleração de $1,19 \text{ m/seg}^2$, conseguindo uma velocidade comercial de 19,2 km/h.

A tarifa não é integrada no sistema metropolitano de transportes uma vez que quer a construção quer a exploração da infra-estrutura foram confiadas a uma sociedade concessionária. Esta sociedade que agrupa construtores, bancos e um agente explorador, comprometeu-se a respeitar os preços e datas limite de construção/entrada em serviço. O período de concessão foi de 30 anos, assumindo a sociedade concessionária os riscos comerciais e financeiros ligados às despesas de exploração e aos volumes de clientes. As tarifas são fixadas por uma instituição pública que também atribui anualmente à concessionária uma contribuição predeterminada.

A divisão do investimento, como se pode observar na Tabela 4, é a seguinte:

Tabela 4: Investimento em Rouen

	<i>Milhões de euros</i>
Infra-estrutura	253,615
Infra-estrutura estrita	164,767
Desvio de serviços	59,717
Via	29,131
Superestrutura e instalações	92,159
Superestrutura	32,845
Electrificação e Instalações	59,314
Material circulante	71,208
Total	416,982

A obra incluiu a construção de um depósito para alojamento de oficinas e estações de recolha, com uma superfície total de 35.000 m² dimensionado para um parque de 40 unidades, cujo investimento não foi dissociado e figura no factor de infra-estrutura e instalações.

O que supõe um investimento unitário por km de linha de 37,231 M €/km, um custo demasiado elevado que reflecte nitidamente a repercussão da parte construída em túnel, como as suas cinco estações subterrâneas com as suas correspondentes dotações de ascensores e escadas rolantes, assim como a aquisição de um elevado número de veículos (2,5 veículos/km).

3.2.7 Sheffield

A comunidade Urbana de Sheffield conta com 1,7 milhões de habitantes, dos quais 530.000 vivem na cidade de Sheffield. Esta cidade tem uma envolvente natural que propicia a conjugação dos elementos necessários para a obtenção de uma elevada qualidade de vida. Sheffield é internacionalmente conhecida pela sua reputação em engenharia de precisão, e por ser uma cidade comercialmente bem sucedida situada no coração de uma região que se reinventa com um novo conceito de economia moderna e dinâmica, que desenvolve simultaneamente o sector das indústrias de informação e telecomunicações e o sector avançado de manufactura baseado em qualidades tradicionais. Esta região viu-se obrigada a reconverter durante as últimas três décadas a sua economia baseada na indústria metalúrgica em outras indústrias actualmente melhor sucedidas.

Problemas relativos a exclusão social, desemprego e marginalização, bem como a falta de um plano coerente de deslocamentos levou ao desenho de um “*Masterplan*” que preconiza que no ano de 2010 a cidade estará totalmente renovada e dinamizada. Divide a superfície em anéis destinando o periférico a zonas de lazer, compras e de actividades desportivas e culturais, no respeitante ao centro advoga que este seja servido por uma eficiente rede de transporte público que estabeleça ligação com parques periféricos para possível combinação com o transporte privado, sendo a área mais central totalmente pedonal, dominada pela qualidade dos espaços para as “pessoas”.

Este plano focaliza-se essencialmente em quatro objectivos:

- **Construir** uma nova alta tecnologia baseada na economia da cidade;
- **Criar** uma cidade dinâmica desde o ponto de vista da aprendizagem da cultura do comércio do lazer e do viver;
- **Conferir** acessibilidade ao centro da cidade por todos os meios de transporte;
- **Celebrar** o regresso da qualidade dos espaços públicos de toda a cidade.

Dentro deste plano está obviamente o ressurgimento do eléctrico na cidade após ter sido abolida a rede existente na cidade no ano de 1960. Embora esta decisão tenha sido tomada, ainda não tinham passado dez anos quando se começou a pensar na necessidade de um

transporte público ambientalmente sustentável, confortável e eficiente que persuadissem as pessoas a abandonar os seus veículos. Foi então concebido o início do estudo do Supertram. Em 1990 e após um acordo final com o governo central para o financiamento do projecto, a construção da rede começou, esta construção faseada em 8 períodos terminou no final do mês Outubro de 1995, tendo sido inaugurada no mês de Novembro seguinte.

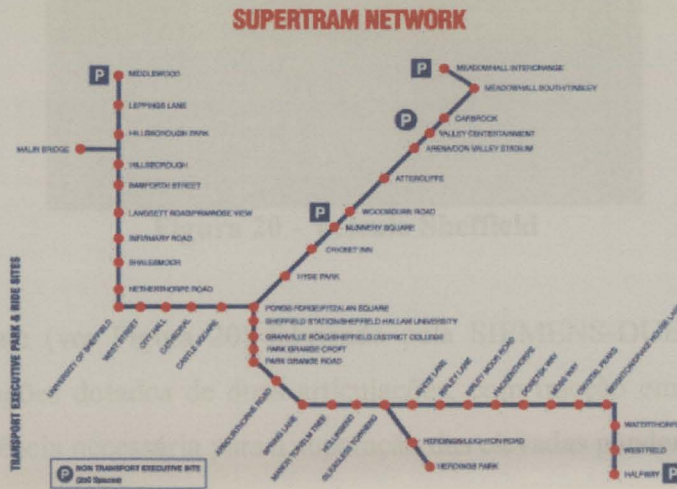


Figura 19 – Rede Sheffield

A rede (Figura 19) que liga South Yorkshire a Sheffield com uma extensão total de 32 km conta com 45 paragens e com plataforma reservada ao longo de todo o percurso.

Conta com via dupla em toda a sua extensão e o intervalo entre eléctricos em períodos de ponta, é de 5 minutos.

Tem alguns tramos em balastro e outros embebedos no pavimento, sendo também o carril diferente para cada uma das soluções que são adoptadas consoante a linha se desenvolve em perímetro rural ou urbano respectivamente.

A via tem bitola internacional, 1.435 mm, percorrendo na sua totalidade a céu aberto.

A dupla via destaca-se pelas elevadas pendentes que vence alcançando algumas os 10%. A alimentação eléctrica realiza-se através de uma tensão da catenária de 750 V. Foi instalado um novo sistema de sinalização e um sistema de ajuda à exploração (SAE) com funções de controlo de horários, localização de veículos e prioridade semafórica o RAILSIM. Inclui

ainda um sistema de informação aos passageiros que indica o tempo de espera para a chegada do eléctrico seguinte e permite a difusão de mensagens específicas em caso de incidente.



Figura 20 - Veículo Sheffield

O material circulante (ver Figura 20) fabricado pela SIEMENS-DUEWAG consta de 22 unidades de três vagões dotados de duas articulações, com tracção em todos os eixos para proporcionar a aderência necessária para a superação das elevadas pendentes.

O vagão central não é de piso rebaixado uma vez que não tem porta tendo o piso nesse local uma altura de 88 cm, igual à altura do piso nos *bogies* externos, contudo na parte central dos vagões extremos a altura do piso é de 42 cm. A diferença de cota interior é superada por um degrau, representando a superfície de piso rebaixado 40% da superfície total. O veículo tem quatro portas duplas e uma simples, totalmente bidireccional, mede 34,75 m de comprimento e 2,65 m de largura. O veículo quando vazio pesa 46,8 t.

Tem capacidade para 238 passageiros, 88 deles sentados. Situando-se preferencialmente os assentos nas zonas de piso elevado, deixando os locais junto às portas reservados para pessoas com mobilidade reduzida.

Os veículos têm uma velocidade máxima de 80 km/h, uma aceleração de 1,3 m/seg² e uma desaceleração de 1,5 m/seg², conseguindo uma velocidade comercial de 25 km/h.

O modelo de financiamento deste sistema foi totalmente financiado com fundos públicos mas actualmente é gerido por uma empresa semi-pública com estrutura comercial. Esta empresa inicialmente contava com 95% de fundos próprios (capital em acções) pertencentes ao organismo público de transportes (Direcção de Transportes de Passageiros de South

Yorkshire). Após um período inicial, entre o 2º e o 5º ano a sociedade foi privatizada, embora a infra-estrutura seja novamente pública no fim do período de exploração que será sempre pertencente a essa sociedade. Uma vez que a exploração do sistema está a cargo de uma entidade independente a tarifa não é integrada no sistema metropolitano de transportes.

O investimento na construção da linha ascendeu a 301,371 M € o que supõe um custo unitário de 9,418 M €/km, um custo bastante reduzido quando comparado com outros sistemas que se explica pela reduzida quantidade de veículos adquirida (0,78 veículos/km) pela totalidade da rede a céu aberto e pela não realização de obras de urbanização da envolvente a cargo do projecto do eléctrico.

3.2.8 Strasbourg

A comunidade Urbana de Estrasburgo conta com 435.000 habitantes, dos quais 252.000 vivem na cidade de Estrasburgo. Esta comunidade ocupa uma área de 30,9 km². Sendo a cidade a sede do parlamento europeu, é considerada uma cidade de comércio e negócios e como o segundo centro financeiro francês.

A linha de eléctrico, entrada a serviço em Novembro de 1994, veio substituir um projecto de metro automático existente anteriormente.

Este projecto foi o principal decisor das eleições de 1989, nas quais se converteu no centro do debate. O sistema de VAL aprovado pela CUS (Communauté Urbaine de Estrasburgo) em 1985 não foi levado a efeito, por o seu principal impulsionador, ter perdido as eleições frente a Cathrine Trautmann. Esta fiel defensora dos sistemas de eléctrico ganhou assim as eleições baseando toda a sua campanha na defesa do ressurgimento do eléctrico em Estrasburgo após o seu desaparecimento no ano de 1960. Todos seus argumentos foram posteriormente revistos tendo-se chegado às seguintes conclusões:

- O investimento na construção teria sido perceptivelmente mais elevado para o sistema de VAL. Enquanto que o eléctrico, inicialmente de aproximadamente 10 km custou cerca de 1.900.000.000 francos, o custo para um sistema comparável de VAL, seria de 3.000.000.000 francos.
- O investimento poupado foi transferido para a melhoria de outros meios de transporte.
- O eléctrico é muito mais satisfatório do ponto de vista de prestações de serviço ambientais. O planeamento de novas linhas direccionou-se para políticas de restrição do uso do automóvel.
- Um sistema de carril ligeiro, não só implica menores investimentos iniciais, como também é mais fácil de ampliar. Isto permite ajustes constantes segundo os requisitos do planeamento urbano.

- Uma rede de eléctrico permite a construção de mais paragens, e daí que a distância média a uma paragem de eléctrico seja muito mais curta que à estação de metro.
- O número mais elevado de paragens pode servir um número mais elevado de funções urbanas.

A decisão municipal a favor do eléctrico foi um grande passo em direcção à revitalização de espaços urbanos, especialmente no centro da cidade. Em 1991 esta política conseguiu a sua própria pauta sob o lema de melhorar a qualidade de vida urbana “*del qualité del la compite*”. São quatro os temas fundamentais para este regresso às virtudes do desenvolvimento urbano que, em primeiro lugar, se podem caracterizar como:

a) Restrição do uso do automóvel:

1. Os percursos serão reequilibrados e as necessidades de transporte dos habitantes locais serão consideradas;
2. A melhoria consolidará a qualidade de vida local (expansão da pedonalização e redução de factores ambientalmente nocivos);
3. Os anéis centrais da cidade e do distrito serão realçados;
4. A política de estacionamento será orientada para os princípios da recuperação de espaços públicos.

b) Integração do planeamento da cidade e da política de transportes que se baseia em seis áreas de acção:

1. Criação de um novo sistema de eléctrico como espinha dorsal do transporte público;
2. Conexão do eléctrico e da rede de autocarros;
3. Promoção do uso da bicicleta;
4. Redução do uso do automóvel;
5. Espaços urbanos de *Replanning* de acordo com o sistema de transporte público;
6. Participação e informação pública de residentes locais.

A introdução do novo sistema de eléctrico é pois elemento central da nova política de tráfego. O resto das medidas de política nos campos de planeamento da cidade e dos transportes subordinam-se a este meta conceito.

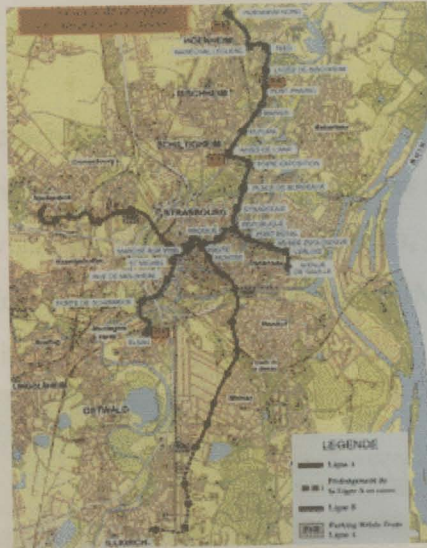


Figura 21 - Rede Strasbourg

Em Novembro de 1994 surge a primeira linha com uma extensão de 9,8 km, funcionando entre Hautepierre e Illkirch Baggersee, pelo centro da cidade. Posteriormente a linha foi ampliada até Illkirch Cite perfazendo uma extensão total de 12,65 km. Actualmente com a entrada em serviço da segunda linha de orientação sudoeste/nordeste, entre Porte de Schirmeck e Cite-Ried, a extensão de linha circunda os 25 km. A linha desenvolve-se em plataforma reservada ao longo da totalidade do traçado.

O serviço é proporcionado entre as 04h30 da manhã até às 00h15 da madrugada. As frequências de passagem são de 4 minutos em período de ponta, 5 a 6 minutos o resto do dia, 10 minutos depois das 20h00 e 15 minutos depois das 21h00.

A infra-estrutura consta de uma laje de betão de 22 cm de espessura, sobre a qual descansam elastómeros intermédios, travessas bi-bloque de betão com armadura metálica, sujeitas a uma capa superior de betão, não possuindo balastro. Os carris fixam-se às travessas com conectores Nabla. Nos tramos do casco urbano, quando a distância às edificações é maior que 7 m, a laje de betão é flutuante, colocada sobre um tapete elástico de 5 cm de espessura.

A rede conta actualmente com 25 paragens e a implantação do eléctrico permitiu a urbanização de toda a envolvente, uma vez que foi dada especial importância à inserção urbanística deste novo meio de transporte e se ter aproveitado para requalificar espaços urbanos desvirtuados pelo uso do automóvel. A bitola da via é 1.435 mm e a linha desenvolve-se a céu aberto, com excepção de um túnel que passa sob uma estação da SNCF, Gare-SNCF.

A linha alimenta-se mediante seis subestações a 750 V, através de uma linha aérea de fio único no casco urbano e catenária compensada tradicional nas zonas exteriores. A exploração realiza-se segundo marcha à vista, com prioridade semafórica, sinalização luminosa incluindo um sistema de ajuda à exploração (SAE) do tipo RAILSIM, centralizado num posto de comando localizado no depósito.



Figura 22 - Veículo Strasbourg

O material circulante é de construção modular, fornecido pela ABB, tendo-se elegido uma configuração inicial de 4 módulos, cuja extensão é de 33,10 m, ampliáveis a 5 módulos com longitude total de 42 m. Inicialmente a frota era constituída por 26 unidades, de piso rebaixado integral, com altura de 34 cm, com caixa de alumínio e um peso vazio de 40 t.

A largura dos vagões é de 2,40 m sendo a capacidade total por veículo de 230 lugares, 66 deles sentados. Dotado de 6 portas duplas por vagão, conta com uma semi-climatização mediante cortina de ar refrigerado sobre as portas.

Actualmente a frota conta com mais 21 unidades perfazendo um total de 47 unidades. Estas últimas 21 unidades foram adquiridas devido ao sucesso do sistema e ampliação da rede, são perfeitamente compatíveis com as anteriores, foram construídas pelo mesmo fabricante mas

numa fábrica diferente, e possuem algumas características distintas das primeiras unidades, embora isso não seja muito significativo.

O veículo alcança uma velocidade máxima de 70 km/h, com uma aceleração de 1 m/ seg² e uma desaceleração de emergência de 3 m/ seg². A sua velocidade comercial é de 21 km/h.

O investimento total da construção e do equipamento da primeira linha, foi suportado pela concessionária (CTS) com subsídios estatais, departamentais e locais da ordem dos 48%, como seguidamente se pode observar:

- 52% de empréstimos contraídos pela CTS;
- 24% dos impostos de contribuição para os transportes;
- 15% de fundos governamentais;
- 8% da Comunidade Urbana de Estrasburgo (CUS)

Tal como noutras cidades francesas, em Estrasburgo, foi introduzido um imposto de contribuição para os transportes, com o intuito de financiar o investimento e a operação de transportes públicos urbanos nas cidades. Este imposto chamado “*Versement de Transport*” tem que ser pago à Concessionária local por todos os empresários com mais de nove trabalhadores. Esta taxa foi fixada em 1,75% do ordenado.

A partilha do investimento realizado refere-se unicamente ao investimento inicial realizado para obtenção da extensão A e apenas especifica os factores de infra e superestrutura e instalações, sem especificar o valor das estações de recolha ou o custo do túnel.

A divisão elementar do investimento, como se pode observar na Tabela 5, é a seguinte:

Tabela 5: Investimento em Strasbourg

	<i>Milhões de euros</i>
Infra-estrutura	198,052
Superestrutura e Instalações	81,227
Material circulante	70,018
Total	349,297

O que supõe um elevado custo unitário de 27,612M €/km, para a primeira linha construída, explicável pelo elevado número de veículos adquirido, cerca de 2 veículos por km de linha e ao tramo construído em túnel.

A tarifa para este meio de transporte não é integrada no sistema de transportes.

Deve ainda salientar-se que a introdução do eléctrico e das medidas de urbanização foi acompanhada por uma campanha extensa de relações públicas em nome da CUS. Uma nova insígnia, Bruno o urso, informou os habitantes locais. Um estudo urbano e turístico do percurso foi financiado para examinar o funcionamento da nova rede e a adequação dos serviços prestados.

Outras medidas de incentivo do uso do eléctrico foram implementadas. Uma destas medidas consiste no seguinte: o sistema de “estacionamento + eléctrico” por 1,5 € proporciona, aos Sábados e Domingos, o estacionamento e a viagem de eléctrico a todos os condutores de automóvel, para que estes se sirvam do eléctrico para viajar até ao centro da cidade.

No primeiro ano de operação o eléctrico criou um grande impacto nos números de passageiros de transporte público.

Em Novembro de 1994 com a abertura do sistema de eléctrico, o número de passageiros passou de 155.000 em Setembro de 1994 (apenas autocarros), para 206.000 (em que 63.000 são passageiros do eléctrico) em Setembro de 1995. O que significa que há 30% de novos passageiros a utilizar transporte público. Então, mais de 60.000 passageiros utilizavam quotidianamente o eléctrico. Uma frequência excepcional explicada, representando a linha

inicial menos de 4% da extensão total da rede de transporte público, representava 12% da oferta de transportes da cidade.

A frequência dos transportes públicos teve então um grande progresso. O tráfego automóvel que atingia em 1990 uma média diária de 24.000 veículos, diminuiu cerca de 17%, prevendo-se num futuro próximo o seu decréscimo para um valor inferior aos 200.000 veículos. O tráfego que desapareceu, foi o de atravessamento da cidade, sendo necessário referir que este facto também se deve a outros factores que acompanharam o ressurgimento do carro eléctrico, tais como foram: a construção da auto-estrada que contorna o sul da cidade e a sua dotação do sistema “P+R” ou “*Park & Ride*”.

3.2.9 Stuttgart

A região urbana de Stuttgart com uma área de 3.654 km² tem 2,6 milhões de habitantes, dos quais 585.000 vivem na cidade de Stuttgart o que se traduz numa densidade populacional de 708 hab/Km². É conhecida como a cidade dos carros devido ao facto de o inventor do motor automóvel (Gottfried Daimler) ser de Stuttgart. É também a casa mãe de muitas marcas de automóveis. É uma cidade determinantemente industrial com uma lista de empresas mundialmente conhecidas cuja sede aí se situa, entre elas pode citar-se a IBM a Siemens Nixdorf, a Alcatel SEL, a Porsche e a Chrysler. Tem ainda indústrias bastante fortes tais como a das companhias de seguros e a das editoriais de livros. A grande falta de trabalhadores na década de 60 levou à instalação na cidade de uma numerosa quantidade de emigrantes, actualmente 24% dos residentes na cidade são estrangeiros. A cidade é ainda um grande pólo cultural do país em parte devido ao Staatstheater que se tornou internacionalmente famoso e às suas mais de 30 salas de teatro.

O concelho municipal representa os habitantes de Stuttgart. Para a promoção de um desenvolvimento coordenado em toda a região foi criado no ano de 1994 o *Verband Region Stuttgart* (Associação regional de Stuttgart). Esta associação gere toda a área metropolitana de Stuttgart e ainda 5 distritos rurais e é responsável pelo plano de desenvolvimento da região.

Em paridade com outras cidades alemãs (Hannover; Frankfurt), Stuttgart concebeu nos anos 60 a sua rede de metro ligeiro a Strassenbahn como uma rede complementar à rede ferroviária suburbana a S-Bahn (o S significa *schnell* = rápido e Bahn comboio), esta rede de metro ligeiro foi renovada com a criação da Stadtbahn/U-Bahn, que é uma rede que normalmente só tem paragens em plataformas altas, embora ambas as redes se apoiem na antiga rede de eléctrico.

Neste sistema reconverteram-se grande parte das componentes da antiga rede o que foi possível graças à implementação de um ambicioso programa.

A rede de transporte e tráfego é o sistema nervoso periférico da grande região de Stuttgart. Pela primeira vez, a região decidiu implementar no plano urbanístico da cidade a integração dos conceitos de tráfego e transporte que são coordenados conjuntamente com os planos

territoriais. O plano regional de tráfego e transporte contém estratégias a longo prazo para as infra-estruturas rodoviárias, ferroviárias, vias especiais para ciclistas e uma listagem de prioridades de futuros investimentos. Este plano (chamado *Verband*) influenciou programas de investimento regionais e estatais.

O esquema da rede adoptado (ver Figura 23) é formado por duas grandes linhas quase perpendiculares que se cruzam no centro urbano, abrindo-se cada uma delas em forquilha nos seus extremos, à semelhança da rede S-Bahn, com a qual mantém uma estação de intercâmbio no centro urbano.

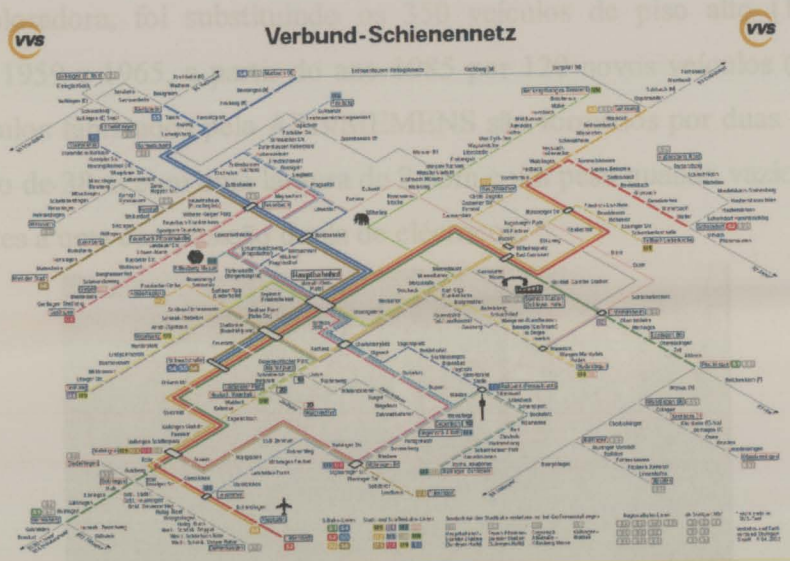


Figura 23 - Rede Stuttgart

A nova rede compreende um total de 95 km, dos quais 20 são em túnel (79% da totalidade) e conta com 190 paragens. A bitola da via foi uma das alterações referentes à antiga rede pois passou de métrica (1.000 mm) a internacional (1.435 mm) assim como o grau de reserva da plataforma que agora é exclusiva na sua totalidade.

Conta com via dupla em toda a sua extensão e o intervalo entre eléctricos em períodos de ponta, é de 3 minutos, operando quase as 24 horas do dia uma vez que se pode efectuar a primeira viagem às 04h43 e uma última às 00h59.

A via também sofreu alterações na sua superestrutura, passando de carril *Phoenix* com garganta e embebido no pavimento a carril *Vignole* convencional de fundo plano, colocado sobre travessa e balastro. Em algumas estações a céu aberto a superestrutura inclui um

revestimento superficial de relva que melhora notavelmente o aspecto e a integração urbana da plataforma.

A alimentação eléctrica também foi alvo de alterações pois o sistema deixou de ser alimentado pela linha passando a ser alimentado por catenária com elevação da tensão de alimentação de 600 a 750 V. Também foram implementados, entre 1987 e 1993: um sistema de prioridade semafórica; um sistema de ajuda à exploração (SAE); um sistema ATP (condução automática) e um sistema de informação aos passageiros.

A entidade exploradora, foi substituindo os 350 veículos de piso alto (1 m) que tinha adquirido entre 1959 e 1965, a partir do ano 1985 por 120 novos veículos (ver Figura 24). Este novos veículos fabricados pela ABB/SIEMENS são formados por duas carruagens com um comprimento de 38 m com uma largura de 2,65m e um peso quando vazio de 56 t, que os torna equivalentes a uma composição dupla de eléctricos.



Figura 24 - Veículo Stuttgart

A capacidade dos veículos é de 234 passageiros por unidade, dos quais 110 lugares são sentados. Devido à coexistência em determinado período temporal, de paragens altas e baixas, as portas dos veículos foram dotadas de degraus retrácteis que permitem acesso em ambos os tipos de estação.

Os veículos têm uma velocidade máxima de 80 km/h, uma aceleração de 1,3 m/seg² uma desaceleração de serviço de 1,3 m/seg² e uma desaceleração de emergência de 3,0 m/seg²

conseguindo uma velocidade comercial de 25,9 km/h (muito superior à velocidade comercial dos anteriores eléctricos 19,6 km/h).

Também foram construídas novas estações de recolha, oficinas e posto de comando central.

A tarifa é integrada no sistema metropolitano de transportes, cujo tarifário é dependente das zonas. Estas dividem-se em sete anéis concêntricos, os quais quanto mais longe do centro maior tarifa implicam.

As despesas do programa de construção e modernização do sistema, que se desenvolveram entre 1962 e 1992 (anos durante os quais se manteve a exploração compartida de ambos os tipos de material com uma rede de três carris a par da realização das obras) ascenderam a 1.221 milhões de euros que foram financiados em 50% pelo Governo Federal, em 30% pelo Governo do Estado de Baden-Württemberg e em 20% pela cidade.

A divisão do investimento, como se pode observar na Tabela 6, é a seguinte:

Tabela 6: Investimento em Stuttgart

	<i>Milhões de euros</i>
Infra-estrutura Superestrutura e Instalações	1.221,076
Material circulante	360,607
Total	1.581,683

O custo unitário desta rede por km de via é pois de 16,650 M €/km um valor mais reduzido que a média de outros sistemas europeus, bastante reduzido atendendo à percentagem da rede construída em túnel e ao elevado número de veículos adquiridos, mas que pode ser justificado pela utilização do corredor do antigo eléctrico, pela ausência de urbanização da envolvente a cargo do projecto e pelo razoável número de veículos adquirido (1,26 veículos/km).

3.2.10 Valencia

A cidade de Valencia, localizada no este de Espanha, é o centro de uma área metropolitana (L'Horta) que tem 1,4 milhões de habitantes que pertence à região da Comunidade Valenciana, que foi um dos reinos históricos do país. No ano de 1991, 23,7% da população activa estava empregada no sector da indústria, 70% no dos serviços e 1,7% na agricultura. Enquanto que na cidade de Valencia impera o sector dos serviços e comércio, na sua área metropolitana, L'Horta, é líder do sector industrial seguido pela agricultura.

A população de Valencia cresceu desde que a cidade se tornou um pólo de atracção para imigrantes, contudo desde 1960 a cidade sofreu de um envelhecimento da população quer pelo aumento da população com mais de 65 anos como pelo decréscimo da população mais jovem.

A cidade estrategicamente situada na costa mediterrânea possui uma moderna rede de infra-estruturas rodó e ferroviárias que lhe facilita as trocas comerciais com outras cidades de Espanha e da Europa, tem um aeroporto internacional, com uma movimentação de 1,7 milhões de passageiros por ano e um grande porto que no ano de 1996 recebeu 4.165 navios e 200.000 passageiros.

Valencia acolhe ao longo do ano diversos eventos culturais, de música, teatro, dança e cinema. A Cidade das Artes e Ciência que inclui um planetário espera ser o símbolo de Valencia no séc. XXI.

As autoridades locais viram aumentadas as suas competências ao longo das últimas décadas com o processo de descentralização política iniciado em Espanha após a aprovação da constituição em 1978. Alguns dos principais poderes exercidos pelas autoridades municipais são precisamente os relacionados com o planeamento dos transportes e políticas de tráfego, o ambiente os espaços públicos, âmbito no qual surge o projecto de renovação da rede de eléctricos da cidade.

Valencia foi a primeira cidade espanhola a recuperar o eléctrico como meio de transporte moderno. Este processo foi levado a cabo pelos *Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana* (FGC) entidade responsável pelos comboios em Valencia, em estreita colaboração com outras

instituições, especialmente a Câmara Municipal da cidade. A operação consistiu em transformar uma antiga linha de comboio (Ademuz-Pont de Fusta-el Grau) que havia ficado excessivamente dentro da cidade, posteriormente aproveitada para a circulação dos antigos eléctricos (os *fabiolos*) adquiridos em segunda mão à empresa ferroviária belga que no entanto foram extintos em 1970. Este espaço urbano em desuso experimentava sintomas de degradação importantes. Os estudos de necessidade de transporte arrojavam cifras que não justificavam a longo prazo a adopção de um metro convencional e que simultaneamente também, não podiam ser satisfeitos pelos autocarros. O eléctrico como modo de transporte de capacidade média alta e elemento urbanizador e estruturador de cidades configurava-se então como a solução mais adequada para a resolução dos dois problemas.

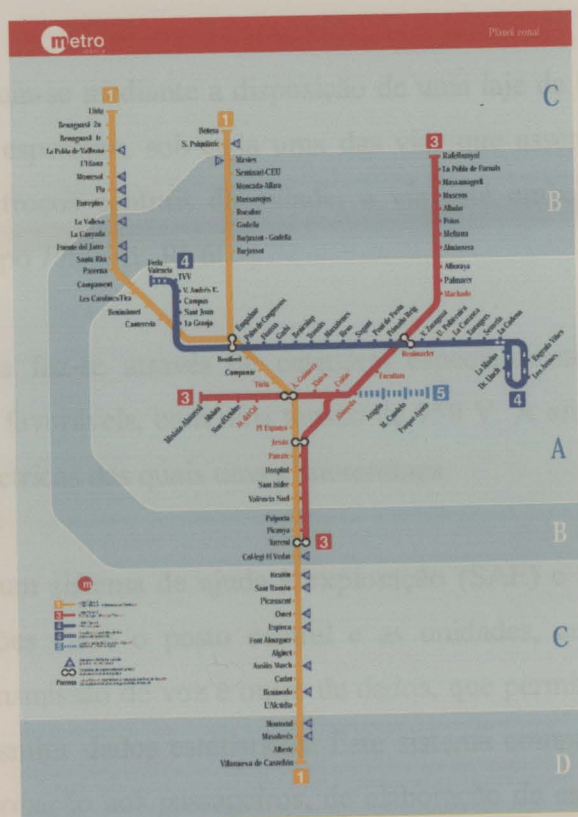


Figura 25 - Rede Valencia

A linha 4 de seu nome (ver Figura 25), entrada em serviço em Maio de 1994, faz a ligação entre Ademuz e Malva-Rosa, com uma extensão de 9,8 km e plataforma reservada na sua quase totalidade, implicou uma cuidada intervenção urbanística de cerca de 230.000 m². Esta intervenção incluiu a renovação das redes de abastecimento de água, saneamento, electricidade, telefones, iluminação, mobiliário urbano, pavimentos, passeios, estacionamentos, jardins e zonas verdes.

Foram plantadas 2.600 árvores e instalados 1.650 pontos de luz que melhoraram notavelmente a envolvente da linha que se integra no conjunto da cidade superando o efeito barreira que anteriormente constituía. A introdução desta linha supôs um melhoramento da habitabilidade, especialmente em diversos tramos anteriormente degradados, ao realizar-se em paralelo com o plano de urbanização da envolvente da via.

O serviço desta linha é facilitado entre as 05h28 e as 01h14 do dia seguinte, sendo a frequência de serviço em períodos de ponta de 5 minutos e de 10 minutos nos outros períodos.

A rede contém 21 paragens e a bitola da via é métrica (1.000 mm) percorrendo a céu aberto em toda a sua extensão.

A infra-estrutura construiu-se mediante a disposição de uma laje de betão armado de 1,97 m de largura e 28 cm de espessura, sob cada uma das vias que assentam sobre uma base de material granular. Em troços centrais da cidade, a via está embebida no pavimento. Foi adoptado um carril do tipo *Phoenix*, RI 60.

A alimentação eléctrica faz-se através de catenária especialmente projectada para evitar efeitos estéticos menos favoráveis, com uma tensão de 750 V. A alimentação é administrada por três subestações eléctricas das quais uma é subterrânea.

A linha foi dotada de um sistema de ajuda à exploração (SAE) o RAILSIM, baseado num sistema de comunicações entre o posto central e as unidades, composto por dois canais destinando-se um à transmissão de voz e outro de dados, que permite conhecer a localização de cada veículo e transmitir dados estatísticos. Este sistema compreende ainda sistemas de semaforização, de informação aos passageiros, de elaboração de estratégias anti-colapso, de anti-bloqueio nos cruzamentos e de prioridade semafórica.



Figura 26 - Veículo Valencia

O material circulante (ver Figura 26), com 21 unidades de piso totalmente rebaixado (35 cm), com um comprimento de 23,78 m e uma largura de 2,4 m foi construído pela SIEMENS/DUEWAG. É constituído por três vagões ligados mediante duas articulações, sendo o seu peso quando vazio de 29,7 t. Tem quatro portas duplas basculantes/deslizantes e está equipado de ar condicionado. Estes veículos inscrevem-se em raios mínimos de 20 m.

Alcançam uma velocidade máxima de 65 km/h situando-se no entanto a sua velocidade comercial nos 20 km/h. Têm uma aceleração de $0,75 \text{ m/seg}^2$, uma desaceleração de serviço de $1,19 \text{ m/seg}^2$ e uma desaceleração de emergência de $2,59 \text{ m/seg}^2$. A sua capacidade é de 206 passageiros por unidade, dos quais 84 lugares são sentados.

A instalação das oficinas e da estação de recolha abrange uma superfície de 25.000 m², incluem um edifício de oficinas, uma nave de revisão e limpeza, duas edificações de escritórios, corredores armazéns e uma estação de transformação.

A tarifa está integrada no sistema de transportes metropolitano, uma vez que este sistema é explorado pela entidade regional de transportes "Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana".

O investimento foi financiado pelo sector público impulsionado por um projecto do governo regional valenciano. A divisão elementar do investimento que se dispõe, como se pode observar na Tabela 7, é a seguinte:

Tabela 7: Investimento em Valencia

	<i>Milhões de euros</i>
Infra-estrutura	27,148
Infra-estrutura estricte	11,960
Urbanização	15,188
Superestrutura e Instalações	30,934
Superestrutura	14,653
Electrificação	9,081
Telecomunicações, Semaforização e SAE	5,511
Sistemas de Controlo	1,689
Material circulante	48,658
Estações de recolha e Oficinas	13,775
Total	120,515

O que supõe um custo unitário de 12,298 M €/km, consideravelmente mais baixo que o de outras recentes realizações europeias cuja média ronda os 20 M €/km, explicável pela utilização do corredor existente na totalidade do, das estações existentes se bem que o número de veículos adquiridos (2,14 veículos/km) seja superior ao número médio adoptado em outros sistemas analisados.

No caso de Valencia, a construção da linha foi acompanhada, para além de obras de urbanização da envolvente, de uma intensiva campanha de divulgação e informação, de tal maneira influente que ainda antes da inauguração do sistema, a mudança de atitude dos cidadãos vizinhos da linha era palpável. Poucos dias antes da inauguração do eléctrico e rodeado de todas as particularidades que singularizam este modo de transporte de capacidade intermédia, Eugénio Burriel, conselheiro responsável do transporte na *Generalitat Valenciana*, sente a satisfação do êxito que se anuncia com o investimento realizado.

“Cada vez me convenço mais de que foi uma decisão acertada, e que quando o eléctrico estiver em funcionamento vai constituir um êxito. Possivelmente o eléctrico de Valencia abrirá muitas portas aos sistemas de metro ligeiro em outras cidades.

A resposta dos cidadãos de Valencia está a ser muito positiva. A reutilização de um traçado ferroviário urbano explorado por um comboio tradicional, o clássico “trenet”, que gerava um forte efeito barreira, para, em seu lugar, implantar um eléctrico moderno e integrado nas ruas, está a ser muito bem acolhida pelos valencianos”.¹¹

Para compreender a atracção de passageiros gerada pelo eléctrico deve considerar-se que o sistema de metro ligeiro, a linha 4 de *Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana*, não é uma linha isolada. É um serviço imbricado numa rede ferroviária formada por comboio de superfície, de carácter regional, metro convencional e eléctrico, que se encontra integrada simultaneamente com a rede de autocarros urbanos e interurbanos.

No dia 21 de Maio de 1994, Valencia recebe de portas abertas, com a celebração de uma grande festa o seu querido eléctrico.

¹¹ Del Val, Y. em *Doble Tracción*, Abril/Maio de 1994, p.44

- Quatro iniciativas do sector público de construção de novas linhas, os casos de Lisboa, Nantes, Paris e Valencia;
- Duas iniciativas privadas de construção de novas linhas, com recurso a contratos de concessão e financiamento (*Project Finance*), que são o caso de Rouen y Strasbourg;
- Uma reutilização de uma linha existente, com um pequeno prolongamento subterrâneo no centro urbano, que é o caso de Lille;
- Duas reutilizações de antigas linhas ferroviárias, levadas a efeito por iniciativas privadas, que são o casos de Manchester e de Sheffield;
- Uma drástica reconversão de uma linha existente de eléctrico, com total renovação de elementos, que é o caso de Stuttgart;

Perante esta variedade de casos em estudo é perfeitamente expectável verificar uma grande disparidade entre as várias características analisadas em cada um dos sistemas. Pelo que, para permitir obter uma panorâmica geral das variáveis em estudo se apresenta no Quadro 2 um resumo que engloba as características de todos os sistemas. No Quadro 2 apresentam-se simultaneamente as características das distintas redes estudadas, referentes à infra-estrutura, às instalações e superestrutura, ao material rodante e ainda a generalidades dos sistemas.

Quadro 2: Características dos sistemas

INFRAESTRUTURA	Lille	Lisboa	Manchester	Nantes	Paris	Rouen	Sheffield	Strasbourg	Stuttgart	Valencia
Longitude [km]	19	10	31	27	9	11	32	13	95	10
Paragens	36	24	26	54	21	23	45	25	190	21
Largura via [mm]	1000	900	1435	1435	1435	1435	1435	1435	1435	1000
Plataforma	reservada	não reservada	reservada	reservada	reservada	reservada	reservada	reservada	reservada	reservada
Urbanização	parcial	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
Céu aberto [%]	92	100	100	100	100	84	100	89	79	100
INSTALAÇÕES E SUPERESTRUTURA										
Carril	Misto	Phoenix	Misto	Phoenix	Phoenix	Phoenix	Misto	Phoenix	Vignole	Phoenix
Balastro	Parcial	Não	Misto	Não	Não	Não	Misto	Não	Sim	Não
Electrificação	750V CC	600V CC	750V CC	750V CC	750V CC	750V CC	750V CC	750V CC	750V CC	750V CC
Prioridade semafórica	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
S.A.E.	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Informação de passageiros	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
MATERIAL RODANTE										
Nº Unidades	25	10	26	42	17	28	22	26	120	21
Comprimento [m]	29,19	24,02	29,00	39,40	29,40	29,40	34,75	33,10	38,00	23,78
Largura [m]	2,40	2,40	2,65	2,30	2,30	2,30	2,65	2,40	2,65	2,40
Altura [mm]	350	300	915	340	345/875	345/875	420/880	340	340	350
Peso [ton]	43,0	30,7	42,0	44,2	44,2	43,9	46,8	40,0	56,0	29,7
Vel. Máxima [km/h]	70	70	80	70	70	70	80	70	80	65
Vel. Comercial [km/h]	23	12	25	24	20	19,2	25	21	26	20
Aceleração [m/s ²]	0,90	1,00	1,30	0,83	0,92	0,92	1,30	1,00	1,30	0,75
Desaceleração [m/s ²]	1,10	1,00	1,30	1,08	1,19	1,19	1,50	1,00	1,30	1,19
Des. Emergência [m/s ²]	2,50	3,00	2,60	2,70	2,90	2,90	3,00	3,00	3,00	2,59
Lugares sentados	50	65	84	74	52	54	88	66	110	84
Lugares totais	168	246	206	178	174	174	238	230	234	206
TOTAL SISTEMA										
População [Hab]	1.128.500	1.600.000	2.600.000	550.000	9.000.000	679.000	1.700.000	435.000	2.600.000	1.400.000
Passageiros ano	8.177.400	1.813.468	13.000.000	4,5E+07	19.800.000	12.375.000	22.000.000	20.790.000	22.000.000	3.087.000
Passageiros dia	24.780	4968	40.000	135000	60.000	37.500	65.000	63.000	65.000	9.354
Intervalo ponta [min]	4	5	6	5	5	5	5	4	3	5
Inauguração	Jul-94	Abr-95	Jul-92	Jan-85	Mai-92	Dez-94	Nov-95	Nov-94	Nov-85	Mai-94
Tarifa integrada	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	Sim	Sim

A análise do Quadro 2 permite constatar que todos os sistemas apresentam grandes diferenças nas suas características. Não há dois sistemas iguais nem idênticos. O que reforça a importância do propósito deste estudos que é a busca das características que podem influenciar o sucesso da implementação deste tipo de sistemas.

De entre todas as características e tendo como referência a pesquisa bibliográfica, procedeu-se à selecção das variáveis mais determinantes em cada sistema as quais permitiram formular hipóteses que posteriormente serão submetidas a análise estatística.

4 Metodologia

4.1 Introdução

“Uma característica básica do conhecimento científico é a exigência de reprodutibilidade. A principal finalidade do capítulo de métodos é permitir que os leitores julguem a experiência, encontrem as suas possíveis fontes de erro e o reproduzam se assim o desejarem [...]. Toda a experiência deve ser detalhada com a precisão possível [...]. O tratamento estatístico planeado também deve ser descrito em detalhes.”¹²

Por conseguinte, para além do seu aspecto factual o texto apresentado neste capítulo, é uma tentativa de transmitir o domínio da investigação, os conhecimentos sobre o tema, as técnicas utilizadas e o rigor metodológico na sua execução e interpretação

“A investigação é um contínuo, um só estudo não pode fornecer todas as informações necessárias ao esclarecimento de uma questão”¹³, assim, a descrição detalhada da metodologia utilizada permite:

- Avaliar o valor ou contributo do estudo para o esclarecimento do problema;
- Desenvolver estudos semelhantes que possam contribuir para uma maior compreensão do problema (dar continuidade ao estudo);
- Oferecer um modelo para testar os resultados (validade interna do estudo);
- Testar a possibilidade de replicação do estudo com dados semelhantes (validade externa do estudo).

O principal objectivo deste capítulo é descrever de forma detalhada as opções epistemo-metodológicas subjacentes à anatomia e desenho do estudo e as razões de selecção das variáveis e ainda determinar as variáveis mais condicionantes do estudo. Apresentando-se uma sequência detalhada do processo de raciocínio lógico que presidiu à selecção das diferentes componentes do estudo.

¹² Spector, 1997. Manual para dissertação de teses, dissertações e projectos de pesquisa, p.24

¹³ De Angelis, 1990, An introduction to clinical research, p.15

De forma concisa, mas suficientemente objectiva e detalhada discriminam-se nos sub capítulos seguintes: As modalidades de investigação; problema, hipótese e variáveis; população e amostra; recolha de dados, procedimentos e instrumentos; análise e discussão dos resultados.

4.2 Modalidades de investigação

É de extrema importância o tipo de abordagem ao problema a estudar embora frequentemente se assomem bastantes dificuldades na elaboração do desenho do estudo. Por tal motivo, parece oportuna a descrição dos tipos de estudo que podem ser realizados e metodologias a adoptar, para posteriormente, e mediante o material recolhido na pesquisa bibliográfica, poder de uma forma pautada escolher o tipo que melhor se adapta à realidade observada pelo investigador.

Almeida (2000, p.20) classifica a investigação em três tipos: descritiva, correlacional e experimental. Na Tabela 8 faz-se uma caracterização sumária destes tipos de investigação.

Tabela 8: Tipos de Investigação

Descritiva	Correlacional	Experimental
Descreve um fenómeno	Relaciona efeitos de variáveis	Procura relações causais
Identifica variáveis	Aprecia interacções	Prediz e controla fenómenos
Inventaria factos	Diferencia grupos	Estabelece leis

Fonte: Almeida, 2000 pág.20

O processo de investigação visa alcançar conhecimento científico, este terá necessariamente que ser organizado, sistemático e preciso na sua fundamentação. Deve ainda reunir características de racionalidade e objectividade. Destacam-se as principais características do método científico:

- Objectivo – descrever a realidade tal como é ou pode ser;
- Empírico – sempre baseado na experiência, fenómenos e factos;
- Racional – assente na razão e na lógica.

Para poder explicar e predizer os fenómenos é necessário um sistema de relações, contrastadas mediante dados empíricos. Tal sistema é designado por teoria, ou seja, sistema ou quadro descritivo, e se possível explicativo, predictor e controlador, ainda que provisório dos fenómenos. Deve permitir a formulação de deduções dentro do seu âmbito específico (sistema hipotético -dedutivo). Esta formulação é sempre provisória, embora isso não impeça a sua utilidade.

Uma teoria engloba:

- Conceitos ou variáveis (descrevem fenómenos);
- Relações (entre conceitos ou variáveis);
- Explicações (fenómenos e suas relações); Predições;

Vantagens das teorias:

- Permitem um sentido global acerca do que é conhecido sobre fenómenos dispersos;
- Simplificam múltiplos dados através da consideração dos seus aspectos mais pertinentes;
- Mantém a tensão inerente à testagem de novas hipóteses em face do seu sentido heurístico.

Vários critérios podem ser utilizados para descrever ou elaborar taxonomias de investigação podendo estruturar-se segundo: finalidade; profundidade e metodologia.

Relativamente à finalidade a investigação pode ser:

- Básica ou pura (descoberta e fixação de leis gerais);
- Aplicada ou prática (resolução de problemas concretos);
- Investigação/acção (conciliação das anteriores);

Quanto à profundidade as investigações podem distribuir-se num *continuum* cujos extremos seriam as exploratórias e as experimentais situando-se em níveis intermédios as descritivas e correlacionais, pelo que em termos de profundidade do estudo a investigação pode ser:

- Exploratória;
- Descritiva ou correlacional;
- Experimental.

Quanto à metodologia a investigação subdivide-se em diversas classificações:

- Quantitativa ou qualitativa;
- Laboratorial ou de campo;
- Nomotética (busca leis gerais) ou ideográfica (centrada na singularidade);
- Transversal ou longitudinal.

Relativamente à exposição ao fenómeno, os estudos podem ser:

- Prospectivos;
- Retrospectivos;

Considera-se um estudo prospectivo quando ao iniciar o estudo a população ainda não foi exposta ao fenómeno. Pelo contrário é retrospectivo se o estudo decorre após a população ter sido exposta ao fenómeno¹⁴.

O processo de produção de conhecimento científico assenta em dois elementos informativos básicos:

- Dados ou observações;
- Teorias ou postulados teóricos;

Com base nestes elementos informativos; ou se parte respectivamente para um estudo indutivo ou para um estudo dedutivo.

O método indutivo parte de um conjunto parcial de dados para elaboração de um resumo descritivo dos fenómenos, extraíndo as possíveis relações e primeiras explicações tem um carácter mais heurístico e exploratório. Se a amostra for representativa da população conclusões importantes podem ser inferidas da sua análise. A parte da estatística que trata das

¹⁴ DeAngelis, 1990, p.41

condições sob as quais essas inferências são válidas é a estatística indutiva ou inferência estatística. Usando esta metodologia o estabelecimento das conclusões é feito na base da probabilidade¹⁵.

O método dedutivo parte da formulação de um enunciado hipotético em face de um corpo de conhecimentos teóricos prévios, devidamente organizados e consistentes, avançando para a sua testagem, mais voltado para a réplica, testagem, explicação e controlo dos fenómenos. Permite apenas descrever e analisar uma população sem tirar conclusões ou inferências, utiliza medidas de estatística descritiva ou dedutiva¹⁶.

Tipo de estudo efectuado

O principal objectivo da elaboração desta dissertação é o conhecimento dos factores determinantes no ressurgimento do carro eléctrico. Para tal será elaborada uma inventariação dos factores que podem ou não assumir-se como variáveis do estudo. Para escolha de tais factores recorre-se ao apoio bibliográfico no qual se encontram descrições de possíveis fenómenos que se apresentam como condicionantes do sucesso dos sistemas de metro ligeiro.

A finalidade deste estudo é a realização de uma investigação aplicada ou prática, dedicada à resolução de um problema em concreto. Relativamente à profundidade a investigação é descritiva e correlacional, porque pretende obter descrições do problema em diversos locais e sua compreensão ou seja a explicação de porquê é que estes factores se relacionam com o sucesso do sistema, podendo ainda eventualmente conseguir graus de força de relações entre variáveis que permitam realizar predições, especificamente saber quais os factores imprescindíveis num sistema de carros eléctricos para permitir o sucesso de futuras implementações.

A metodologia é do tipo quantitativo, porque permite aferir relações quantitativas ou traduzidas através de inferência estatística entre as variáveis, e de campo por ser um estudo da realidade e não uma experimentação provocada¹⁷ (não foi uma experiência desenhada para satisfazer os objectivos do estudo), é ainda uma metodologia nomotética uma vez que procura leis gerais para a explicação do fenómeno.

¹⁵ Spiegel, 1994, p.2

¹⁶ Spiegel, 1994, p.2

¹⁷ Deshaes, 1992, p.328

Proceder-se-á a um estudo transversal e retrospectivo, porque se efectuará a análise ou observação da realidade num certo instante¹⁸ e não ao longo do tempo, porque aborda apenas cidades onde já tenha sido implantado o sistema de carros eléctricos. Estudos deste tipo são por vezes denominados estudos em *flash back*¹⁹.

Partindo da análise de uma amostra da população, e em face de um conjunto de conhecimentos teóricos sobre a temática, serão formuladas hipóteses para as quais serão procuradas explicações probabilísticas através de inferências estatísticas, tratando-se portanto de um estudo do tipo dedutivo.

4.3 Problema, hipótese e variáveis

4.3.1 Problema

Numa primeira fase importa definir um modelo hipotético quanto à forma como as variáveis se relacionam ou contribuem para o fenómeno em causa. Fases seguintes permitem testar tais modelos e finalmente a sua aceitação ou refutação.

É necessário identificar e definir o problema, constituir um modelo que permita uma aproximação ao seu estudo e testagem do referido modelo²⁰.

O Quadro 3 faz uma síntese da opinião de Almeida (2000, p.39) para estabelecer as diferentes fases de definição de um problema e modelo, sua caracterização e estratégias de abordagem, cuja aplicação ao desenho do presente estudo e modelo adoptado se apresenta de forma esquemática no Quadro 4.

¹⁸ Abrantes et al, 1989, p.20

¹⁹ Altamiro, 1998, Apontamentos de Estatística da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto

²⁰ Fortin, 2000, p.90

Quadro 3: Fases na definição de um problema e de um modelo

Fases	Caracterização	Estratégia
<u>1. Definição do problema</u>	Identificar e descrever Estabelecer relações Apreciar pertinência Precisar objectivo	Teorias existentes Observações directas Investigações anteriores Problemas anteriores
<u>2. Revisão bibliográfica</u>	Situar o problema Consulta de bases de dados Precisar a metodologia	Debates, especialistas Sínteses temáticas
<u>3. Formulação das hipóteses</u>	Definir a hipótese experimental, a hipótese nula e as hipóteses alternativas	Possíveis explicações a testar pelos dados que se venham a obter
<u>4. Definição das variáveis</u>	Identificar as unidades a observar e controlar Definir os papéis das variáveis Precisar a medida das variáveis	Especificar o que se quer medir ou controlar Especificar as relações, as influências e seu sentido Indicar as escalas de medida a usar por variável

Fonte: Almeida et al, 2000, p. 38

Foi também pesquisado o tipo de metodologia de estudo mais frequentemente adoptada em estudos análogos, nomeadamente através da consulta de outras dissertações para a obtenção do grau de Mestre da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, ainda que em outras especialidades e temas.

Quadro 4: Fases na definição do problema estudado e do modelo adoptado

Fases	Caracterização	Estratégia
<u>1. Definição do problema</u>	Ressurgimento do ML; Relações com fiabilidade, regularidade, segurança e imagem comercial; Fundamental para a explicação política da pertinência de implementação de sistemas de ML; Definir quais os factores determinantes do sucesso dum sistema de ML.	Há opiniões não estruturadas e devidamente fundamentadas no sentido de que o factor mais importante é o grau de reserva da plataforma que aufera a regularidade, fiabilidade e segurança aos sistemas de ML; Observações directas de sistemas implementados em cidades da Europa; Não foram encontradas quaisquer investigações anteriores a este estudo.
<u>2. Revisão bibliográfica</u>	Consulta de bases de dados em sites estatísticos europeus, livros e publicações contendo dados de sistemas de ML recentemente implementados em cidades europeias; Precisar a metodologia (a elaboração deste capítulo visa dar resposta a este item.)	Colheita de conclusões de debates de especialistas, bem como de conferências e consultas de artigos afins; Sínteses temáticas, encontradas na Internet, livros e projectos.
<u>3. Formulação das hipóteses</u>	O grau de reserva da plataforma condiciona o sucesso dum sistema de ML, a hipótese nula e as hipóteses alternativas: a distância entre paragens, a prioridade semafórica, a existência de SAE, que também condicionam a velocidade comercial, ou ainda o facto de o eléctrico funcionar como elemento urbanizador e estruturador, o facto de ser económico e de desempenhar um importante papel na educação cívica do cidadão.	Para além de factores como os ambientais, arquitectónicos e os referentes a um bom sistema de gestão e marketing, julga-se que fundamental é a regularidade, fiabilidade segurança e boa imagem comercial que proporciona a elevada velocidade comercial determinada pelo grau de reserva da plataforma e distância entre paragens, ou ainda da existência de SAE e prioridade semafórica
<u>4. Definição das variáveis</u>	Algumas cidades europeias que recentemente implementaram sistemas de ML As variáveis, são nominais ou de intervalo	Pretende-se medir a fortaleza das relações entre as diversas variáveis e o número de passageiros que utilizam o sistema de ML em cada cidade. Indicar as escalas de medida nominais ou de intervalo.

A teoria orienta a investigação sugerindo relações e previsões sobre o comportamento ou o funcionamento em estudo. É fundamental a observação directa dos comportamentos.

A formulação de um problema segundo Kerlinger²¹ deve exprimir uma relação entre duas ou mais variáveis, o que se verifica no caso em estudo. Deve exprimir a relação de forma clara e de modo a admitir apenas respostas precisas, através da aplicação dum estudo estatístico ao conjunto de variáveis, extraindo as relações entre elas que permitem a satisfação deste item; deve ainda ser susceptível de verificação empírica, o que também se verificou no presente estudo.

A revisão bibliográfica parte do grau de conhecimento do investigador no domínio estudado, a investigação foi intensa e dificultada pelo facto do fraco nível de desenvolvimento do sector ferroviário do país e mais concretamente da escassa divulgação de sistemas de metro ligeiro em Portugal, apenas introduzido no ano de 1995 na cidade de Lisboa. Motivos pelos quais era também pouco divulgado académica e profissionalmente e que constituía uma lacuna na formação da maior parte dos Engenheiros Civis do País.

Diversas teorias explicativas do problema são encontradas nas justificações das entidades exploradoras e autoridades locais aquando da implementação de sistemas de metro ligeiros não só na Europa como também no resto do mundo especialmente nos Estados Unidos da América. Encontram-se também bastantes estudos explicativos e demonstrativos da necessidade e urgência do fortalecimento do transporte público em detrimento do transporte individual que abordam a importância de sistemas de capacidade intermédia e dentro destes o destaque dos sistemas de metro ligeiro, explicando as razões do referido destaque quando comparado com outros sistemas.

“A procura crescente de mobilidade é uma das características das actuais cidades. Mas o uso do espaço urbano pelo automóvel comporta uma série de problemas e são necessárias novas alternativas e novas tecnologias para que a cidade não seja do automóvel, senão que o automóvel esteja ao serviço da cidade.”²²

²¹ Kerlinger, 1979, p.74

²² Ciuffini, 1993, p.42

“O uso exagerado do automóvel comporta nas cidades europeias um trânsito elevado que é prejudicial para a saúde dos cidadãos (contaminação acústica, visual e ambiental). A construção de novas artérias não soluciona o problema porque estimula o aumento do trânsito e a poluição. A alternativa é o uso dos transportes colectivos.”²³

“Algumas cidades como Madrid, Barcelona, Las Palmas de Gran Canaria, Zaragoza e Málaga estudam a possibilidade de voltar a implantar o eléctrico como forma de transporte público, barato e de escassa contaminação. Este modo de transporte foi eliminado em Espanha nos anos 60 quando, precisamente, se generalizou o uso do veículo privado.”²⁴

4.3.2 Hipóteses

A hipótese é a explicação ou solução mais plausível de um problema.

“Hipótese é uma proposição testável, que pode vir a ser a solução do problema”²⁵

As hipóteses devem ser:

- Testáveis, a sua operacionalização deve ser conseguida;
- Enquadrar-se nas hipóteses existentes na mesma área;
- Justificáveis e relevantes para o problema em estudo;
- A sua formulação tem que obedecer a princípios de clareza lógica e de parcimónia;
- Susceptíveis de quantificação e reunir generalidade explicativa.

Neste caso o processo de formulação da hipótese, como já anteriormente foi referido é indutivo, surge da observação ou reflexões sobre a realidade.

O nível de concretização da hipótese será o mais completo, o estatístico, em que se expressam as relações esperadas em termos quantitativos.

²³ Ibidem, p.53

²⁴ Ordóñez, 1992, p.33

²⁵ McGuigan, 1976, p.37

Neste estudo a hipótese é:

H1- O grau de reserva da plataforma condiciona o sucesso de um sistema de metro ligeiro.

Esta hipótese é formulada como hipótese principal uma vez que é determinante de vários factores: a velocidade comercial; a fiabilidade; a regularidade; a boa imagem do sistema, entre outros. Pelo que é considerada a hipótese mais abrangente de entre todas as outras que são colocadas.

Formula-se a hipótese nula (H_0) que postula que os dados de diferentes condições ou grupos não se diferenciam, não se associam ou não se correlacionam.

Formulam-se ainda as hipóteses alternativas a (H_1), que referem outras explicações alternativas para o fenómeno. A rejeição de H_0 não significa a aceitação imediata da hipótese experimental.

Caberá ao estudo estatístico a confirmação ou infirmação, a partir de certa margem de probabilidade de certeza, a aceitabilidade da hipótese nula fixada.

Não se pode provar H_0 nem directamente H_1 , o que se pode é rejeitar ou aceitar H_0 , e no caso de se rejeitar H_0 , então aceitar ou recusar H_1 .

Neste caso foram adoptadas as seguintes hipóteses alternativas:

- H2 - A extensão da linha influencia a captação de passageiros;

Quanto mais extensa a linha for, mais passageiros ela atrai uma vez que as linhas têm uma faixa de captação de passageiros em seu redor. Logo quanto maior for a linha maior será a área dessa faixa e consequentemente maior será o número de pessoas a servir com a linha o que determina uma maior adesão ao sistema, ou seja, um maior sucesso da implementação da linha.

- H3 - A distância média entre paragens condiciona a captação de passageiros;

Quanto menor for a distância média entre paragens consecutivas, maior o número de paragens, então maior o número de potenciais utilizadores do sistema, especialmente se as paragens estiverem bem posicionadas, perto de zonas residenciais, de zonas culturais e de lazer, de centros comerciais, de pólos industriais ou zonas de escritórios. Em redor de cada paragem é convencionado um raio de influência que determina o número de potenciais utilizadores dessa paragem ou estação, quanto maior for o número de paragens então maior será o número de passageiros da rede.

Ainda como condicionantes da velocidade comercial, velocidade esta que contribui para a regularidade, fiabilidade, segurança e boa imagem comercial dum sistema de metro ligeiro, estão:

- H4 - *A prioridade semafórica condiciona a velocidade comercial;*
- H5 - *A existência de SAE condiciona a velocidade comercial;*
- H6 - *A frequência condiciona a fiabilidade e regularidade do sistema;*

“Dotar a cidade de vias de uso exclusivo para transporte público e a prioridade semafórica, que permita aos veículos de transporte público adaptar-se melhor aos horários e otimizar a velocidade comercial.”²⁶.

“Nos aglomerados urbanos deveria pensar-se na criação de zonas reservadas exclusivamente para o peão e o transporte público, um maior grau de electrificação do transporte público, uma rede de serviços adequadamente acessível e um serviço cómodo, frequente e de capacidade adequada, assim como a promoção de modalidades de transporte não motorizado como a bicicleta, e correspondências cómodas entre as diferentes linhas e meios de transporte.”²⁷

Considerando outras hipóteses que em nada se relacionam com o bom funcionamento a nível de regularidade, fiabilidade, ou segurança, têm-se as seguintes hipóteses alternativas:

- H7 - *O eléctrico como elemento estruturador urbano é uma das razões de sucesso da solução;*

²⁶ Livro Blanco del Transporte en Canárias, 2000, p.8

²⁷ Ibidem, p.17

O facto do eléctrico funcionar como um elemento estruturador e urbanizador da cidade condiciona o sucesso da sua implementação, para identificação desta hipóteses recorrer-se-á à medição da percentagem de regeneração urbana que a implementação do sistema de metro ligeiro supôs;

“ O maior repto para as zonas urbanas é evitar o congestionamento mediante uma melhor distribuição da actividade circundante e a potenciação da mobilidade por meio de um sistema mais flexível, de tipo reticular, no qual adquirem maior relevância a especialização e as relações de integração funcional e complementaridade, trata-se de criar um modelo policentrico e malhado (rede integrada) ”.²⁸

“A organização do território deve desenvolver-se de forma plenamente sincronizada com a planificação do transporte.”²⁹.

- H8 - *O facto de o eléctrico ser um elemento potenciador da expulsão do transporte individual conduz ao sucesso desta solução;*

O facto de o eléctrico funcionar como uma forma de pressão para a expulsão do transporte individual do centro das cidades, evidentemente sempre e quando acompanhado por outras medidas, tais como implementação de estacionamento dissuasórios, *Road pricing*, portagens urbanas, eliminação de estacionamento do interior da cidade, entre outras. Esta hipótese será testada através da determinação da existência ou não de outras medidas de restrição do transporte individual em cada cidade;

“ É necessário deter a utilização massiva do automóvel, para isso é essencial oferecer uma alternativa sob forma de transporte público de qualidade, junto com restrições à utilização excessiva do automóvel”³⁰.

- H9 – *Uma eficiente informação pública potencia o sucesso do sistema;*

²⁸ Ibidem, p.5

²⁹ Ibidem, p.11

³⁰ Ibidem, p.11



O facto da importância de uma boa gestão do processo de implementação do sistema e do adequado acompanhamento de uma campanha de marketing, que explique à população as vantagens destes sistemas e os ganhos de que vão beneficiar com a sua utilização, medido através da variável da existência ou não de um processo de informação pública;

“Deverá garantir-se que os negócios e serviços atraiam um grande número de utilizadores”³¹.

“A informação é fundamental se o que se pretende é atrair utilizadores para o transporte público”³²

“Quis demonstrar que a participação pública é essencial nos projectos tecnológicos – pelo menos em sistemas democráticos sob determinadas condições – mesmo quando as suas políticas são do estilo “do alto para baixo”. Como consequência, a questão da participação pública não se limita à participação pública ditada pelos métodos democráticos, mas sim a uma participação mais vasta, que integra “o público” no projecto e que aborda o conteúdo tecnológico num “contexto social”. Nestes termos, o uso da retórica torna-se um importante elemento de entendimento tecnológico das mudanças em dois diferentes e complementares conceitos: por um lado como um meio catalizador da participação pública e por outro como um meio de refacção dessa participação pública”³³

- H10 – A integração do sistema de transportes determina o seu sucesso;

O facto da perfeita integração deste novo sistema no sistema de transporte público local e da existência de uma gestão que proporcione a maior facilidade na utilização do transporte público como um sistema global, que se traduz numa maior comodidade de utilização e por isso factor potenciador do sucesso da solução. Será testada esta hipótese através da presença ou não de um sistema de tarifa integrada;

Segundo o livro branco do transporte nas Canárias³⁴:

³¹ Idibem, p.7

³² Ibidem, p.13

³³ Aparício, L., 2001, p.20

³⁴ Livro Blanco del Transporte en Canárias, 2000, p.10

“ O sistema de transportes deve ser sobretudo integrado, mediante infra-estruturas de transporte interligadas. De facto, qualquer outro benefício na qualidade de transporte, terá um impacto relativamente baixo se não existe integração de todo o sistema de transporte.

O transporte público de passageiros deve dotar-se de terminais multimodais adequados, onde exista coordenação horária entre os diferentes modos, integração tarifária e melhoramento do sistema de informação aos passageiros”³⁵.

- H11 – O tamanho da população da cidade influencia a captação de passageiros

A dimensão da cidade em termos de população determina a necessidade de implantação de cada um dos sistemas de transporte público ou da conjugação de uma série de sistemas. Não se pretende demonstrar com esta hipótese que é o facto de uma cidade ter maior ou menor população que determina a necessidade de um sistema de capacidade intermédia, como é o eléctrico. Isto porque como um sistema de capacidade intermédia a sua pertinência é tão grande como elemento de transição entre sistemas de baixa e de alta capacidade bem como elemento complementar de sistemas de baixa capacidade, conforme o número de habitantes.

Será tomada em consideração a teoria de erros:

- Erros do tipo I: probabilidade de se rejeitar a hipótese quando ela é verdadeira e deveria ser aceite;
- Erros do tipo II: probabilidade de se aceitar a hipótese quando ela é falsa e deveria ser rejeitada; A probabilidade de erros do tipo I é coincidente com o nível de significância estatística utilizado (α)

O mínimo é $\alpha = 0,05$, significa que há 5% de probabilidades de rejeição da hipótese, ou que se obtém 95% de confiança na tomada de uma decisão acertada.

Quanto maior α maior margem de erro para a recusa da hipótese (Erro do tipo I); quanto menor α maior margem de erro na aceitação da hipótese (Erro do tipo II).

³⁵ Ibidem, p.7

Neste estudo, com a adopção de um modelo de investigação do tipo correlacional, a variável tem a ver com as dimensões do comportamento avaliado ou com os constructos subjacentes.

A operacionalização das dimensões subjacentes³⁶:

- Enunciação da variável a considerar ou a avaliar (incluindo a sua definição);
- Dedução dos aspectos ou dimensões principais e que melhor descrevem tal variável;
- Busca de indicadores ou circunstâncias empíricas concretas que operacionalizam/viabilizam cada uma das dimensões identificadas;
- Construção de índices a tomar na sua medida (ponderação de pesos dos vários indicadores na medida a tomar).

Foi o processo adoptado na escolha das variáveis e na identificação de indicadores que de uma forma precisa pudessem medir essas variáveis, de acordo com a exposição relativa às hipóteses anteriormente descritas.

Todas as hipóteses foram testadas mediante a avaliação da sua relação com o número de passageiros que diariamente utilizam o sistema, em cada cidade.

Outras hipóteses poderiam ainda ser testadas, no entanto parecem estas já bastante relevantes e suficientemente destabilizadoras/moderadoras da hipótese central do estudo.

4.3.3 Variáveis

Podem ser considerados diversos tipos de variáveis, num estudo de investigação e mediante o “valor” científico de cada uma delas poderão realizar-se análises mais ou menos significativas. Para operacionalizar o estatuto das variáveis, Almeida (2000, p.56) propõe o modelo que se enuncia na Tabela 9.

³⁶ Bravo, 1985, p.46

Tabela 9: Estatuto das variáveis na investigação

Sigla	Estatuto	Descrição
VI	Variável Independente	Dimensão ou caracterização que o investigador manipula deliberadamente para conhecer o impacto numa outra variável.
VD	Variável Dependente	Dimensão ou característica que surge ou muda quando o investigador aplica, suprime ou modifica a variável independente
VM	Variável Moderadora	Variável alheia ao estudo que pode influenciar os resultados, podendo actuar de forma independente.
VP	Variável Parasita	Variável associada à variável independente que afecta os resultados da variável dependente, “contaminando-os”.

Fonte: Almeida, 2000, p.56

A tabela 10 apresenta a identificação e estatuto das variáveis escolhidas para a realização do presente estudo, feita em função do anterior modelo proposto por Almeida.

Tabela 10: Estatuto das variáveis adoptadas

Sigla	Estatuto	Identificação
VI	Variáveis Independentes	Tipo de corredor: A; B; C, (reserva da plataforma); Extensão da rede; Distância média entre paragens; Prioridade semafórica; Existência de S.A.E; Frequência em período de ponta; Regeneração urbana; Restrição do transporte individual; Divulgação pública; Tarifa integrada; População da cidade.
VD	Variável Dependente	Número de passageiros que viajam diariamente no metro ligeiro, em cada cidade estudada.

Os parâmetros de medida destas variáveis podem ser:

- Frequência de ocorrência de uma resposta;
- Probabilidade da ocorrência de uma resposta,
- Duração da ocorrência de uma resposta;
- Duração do intervalo de tempo entre 2 ou mais ocorrências repetidas desse fenómeno;
- Intensidade ou grau com que se manifesta uma resposta;
- Velocidade e qualidade que as respostas podem assumir;

No presente estudo todas as variáveis se medem através da intensidade ou grau de manifestação de uma resposta.

As variáveis qualitativas ou tipológicas são dicotómicas descontínuas, do tipo boleano, sim ou não, que facilmente se reproduzem estatisticamente através de uns e zeros respectivamente; as variáveis quantitativas são discretas uma vez que se traduzem através de números inteiros.

As propriedades dos números usados na descrição operacional das variáveis podem situar-se a diferentes níveis:

- Identidade: um número é diferente de outro;
- Magnitude: um número é maior ou menor que outro (ordem);
- Aditividade: um número em relação a outro mantém um intervalo constante (intervalos iguais);
- Proporcionalidade: um número é multiplicativo de outro, em face da existência no sistema de um zero absoluto;

Existem pois 4 tipos de escalas de medidas, cada uma delas representativa de um nível crescente de valor para a realização duma análise estatística mediante as suas características e implicações:

Quadro 5: Tipos de escalas de medida

Nível	Escala	Características	Modelos estatísticos	Procedimentos (Exemplos)
1	Nominal	Classificação; Contagem	Não paramétrico	Frequências; % acumuladas; Qui-quadrado; r-bisserial
2	Ordinal	Valores ordenados; diferenças tomando os opostos	Não paramétrico	Rhô de Spearman; t-Wilcoxon; Teste de sinais ; Mann-Whitney
3	Intervalar	Intervalos iguais; Zero não absoluto	Paramétrico	Média; Desvio padrão; Análise factorial; Análise variância; R de Pearson; Regressão
4	Proporcional	Intervalos iguais; Zero absoluto; Razão entre quantidades		

Fonte: Almeida, 2000, p.66

Todas as variáveis escolhidas são do tipo nominal, com excepção da variável dependente que é o número de passageiros da extensão da rede, da distância média entre paragens da frequência de passagem e do tamanho da população, que são variáveis do tipo intervalar.

4.4 População e amostra

Para redacção deste factor, julga-se conveniente a prévia descrição dos seguintes conceitos³⁷:

- Universo ou população — Conjunto de elementos ou sujeitos que partilham características comuns definidas por um conjunto de critérios;
- População alvo – Conjunto de elementos que satisfazem os critérios de selecção antecipadamente definidos para os quais se deseja fazer generalizações;
- População acessível – Porção da população alvo acessível ao investigador;

³⁷ Fortin, 2000, p.202-213

- Amostra – Subconjunto de uma população de um grupo de sujeitos que fazem parte da população. É uma réplica em miniatura da população alvo. Deve ser representativa da população visada, isto é, as características da população devem estar presentes na amostra selecionada;
- Indivíduo/sujeito/caso – Cada um dos elementos que compõe a amostra;

Murteira & Black³⁸, referem que:

“A amostragem é um processo utilizado há muitos anos, baseando-se na explicação e na intuição da ideia de que uma amostra pode informar sobre as propriedades do universo. Utiliza-se por razões de ordem económica e de exequibilidade da investigação num período de tempo razoável para além de estatisticamente ser perfeitamente aceitável.”

4.4.1 Caracterização da população

Logo que o investigador delimite a população potencial para o estudo deve precisar os critérios de selecção dos seus elementos. Estes critérios são guias importantes para a escolha possível do elemento da amostragem. Certos critérios dizem respeito às características referidas para que um elemento ou sujeito faça parte da amostra, por exemplo: ser cidade da Europa; ter implementado um sistema de metro ligeiro, etc. De igual modo certos critérios definem os sujeitos ou elementos que não farão parte do estudo, por exemplo: um investigador pode centrar-se unicamente nos sujeitos que fornecem dados ao público e excluir os restantes.

Neste caso o universo ou população foi constituído por todas as cidades onde se verificou um ressurgimento do carro eléctrico.

“É economicamente inviável, estatisticamente desnecessário e humanamente impossível considerar na investigação todos os indivíduos”³⁹

³⁸ Murteira & Black, 1983, p.8

³⁹ Miranda, 1983, p.241-257

Para garantir a exequibilidade do estudo a população alvo foi constituída pelo conjunto de cidades da Europa que implantaram um sistema de eléctricos a partir de 1985 e que publicamente exponham os seus sistemas, através da descrição a nível técnico e económico sobre a sua implementação e exploração, e que o façam de uma forma pública e acessível a qualquer investigador.

Para tal foram consultados livros, revistas e páginas de Internet consideradas como fontes fidedignas garantindo o rigor de colheita de dados que um trabalho deste tipo exige.

Os critérios de inclusão foram:

- Cidade da Europa;
- Implantação do sistema de eléctrico, a partir de 1985;
- Informação pública sobre o sistema;

As razões da escolha destes critérios de inclusão foram as seguintes:

O primeiro por apenas se pretender com este estudo a determinação dos factores do ressurgimento do carro eléctrico na Europa que foi o continente onde este processo teve maior difusão;

O segundo pelo facto de o ressurgimento implicar uma data recente, a partir da qual se tenha despoletado o ressurgimento de sistemas;

Três razões levaram à escolha do terceiro critério de inclusão, a primeira por motivos de tempo disponível, a segunda por razões de ordem económica e a terceira por razões de ordem ética, dado que a utilização de dados postos à disponibilização pública, são mais rapidamente acessíveis, gratuitos e não obrigam à confidencialidade dos resultados, podendo o investigador divulgar o seu estudo sem ter necessidade de pedir autorização aos concessionários.

Por razões de rigor metodológico foram excluídas todas as cidades que não se enquadravam nestes critérios. Assim, a população alvo é constituída pelas seguintes dez cidades da Europa:

- Lille;
- Lisboa;
- Manchester;
- Nantes;
- Paris;
- Rouen;
- Sheffield;
- Strasbourg;
- Stuttgart;
- Valencia.

4.4.2 Caracterização da amostra

Devido ao tamanho reduzido da população, far-se-á coincidir o seu tamanho com o da amostra, isto é, todas as cidades serão incluídas no estudo. Com este procedimento pretende-se melhorar a fiabilidade do estudo e as probabilidades das inferências estatísticas.

A amostra foi, portanto, o conjunto das dez cidades escolhidas para a elaboração da parte prática do estudo, e os indivíduos ou nesta circunstância casos, foram respectivamente cada uma dessas dez cidades.

Este tipo de amostragem inclui-se na amostragem por selecção racional.

“É uma técnica que tem por base o julgamento do investigador para constituir uma amostra de sujeitos em função do seu carácter típico, como no estudo de caso extremo ou caso desviante. A selecção dos casos permite estudar fenómenos pouco estudados contribuindo para uma melhor compreensão dos mesmos. Esta técnica requer a selecção cuidadosa dos participantes para garantir a representatividade do fenómeno em estudo”⁴⁰.

⁴⁰ Fortin, 2000, p.209

“Para as amostras de tamanho $N < 30$, denominadas pequenas amostras ou amostras exactas, o estudo das distribuições estatísticas é denominado teoria das pequenas amostras ou teoria exacta de amostragem visto que através de procedimentos estatísticos adequados os resultados obtidos são válidos tanto para as grandes como para as pequenas amostras”⁴¹

4.5 Recolha de dados, procedimentos e instrumentos

4.5.1 Procedimentos de construção

Como procedimentos construtivos não poderá deixar de fazer-se referência a:

- Prova – que engloba a generalidade dos testes: inventários, escalas e técnicas mais formais de avaliação;
- Situação de avaliação – listas de verificação, grelhas de observação sistemáticas, grelhas de entrevistas, entre outras.

No estudo em curso, foram consultados diferentes processos formais de avaliação e resolveu adoptar-se o preenchimento de fichas de cada cidade e seguimento de um guião descritivo da realidade do aparecimento do processo em cada cidade, da realidade de cada cidade e do sistema de cada cidade. Descrição esta, que permite a identificação das variáveis em cada caso e posterior sintetização num quadro ou matriz a submeter a estudo estatístico.

4.5.2 Recolha de itens

A recolha dos itens requer a prévia definição de:

- Âmbito e objectivos do instrumento a construir;
- População a que se destina a prova ou contexto de observação;
- Característica ou dimensão a avaliar (constructo);
- Aspectos comportamentais a integrar e que explicitam o constructo;

⁴¹ Spiegel, 1994, p.283

É primordial a definição do âmbito da prova, do que se vai avaliar e junto de quem vai decorrer a avaliação e por isso este foi um dos primeiros passos da elaboração deste estudo.

A formulação dos itens tem que ser:

- Objectiva;
- Simples;
- Relevante;
- Pertinente para amplitude do domínio a avaliar;
- Credível;
- Clara.

Pensa-se que o cumprimento destes objectivos foi atingido aquando da escolha dos itens a avaliar para determinação das variáveis.

Inicialmente consideraram-se mais itens (onze) que após uma pesquisa mais elaborada foram concatenados, por apresentarem relações de dependência muito grandes. Através deste método de focagem o estudo ficou reduzido a oito itens. Número aceitável para cumprir o equilíbrio entre validade e representatividade.

Após a selecção dos itens procedeu-se a uma análise da referida selecção. Foram realizadas análises internas para apreciar o conteúdo e a forma dos itens, a sua clareza, compreensibilidade e adequação dos objectivos, nomeadamente o método do “*thinking aloud*” de Goldman⁴². Este método da resolução da prova é bastante eficiente e especialmente útil na:

- Identificação de ambiguidades;
- Identificação de processos e estratégias usadas para a resposta;
- Apreciação da eficácia e da qualidade das várias hipóteses correspondentes;
- Identificação de aspectos peculiares ou dificuldades acrescidas;
- Verificação de atitudes gerais dos sujeitos;
- Detecção de itens mal construídos;
- Primeiro nível de conhecimento das dificuldades sentidas;

⁴² Goldman, 1971, p.63

- Percepção da dificuldade e suficiência de instruções através da estimativa do tempo para realização da prova;

Uma vez que este estudo não é experimental, e que o preenchimento das fichas e matrizes referentes às cidades será realizado pelo investigador, o interesse de algumas das vantagens do método não é de todo aplicável, no entanto não deixou de ser interessante e útil a realização deste exercício.

Quanto à elaboração de análises estatísticas para avaliação da homogeneidade/heterogeneidade entre os diferentes itens, três testes estatísticos se poderiam realizar:

- Apreciação da dificuldade ou dispersão das respostas numa amostra de sujeitos avaliados;
- Apreciação da capacidade discriminativa (validade interna), em que medida o item está ou não relacionado com outros itens;
- Apreciação da validade externa do item ou sua relação com critérios externos.

Pelo anteriormente descrito afigura-se evidente a não pertinência/utilidade da realização do primeiro teste, referente ao índice de dificuldade. Pela sua pertinência foram realizados os outros dois.

4.5.3 Características metodológicas dos resultados

São características importantes dos resultados, a sensibilidade a fidelidade e a validade dos citados resultados:

A sensibilidade dos resultados traduz o grau em que os resultados obtidos aparecem distribuídos diferenciando os sujeitos entre si nos seus níveis de realização:

- 1º - Analisar os resultados e esperar que estejam entre um mínimo e um máximo de respostas correctas, neste caso coerentes;
- 2º - Média dos resultados e proximidade à mediana e moda;
- 3º - Variância dos resultados;
- 4º - Coeficiente de assimetria e de curtose;
- 5º - Análise de correspondências das percentagens observadas relativamente às esperadas (qui-quadrado);

A fidelidade dos resultados determina o grau de confiança ou de exactidão da informação.

- Estabilidade ou consistência dos resultados;
- Homogeneidade do todo, consistência interna;

4.6 Análise de resultados

Consideram-se como objectivos fundamentais da investigação a descrição, explicação, predição e controlo dos fenómenos e comportamentos. O último passo da investigação consistirá no processamento e análise dos dados recolhidos mediante a observação e avaliação conduzida. Este tratamento de dados permite ao investigador retirar conclusões do seu estudo junto de um indivíduo, grupo, situação ou instituição.

4.6.1 Matriz de dados

Uma vez finalizada a fase de obtenção de informação, a fase seguinte em qualquer processo de investigação consiste na preparação de dita informação para posterior análise. Qualquer análise que se efectue deverá realizar-se sobre uma parte ou a totalidade dos dados contidos nos ficheiros de trabalho, que neste caso é constituído pelas fichas iniciais elaboradas para cada cidade.

A partir destas fichas de trabalho, partir-se-á para a execução da matriz de dados. Foi construída uma matriz de dados de indivíduos por variáveis. As linhas correspondem aos indivíduos e as colunas correspondem a variáveis extraídas do ficheiro de trabalho tendo-se efectuado algumas modificações. Tais como a assimilação de dados para obtenção de alguns indicadores, como por exemplo a divisão do comprimento da linha pelo número de paragens para obtenção da distância média entre paragens.

Esta matriz é uma solução conjugada de uma tabela de dados quantitativos e de uma tabela disjuntiva completa. As tabelas de dados quantitativos seleccionam as variáveis quantitativas que correspondem a respostas dadas sob a forma de pontuações. Neste caso o indivíduo é cada cidade e cada valor X_{ij} deste tipo de tabelas é a pontuação, neste caso o valor dado pela cidade i à variável j .

As disjuntivas completas são um tipo de tabelas em que as variáveis do ficheiro de dados seleccionados são variáveis qualitativas de tipo nominal, nas que, cada um dos níveis de cada uma das variáveis consideradas está representado por uma variável do tipo booleano na qual o 1 indicará a pertinência da cidade ao nível considerado da variável que é o mesmo que uma resposta afirmativa (do tipo sim) e o 0 indicará uma resposta do tipo não.

As tabelas lógicas indicam a modalidade da variável qualitativa estudada à qual pertencem cada uma das cidades consideradas. Neste tipo de tabelas, o término X_{ij} tomará valores 0 ou 1 segundo a cidade “ i ” pertença ou não ao grupo “ j ”.

Seguidamente, na Figura 27, será apresentada a matriz de dados referente a este estudo

	X ₁			X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	Y
Cidade	Corredor			Extensão [km]	DMP [m]	Prior Sem	SAE	Frequência [min]	Req. Urbana	Restric TI	Div. Púb	Tarifa Integrada	População	Nº Pass/dia
	A	B	C											
Lille		1		19	528	0	1	3,5	0	1	1	1	1.128.500	24.780
Lisboa			1	10	417	0	1	5	0	0	0	1	1.600.000	4.968
Manchester		1		31	1.192	0	1	6	1	1	1	0	2.600.000	40.000
Nantes		1		27	500	1	1	7	1	1	1	1	550.000	135.000
Paris		1		9	429	1	1	5	1	1	1	1	9.000.000	60.000
Rouen		1		11	487	1	1	5	1	1	1	0	679.000	37.500
Sheffield		1		32	711	1	1	5	1	1	1	0	1.700.000	65.000
Strasbourg		1		13	506	1	1	4	1	1	1	0	435.000	63.000
Stuttgart		1		95	500	1	1	3	0	1	1	1	2.600.000	310.000
Valencia		1		10	467	1	1	5	1	1	1	1	1.400.000	9.354

Figura 27 – Matriz de dados

4.6.2 Classificação dos métodos de análise

Depois da obtenção da matriz de dados, para selecção do método de análise, será necessário um estudo da matriz no respeitante a:

- Número de variáveis;
- Escala de medida das variáveis;
- Relação existente entre as variáveis;

A matriz de dados deste estudo, conduz à necessidade de adopção de um método do tipo multivariável. No entanto, considerou-se conveniente a realização de uma análise prévia do tipo univariável, para estudar o comportamento das variáveis de forma individual, dada a utilidade da obtenção de uma primeira impressão sobre a tendência dos resultados que este tipo de análise confere.

Partiu-se seguidamente para a análise multivariável, para a determinação de quais os factores mais determinantes no ressurgimento do carro eléctrico, tanto os referentes à hipótese do estudo como os das hipóteses alternativas.

Os distintos métodos de análise multivariável, existentes podem classificar-se, em primeiro lugar tendo em conta o objectivo que perseguem:

- Métodos de análise descritivos ou de interdependência, que se utilizam para estruturar um fenómeno com a finalidade da sua compreensão;
- Métodos de análise explicativos ou de dependência, que se utilizam para estudar as relações que se produzem entre os fenómenos ou entre conjuntos de fenómenos;

Tendo em conta as escalas de medida e das variáveis a analisar e as relações que existem entre elas, escolheu-se o tipo de análise estatística mais adequado mediante o seguimento do esquema que se apresenta na Figura 28, que constitui o fio condutor de sistematização do raciocínio.

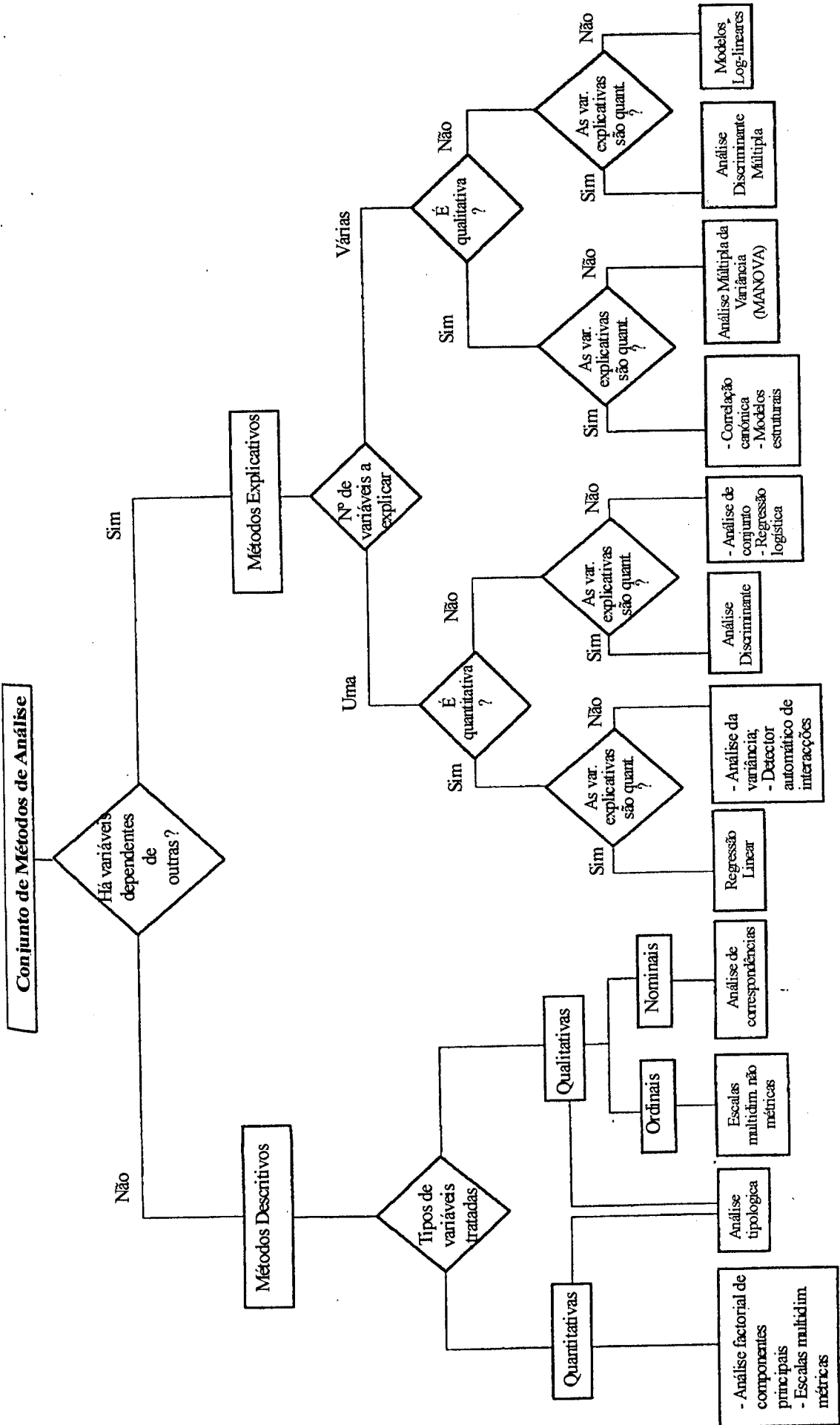


Figura 28 – Métodos de Análise Estatística

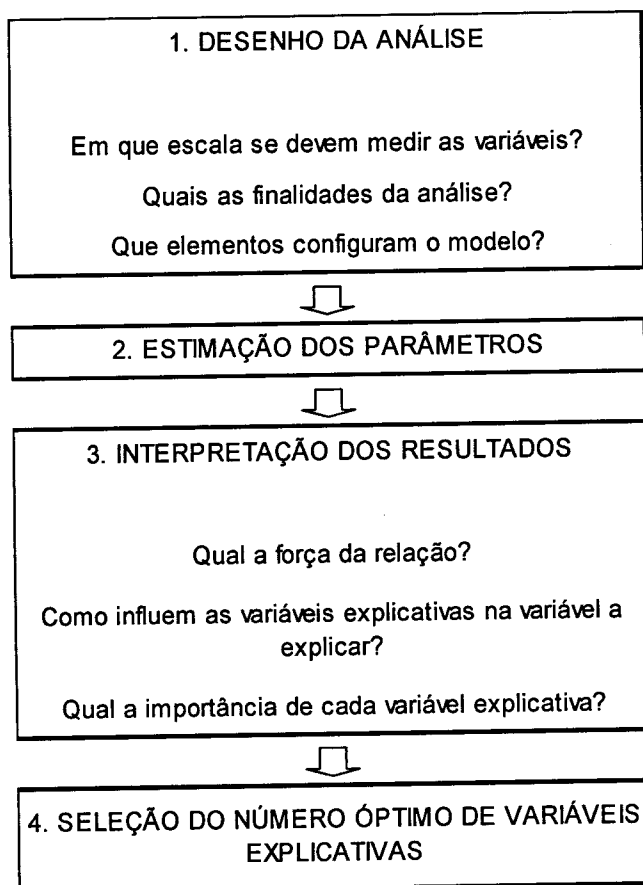
Resolveu-se então adoptar a análise de regressão múltipla que é o método explicativo de análise multivariável mais conhecido. Consiste em explicar uma variável, chamada variável a explicar ou dependente, neste caso o número de passageiros/dia do sistema em cada cidade, mediante um conjunto de outras variáveis, chamadas variáveis explicativas ou independentes, todas as outras variáveis do estudo.

De uma forma geral, as finalidades do método de análise de regressão múltipla são:

- Determinar a função que relaciona as variáveis independentes com a variável dependente;
- Determinar se as variáveis independentes explicam uma variação significativa da variável dependente, ou seja, determinar se a relação existe;
- Determinar a importância da relação de associação entre as variáveis independentes e a variável dependente, ou seja, determinar a força da relação;

4.6.3 Metodologia da análise de regressão múltipla

A metodologia da análise de regressão múltipla estrutura-se em 4 etapas, esquematicamente apresentadas na Figura 29.



Fonte: Pedret et al, 2000, p.132

Figura 29 – Esquema metodológico da análise de regressão múltipla

Etapa 1: Desenho da análise

Uma das premissas básicas da análise de regressão múltipla é que quer a variável dependente quer as independentes devem ser do tipo quantitativo. Nos casos estudados, as variáveis medem-se com escalas nominais e de intervalo, como já foi referido no ponto referente às variáveis.

Num modelo de regressão múltipla distinguem-se quatro elementos: variáveis; parâmetros ou coeficientes de regressão; término residual e equação.

- Variáveis, a classificação mais simples consiste na diferenciação entre os tipos de variáveis:

Uma variável a explicar ou dependente, representada por Y (número de passageiros do sistema);

Oito variáveis explicativas, representadas por $X_1, X_2, X_3, \dots, X_8$ (todas as outras variáveis);

- Parâmetros ou coeficiente de regressão, são os valores que relacionam as variáveis explicativas com a variável a explicar, representados por $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_8$.

Este valor β_i expressa a mudança esperada na variável a explicar Y , devido à mudança de uma unidade na variável explicativa X_i , quando o resto das variáveis explicativas $\beta_1, \beta_2, \beta_{i-1}, \beta_{i+1}, \beta_8$ se mantêm constantes.

Os efeitos combinados das distintas variáveis são aditivos, quer dizer, se $X_1, X_2, X_3, \dots, X_8$ mudam uma unidade, a mudança esperada em Y será $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \dots + \beta_8$.

A estimação dos parâmetros β é a finalidade do método de regressão;

- Valor residual, é habitualmente representado por “e” e tem como principais funções, as quatro seguintes:

- Recolher as variações das variáveis explicativas omitidas no modelo;
- Recolher as especificações incorrectas da forma funcional do modelo,
- Recolher erros na medição das variáveis;
- Recolher o comportamento variável e imprevisível dos sujeitos;

- Equação, forma genérica de um modelo de regressão múltipla, definido através dos elementos anteriores:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 \dots + \beta_9 X_9 + e$$

Este procedimento geral supõe que se cumpram as hipóteses seguintes, para que a especificação do modelo seja correcta:

1. A relação entre as variáveis independentes e a variável dependente é linear, ou seja, as mudanças na variável dependente motivadas pela variação em uma das variáveis independentes são constantes e dependem do intervalo dos valores da anteriormente mencionada variável independente. Caso a relação entre as variáveis não seja linear, recorrer-se-á a outros métodos, testes como a regressão polinomial, ou regressão não linear;
2. Não deverá existir correlação entre as variáveis independentes (ausência de multicolinearidade). No caso do desrespeito desta hipótese, não se podem interpretar os parâmetros da regressão;
3. Os valores residuais devem seguir uma distribuição normal com uma média igual a 0 e com uma variância constante (homocedasticidade). Para além de que os termos residuais relativos a duas quaisquer observações não devem estar correlacionados;

Etapla 2: Estimação dos parâmetros β_i

A estimação dos parâmetros β_i , permitirá a obtenção da seguinte equação:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_i X_i$$

Sendo:

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_8$ os melhores estimadores de $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_8$

e:

$$Y = Y + e$$

Na regressão simples ($Y = \beta_0 + \beta_1 X + e$), a estimação dos parâmetros β_0 e β_1 significa, desde o ponto de vista geométrico, a obtenção da linha recta que melhor se ajusta à nuvem de pontos (Y, X) . na regressão múltipla, a obtenção do vector de parâmetros $[\beta]$ permitirá ajustar um plano, no caso de duas variáveis explicativas, ou um hiper plano, no caso de mais de duas variáveis explicativas como acontece neste estudo.

O método de estimação dos parâmetros β mais comum à estimação por mínimos quadrados é aquele cujo procedimento se baseia na minimização do valor residual “e”. O referido procedimento utiliza a decomposição da variação total de Y em duas fontes de variação: a variação procedente das variáveis explicativas X_i , ou seja, a variação explicada pelo modelo, e a variação do valor residual “e”, ou seja, a variação não explicada pelo modelo:

$$SC_y = SC_{reg} + SC_{res}$$

Sendo:

$$SC_y = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2$$

$$SC_{reg} = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2$$

$$SC_{res} = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2$$

n é o número de indivíduos da amostra, neste caso $n = 10$.

A estimação dos parâmetros por mínimos quadrados conduz à minimização de SC_{res} :

$$\min \sum_{i=1}^n e_i^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

Obtendo a seguinte estimação dos parâmetros:

$$[\hat{\beta}] = [X'X]^{-1} [X'] [Y]$$

Sendo: $[X]$ a matriz que contém os distintos valores das variáveis explicativas;

$[Y]$ a matriz que contém os distintos valores da variável a explicar;

Deve ainda ser referido para a resolução do modelo, que a obtenção das estimações dos parâmetros β não poderá ser realizada se:

- O tamanho da amostra n for inferior ao número de variáveis independentes, o que não acontece neste estudo visto que a amostra é constituída por 10 elementos (cidades), e as variáveis independentes são 8;
- Uma ou outra variáveis independentes estejam altamente correlacionadas com outra variável independente, provocando um problema de multicolineariedade. Pela análise da matriz de correlações entre variáveis explicativas (Figura 30) pode observar-se que a multicolineariedade se verificou com três das variáveis independentes consideradas neste estudo, a velocidade comercial, a restrição de transporte individual e o processo de divulgação pública. Uma forma rápida de detecção desta multicolineariedade consiste na análise das correlações entre variáveis independentes. E sempre que isto acontece, por exemplo quando há duas variáveis independentes fortemente relacionadas ($R > 0,7$), basta analisar no modelo de regressão uma delas, porque esta contém basicamente toda a informação contida na outra. Foi impossível eliminar problemas de multicolineariedade aplicando uma análise factorial de componentes principais às variáveis explicativas, cujo resultado foi a criação de novas variáveis não correlacionadas. Também se eliminou a hipótese referente à existência de um sistema de ajuda à exploração por ser constante em todas as cidades não sendo por isso diferenciadora.

	CORR B	CORR C	EXT	PARAG	DMP	PRIOR SEM	SAE	FREQ	VC	REQ URB	RES TI	DIV PUB	TAR INT	POP
CORR B	1,000													
CORR C	-1,000 (c)	1,000												
EXT	0,212	-0,212	1,000											
PARAG	0,153	-0,153	0,970 (c)	1,000										
DMP	0,238	-0,238	0,147	-0,094	1,000									
PRIOR SEM	0,509	-0,509	0,150	0,238	-0,413	1,000								
SAE	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)	(a)							
FREQ	-0,046	0,046	-0,398	-0,475	0,313	0,010	(a)	1,000						
VC	0,424	-0,424	0,751 (b)	0,611	0,554	-0,032	(a)	-0,036	1,000					
REQ URB	0,620	-0,620	-0,507	-0,586	0,286	0,406	(a)	0,537	-0,09	1,000				
RES TI	1,000 (c)	-1,000 (c)	0,212	0,153	0,238	0,509	(a)	-0,05	0,424	0,620	1,000			
DIV PUB	1,000 (c)	-1,000 (c)	0,212	0,153	0,238	0,509	(a)	-0,05	0,424	0,620	1,000 (c)	1,000		
TAR INT	-0,272	0,272	0,131	0,279	-0,558	-0,089	(a)	-0,11	-0,110	-0,506	-0,272	-0,272	1,000	
POP	0,079	-0,079	-0,025	-0,015	-0,044	0,108	(a)	-0,01	-0,120	0,068	0,079	0,079	0,279	1,000

(a) - Não se pode calcular porque pelo menos uma variável é constante.

(b) - A correlação é significativa ao nível 0,05 (bilateral)

(c) - A correlação é significativa ao nível 0,01 (bilateral)

Figura 30 – Matriz de correlações entre variáveis explicativas

Etapa 3: Interpretação de resultados

Para validar as estimações dispõe-se de um conjunto de parâmetros calculados de forma simultânea para obtenção dos coeficientes β_i , que se esquematiza na Figura 31.

Variável Dependente: Número de passageiros diários					
Variáveis Independentes, entradas por ordem:		1	Não existência de corredor B		
		2	Extensão da rede		
		3	Distância Média entre Paragens		
		4	Requalificação Urbana		
R	0,975	Análise da Variância			
R²	0,951		DF	Soma dos Quadrados	Média dos Quadrados
R²corr	0,911	Regressão	4	7,002E+10	1,75E+10
erro padrão	26981	Residual	5	3,640E+09	7,28E+08
		F=	24,046	Signif F =	0,002
	β	SE β	Nβ	T	Sig T
(Constante)	20528,921	31905,809		0,643	0,548
CORR B	-44776,0	61109,064	-0,157	-0,733	0,497
EXT	4239,867	720,969	1,218	5,881	0,002
DMP	-138,992	45,874	-0,356	-3,030	0,029
REQ URB	87537,056	55561,129	0,411	1,576	0,176

Figura 31 - Resultados análise de regressão múltipla

Os aspectos a considerar para uma correcta e completa interpretação dos resultados são:

- **Existência e força da relação.** Para analisar a existência e a força da relação de associação entre as variáveis independentes e a variável dependente, utilizou-se o quadrado do coeficiente de correlação múltipla, R^2 , que indica a proporção da variação da variável dependente que vem explicada pela variação das variáveis independentes:

$$R^2 = \frac{SC_{reg}}{SC_y}$$

No exemplo apresentado, R^2 é igual a 0.951 (ver Figura.31). Aproximadamente 95% da variação da variável dependente é explicada pelas variáveis independentes. Na prática considera-se que os dois conjuntos de variáveis estão relacionados se $R^2 \geq 0,7$. A não ser assim, não faria qualquer sentido a interpretação do resto dos parâmetros, com a qual se deveria finalizar a análise.

Considerando que R^2 aumenta à medida que se acrescentam variáveis explicativas ao modelo, mas que após a introdução das primeiras variáveis, a contribuição de novas

variáveis explicativas é mínima para a explicação das variações de Y, utiliza-se um R^2_{ajustado} calculado em função do número de variáveis independentes e do tamanho da amostra, utilizando a seguinte fórmula:

$$R^2_{\text{ajustado}} = R^2 - \frac{P(1-R^2)}{n-P-1}$$

No exemplo apresentado o valor de R^2_{ajustado} é de 0,911 (ver Figura 31).

Interpretação dos coeficientes β_i . A interpretação dos coeficientes β_i indica a direcção da relação entre a variável a explicar e as variáveis explicativas. O sinal associado a cada β_i permite identificar o sentido em que varia a variável a explicar mediante uma variação da variável X_i correspondente:

Um $\beta_i > 0$ significa que um incremento, de uma unidade, na variável explicativa associada X_i , implica um incremento da variável a explicar Y em β_i unidades, sempre e quando as demais variáveis se mantenham constantes. Assim podemos dizer, por exemplo, que se a extensão da linha aumentar um metro há um aumento de aproximadamente 4.240 passageiros (ver Figura 31).

Um $\beta_i < 0$ significa que um incremento, de uma unidade, na variável explicativa associada X_i , implica uma diminuição da variável a explicar Y em β_i unidades, sempre e quando as demais variáveis se mantenham constantes. Assim podemos dizer, por exemplo, que se a distância média entre paragens aumentar um metro isso traduz-se num decréscimo de aproximadamente 139 passageiros (ver Figura 31).

- **Importância de cada variável explicativa.** Atendendo a que as variáveis explicativas foram medidas em distintas escalas, os coeficientes β_i obtidos não são comparáveis entre si. Para poder compará-los com o objectivo de avaliar a importância de cada variável explicativa, utilizamos os coeficientes normalizados $N\beta_i$. Estes coeficientes obtêm-se a partir das variáveis explicativas normalizadas, ou seja, transformadas de tal forma a terem o mesmo valor médio (igual a 0) e a mesma variância (igual a 1). Obteve-se então a relação seguinte entre os parâmetros β e os parâmetros $N\beta^2$.

$$N\beta_p = \beta_p \frac{S_{Xp}}{S_y}$$

Sendo S_{xp} e S_y os desvios padrões de X_p e Y respectivamente.

O peso real ou importância dada a cada variável explicativa na explicação das variações da variável dependente, obtém-se a partir da realização do seguinte cálculo:

$$IX_p = \frac{|N\beta_p|}{\sum_{p=1}^p |N\beta_p|} \cdot 100$$

Que no exemplo apresenta os seguintes resultados (Figura 32)

		$N\beta$	IX
CORR B	Não existência de corredor B	-0,157	7,3%
EXT	Extensão da rede	1,218	56,9%
DMP	Distância Média entre Paragens	-0,356	16,6%
REQ URB	Requalificação Urbana	0,411	19,2%
$\Sigma N\beta $		2,142	

Figura 32 - Resultados sobre o peso das variáveis

Pela análise da Figura 32 observa-se que a variável mais influente na explicação das variações da variável dependente, o número de passageiros do sistema em cada cidade, é a extensão da rede com um $N\beta = 1,218$, o que representa um peso de 56,9% na explicação do número de passageiros diários do sistema. A segunda variável mais importante é a associação com uma regeneração urbana com um $N\beta = 0,411$ e com um peso de 19,2%. A hipótese que inicialmente se definia como mais condicionante, a reserva da plataforma, embora efectivamente o seja, uma vez que persiste até ao final do estudo (não foi eliminada) tem um peso de apenas 7,3% na explicação do número de passageiros que diariamente utiliza o sistema.

- **Provas de significância.** Estas provas podem ser de dois tipos:

A/ Prova para determinar se cada variável independente por si só influi significativamente sobre a variável dependente;

B/ Prova de significância global da relação entre todas as variáveis independentes e a variável dependente

No primeiro caso as hipóteses apresentadas são as seguintes:

$$H_0: \beta_i = 0 \quad \forall i = 1, \dots, 8$$

$$H_0: \beta_p \neq 0$$

A prova utilizada foi a prova t cujo resultado figura no “*Output*” de uma análise de regressão múltipla (ver Figura 11). O estatístico t com $(n-I-1)$ graus de liberdade foi:

$$t = \frac{\beta_p}{SE_{\beta_p}}$$

Etapla 4: Selecção do número óptimo de variáveis

Existem três procedimentos para seleccionar o número óptimo de variáveis independentes:

- método “*forward selection*”;
- método “*backward elimination*”;
- método “*stepwise*”

No estudo realizado utilizou-se o método do *backward elimination*; sendo determinado que o número óptimo de variáveis independentes eram as quatro que anteriormente se apresentaram e se passam a citar: a inexistência de reserva da plataforma; a extensão da rede; a distância média entre paragens e a regeneração urbana. Este método consistiu em dar início ao processo de cálculo com todas as variáveis na equação. Sendo sucessivamente eliminadas em cada uma das etapas posteriores, as variáveis que satisfazem os critérios de eliminação do modelo. O processo termina quando nenhuma das variáveis satisfaz o critério.

O critério de selecção de uma variável explicativa é em geral menos restritivo que o critério de eliminação. Uma variável ficará então fora da equação se a estimação do parâmetro β associado for igual a 0 com uma significância $\alpha \leq 10\%$.

No caso em estudo bastaria uma etapa para chegar à conclusão de que de entre as oito variáveis inicialmente consideradas apenas seria eliminada a variável referente à frequência de passagem de veículos (ver Figura 31). No entanto e como se pretendia saber com um maior grau de fineza quais os factores verdadeiramente mais determinantes no sucesso dos sistemas procedeu-se a mais 3 iterações pelo que se chegou aos quatro anteriormente citados. Nestas três iterações foram sendo consecutivamente eliminadas as variáveis que apresentavam um menor valor T (ver Figura 33). Recorreu-se à implementação de 6 modelos com inclusão de diferentes números de variáveis, de entre os quais se seleccionou o quinto, por ser o que apresentava a melhor relação entre o número de variáveis e a fortaleza de relações. Este processo iterativo pode ser mais detalhadamente observado nos ficheiros estatísticos remetidos para anexo B.

Modelo		Coeficientes não standardizados		Coeficientes standardizados		Sig T
		β	SE β	N β	T	
1	(Constante)	108279,7	369818,6		0,293	0,819
	CORR B	-119762	454019,4	-0,419	-0,264	0,836
	EXTENSÃO	7107,182	8008,817	2,041	0,887	0,538
	DMP	-436,203	574,559	-1,117	-0,759	0,587
	PRIOR SEM	-139823	296552,9	-0,747	-0,471	0,720
	FREQ	6378,903	52332,993	0,082	0,122	0,923
	REQ URB	291175,3	742555,5	1,368	0,392	0,762
	TAR INT	-31652,7	68819,289	-0,181	-0,460	0,726
	POP	4,545E-03	0,007	0,127	0,614	0,649
2	(Constante)	147299,5	131905		1,117	0,38
	CORR B	-170579	128067,2	-0,596	-1,332	0,314
	EXTENSÃO	7909,032	3253,871	2,271	2,431	0,136
	DMP	-482,322	308,010	-1,235	-1,566	0,258
	PRIOR SEM	-166351	143492,2	-0,888	-1,159	0,366
	REQ URB	870928,1	250114,4	1,742	1,483	0,276
	TAR INT	-27345,9	42068,416	-0,156	-0,650	0,582
	POP	4,408E-03	0,005	0,123	0,846	0,487
3	(Constante)	74795,731	63275,475		1,182	0,322
	CORR B	-129666	100226,6	-0,453	-1,294	0,286
	EXTENSÃO	6556,537	2248,086	1,883	2,916	0,062
	DMP	-334,161	186,166	-0,856	-1,795	0,171
	PRIOR SEM	-101686	92927,275	-0,543	-1,094	0,354
	REQ URB	274827,4	181291,1	1,291	1,516	0,227
	POP	2,470E-03	0,004	0,069	0,643	0,566
4	(Constante)	74968,400	58451,226		1,283	0,269
	CORR B	-121569	91852,195	-0,425	-1,324	0,256
	EXTENSÃO	6372,216	2059,752	1,83	3,094	0,036
	DMP	-320,678	170,879	-0,821	-1,877	0,134
	PRIOR SEM	-93763,6	85084,992	-0,501	-1,102	0,332
	REQ URB	260624,3	166222,7	1,224	1,568	0,192
5	(Constante)	20528,921	31905,809		0,643	0,548
	CORR B	-44776,0	61109,064	-0,157	-0,733	0,497
	EXTENSÃO	4239,867	720,969	1,218	5,881	0,002
	DMP	-138,992	45,874	-0,356	-3,030	0,029
	REQ URB	87537,056	55561,129	0,411	1,576	0,176

Figura 33 - Backward elimination

4.6.4 Análise de resíduos

A análise de resíduos permite identificar indivíduos ou observações com valores residuais elevados, isto é, indivíduos cujos valores estimados da variável dependente diferem notavelmente dos valores reais. Estes indivíduos costumam denominar-se *outliers* ou indivíduos a excluir do intervalo, posto que, para eles, a relação linear entre a variável dependente e as variáveis independentes não existe. O impacto dos *outliers* sobre os resultados da regressão é notável, provocando que o ajuste geral do modelo não seja tão preciso, podendo mesmo afirmar-se que é desproporcionado posto que ainda que poucos, os *outliers* são suficientes para distorcer os resultados globais. Por este motivo, é importante a sua identificação e posterior eliminação.

4.7 Discussão de resultados

Neste sub-capítulo dar-se-á significado aos resultados obtidos, tendo em conta a fundamentação teórica realizada e metodologia utilizada. A sua organização segue os objectivos traçados visando a verificação das hipóteses em estudo.

Encontra-se subdividido em duas partes:

Na primeira fazem-se breves considerações metodológicas, que incluem uma reflexão sobre a actualidade e interesse do estudo e na segunda apresenta-se a discussão dos resultados propriamente ditos, isto é, a realidade prática observada.

4.7.1 Considerações metodológicas

A discussão dos resultados é uma etapa crucial no processo de investigação, ao dar significado aos dados mais relevantes, à luz do enquadramento teórico e metodologia utilizada no estudo, discutindo-se igualmente as inferências possíveis após a utilização de testes estatísticos.

Apresentados e analisados os dados obtidos, importa agora elaborar uma reflexão crítica, confrontando os resultados encontrados com as opiniões dos autores consultados e experiência pessoal. Antes de mais devem reconhecer-se algumas limitações subjacentes a um trabalho eminentemente académico nomeadamente no que diz respeito à motivação dos Engenheiros Cívicos para participação e envolvimento em estudos deste tipo, que conduzissem a trabalhos publicados susceptíveis de permitir comparações que iriam contribuir para o enriquecimento deste trabalho de investigação.

Não sendo de uma forma geral um problema reconhecido e por isso sentido pelos profissionais de engenharia, salvo raras excepções, parecendo que tal facto condiciona o desabrochar da motivação para que investigações desta natureza possam seguir-se.

Antes de iniciar a discussão dos resultados, julga-se conveniente referir alguns aspectos que se consideram fulcrais e que de algum modo a condicionam:

- Pela revisão da literatura não foi possível encontrar estudos científicos que permitissem obter resultados para orientar a formulação das hipóteses, estas são ancoradas em dados empíricos;

- O presente estudo é de natureza eminentemente descritiva e correlacional, não permitindo gerar teorias de fundo, mas, e apenas, contribuir para ampliar conhecimento, através de explicações nomotéticas;

- O facto de algumas cidades não divulgarem as características dos seus sistemas de carros eléctricos limita os dados disponíveis, e consequentemente a amplitude do estudo.

No entanto, a dificuldade em circunscrever a extensão do domínio do problema a investigar e dificuldade em controlar os factores que o delimitam, não impediu o estabelecimento de variáveis dependentes e independentes, que permitissem a formulação de hipóteses e ainda testar a probabilidade de aceitação ou rejeição das mesmas. Os resultados e conclusões pretendem ser um contributo no sentido de esclarecer alguns aspectos das características essenciais à implementação de sistemas de carro eléctrico, servindo para fundamentar acções a desenvolver.

“Falar do seu contributo é o elemento final da estrutura de uma tese”⁴³. Para demonstrar a importância e validade de um estudo os teóricos são unânimes em considerar que é condição *sine qua non* satisfazer o seguinte requisito: “Contribuir de forma original para o conhecimento”. A expressão impressiona e causa impacto positivo, mas é, ao mesmo tempo ambígua e extremamente vaga, podendo por isso gerar opiniões divergentes.

Em 1976 Francis⁴⁴ professor de hidráulica a trabalhar na área de engenharia civil e mecânica, apercebendo-se das diferentes definições, salientou que é possível obter um contributo original para o conhecimento de várias formas. Com o intuito de estabelecer parâmetros que servissem de base à classificação de teses considerou oito formas de os trabalhos constituírem um contributo significativo e original.

Este trabalho propõe-se a cumprir as cinco, que em seguida se passam a citar:

⁴³ Estelle M. Phillips e D.S. Pugh (1998) p. 74

⁴⁴ Ibidem

- “1 - Executar um trabalho original concebido pelo orientador;
- 2 - Levar a cabo um trabalho empírico nunca antes realizado;
- 3 - Elaborar uma síntese nunca antes elaborada;
- 4 - Utilizar material já conhecido, mas com uma nova interpretação;
- 5 - Desenvolver conhecimentos numa vertente nunca antes seguida”

a) Relativamente ao primeiro critério é de salientar a sua total e perfeita adequação à descrição da presente situação. Apesar de genérica a afirmação traduz com exactidão os factos que estiveram na origem da investigação. O estudo subordinado ao tema: Factores determinantes no ressurgimento do carro eléctrico, preenche todos os requisitos desta premissa, que são: executou-se um trabalho original; foi concebido pelo orientador;

b) Este estudo satisfaz plenamente o requisito preconizado na segunda premissa, visto que apesar de parecer uma redundância é legítimo dizer que se elaborou pela primeira vez um estudo dos factores que podem condicionar o ressurgimento do carro eléctrico. Cumprem-se os requisitos deste critério: é um trabalho empírico e nunca tinha sido realizado;

c) Feita uma pesquisa aprofundada sobre a temática não se encontrou uma síntese dos factores que condicionam o sucesso do ressurgimento do carro eléctrico. Em termos de metacomunicação este estudo visa apresentar essa síntese, pelo que o trabalho também cumpre este critério;

d) Os pressupostos desta afirmação são também extensivos à caracterização deste trabalho. Os dados recolhidos através da pesquisa bibliográfica foram utilizados com uma nova interpretação, permitindo conhecer aspectos relacionados com os factores que mais influenciam o sucesso de implementação de sistemas de carro eléctrico em cidades da Europa;

e) Esta definição de como um trabalho pode ser considerado um contributo original também se aplica ao presente estudo, visto que há publicações que documentam o desenvolvimento de conhecimentos relacionados com a temática, no entanto, este estudo apresenta vertentes que não foram ainda exploradas e que são: análise estatística dos dados, apresentação de uma metodologia e modelo explicativo que pode vir a ser utilizado em futuros trabalhos que possam vir a ser desenvolvidos por outros investigadores e trazer novos esclarecimentos necessários a uma melhor compreensão do fenómeno.

Assim, à luz destes critérios a avaliação da importância do trabalho desenvolvido para identificação dos factores determinantes no ressurgimento do carro eléctrico, é amplamente positiva, podendo de forma inequívoca ser considerado como um contributo válido nesta área de conhecimento.

4.7.2 Discussão

A discussão dos principais resultados pretende reflectir sobre o trabalho realizado, evidenciar os dados significativos e estabelecer comparações com as opiniões dos autores, que serviram de suporte à elaboração do marco teórico.

A análise dos resultados estatísticos permitiu constatar que por ordem decrescente de importância os factores mais determinantes do sucesso da implementação de sistemas de carros eléctricos são:

- O incremento da mobilidade;
- A regeneração urbana;
- O aumento da acessibilidade;
- A existência de plataforma reservada.

Estes factores constituíam as variáveis independentes dos enunciados das hipóteses números: H2; H7; H3 e H1 respectivamente.

O incremento da mobilidade é traduzido pela variável extensão da rede (quanto maior for a rede potencialmente mais utilizadores ela poderá servir), cujo peso representa 57% na explicação do número de passageiros diários do sistema. Seguidamente aparece a regeneração urbana com um peso de 19% na explicação do número de passageiros. Com um peso de 17%, valor muito próximo da variável em segundo lugar, está a terceira variável mais importante que é a acessibilidade, traduzida pela distância média entre paragens (quanto mais paragens e melhor situadas elas estiverem mais pólos de atracção para o meio de transporte). A existência de plataforma reservada, ou corredor do tipo B, surge como quarta variável mais importante com um peso de 7% na explicação do número de passageiros.

Quanto às outras hipóteses inicialmente formuladas, a restrição do transporte individual e a divulgação pública eram variáveis independentes que integravam os enunciados das hipóteses números: H8 e H9, por se ter demonstrado que estavam estatisticamente correlacionadas com as anteriores, foram eliminadas, não podendo por isso ser testadas neste estudo. Posteriormente pela aplicação do método da *backward elimination*, para determinação do número óptimo de variáveis, apenas se deveria eliminar a hipótese referente à frequência (H6), no entanto, para circunscrever a temática em estudo e encontrar as variáveis mais determinantes no sucesso de sistemas de carros eléctricos procedeu-se a mais três iterações tendo sido sucessivamente eliminadas as hipóteses: integração da tarifa (H10), população da cidade (H11) e prioridade semafórica (H4).

A instalação de um sistema de metro ligeiro é um instrumento de política de transporte capaz de contribuir para o cumprimento de um amplo espectro de objectivos de interesse para a comunidade. Os resultados deste estudo permitiram elaborar o diagrama da Figura 34 que representa o modelo explicativo dos objectivos que, através de resultados estatisticamente significativos, se demonstrou serem prioritários num sistema de metro ligeiro e respectivas implicações práticas.

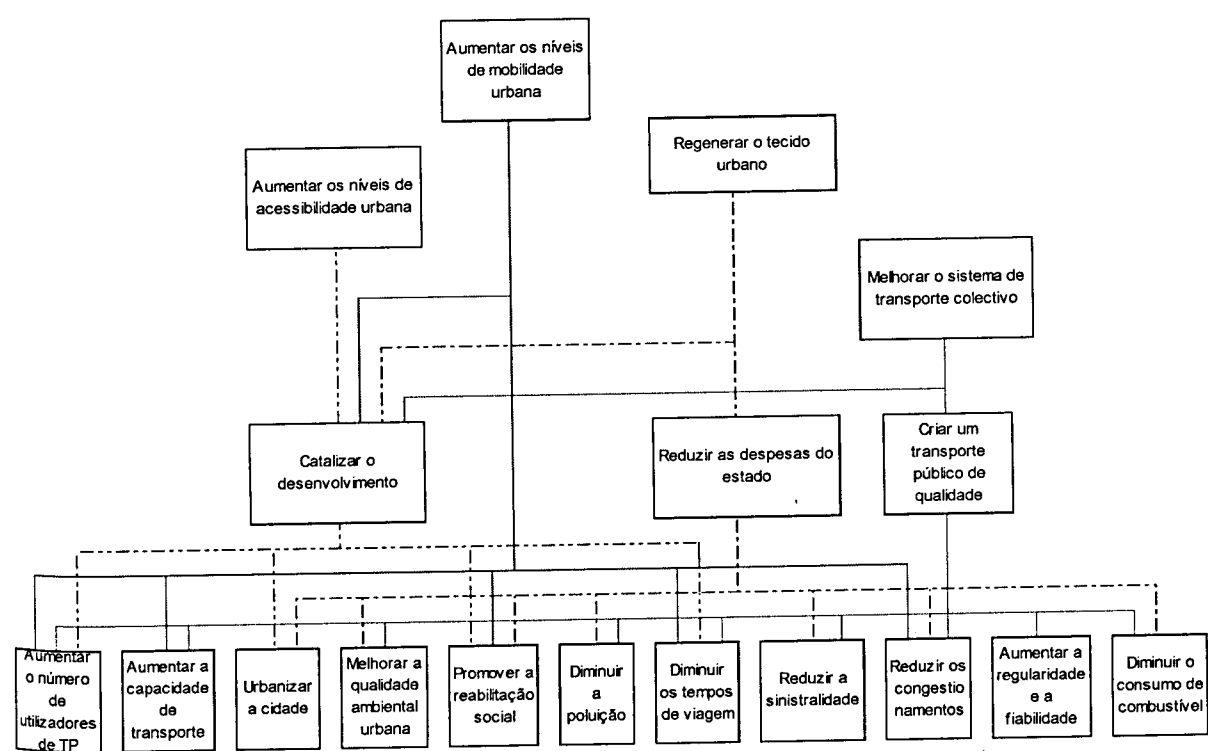


Figura 34 – Objectivos de um sistema de metro ligeiro

O AUMENTO DA MOBILIDADE

Quanto à hipótese H2 "*A extensão da linha influencia a captação de passageiros*" que foi enunciada na presunção de que quanto maior for a extensão da rede maior será a probabilidade de ser utilizada, e que em termos práticos se traduz num aumento da mobilidade, os resultados com um peso de 57%, na explicação do número de passageiros diários do sistema confirmam claramente a hipótese.

O aumento da mobilidade está directamente relacionado com a extensão da rede. Toda e qualquer planificação de transporte, aquando da determinação da procura da rede, se baseia em teorias de raios de influência desse sistema quer sejam estes raios adjacentes a pontos específicos quer sejam adjacentes à própria linha, ora quanto maior a extensão da linha consequentemente maior será a população por ela servida e maior o número de utilizadores. Na presente investigação e relativamente à extensão das redes, as cidades em estudo, podem estratificar-se da seguinte forma:

- Redes de pequena extensão (menos de 15 km):

Lisboa, Paris, Rouen, Strasbourg e Valencia

- Redes de média extensão (entre 15 e 35 km):

Lille, Manchester, Nantes e Sheffield

- Redes de grande extensão (mais de 35 km):

Stuttgart

A Figura 35 esquematiza as extensões das referidas redes:

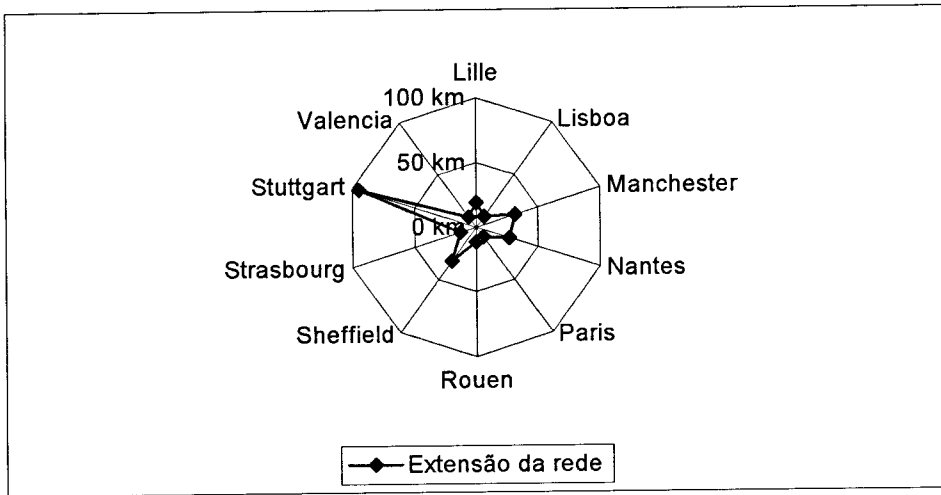


Figura 35 – Extensão das redes

A mobilidade é um factor crucial de desenvolvimento de qualquer cidade pois é ela que permite que a cidade cresça e se desenvolva permitindo uma abertura da economia com a fluida circulação de bens e pessoas. Uma cidade que facilmente permita deslocamentos é uma cidade económica e socialmente saudável.

O aumento da mobilidade também contribui para uma regeneração social porque se determinado número de pessoas se puder deslocar então já não terá necessidade de circunscrever a sua habitação a zonas centrais da cidade onde as condições de vida por vezes são desumanas. Se for possível a expansão do perímetro urbano, através da sua servidão com um transporte público de qualidade certamente que mais e melhor habitação surgirá na periferia.

Segundo o director adjunto da Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP) do Brasil, destaca-se o entendimento de que o transporte e o trânsito são factores essenciais para a sustentabilidade social e económica:

“Devemos passar a fazer a gestão da mobilidade urbana como um todo e em todas as suas dimensões – transporte e trânsito, desenvolvimento urbano, uso e ocupação do solo. É necessário também usar o transporte público como factor de inclusão social, dando condições de mobilidade e acessibilidade a todos os segmentos sociais”⁴⁵.

⁴⁵Vasconcelos, 2002, ANTP

Os corredores de transporte são os elementos decisores do alargamento dos perímetros urbanos, é ao longo destes corredores e nas suas extremidades que as cidades podem crescer de uma forma ordenada e equilibrada. Torna-se necessário definir com exactidão os melhores locais para implantação destes corredores e ter a capacidade de previsão de políticas habitacionais de consolidação nessas áreas. Deve haver o controlo das implantações de novos pólos geradores de tráfego e estímulos a implementações descentralizadas das actividades económicas, que se situem nas áreas de influência dos corredores de transporte planificados.

São factores condicionantes da mobilidade, a reserva da plataforma, o traçado regular e sempre que possível contínuo, a supressão de travessias excessivas e a utilização de sistemas de coordenação semafórica, de modo que devem estes ser bem ponderados para que o sistema permita a maior mobilidade urbana possível.

Um sistema de metro ligeiro pode incrementar os níveis de mobilidade e acessibilidade urbanas, já que oferece uma melhoria substancial da qualidade do transporte colectivo, capaz de captar utilizadores de veículos privados e reduzir, portanto, os níveis de congestionamento locais.

Melhorar os níveis de acessibilidade e mobilidade urbanas, com um impacto ambiental aceitável, é um objectivo central da política de transportes de vários países. Um sistema de metro ligeiro, como parte integrante de um sistema de transporte colectivo e privado, pode ser a solução mais idónea para a consecução deste objectivo, em corredores de procura intermédia. Não obstante, é necessário planificar e desenhar cuidadosamente o sistema para minimizar os possíveis efeitos negativos e maximizar os positivos.

A REGENERAÇÃO URBANA

Quanto à hipótese H7 “*O eléctrico como elemento estruturador urbano é uma das razões de sucesso da solução*” foi formulada em virtude de se pensar que o maior repto das zonas urbanas é evitar o congestionamento, e que o próprio eléctrico irá funcionar como um elemento estruturador e urbanizador da cidade. Os resultados que para a variável independente “*regeneração urbana*” obtiveram um peso de 19% na explicação da variável dependente, permitem constatar que esta é por ordem de importância a segunda variável mais determinante no sucesso da implementação de sistemas de metro ligeiro.

Das cidades estudadas apenas três não aproveitaram o processo de implantação da rede de metro ligeiro para proceder à regeneração da cidade noutras vertentes, paisagística, social ou ao nível das infra-estruturas, que foi o caso das cidades de Lille, Lisboa e Stuttgart, como se pode constatar no gráfico da Figura 36.

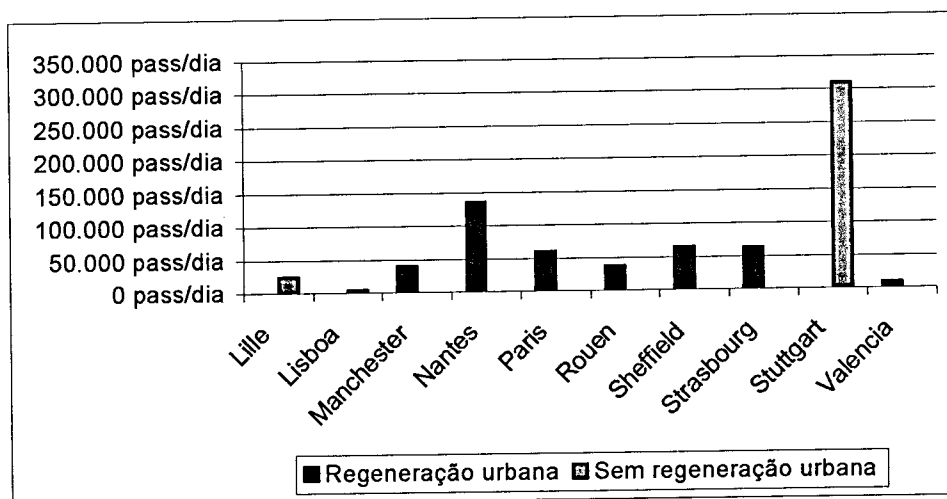


Figura 36 – Regeneração urbana

Um sistema de metro ligeiro pode actuar como catalizador do desenvolvimento local em áreas onde se conjugam outras condicionantes que obtêm a confiança dos promotores imobiliários, comerciantes e industriais, e também pode influir na localização precisa das actividades dessas áreas.

A interacção entre o sistema de transporte e o uso do solo é um fenómeno universalmente reconhecido, ainda que algumas vezes seja difícil estabelecer a vinculação causa/efeito. A instalação de um sistema de metro ligeiro, com as suas conseguintes repercussões positivas na

acessibilidade e no meio ambiente, vinculou-se em muitas aplicações com programas económicos em áreas deprimidas, ou simplesmente para fomentar uma determinada localização de novos desenvolvimentos. Espera-se que as novas condições urbanas de acessibilidade e ambientais conduzam a uma maior procura comercial e industrial, que se traduzam no aumento do valor do solo.

Na maioria dos projectos de novas instalações nos EUA faz-se bastante referência às possibilidades de desenvolvimento associadas ao novo sistema de transporte. De facto é necessário demonstrar esta evidência para conseguir financiamentos dos governos centrais e locais. Na prática, os efeitos foram limitados, ainda que dependendo das condições da economia local. A conclusão geral de diversos estudos na América do Norte é que, ainda que o metro ligeiro possa influenciar a localização de novos desenvolvimentos, a revitalização económica apenas se consegue se as condições políticas, económicas e sociais forem tais que propiciem a confiança dos investidores sobre o futuro da cidade.

Na Europa o eléctrico tem sido utilizado em numerosas ocasiões como meio eficaz de reestruturação do espaço público, com a finalidade de promover uma cidade com maior complexidade de intercâmbios à superfície, mais vital, activa, intensa e ecológica. Em casos como o de Saint-Denis, na periferia de Paris, Nantes ou Strasbourg, as linhas do eléctrico tornaram possível uma reconversão dos centros históricos e uma recuperação, como espaço de convivência e intercâmbio social, de fragmentos do espaço urbano.

Para além das características técnicas destes novos eléctricos, que são silenciosos, cómodos e não contaminadores, promovendo assim um desenvolvimento sustentável com consumos inferiores de combustível e grandes melhorias na qualidade ambiental urbana, a aposta neste tipo de transporte fundamenta-se na vontade explícita de reestruturar espaços públicos degradados pelo abuso da utilização do automóvel privado. O espaço público urbano destina-se neste sentido, principalmente ao transporte colectivo, à bicicleta e ao peão. Com esta finalidade, foram projectadas pavimentações, introduzido mobiliário urbano, vegetação e arborização, e foi repensada a iluminação.

O eléctrico demonstrou ser, neste contexto, uma ferramenta útil de reestruturação do tecido urbano, especialmente efectiva a uma escala intermédia e de relativa proximidade. Alfred Peter, paisagista director do plano de implantação do eléctrico de Strasbourg, enfatiza que a

introdução deste tipo de transporte deve fazer-se acompanhar de um projecto de Cidade: *“Um grande número de cidades adoptou um sistema de eléctricos. Frequentemente abordado como uma ferramenta milagre que resolve todos os problemas e que confere uma imagem identificativa e globalizante. A urbanização do espaço, que pareceria o nosso campo de referências referencial, não nos dispensa o desenvolvimento de uma ideia precisa daquilo que nós, como paisagistas, entendemos que deve ser a cidade que estamos a construir e de como avaliar as consequências dos nossos projectos”*.⁴⁶

Em Paris o eléctrico uniu duas áreas contíguas da periferia, praticamente não comunicadas até então pelo facto de todas as grandes infra-estruturas de transporte (vias rápidas, metro, comboio) servirem apenas o centro da capital. A linha de eléctrico implanta-se na única estrada que tradicionalmente servia para a circunvalação de Paris, a estrada RN-86, que por causa da urbanização progressiva das suas margens e da inauguração da auto-estrada A-86, tinha perdido o seu carácter de via rápida.

O eléctrico permitiu criar uma continuidade entre os dois aglomerados opostos, e neste sentido, transcendeu a sua função de transporte para se converter em instrumento de reestruturação social, num território suburbano profundamente segregado e degradado, e fomentar a relação de cidadania em múltiplos aspectos. Enquanto que outros tipos de transporte acentuavam a divisão existente entre estas duas zonas, o eléctrico construiu um espaço de relação, integração e comunicação. Numa zona semi-industrial, com grandes blocos de habitação de custo controlado e um espaço urbano não projectado, quer dizer, uma paisagem própria da periferia de grandes metrópoles, a proposta de Alexander Chemetoff e do *Bureau de Paysages*, prende-se com a vontade de criar um espaço cívico num subúrbio abandonado à sua imagem caótica e não estruturada. O projecto de *“gran boulevard”* baseia-se numa transição de elementos urbanos típicos dos centros tradicionais: pavimento de granito, fileiras de árvores e mobiliário urbano de ferro forjado. Esta decisão, certamente discutível, tinha como objectivo que a linha de eléctrico tivesse continuidade formal independentemente de que atravessasse zonas com características e grau de urbanização diferentes.

A implantação do eléctrico teve consequências diferentes no centro de Strasbourg e na periferia. O centro medieval da cidade, envolto por um canal, foi pavimentado e destinado aos

⁴⁶ Alfred Peter, «Tramway dans sa ville». Pages Paysages, 6. Versailles, 1996.

peões. O eléctrico e a bicicleta substituíram o automóvel como habitual meio de transporte e, por este motivo, foram construídos estacionamento a preços moderados fora da cidade. Apesar da decisão política de ter vetado o acesso de automóveis privados ao centro da cidade ter sido inicialmente mal aceite pelos habitantes, após a implantação da primeira linha de eléctrico e antes da construção da segunda, as disputas dos moradores eram para conseguir que o eléctrico circulasse o mais perto possível da sua casa.

Na periferia, o eléctrico serviu para criar um espaço público em zonas (Haute-pierre-Cronembourg, Avenue Colmar) onde este nunca tinha existido. A linha tornou-se a coluna vertebral de diferentes operações encadeadas. No final da linha B, num polígono de habitações dormitório dos anos sessenta, a chegada do eléctrico catalizou a reabilitação do bairro e a criação de um centro cultural e comercial ao lado da estação. A implantação do eléctrico é encarada como uma obra incompleta: após o término da linha B, para o ano de 2010 estão previstas quatro linhas com uma extensão de 35 km.

A introdução do eléctrico em Nantes engloba-se dentro dum projecto denominado «*Une nouvelle centralité pour Nantes*». O leito do *la Loire*, parcialmente seco nos anos cinquenta, tinha sido ocupado pelos automóveis. Uma autêntica auto-estrada urbana separava a cidade medieval dos seus desenvolvimentos do século XVIII. A recuperação deste espaço – uma grande curva de 800 m de extensão e de 45 a 60 metros de largura – como espaço social e citadino implicou a redução da circulação, o que supôs um repto ao transporte público, eléctrico e autocarro, e para a recuperação do espaço dos peões. O projecto iniciou-se em 1990, em 1994 termina a primeira fase «*Cours des Cinquante Otages*», em Março de 2000 finaliza a segunda «*sud de l'île Feydeau*»; e prevê-se que os trabalhos se prolonguem durante dez anos mais.

Na primeira fase, a superfície de calçada da *la Cours des Cinquante Otage* foi reduzida a uma quarta parte (de oito vias a duas) que, agora são utilizadas pelo autocarro. No resto do *boulevard* estendem-se grandes passeios sobre os quais se encontram as linhas de eléctrico. A recuperação deste espaço implica um novo tipo de iluminação, de mobiliário urbano e de vegetação, que não depende da circulação do automóvel, mas se destinam à promoção da ocupação da via pelos habitantes e que origine uma certa actividade social e comercial. Ao longo desta primeira fase, Rota & Fortier recuperaram a imagem de vida deste espaço antes da sua transformação em via rápida. Na segunda fase, *sud de l'île de Feydeau*, também

incluiu a redução da calçada do *boulevard*, paralelamente, a construção de um parque que envolve a *I'île* e que liga o Loire com a estação do TGV. Neste caso, a proposta de *Rota & Fortier* para reinventar os molhes desaparecidos com a cobertura do rio.

Pode então depreender-se que na Europa o intuito da renovação e recuperação urbana, através do eléctrico, está muito para além do mero interesse na especulação imobiliária e comercial demonstrado noutros locais. Na Europa o eléctrico é utilizado como um instrumento de urbanização, isto porque a sua introdução implica:

- Realizar obras para inserção no tecido urbano:
 - Reforma do tecido urbano;
 - Estruturação de tecidos dispersos;
- Realizar obras para melhorar a qualidade de vida e o ambiente:
 - Recuperar o espaço dos peões;
 - Evitar os efeitos barreira;⁴⁷
 - Criar passeios urbanos

Ou seja aproveita-se a globalidade exigida pelo projecto do eléctrico para a reestruturação urbana. As cidades pedonalizam os seus centros e caminham para a construção de aldeias urbanas. Para tal apoiam-se em sistemas eficientes de trânsito. Reconhecendo isto a OCDE, o ECE, a ONU e o Banco Mundial, começaram a evidenciar a importância dos sistemas públicos de transporte e seu financiamento. Para rentabilizar o projecto de introdução da rede de eléctrico, e uma vez que à superfície este meio de transporte se torna bastante menos dispendioso, deverá aproveitar-se para beneficiar a envolvente com custos marginais para o concessionário que apenas deverá financiar e gerir as obras da plataforma e supervisionar as obras de toda a secção. A administração local, por sua vez deverá ser responsável pelo financiamento e gestão das obras que favoreçam actividades de permanência em espaços adjacentes à plataforma, ou de obras que favoreçam a mobilidade em espaços circundantes. Ainda que para tal tenha que recorrer à contribuição orçamentária dos mais directamente beneficiados pelo projecto, especuladores imobiliários, donos dos terrenos, comerciantes,

⁴⁷ Kreimer et al, 1993; Banco Mundial, 1994, p.28

construtores, uma vez que já beneficiam com as externalidades positivas criadas pelas obras executadas pelo operador. É também muito importante o envolvimento de um grupo privado de financiamento, para permitir uma tranquilização e garantia da qualidade do projecto.

O AUMENTO DA ACESSIBILIDADE

Em termos práticos a variável independente “*distância média entre paragens*” traduz-se por um aumento da acessibilidade. Assim, relativamente à hipótese H3 “*A distância média entre paragens condiciona a captação de passageiros*”, que se formulou na presunção de quanto menores as distâncias entre paragens, isto é, quanto maior for o número de paragens da rede, melhor cobertura da população alvo do sistema se consegue, aumentando a captação de passageiros.

Os resultados estatísticos com um peso de 17% na explicação da influência desta variável independente na variável dependente, permitem constatar que “*A distância média entre paragens*” é neste estudo a característica que ocupa o terceiro lugar entre as mais determinantes do sucesso de sistemas de metro ligeiro.

A variável distância média entre paragens, nas cidades estudadas, pode classificar-se segundo os três seguintes escalões:

- Pequenas distâncias entre paragens (inferiores a 500 m):

Lisboa; Paris; Rouen e Valencia

- Médias distâncias entre paragens (entre 500 e 700 m):

Lille; Nantes; Strasbourg e Stuttgart

- Grandes distâncias entre paragens (superiores a 700 m):

Sheffield e Manchester

A Figura 37, pela análise do gráfico, permite verificar a distância média entre paragens dos referidos sistemas.

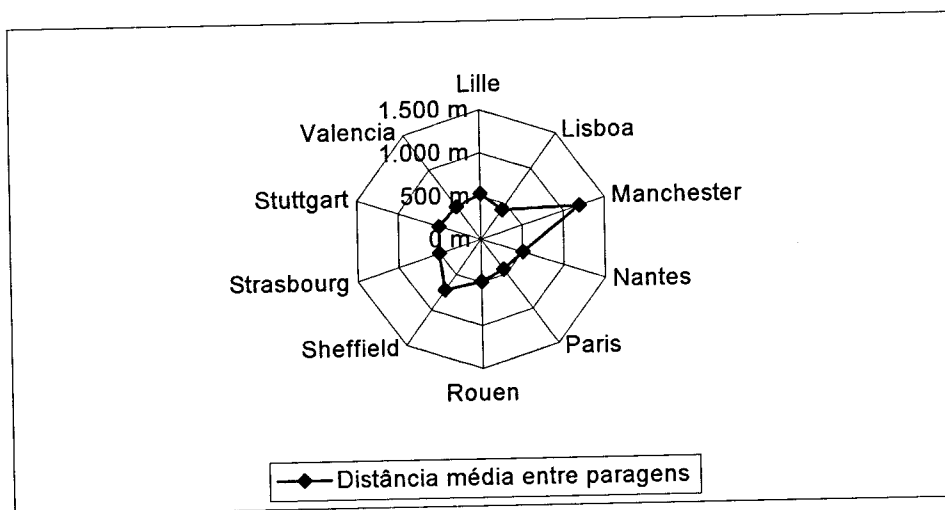


Figura 37 – A distância média entre paragens

Tendo em vista permitir uma ordem de ideias acerca da importância da variável pode referir-se a comparação entre as cidades de Manchester e Nantes. A rede de Manchester tem sensivelmente a mesma extensão da rede de Nantes mas como a sua distância média entre paragens é o dobro, verifica-se que o número de passageiros diários da rede de Manchester é quatro vezes inferior aos que utilizam a rede de Nantes.

Como noutros sistemas de transporte público, num sistema de eléctricos, devem situar-se as paragens nas proximidades de centros comerciais, edifícios públicos, etc. para facilitar o acesso aos utilizadores. A distância entre paragens deve ser um compromisso entre a facilidade de acesso ao sistema e a redução de tempo de percurso, por um lado, a manutenção de uma velocidade comercial aceitável e por outro a certeza de uma boa cobertura da população alvo e portanto o alcance dos níveis de procura esperados. A distância média típica entre paragens de um sistema de metro ligeiro situa-se entre os 350 e os 800 m, ainda que se possa reduzir até aos 250 m em centros urbanos e prolongar até aos 1.000 m na periferia, daí que as médias rondem os 500 m como se pode observar na Figura 37.

A acessibilidade é um factor complementar ao factor da mobilidade, não sendo um mais importante que o outro. Qualquer rede de transportes bem estruturada tem que permitir quer mobilidade quer acessibilidade. O conceito de acessibilidade prende-se com a cobertura do território, e a possibilidade de acesso de toda a população à rede.

O conceito de “Qualidade de Vida” por critérios mais actuais, não se restringe apenas à poluição e circulação de veículos. Na verdade, o maior acesso à educação, saúde, moradia, lazer, segurança e justiça, é um dos pressupostos básicos da qualidade de vida nas metrópoles. O que diferencia basicamente o núcleo da periferia em qualquer metrópole, é o nível da renda, a disponibilidade de serviços e a acessibilidade. O centro urbano e suas envolventes mais próximas apresentam indicadores de qualidade de vida bastante superiores aos das periferias imediatas e remotas.

A acessibilidade da rede é que vai permitir o desenvolvimento da periferia e portanto a expansão dos limites da cidade, também é ela que vai permitir a regeneração dos centros urbanos. O eléctrico permite a coexistência harmoniosa entre o peão e o veículo contribuindo desta forma para uma maior permeabilidade de certos locais da cidade, anteriormente apenas acessíveis a peões. Esta acessibilidade vai permitir o desenvolvimento sustentável dessas zonas e contribuir para uma maior qualidade de vida.

As duas principais funções de qualquer via são a circulação e o acesso, a primeira requer altas velocidades para que o deslocamento seja rápido e para que sejam satisfeitas as necessidades de mobilidade, a segunda requer calma, baixas velocidades para que as manobras se efectuem em segurança e se satisfaçam as necessidades de acessibilidade. A rede de metro ligeiro é capaz de satisfazer estas duas necessidades, no centro urbano permite uma total acessibilidade a diversos pontos de interesse; permite ainda a mobilidade, efectuando ligações entre o centro e a periferia podendo nesta última circular a velocidades mais elevadas. Daí a grande pertinência deste meio de transporte, que como um meio de capacidade intermédia faz a interface entre meios de capacidade elevada (metro e ferroviário pesado) e os meios de baixa capacidade (autocarros), satisfazendo de uma forma extremamente satisfatória as necessidades de transporte da população.

Enquanto que a rede rodoviária se compõe de diversas vias com diferentes finalidades, umas destinadas à promoção da acessibilidade outras à promoção da mobilidade e outras intermédias, a rede de metro ligeiro aparece como uma rede uma que satisfaz estes dois critérios de uma só vez. Este é pois um dos grandes trunfos das rede de metro ligeiro, poder satisfazer estes dois objectivos fundamentais da circulação de uma só vez, nenhum outro meio de transporte consegue de uma forma tão equilibrada a compatibilização destes dois objectivos.

A PLATAFORMA RESERVADA

Considerando que a reserva da plataforma é determinante de vários factores: velocidade comercial; fiabilidade; regularidade e boa imagem do sistema, formulou-se a hipótese H1, que se considerou como principal por ser a mais abrangente. “O grau de reserva da plataforma condiciona o sucesso de um sistema de metro ligeiro”. Os resultados que para esta variável independente “Reserva da plataforma, ou plataforma do tipo B” têm um peso de 7% na explicação da variável dependente, permitem colocar esta característica como a quarta mais determinante deste estudo. Salienta-se que o facto desta variável não ter sido eliminada (de entre onze) nas sucessivas aplicações do processo de determinação do número óptimo de variáveis (*backward elimination*) e posterior classificação em quarto lugar dos factores determinantes do sucesso de soluções de implementação de sistemas de metro ligeiro vem confirmar a importância deste factor e a sua abrangência dentro de uma tão vasta panóplia de condicionantes.

Todas as cidades estudadas com a excepção de Lisboa optaram pela reserva da plataforma do seu sistema de metro ligeiro. Esta característica, por si só, pode estar na base da explicação da variação do número de passageiros diários. Visto que, como se pode constatar no gráfico da Figura 38, comparado com um sistema sensivelmente semelhante como é o caso de Valencia que difere por ter reserva de plataforma, observa-se que o sistema de Valencia apresenta o dobro do número de passageiros diários do sistema de Lisboa.

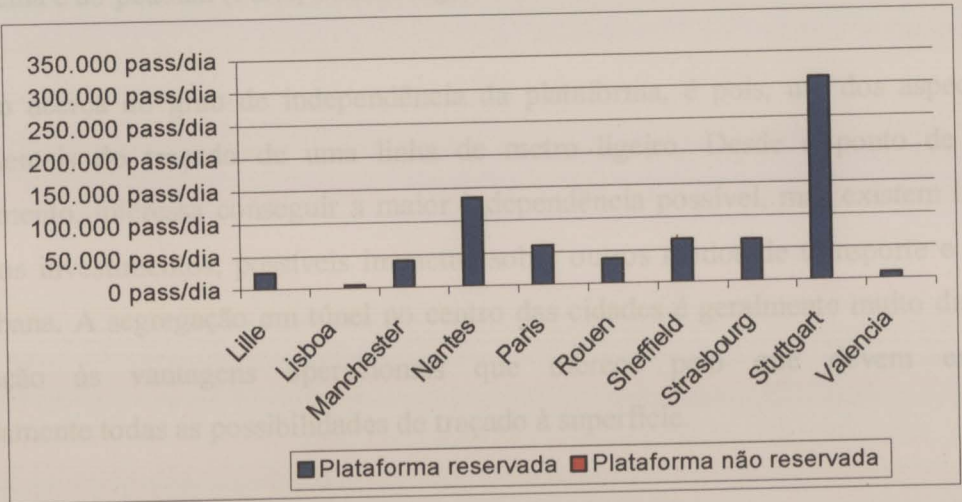


Figura 38 – A plataforma reservada

Os sistemas de metro ligeiro caracterizam-se por passar à superfície na maior parte do seu percurso, recorrendo a soluções de viaduto ou túnel em cruzamentos de grandes dimensões ou volumes de tráfego ou com outras infra-estruturas significativas, bem como por exigências da trama urbana em determinados troços.

A maior diferença entre os sistemas modernos e os antigos eléctricos, com respeito à infra-estrutura, reside na independência da plataforma relativamente à circulação rodada paralela longitudinal.

O critério fundamental para favorecer a mobilidade é segundo Cerdà⁴⁸ separar os diferentes tipos de movimento em carris diferentes. É a independência dos diversos tipos de movimento na via urbana que favorece o bom funcionamento viário.

O metro ligeiro nasce como um modo de transporte colectivo sobre carril com infra-estrutura controlada, ao menos numa parte importante da sua extensão. Actualmente, tende-se cada vez mais a dar a maior independência possível à plataforma, com objectivos de aumento da regularidade e velocidade comercial, ao mesmo tempo que conscientemente, e em zonas urbanas, se ocupa uma parte da via existente, reduzindo assim a capacidade para circulação de veículos privados, se bem que aumentando consideravelmente tanto a de transporte colectivo, como a total da via em questão.

Em múltiplos casos, esta política é levada ainda mais longe, restringindo totalmente a circulação de veículos privados e dedicando a totalidade da secção disponível ao tráfego do novo sistema e ao pedonal (Paris, Strasbourg, Valencia).

A decisão acerca do grau de independência da plataforma, é pois, um dos aspectos mais transcendentais do traçado de uma linha de metro ligeiro. Desde o ponto de vista do funcionamento, interessa conseguir a maior independência possível, mas existem limitações quanto aos investimentos, possíveis impactos sobre outros modos de transporte e a própria trama urbana. A segregação em túnel no centro das cidades é geralmente muito dispendiosa em relação às vantagens operacionais que oferece pelo que devem explorar-se cuidadosamente todas as possibilidades de traçado à superfície.

⁴⁸ Aibar & Bijker, 1997, p.56

As vias amplas, com grandes tramos rectos, que permitem uma solução de plataforma reservada (tipo B), com um impacto sobre o tráfego aceitável, aparecem como os mais idóneos para o traçado de uma linha de metro ligeiro, uma vez que as despesas na construção não são demasiado elevadas e os parâmetros de exploração que se obtêm são adequados para transportar volumes de procura incluídos em toda a franja que se denomina intermédia (4.000 a 20.000 passageiros/hora/sentido). No entanto, esta solução por vezes não é viável nas proximidades de pontos de forte geração de procura e, em particular, no centro das cidades. É aqui onde se deve ponderar a segregação total da plataforma, tipo A, (normalmente em túnel por motivos de impacte ambiental) ou de plataforma compartida com o restante tráfego, tipo C, ainda que com algumas medidas de preferência, tais como a reserva de carris mediante sinalização horizontal e vertical, ou a total reserva da rua para o transporte público, peões e eventualmente veículos de emergência ou moradores. Esta última solução, que se costuma conhecer como “malhas de transporte colectivo”, é muito popular em países do Centro e Norte da Europa, com resultados muito positivos.

O principal inconveniente da segregação em túnel é o elevado investimento que supõe, que pode chegar a ser da ordem de 4 a 8 vezes superior ao de qualquer opção em superfície, dependendo das condições locais. Bem como os tempos de acesso dos passageiros, que são ligeiramente maiores e em certa medida menos cómodos especialmente para pessoas idosas e de mobilidade reduzida. Evidentemente, os parâmetros de exploração, tais como a velocidade comercial ou a regularidade, são mais favoráveis com a opção da segregação em túnel se bem que, avaliando globalmente o conjunto da linha, a melhora pode ser pouco significativa.

Assim, cada cidade e cada corredor específico, necessitam uma análise individual, sendo difícil estabelecer directrizes gerais. O que sim é importante considerar em todos os casos, é que se devem explorar todas as possibilidades de traçado em superfície antes da adopção da dispendiosa solução do traçado em túnel. Nas diversas aplicações de todo o Mundo podem encontrar-se exemplos de todo o tipo, desde o amplo traçado em túnel de Hannover, até à extensa malha de transporte colectivo e células de tráfego de Goteborg, passando por outras soluções de compromisso como Manchester.

A plataforma reservada, confere aos sistemas uma maior regularidade, uma maior fiabilidade o que lhe confere uma melhor percepção por parte dos utilizadores, que quando isto acontece

são atraídos de outros meios de transporte (inclusivamente do transporte individual) para este novo meio.

O impacto do tráfego derivado da operação do sistema tem as seguintes componentes:

- Efeitos positivos, na medida em que o metro ligeiro, capta utilizadores do transporte privado e reduz o congestionamento, assim como pela libertação de espaço nas ruas antes destinadas aos autocarros e automóveis, para os peões, dado que a convivência entre estes e o eléctrico é bastante harmoniosa;
- Efeitos negativos sob a óptica dos cidadãos desconhecedores das vantagens inerentes aos efeitos positivos da expulsão do transporte individual da cidade. A reconversão de transporte individual em transporte público através da actuação sobre as condições circulatórias consequentes da reserva da plataforma ou da preferência nas intersecções é um aspecto considerado negativo pelos utilizadores de transporte individual que não querem prescindir do automóvel e render-se à evidência dos benefícios que a aceitação deste novo meio de transporte supõem: diminuição da sinistralidade; diminuição do stress, ou maximização dos tempos de viagem, entre outros.

Para além dos casos visados neste estudo convém ainda salientar outros impactos verificados nas seguintes cidades:

- Hannover, em que o metro ligeiro surgiu em 1976, e num inquérito realizado em 1978 na área de captação da primeira linha, 50% dos utilizadores em viagens recorrentes ao centro da cidade dispunham de automóvel para realização dessas viagens. A distribuição modal na área de impacto foi de 70/30 a favor dos transportes públicos, enquanto que no restante perímetro foi de 40/60.
- Utrech, implantação do sistema de metro ligeiro em 1983, e num inquérito realizado em 1984, como parte de um estudo de avaliação da linha de Nieuwegein-Utrech, 26% dos utilizadores do metro ligeiro tinham a opção da utilização do automóvel e no entanto não o faziam. Ainda dentro dos utilizadores do sistema, constatou-se que 5% usavam bicicleta e 8% automóvel para realização das mesmas viagens antes da instalação da linha.

- Grenoble, o eléctrico foi implantado em 1987, e desde então a participação do transporte público na totalidade das viagens (incluindo as realizadas a pé) passou de 11 para 18%.

Para além destas vantagens a plataforma reservada consegue ainda reduzir os níveis de sinistralidade. Antes de finalizar deve ainda referir-se que a plataforma reservada quando conjugada com sistemas de ajuda à exploração e prioridade semafórica, contribui para uma melhor regulação do tráfego urbano o que se traduz numa redução do congestionamento urbano, do consumo de combustíveis e dos níveis de poluição ambiental e acústica.

OUTROS FACTORES DETERMINANTES

Da pesquisa bibliográfica, salienta-se a comparação entre sistemas de capacidade intermédia apresentada no capítulo 2. Esta comparação enfatiza as vantagens e desvantagens do metro ligeiro relativamente aos outros sistemas de capacidade intermédia, nomeadamente: o autocarro com caminho próprio e o transporte automático guiado. Relativamente ao autocarro com caminho próprio o metro ligeiro destaca-se pelo conforto dos seus veículos pela sua melhor imagem e maior identidade que lhe permitem uma maior captação de novos utilizadores. Apresenta menores emissões de ruído e substâncias contaminantes sendo portanto bastante menos nocivo para o ambiente. Tem melhores prestações de veículos, devido à tracção eléctrica e uma maior capacidade de transporte (pode alcançar tranquilamente uma capacidade de 20.000 passageiros por hora e sentido enquanto que nos autocarros de plataforma reservada dificilmente se podem superar os 8.000), daí também a sua melhor produtividade laboral. Pode ainda operar em túneis sem necessidade de ventilação e há a possibilidade de conversão em metro caso a procura o justifique. Apresenta ainda a enorme vantagem decorrente da sua capacidade estruturante para o desenvolvimento urbano (promoções imobiliárias, actividade comercial, regeneração social). Quanto às desvantagens, o metro ligeiro opera com frequências de serviço mais baixas, não permite a ramificação das linhas, demora mais a construir-se e exige, no caso de necessidade de novas instalações, uma nova infra-estrutura.

Relativamente ao transporte automático guiado o metro ligeiro tem as vantagens de exigir menores despesas de investimento, ser mais fácil de integrar no tecido urbano (o transporte

automático guiado exige total reserva da plataforma), há a possibilidade do faseamento da construção, instala-se mais rapidamente e não obriga a contratos de manutenção com os fabricantes de veículos. Tem as desvantagens de apresentar níveis de serviço menos elevados (velocidade comercial, frequência e regularidade) e não ser tão seguro quanto o transporte automático guiado.

A construção da infra-estrutura da linha propriamente dita, é portanto, em geral, simples, se bem que tenha uma forte repercussão no tráfego urbano. De facto, com a redução da capacidade do mesmo, sem ainda disponibilizar da melhoria do transporte colectivo, isto durante a fase de execução da obra, é fortemente potenciado o congestionamento, verificando-se a necessidade de um tratamento da questão muito especial e de uma vontade política muito forte, sob pena de prejudicar o sucesso do projecto.

Para além das vantagens dos sistemas de carros eléctricos claramente demonstradas neste estudo, outras também o são. Isto é algumas das hipóteses rejeitadas neste estudo poderiam afirmar a sua importância noutros tipos de estudo. Aqui apenas se estudam diferentes implantações de sistemas de carros eléctricos. Um estudo comparativo entre este modo de transporte e outros tipos de transportes, de capacidades diferentes (altas e baixas capacidades) poriam certamente em evidência algumas variáveis que aqui não parecem tão importantes tendo sido consideradas como menos significativas. Propõe-se vivamente a apreciação do Quadro I, referente a características técnico/operativas de diferentes modos de transporte onde se podem apreciar as diferenças entre os diversos tipos de transporte e sugere-se o seu aproveitamento para a realização de um estudo complementar deste, onde se definam quais as maiores vantagens dos metros ligeiros relativamente a outros modos de transporte.

É ainda importante referir que a implantação de um sistema de metro ligeiro deve complementar-se com um conjunto de medidas orientadas para a integração da oferta global de transporte colectivo, objectivo que se resolve com relativa facilidade mediante uma reorganização dos serviços de autocarro existentes e da sua coordenação com o novo modo de transporte, bem como promovendo a combinação de viagens em veículo privado e metro ligeiro, facilitando estacionamento dissuasórios e penalizando o acesso dos veículos privados às zonas centrais da cidade. A introdução de um sistema de metro ligeiro exige a reordenação da rede de transportes colectivos de superfície para o ajuste à nova estrutura. Aqui o novo modo constitui o principal suporte dos corredores de maior volume de procura nas cidades

mais pequenas ou suporte dos corredores de procura intermédia nas grandes aglomerações urbanas.

Refere-se ainda a necessidade de realização de outros estudos que possam permitir análise das variáveis que aqui foram excluídas por estarem directamente correlacionadas com a variável representante da hipótese principal. Segundo a pesquisa bibliográfica e opinião do autor as variáveis da participação pública e da restrição do transporte individual são deveras determinantes no ressurgimento de carros eléctricos, o facto de isso não se ter podido comprovar estatisticamente neste estudo deveu-se unicamente ao facto de estas variáveis estarem fortemente correlacionadas com a reserva da plataforma. Não significa no entanto, que se estudadas individualmente ou integradas noutro estudo elas não revelem a sua importância no ressurgimento destes sistemas e daí o ressaltar de dar continuidade à pertinência de realização de estudos complementares ao actualmente apresentado, no sentido da satisfação do propósito desta investigação que é a demarcação dos factores determinantes do ressurgimento dos carros eléctricos.

5 Conclusões

Nesta última parte pretende-se sistematizar as principais conclusões da investigação realizada, fazer a avaliação da forma como foi desenvolvida e propor linhas de orientação nesta área. O quadro de referências que guiou a pesquisa parte do pressuposto teórico que o aparecimento do carro eléctrico, no ano de 1888 potenciou o desenvolvimento das cidades proporcionando a expansão dos limites urbanos e o aumento da população demonstrando ser um meio de transporte acessível. Devido à conjugação de uma série de factores a imagem do carro eléctrico foi prejudicada, no entanto a escassa eficiência demonstrada pelos veículos privados na resolução das necessidades de mobilidade obrigada nas cidades e os impactos negativos na qualidade de vida das populações: congestionamentos, contaminação acústica e ambiental, determinam a necessidade de adopção de políticas de restrição do transporte individual. Após o aparecimento deste meio de transporte em Nantes o êxito do eléctrico de nova geração de Grenoble demonstra a possibilidade de fazer circular estes veículos pelo centro de um aglomerado urbano melhorando notavelmente as condições urbanísticas e ambientais.

Devido à importância política económica e social subjacente à tomada de decisões relacionadas com esta temática, o objectivo fulcral deste trabalho era a determinação dos factores de ressurgimento do carro eléctrico. Pretendia-se determinar as causas ou razões de adopção deste tipo de sistemas em cidades Europeias, a partir de 1985.

Em virtude dos critérios de inclusão previamente definidos neste estudo foram estudados os sistemas de metro ligeiro implementados nas cidades de:

Lille, Lisboa, Manchester, Nantes, Paris, Rouen; Sheffield; Strasbourg; Stuttgart e Valencia

Por razões de ordem metodológica as características dos sistemas foram agrupadas em quatro categorias: infra-estrutura; superestrutura e instalações; material rodante e características totais do sistema.

Foram analisadas e estatisticamente testadas onze variáveis respectivamente distribuídas da seguinte forma:

Relativamente à infra-estrutura seleccionaram-se as seguintes variáveis independentes:

- Extensão da rede;
- Distância média entre paragens;
- Reserva da plataforma;
- Regeneração do tecido urbano;

Relativamente às instalações e superestrutura seleccionaram-se as seguintes variáveis independentes:

- Prioridade semafórica;
- Existência de sistemas de ajuda à exploração;

Relativamente ao material não se seleccionou nenhuma variável independente:

Relativamente às características totais dos sistemas seleccionaram-se as seguintes variáveis independentes:

- A frequência de passagem;
- A restrição do transporte individual;
- A divulgação pública;
- Integração da rede no sistema;
- A população da cidade

Deu-se resposta à questão principal do estudo que era: identificar os factores determinantes no ressurgimento do carro eléctrico que por ordem de importância se constatou serem:

- O factor mais determinante do sucesso da implementação de sistemas de metros ligeiros é a extensão da rede;
- O segundo factor mais determinante do sucesso da implementação de sistemas de metros ligeiros é a regeneração urbana despoletada com a implantação da rede;

- O terceiro factor mais determinante do sucesso da implementação de sistemas de metros ligeiros é a distância média entre paragens;
- O quarto factor mais determinante do sucesso da implementação de sistemas de metros ligeiros é a reserva da plataforma;

Pode ainda concluir-se que as razões da adopção deste tipo de sistemas se prendem com a necessidade de:

- Descongestionamento de tráfego;
- Melhoria da qualidade de vida;
- Promoção da reabilitação social de zonas degradadas;
- Descontaminação sonora e ambiental;
- Redução da sinistralidade;
- Criar hábitos de utilização de transporte público;

Resumindo poderá dizer-se que o estudo estatístico da realidade prática decorrente da implementação de sistemas de metro ligeiro em cidades da Europa coincide com os pressupostos teóricos que estiveram na base deste estudo. As quatro variáveis independentes citadas são as mais determinantes na explicação do número de passageiros diários dos sistemas, que consequentemente se relacionam com o sucesso do sistema pois a adesão de passageiros é a variável dependente, ou seja a variável que testa o sucesso da implementação.

Estas conclusões resultam de uma amostra de razoáveis dimensões de acordo com os critérios habitualmente usados em estudos deste tipo ⁴⁹. Reconhece-se no entanto que uma amostra maior poderia facilitar o tratamento dos dados e a generalização dos resultados. Reconhece-se ainda que o peso estatístico da variável referente à reserva da plataforma poderia ser muito mais elevado caso existisse uma cidade com uma grande extensão de rede sem reserva da plataforma. Neste estudo nenhuma cidade com essas características foi encontrada o que relativizou a importância da variável que se continua a considerar fundamental, a reserva da plataforma. Salienta-se que esta variável está bastante relacionada com a extensão da rede e daí o facto da maximização da importância desta variável em relação à plataforma reservada. Seria pois bastante interessante a realização de um estudo em que aparecessem mais cidades

⁴⁹ Miranda (1993) p.241-257; Murteira (1983) p.8 e Spiegel (1994) p.283

onde não se verificasse a reserva da plataforma, o que também não será muito facial uma vez que esta opção não é frequente. Isto porque por ser considerada, pela maior parte dos técnicos uma característica fundamental para o sucesso dos sistemas ela é quase sempre adoptada, daí a demonstração da sua importância. Esta importância talvez apenas se pudesse avaliar verdadeiramente, comparando este sistema com outros sistemas sem reserva de plataforma, como os autocarros por exemplo.

Da pesquisa bibliográfica pode ainda concluir-se que dentro de sistemas de capacidade intermédia o mais eficiente é mesmo o eléctrico uma vez que para investimentos de igual montante se obtém muito melhores prestações com os eléctricos do que com os autocarros com caminho próprio ou com os veículos de transporte automático guiado.

Em suma e para finalizar refere-se que a definição de objectivos e dos problemas a resolver com a instalação do novo sistema de transporte, num contexto de consenso político e social, é vital para o sucesso final dum sistema de metro ligeiro, que indubitavelmente é um potente instrumento de política de transportes, mas que não é de todo uma solução isolada de resolução de problemas de acessibilidade e mobilidade urbana.

Com base em experiências desenvolvidas até ao momento e no presente estudo propõe-se, tendo em vista o seu sucesso, que os sistemas de metro ligeiro cumpram os seguintes objectivos:

Em relação ao sistema territorial urbano ou metropolitano:

- Melhorar a acessibilidade aos centros de actividade, especialmente no centro da cidade;
- Melhorar a qualidade ambiental;
- Satisfazer as necessidades de transporte de novos desenvolvimentos;
- Servir como catalizador para a renovação urbana de alguma zona;

Em relação ao sistema de transporte:

- Aumentar a eficiência global (maior capacidade de transporte com os mesmos recursos (espaço, investimento, energia e menores tempos de viagem especialmente em situações de congestionamento));

- Aumentar a equidade. Tal como noutros sistemas de transporte colectivo, pretende-se que seja acessível para todos os cidadãos (com automóvel ou sem ele), e especialmente apto para anciãos e inválidos;
- Reduzir os acidentes de transporte, que são um dos maiores flagelos da actualidade, considerado já como um problema de saúde pública.

A finalidade última de qualquer sistema é a aceitação social dos objectivos a atingir através de uma explicação aos cidadãos (potenciais utilizadores de outros modos colectivos e privados, residentes nas imediações do traçado). É necessário que se entenda para que se aceite, importa pois explicar as características do novo sistema de transporte as suas vantagens e inconvenientes para o convencimento da utilidade da instalação dum sistema de metro ligeiro. Este facto é ainda mais importante em países onde exista uma imagem negativa associada aos antigos eléctricos.

Considerando que a consecução da maioria dos objectivos está associada a uma redução do uso do veículo privado no centro urbano, é ainda fundamental a adopção, explicação e aceitação social de medidas complementares como são exemplos: o *road pricing*, o *park and ride*, as restrições de estacionamento no centro das cidades, ou as portagens urbanas.

Os resultados obtidos levam a sugerir que possivelmente a continuação desta investigação passe pela:

- Elaboração de estudos comparativos entre os sistemas de metro ligeiro e outros tipos de sistemas, de igual e diferentes capacidades;
- Estudo da importância dos factores ambientais actualmente determinantes da tomada de decisão da implementação ou não de projectos desta envergadura;
- Elaboração de estudos centralizados na análise de factores sociais influenciados pelo aparecimento deste meio de transporte;
- Realização de estudos longitudinais onde se encontrem as diferenças pré e pós instalação de redes de metro ligeiro;

Por se considerar de extrema utilidade sugere-se que para garantir o sucesso da implantação de sistemas de metro ligeiro, se consulte a síntese técnica elaborada com base nos conhecimentos adquiridos ao longo da realização deste estudo “Proposta de aplicação prática a uma implantação de um sistema de metro ligeiro”, que se reverte para o anexo A.

As mudanças vertiginosas que ocorrem nos nossos dias não se compadecem com paragens ao nível do conhecimento e da técnica ou da não aceitação desses avanços. Estes são pilares para a construção de um futuro melhor onde a qualidade de vida⁵⁰ é um bem de custos estimáveis e valor sem preço, que nenhum País pode deixar de ter em consideração.

⁵⁰ Chantal Couvreur, (2001), A qualidade de vida, arte para viver no século XXI

6 Notas e Referências

- ¹ Costa, Álvaro, 1996, p.1.1
- ² Ibidem
- ³ Márquez, Doble Tracción, 1994, p.22
- ⁴ Polit et Hungler, 1993, p.44
- ⁵ De Angelis, 1990, p.14
- ⁶ Fortin, 2000, p.202
- ⁷ FEUP, (1995) Regras para a apresentação de dissertações de cursos de mestrado da FEUP, p. 3
- ⁸ O VAL é um mini-metro ou um metro ligeiro totalmente automático.
- ⁹ O metro ligeiro de Grenoble foi o primeiro transporte urbano de superfície do Mundo, com acesso directo ao nível do cais.
- ¹⁰ INSEE - Instituto Nacional de Estatística Francês.
- ¹¹ Del Val, Y. em Doble Tracción, Abril/Maio de 1994, p.44
- ¹² Spector, 1997. Manual para dissertação de teses, dissertações e projectos de pesquisa, p.24
- ¹³ De Angelis, 1990, An introduction to clinical research, p.15
- ¹⁴ De Angelis, 1990, p.41
- ¹⁵ Spiegel, 1994, p.2
- ¹⁶ Spiegel, 1994, p.2
- ¹⁷ Deshaies, 1992, p.328
- ¹⁸ Abrantes et al, 1989, p.20
- ¹⁹ Altamiro, 1998, Apontamentos de Estatística da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto
- ²⁰ Fortin, 2000, p.90
- ²¹ Kerlinger, 1979, p.74
- ²² Ciuffini, 1993, p.42
- ²³ Ibidem, p.53
- ²⁴ Ordóñez, 1992, p.33
- ²⁵ McGuigan, 1976, p.37
- ²⁶ Libro Blanco del Transporte en Canarias, 2000, p.8
- ²⁷ Ibidem, p.17
- ²⁸ Ibidem, p.5
- ²⁹ Ibidem, p.11

- ³⁰ Ibidem, p.11
- ³¹ Ibidem, p.7
- ³² Ibidem, p.13
- ³³ Aparício, L., 2001, p.20
- ³⁴ Livro Branco del Transporte en Canárias, 2000, p.10
- ³⁵ Ibidem, p.7
- ³⁶ Bravo, 1985, p.46
- ³⁷ Fortin, 2000, p.202-213
- ³⁸ Murteira & Black, 1983, p.8
- ³⁹ Miranda, 1983, p.241-257
- ⁴⁰ Fortin, 2000, p.209
- ⁴¹ Spiegel, 1994, p.283
- ⁴² Goldman, 1971, p.63
- ⁴³ Estelle M. Phillips e D.S. Pugh (1998) p. 74
- ⁴⁴ Ibidem
- ⁴⁵ Vasconcelos, 2002, ANTP
- ⁴⁶ Alfred Peter, «Tramway dans sa ville». Pages Paysages, 6. Versailles, 1996.
- ⁴⁷ Kreimer et al, 1993; Banco Mundial, 1994, p.28
- ⁴⁸ Aibar & Bijker, 1997, p.56
- ⁴⁹ Miranda (1993) p.241-257; Murteira (1983) p.8 e Spiegel (1994) p.283
- ⁵⁰ Chantal Couvreur, (2001), A qualidade de vida, arte para viver no século XXI

7 Bibliografia

- ABRANTES, A., et Al, (1989) - Manual de Métodos de Investigação em Saúde, Luís Nunes, Lisboa.
- AIBAR, E. & BIJKER, W.E. (1997) – Constructing a city: the Cerdà plan for the Extension of Barcelona, *Science Technology, and Human Values* 22:3-30.
- ALMEIDA, Leandro e FREIRE, Teresa (2000) – Metodologia da Investigação em Psicologia e Educação, 2ª Ed., Editorial Psiquilíbrios, Braga.
- ALTAMIRO, (1998) – Apontamentos de Estatística da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto, (disponível na FMUP).
- AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION, (1994)- Publication Manual of the American Psychological Association, APA 4 ed. Washington, DC, USA.
- APARÍCIO, L. (2001) – Rhetoric and Public Participation: A study of the First Phase of the Strasbourg's Tramway Project (1989-1994), International Summer Academy on Technology Studies.
- ARANAZ, M.F. (1996) - SPSS para Windows. Programación Y Análisis Estadístico. McGraw-Hill - Interamericana de Espanha, S.A.. Madrid, Espanha, 579 p.
- ARBEITSGEMEINSCHAFT Blickpunkt Straßenbahn e.V. e LIGHT RAIL TRANSIT ASSOCIATION (1996) – Straßenbahnatlas ehem. Sowjetunion (Atlas de Eléctricos da URSS), Berlim, Alemanha.
- BETT, W. e GILLHAM; J. (1962) – Great British tramway networks.4ª Ed., The Light Railway Transport League, Londres, UK.
- BIGEY, M. (1993) – Les élus du tramway, Paris, Lieu Commun, França.
- BIJKER, W.E. (1995) – On Bikes, Bakelit and Bulbs : Towards a Theory of Socio-Technical Change Cambridge, Ma.: MIT Press.
- BIJKER, W.E., HUGHES, Th. E PINCH, T. (1987) – The Social Construction of Technological Systems, MIT Press, Cambridge (Mass.).

- BLAK, W.R. (1997) – North American transportation: perspectives on research and sustainable transportation, *Journal of Transport Geography*, nº1, UK.
- BLOCH, A. e BRETON, Ph. (1992) – Pour une poignée de marronniers, *Revue des Sciences Sociales de la France de l'Est*, nº19, 1991-1992, p.130-137.
- BOEGLI, W. et Al (1976) – Le tram à Genève, *Histoire imagée de la Compagnie Genevoise des tramways électriques et de ses précurseurs 1872-1976*, Editions du Tricorne, Genève, Suisse.
- BUTTON, K. (1993) - *Transport economics*, 2ª Ed., Edward Elgar, Aldershot, UK.
- CIUFFINI, F.M. (1993) – El sistema urbà i la mobilitat horitzontal de persones, material i energia. *Medi Ambient*, vol. 5, Barcelona, Espanha.
- CNAM (consultado em: 14/12/01) – Le renouveau du tramway en France, disponível em: <http://www.cnam.fr>.
- CORNOLÒ, G. e SEVERI, G., (1987) - Tram e tramvie a Milano 1840-1987, Azienda Transporti Municipal Milano, Milão, Itália.
- COSTA, A. (1996) – Organizational form and performance of urban public transport in Western European cities. Loughborough University, UK.
- COUVREUR, C., (2001) – A qualidade de vida, arte para viver no século XXI, Lusociência, Loures.
- DeANGELIS, C. (1990) - An introduction to clinical research. Oxford University Press. Inc., New York, 166 p.
- Del CASTILLO, A. e RIU, M. (1959) - Historia del transporte colectivo en Barcelona (1972-1959), Barcelona, Espanha.
- Del VAL, Y. (1994) –Valencia recibe su tranvía con una celebración popular , *Vía Libre*, Junio 1994, Madrid, España.
- _____ (1995) –El tranvía de Estrasburgo lo utilizan diariamente alrededor de 70.000 personas, *Vía Libre*, Mayo 1995, Madrid, España.
- _____ (1997) – Francia construye tranvías por vías urbanas, *Vía Libre*, Enero 1997, Madrid, España.

_____ (1997) – Un nuevo tranvía-tren conecta Francia y Alemania, Vía Libre, Diciembre 1997, Madrid, España.

DESHAES, Bruno (1992) – Metodologia de Investigação em Ciências Humanas. Divisão Editorial Instituto Piaget, Lisboa.

DICKINSON, G. e LONGLEY, C. (1973) – The coming of cheap transport – a study of tramway fares on municipal systems in British provincial towns 1900-14, Transport History, UK.

DUPUY, G. (1995) – L'Auto et la Ville, Editions Flammarion, Paris, França, 115p.

_____ (1999) - La dépendance automobile, Collection Villes, Editions Anthropos-Economica, Paris, France.

ECMT, (1993) – Resolution nº 93/3 on reducing transport's contribution to global warming, European Council of Ministers of Transport, meeting de Noordwijk 26-27 de Maio.

_____ (1996) – Changing Daily Urban Mobility. Less or Differently?, Relatório da 102^a mesa redonda, Paris 9 - 10 de Maio.

_____ (1999) – Managing car use for sustainable urban travel, Workshop em Dublin, 1-2 de Dezembro.

ECO, U. (1998) - Como se faz uma tese em Ciências Humanas. Editorial Presença, 7^a ed. Lisboa.

ENGELHARDT, H.T. JR. & CAPLAN, A.L. (eds.) (1987) – Scientific controversies: Case studies in the resolution and closure of disputes in science and technology, Cambridge U. Press., UK.

EUROPEAN COMITION (1996) - The Citizen's Network – Fulfilling the potential of public passenger transport in Europe, Green Paper, Brussels, Belgium.

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO, (1995) - Regras para a apresentação de dissertações de cursos de mestrado da FEUP, (disponível na FEUP).

FELT, U. & NOWOTNY, H. (eds.) (1993) – Science meets the public, Public Understanding of Science, 2.

FERNANDES, H.J. (1994) - Métodos e regras para a elaboração de trabalhos académicos e científicos. Porto Editora, col. Educação, Porto, p. 16-26; 182-204.

- FIELDING, G.J. (1995) – Congestion pricing and the future transit, *Journal of Transport Geography*, nº4, UK.
- FORTIN, Marie Fabienne (2000) – O Processo de Investigação, da concepção à realização. 2ª Ed., Lusociência – Edições Técnicas e Científicas, Lda., Loures.
- FRADA, J.J.C. (1993) - Guia prático para elaboração e apresentação de trabalhos Científicos. Edições Cosmos, Lisboa.
- GARCÍA I BALAGUER, E. (1990) – La circulació, els transports i el medi ambient a les ciutats mitjanes, *Revista Catalana de Geografia*, nº13, Barcelona, Espanha.
- GART (consultado em 10/11/2001) – Quand le tramway sort de la ville, disponível em: <http://www.gart.org>.
- GIERE, R. (1987) – Controversies involving science and technology: a theoretical perspective in ENGELHARDT and CAPLAN, UK.
- GIL, A.C. (1991) - Métodos e Técnicas de Pesquisa Social . 3ªed., Editora Atlas S.A., São Paulo.
- GIL, A.C. (1993) - Como Elaborar Projectos de Pesquisa. 3ª ed., Editora Atlas S.A., São Paulo.
- GOBIERNO DE CANARIAS, (2000) – Libro blanco del transporte en canarias.
- GOLDMAN, L. (1971) – Using tests in counselling. Goodyear, Santa Monica, USA:
- GONZÁLEZ, M. M. (1997) – el Futuro Viaja en Tranvía, Doble Tracción, Madrid.
- GREATER MANCHESTER PASSENGER TRANSPORT EXECUTIVE (GMPTE).(1982-1991) – Trends & Statistics , Manchester, UK.
- GREATER MANCHESTER PASSENGER TRANSPORT EXECUTIVE (GMPTE).(1983-1992) – Trends & Statistics , Manchester, UK.
- GUIDEZ, J.M. (2000) - Dix ans de mobilité urbaine en France: les années 1990 CERTU, Lyon, França.
- HALL, C. (1977) - Sheffield Transport, The Transport Publishing Company, Glossop, UK.
- HIVERS (1966) – Underground railways of the world, Temple Press Books, UK.

- HILGARTNER, S. (1990) – The dominant view of popularization: Conceptual problems, political issues, *social Studies of Science*, 20, 519-539.
- JASANOFF, Sh. et Al (1995) – *Handbook of Science and Technology Studies*, London, SAGE.
- JOYCE, J. (1965) – *Tramways of the world*, Ian Allan, London, UK.
- JUNTA DE ANDALUCIA, Consejería de Obras públicas y Transportes (1998) – *Metro Ligero Iniciativas y costes de Construcción*, Departamento de publicaciones ASBN: 84-8095-165-6, Sevilla, Espanha, 93 p.
- JURDANT, B. (1993) – Popularization of science as the autobiography of science, *Public understanding Science*, 2, 365-373.
- KAUFMANN, V. (1999) – *Mobilité et vie quotidienne: synthèses et questions de recherche*, em 2001 ainda – *Synthèses et recherches n°48*, Centre de Prospective et de Veille Scientifique, Direction de la recherche et des affaires scientifiques et techniques, Ministère de l'Équipement, des transports et du Logement, Paris, França.
- KAY, D. e CORMAK, I. (1977) – *Trams and trolleybuses*, Spurbbooks, UK.
- KERLINGER, F.N. (1979) – *Behavioural research: A conceptual approach*, Holt, Rinehart and Winston, New York, USA.
- KING, B.K. e PRICE, J.H. (1983) - *The tramways of Portugal*, Light Rail Transit Association, 3ª Ed., Broxbourne, UK.
- KLAPPER, C. (1974) - *The golden age of tramways*, 2ª Ed., David & Charles, UK..
- KREIMER, (1993), Banco Mundial.
- LAUPIÈS, J. e MARTIN, R. (1975) – *Les tramways de Marseille ont cent ans*, França.
- LEWENSTEIN, B. (1995) Science and the media, in JASANOFF et AL:343-360.
- LIMOGES, C. (1993) – Expert knowledge and decision-making in controversy contexts, *Public Understanding of science*, 2, pp.417-426.
- LIZASOAIN, LUIS, et Al, (1997) - *SPSS para WINDOWS*. Editorial Paraninfo, Madrid.
- POLIT, D. and HUNGLER, B. (1983) - *Investigación científica en Ciencias de la Salud*. Nueva Editora Interamericana, S.A., México.

LLOP, J. L.(1997) – Un Tranvía llamado deseo, Doble Tracción, Madrid, Espanha.

LORENTZ, F. (1994) – El tranvía es un elemento clave en la expansión del transporte en París, Vía Libre, Enero 1994, Madrid, Espanha.

McGUIGAN, F. M. (1976) – Psicologia experimental: Uma abordagem metodológica, EPU, São Paulo, Brasil.

MAIRIE DE PARIS (consultado em: 18/07/2002) – Vivre à Paris –Le Project de Tramway – les principales caractéristiques, disponível em: http://www.paris-france.org/PARISWEB/FR/vivre/tramway/tramway_presentation.html.

MAIRIE DE PARIS (consultado em: 18/07/2002) – Lutter Contre la Pollution Atmosphérique, disponível em: <http://www.paris-france.org/parisweb/FR/vivre/ENVIRONNEMENT/AIR.HTM>.

MATAS, A. (1990) – Características técnicas y eficiencia de las empresas de transporte urbano de superficie, Documento de trabajo 67, FIES, Espanha.

MARQUEZ, M. G. (1994) – Valencia: El futuro viaja en Tranvía, Doble Tracción, Abril/Mayo 94, Barcelona, Espanha.

MARTIN, A. (consultado em: 02/11/01) – Reintroducción del tranvía en Valencia, Generalitat Valenciana, disponível em: <http://habitat.aq.upm.es>.

McKay, J. (1976) Tramways and trolleys, Princeton University Press, New Jersey, USA.

MEYER, O. (consultado em: 19/07/02) – Le retour du tramway en France , disponível em: <http://www.transbus.org/dossiers/tramway.html>.

MEYERE, A. (1987) – Groups prives et semi-publics de transport urbain en France, proceedings of PTRC 15th Summer Annual Meeting, Seminar A, University of Bath, 7-11 September, U.K.

MIRANDA, M. J. C. (1983) – A amostragem de indivíduos: Algumas questões sobre a organização de amostras para a aferição de testes psicológicos em Portugal, Revista portuguesa de Pedagogia, XVII, 241-257.

MURTEIRA, B. J. F. & BLACK, G. H. J. (1983) – Estatística descritiva, McGraw-Hill, Lisboa.

- NEIDHART, F. (1993) – The public as a communication system, *Public Understanding of Science*, 2, pp.339-350.
- OWEN, W. (1966) – The metropolitan transportation problem, 2ª Ed., The Brookings Institution, USA.
- ORDÓÑEZ, J. L. (1994) – Los Nuevos Tranvías, Vía Libre, Mayo 1994, Madrid, Espanha.
- LOUDARD, A. (consultado: 29/04/02) – Les Tramways d’hier et aujourd’hui..., disponível em : http://www.trans-com.net/detail_tram.asp?num_tram=13.
- PEREIRA, M. (1995) – Os velhos eléctricos do Porto, Sociedade Editorial Notícias de Beira Douro, Portugal.
- PERLMAN, Ch. (1977) – L’empire rhétorique, J.Vrin, Paris, França.
- PETER, A. (1996) – Tramway dans sa ville, Pages Paysages, Versailles, França.
- PHAROAH, D. (1995) – Transport concepts in European cities Avebury Studies in Green Research, T. & APLE, Aldershot, UK.
- PHILLIPS, Estelle M. e PUGH, D.S. (1998) – Como Preparar um Mestrado ou Doutoramento. Lyon Multimédia Edições, Lda., Lisboa.
- PUCHER, J. (1995a) – Urban passenger transport in the United States and Europe: a comparative analysis of public policies – Part 1. Travel behaviour, urban development and automobile use, *Transport Reviews*, 15 (2), USA.
- PUCHER, J. (1995b) – Urban passenger transport in the United States and Europe: a comparative analysis of public policies – Part 2. Public transport, overall comparisons and recommendations, *Transport Reviews*, 15 (2), USA.
- ROBERT, J. (1974) – Histoires des transports dans les villes de France, Edição do Autor, França.
- RODRÍGUEZ, A. L. (1996) – Adtranz construirá 21 nuevos tranvías para la ciudad de Estrasburgo, Vía Libre, Julio/Agosto, Madrid, España.
- RODRÍGUEZ, A. L. (1996) – Diez nuevos tranvías de piso bajo circulan por Lisboa, Vía Libre, Enero, Madrid, España.

- RODRÍGUEZ, A. L. (1995) – Siemens construye el tranvía ligero de la ciudad británica de Sheffield, Vía Libre, Septiembre, Madrid, España.
- SCHOONAARD, W. (1971) – De elektrische trams van Rotterdam, WYT, Rotterdam, The Netherlands.
- SCHWANDL, R. (consultado em: 19/07/02) – Rouen Metro, metroPlanet, disponível em: <http://www.metropla.net/eu/rou/rouen/htm>.
- SPECTOR, N. (1997) – Manual para redação de teses, dissertações e projectos de pesquisa. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, Brasil.
- SPIEGEL, M. (1994) - Estatística. (3ª ed), Schaum McGraw-Hill, Ld., São Paulo, 643 p.
- SUAREZ, A. (1994) – Los Nuevos tranvías para la localidad francesa de Lille, Vía Libre, Julio/Agosto 1994, Madrid, Espanha.
- THE WEBSITE FOR THE RAILWAY INDUSTRY (consultado em 04/07/2002) – Strasbourg Light Rail Extension, France, disponível em: <http://www.railway-technology.com>.
- TRANSBUS (consultado em: 19/07/02) – Les transports urbains en France – Strasbourg, consultado em : <http://www.transbus.org/reseaux/67000.htm>.
- URBAN AUDIT – Regional Policy Info regio (consultado 18/07/02) – Assessing the Quality of Life of European Cities, disponível em: http://europa.eu.int/comm/regional_policy.
- WEBER, M. (1979) – Economy and society Vol. 1, university of California Press, Berkeley, USA.
- WHITELEGG, J. (1994) – Driven to destruction: Absurd freight movement and road building, Greenpeace, London, UK.
- WYNNE, B. (1992) – Misunderstood misunderstanding: Social identities and public uptake of science, Public Understanding of science, 1 (3), 281-304.
- WOODWARD, C.A. (s.d.) - Questionnaire construction and question writing for research in medical education. Medical Education Research. Booklet N°4, Department of Clinical Epidemiology and Biostatistics, Mc Master University, Hamilton, Ontario, 17 p.
- VASCONCELOS (2002), ANTP, Associação Nacional de Transporte Público -. Congresso sobre Mobilidade, Brasil.

Anexo A

Aplicação prática a uma implantação de um sistema de metro ligeiro

1. Introdução

A análise para a decisão de implantação dum sistema de metro ligeiro deve ponderar-se num âmbito espacial suficientemente amplo que permita avaliar a influência do novo modo, tanto sobre os sistemas de transporte actuais, como no sistema territorial urbano ou metropolitano.

A proposta de instalação dum sistema de metro ligeiro pode ponderar-se em diferentes vertentes de actuação:

- Como parte de um plano integrado de transporte e uso do solo no conjunto da área metropolitana;
- Para resolver os problemas de transporte dum determinado corredor da área urbana ou metropolitana;
- Como elemento de suporte básico de um projecto de desenvolvimento e ou regeneração urbana.

Em qualquer dos casos, deve definir-se a área de influência do novo modo de transporte que há-de ser suficientemente ampla para poder expressar os efeitos do metro ligeiro nos sistemas de transporte actuais e, mais generalizadamente, no sistema territorial urbano ou metropolitano no qual se implanta. Sobre esta área de impacto deve realizar-se uma série de estudos que sirvam de base à justificação da instalação do novo sistema:

- Características do uso do solo;
- Características demográficas e socioeconómicas;
- Características da mobilidade;
- Oferta e procura de transporte, tanto público como privado.

Com esta informação devem identificar-se os problemas actuais e futuros (projeções a 10 e 20 anos) de transporte na área. Resulta especialmente importante a identificação dos problemas em ambos horizontes temporais mencionados, na hipótese de não introdução do metro ligeiro e portanto, crescimento da oferta de modos existentes para a adaptação ao crescimento da procura. Em particular deve prestar-se atenção a:

- Despesa e impacte ambiental sobre a trama urbana inerente ao incremento da oferta de infra-estrutura viária;
- Estrangulamentos ou saturações provocados pelo incremento da capacidade de oferta de transporte colectivo, tanto de infra-estrutura como de serviços, que conduzam a ineficiências ou degradação das condições de prestação dos serviços.

Finalmente deve especificar-se a funcionalidade do novo modo de transporte e sua integração no resto do sistema de transporte colectivo e privado da área:

- O metro ligeiro é o modo de transporte principal, desempenhando o autocarro um papel complementar, como alimentador/distribuidor;
- O metro ligeiro detém fundamentalmente, um papel alimentador/distribuidor de outros sistemas de transporte de maior capacidade, como o metro convencional ou o comboio suburbano;
- Em ambos os casos, deve ser considerada a integração do transporte público e privado através do sistema “*park-and-ride*”, bem como uma integração do conjunto do sistema de transporte colectivo (linhas, serviços, tarifas, etc.), que em geral, conduzirá à necessidade de reestruturação do traçado das linhas de autocarro em maior ou menor medida.

2. Definição de objectivos de aceitação social

A definição de objectivos e dos problemas a resolver com a instalação do novo sistema de transporte, num contexto de consenso político e social, é vital para o sucesso final dum sistema de metro ligeiro, que indubitavelmente é um potente instrumento de política de transportes, mas que não é de todo uma solução isolada de resolução de problemas de acessibilidade e mobilidade urbana.

Com base em experiências desenvolvidas até ao momento, é razoável ponderar-se um sistema de metro ligeiro para contribuir para o cumprimento dos seguintes objectivos:

Em relação ao sistema territorial urbano ou metropolitano:

- Melhorar a acessibilidade aos centros de actividade, especialmente no centro da cidade;
- Melhorar a qualidade ambiental;
- Satisfazer as necessidades de transporte de novos desenvolvimentos;
- Servir como catalizador para a renovação urbana de alguma zona;

Em relação ao sistema de transporte.

- Aumentar a eficiência global:
 - Maior capacidade de transporte com os mesmos recursos (espaço, investimento, energia, etc.);
 - Menores tempos de viagem (especialmente em situações de congestionamento);
- Aumentar a equidade. Tal como noutros sistemas de transporte colectivo, pretende-se que seja acessível para todos os cidadãos (com automóvel ou sem ele), e especialmente apto para anciãos e inválidos;
- Reduzir os acidentes de transporte, que são um dos maiores flagelos da actualidade, considerado já como um problema de saúde pública.

A aceitação social dos objectivos a atingir é uma explicação aos cidadãos (potenciais utilizadores de outros modos colectivos e privados, residentes nas imediações do traçado, etc.) das características do novo sistema de transporte e suas vantagens e inconvenientes para o alcance destes objectivos, em comparação com outras alternativas de transporte, são elementos fundamentais para o convencimento da utilidade da instalação dum sistema de metro ligeiro. Este facto é ainda mais importante em países onde exista uma imagem negativa associada aos antigos eléctricos.

Considerando que a consecução da maioria dos objectivos está associada a uma redução do uso do veículo privado no centro urbano, é fundamental a adopção, explicação e aceitação social de medidas complementares tais como:

- Variantes de circulação para evitar o tráfego de passagem;
- Provisão de estacionamento na periferia urbana;
- Zonas pedonais;
- Malhas de transporte público;
- Restrições de estacionamento no centro da cidade;
- Portagens urbanas;
- *Road Pricing*.

3. Atractivos do eléctrico

O objectivo fundamental de uma rede de eléctrico, é satisfazer a procura de transporte nas melhores condições de segurança e conforto. Para além disso tem que oferecer um serviço atractivo e outras prestações, de maneira a que justifique os investimentos que requer. Por isso a rede tem que garantir:

- **Segurança**
- **Regularidade**
- **Rapidez**
- **Conforto**

3.1 Segurança

A segurança é um objectivo inerente aos sistemas ferroviários e requer disposições técnicas e organizativas muito diversas assim como a presença de pessoal (condutores, operadores de PCC, etc) com formação qualificada que possam tomar todas as medidas necessárias, tanto respeitantes ao serviço normal, como em caso de falho de material ou instalações.

3.2 Regularidade

A regularidade é motivo de preocupação constante dos serviços de exploração já que o passageiro deseja conhecer, para gestão quotidiana do seu tempo, quanto tempo terá que dedicar ao transporte.

A manutenção de regularidade fundamenta-se especialmente:

- a) Na limitação das incidências induzidas pelo tráfego viário, que se consegue com a separação física (plataforma reservada) da via e com a prioridade de passagem nos cruzamentos;
- b) Na fiabilidade de material circulante e das instalações fixas;
- c) Na centralização da informação, na marcação do sistema de ajuda à exploração, com a finalidade de reagir o mais rapidamente possível mediante as incidências e disfunções inevitáveis;
- d) Medidas de organização dirigidas à disposição de reservas suficientes tanto no que se refere a material como a uma óptima rotação de pessoal;
- e) A formação do pessoal;
- f) A organização racional de manutenção;
- g) A existência de modos degradados de funcionamento.

3.3 Rapidez

A rapidez também é um elemento que forma parte do atractivo da rede. Esta noção não se refere à velocidade máxima autorizada, mas sim à velocidade comercial que tem em conta o tempo de percurso entre as paragens e o tempo de permanência nas mesmas. A velocidade comercial é melhorada com a plataforma reservada, a prioridade nos cruzamentos, a facilidade de movimentos dos passageiros no acesso ao veículo na paragem (portas ao nível

do passeio, portas largas, etc.) e também com a competência do pessoal encarregado da condução do veículo.

3.4 Conforto

O conforto é uma noção geral que diz respeito especialmente à acessibilidade ao sistema de eléctrico, ao dimensionamento e situação das paragens, ao acesso aos veículos, às condições climáticas, luminosas e espaciais dos eléctricos, à informação dos passageiros em situação normal e em caso de incidentes e à coordenação e conexão com outros modos de transporte do sistema.

4. Selecção de componentes do sistema

Uma vez definida a área de impacto dos sistema de metro ligeiro, estabelecidos os objectivos a atingir e os problemas a resolver com a instalação do novo modo de transporte, é necessário seleccionar as componentes do sistema para sua avaliação relativamente a os referidos objectivos e problemas. Como em todos os sistema de transporte, estas componentes podem agrupar-se em: instalações fixas; material circulante e sistema de exploração.

4.1 Instalações fixas

As instalações fixas compreendem para além das vias, outros elementos fundamentais para o funcionamento do metro ligeiro, tais como: a electrificação; sinalização; paragens; estações e plataformas modais. Para cada um destes elementos, deve considerar-se como factor fundamental de decisão, a integração da rede de metro ligeiro na rede de transporte colectivo e privado, assim como na trama urbana da área de impacto.

4.1.1. Grau de separação da infra-estrutura;

Por se tratar de um dos aspectos decisores dos metros ligeiros, será prestada especial atenção à definição da infra-estrutura e seu grau de separação ou reserva do restante tráfego rodado. Nos distintos tramos do traçado, deverá especificar-se o grau de separação da infra-estrutura:

- Infra-estrutura exclusiva ou independente (superfície ou túnel).- Tipo A;
- Infra-estrutura separada em sítio próprio – Tipo B;

- Infra-estrutura compartilhada com o restante tráfego e peões – Tipo C;

Para cada tramo correspondente a cada uma das situações mencionadas, serão descritos os parâmetros básicos de projecto adoptados (disposição das vias relativamente à via, elementos de separação adoptados, projecto funcional das paragens, tratamento das intersecções, etc.).

4.1.2. Geometria da via e superestrutura

Devem ser definidos os parâmetros básicos de projecto da via, como são:

- Raios mínimos;
- Pendentes máximas;
- Bitola livre de obstáculos;
- Superestrutura, tipo de carril e tipo de base.

4.1.3. Electrificação, sinalização e controlo;

Dever-se-á definir o sistema de alimentação de energia eléctrica, a forma da catenária, a potência exigida, o número de subestações, a potência instalada e sua localização. Estes elementos têm uma importância fundamental na “imagem” urbana do metro ligeiro e consequentemente no impacto visual produzido.

No que respeita à sinalização e controlo, deverá definir-se para cada um dos tramos da linha, o sistema mais adequado:

- Manual/visual com controlo directo e único do condutor;
- Manual assistido, ou ATP (Automatic Train Protection);
- De controlo automático, ou ATO (Automatic Train Operation).

4.1.4. Paragens, estações e plataformas modais;

Deverá definir-se o sistema de paragens e estações, assim como os pontos de intercâmbio modal.

Realizando um projecto funcional dos diferentes tipos de paragens e estações, especificando o controlo de acessos, a sinalização, a existência ou não de paragens desniveladas e as medidas de protecção e segurança previstas.

Sobre as plataformas modais, será definido o esquema funcional de relações previstas, a ordenação dos fluxos de intercâmbio, e se for o caso, a capacidade de estacionamento para veículos privados.

4.2 Material circulante

Os elevados custos do material circulante de um metro ligeiro, a sua longa vida útil e a influência das características dos veículos nas prestações e qualidade do serviço deste modo de transporte, exigem um processo de selecção e especificação sistemática do mesmo.

No Quadro 6 propõem-se umas fichas de dados típicas a utilizar numa petição de ofertas. A primeira parte refere-se às condições de serviço, características da cidade e do traçado da linha, a preencher pelo projectista do sistema de metro ligeiro. A segunda parte refere-se aos dados do veículo, características do material circulante, a preencher pelo fabricante do citado material.

Quadro 6: Ficha de dados

Cidade:

CONDIÇÕES DE SERVIÇO:

- Temperatura media anual máxima: (°C);
- Temperatura media anual mínima: (°C);
- Pendente máxima do traçado: (%);
- Largura mínima do traçado: (mm);
- Largura da via: (mm);
- % de plataforma reservada esperada;
- Nível de ruído máximo admissível a 2 m: (dBA);
- Nível de ruído máximo no interior do veículo: (dBA);
- Alimentação eléctrica disponível: (V);
- Veículos bidireccionais: (sim ou não);
- Veículos unidireccionais: (sim ou não);
- Sistema de acoplamento dos veículos. (automático ou manual);
- Sistema de abertura de portas:
 - Unicamente pelo condutor desde a cabine,
 - Unicamente pelos passageiros;
 - Sistema misto;
- Altura máxima do piso: (mm);
- Altura máxima do piso nas portas: (mm);
- % de piso rebaixado mínima admissível
- Climatização (ar condicionado):
 - Cabine: (sim ou não);
 - Habitáculo: (sim ou não);
- Aquecimento: (sim ou não);
- Altura da catenária: (mm);
- Sobrelargura em recta: (mm)
- Sobrelargura em curva de raio até 25m: (mm);
- Raio de curvatura mínimo: (mm);
- Acesso a inválidos em cadeira de rodas: (sim ou não);
- Velocidade máxima: (km/h);
- Capacidade para 4 pessoas por m² de pé.

DADOS RELATIVOS AO VEÍCULO:

Características gerais:

- Dimensões principais da caixa.
 - Extensão total entre conexões. (mm);
 - Largura total: (mm);
 - Altura do solo desde o carril:
 - nas portas: (mm);
 - nos bogies motores: (mm);
 - nos bogies não motores: (mm);
 - na articulação: (mm);
 - Plataforma baixa: (%);
 - Altura mínima interior: (mm);

- Largura interior nas articulações: (mm);
- Topo de veículos:
 - Composição do eléctrico standard;
 - Unidireccionais: (sim ou não);
 - Bidireccionais: (sim ou não);
 - Capacidade modular num veículo: (sim ou não);
 - N° de articulações/separações: (n°/mm);
- N° máximo de veículos por composição:
 - Sistema de acoplamento;
- Capacidade de carga:
 - N° total de passageiros;
 - N° de assentos/disposição/largura de assento;
 - N° de passageiros em pé;
 - N° de passageiros em pé/m²;
 - % de superfície útil de passagem;
- Características da caixa:
 - Material estrutural/conjunto;
 - Material isolamento térmico/acústico;
 - N° de portas por lado/tipo;
 - % de acessos relativamente à extensão total: (%);
 - Largura livre para passagem por porta: (mm);
 - Sistema de abertura de portas;
 - Localização do equipamento eléctrico;
 - Localização de areiros;
- Pesos:
 - Tara: (Kg);
 - Peso a plena carga: (Kg.);
 - Carga máxima por bogie: (Kg.);
 - Carga máxima por eixo: (Kg.);
 - Peso por unidade de comprimento: (Kg./m);

Prestações:

- Velocidade comercial: (km/h);
- % de plataforma reservada
- Velocidade máxima: (km/h);
- Aceleração inicial: (m/seg);
- Desaceleração de serviço a partir da velocidade máxima: (m/seg);
- Desaceleração de emergência a partir da velocidade máxima: (m/seg);
- Duração da travagem de serviço: (seg);
- Duração da travagem de emergência: (seg);
- Capacidade de aderência: (%);
- Pendente máxima superável a plena carga;
- Pendente máxima superável a plena carga com um bogie motor;
- Raio de curvatura mínimo para um veículo: (mm);
- Raio de curvatura mínimo para composição máxima: (mm);

- Nível de ruído máximo a 2 m: (dBA);
 - Sistemas específicos de amortização do ruído;
- Características do equipamento mecânico:
 - Sistema de tracção:
 - N° de bogies totais;
 - Bogies motores: (marca e tipo):
 - número/veículo;
 - diâmetro das rodas/material: (mm);
 - n° de eixos motores
 - articulação: (sim ou não);
 - Bogies não motores: (marca e tipo):
 - número/veículo;
 - diâmetro das rodas/material: (mm);
 - n° de rodas motorizadas
 - articulação: (sim ou não);
 - Disposição dos eixos
 - Distância entre bogies: (mm);
 - Envergadura da cabine: (mm);
 - Sistema de transmissão:
 - Acoplamento: (marca e tipo);
 - Redutores: (marca e tipo);
 - Relação de redução;
 - Sistema de suspensão:
 - Sistema de travagem de serviço:
 - Em bogies motores: (sim ou não);
 - tipo;
 - actuação;
 - Em bogies não motores. (sim ou não):
 - tipo;
 - actuação;
 - Sistema de travagem de emergência:
 - tipo;
 - actuação;
 - Dispositivos antibloqueios:
 - tipo;
 - actuação;
 - Sistema de climatização;
 - Sistema de amortização de ruído;
- Características do equipamento eléctrico:
 - Tensão de alimentação: (V);
 - Intensidade de alimentação: (A);
 - Potência máxima consumida: (kW);
 - Potência máxima por eixo: (kW);
 - Rendimento total: (%);
 - Potência máxima especificada: (kW);
 - Tipo de tomada:
 - N° de tomadas por veículo
 - Altura máxima/mínima da catenária: (mm);

- Motores eléctricos de tracção: (marca e tipo):
 - Número total/veículo;
 - Número por bogie;
 - Potência máxima consumida/motor: (kW);
 - Potência máxima por eixo/motor: (kW);
 - Rendimento a máxima potência;
 - Refrigeração;
 - Velocidade de rotação (r.p.m.);
- Sistema de travagem eléctrico:
 - Tipo;
 - Equipamento chopper: (marca e tipo);
 - corrente contínua: (sim ou não);
 - corrente alterna: (sim ou não);
 - Resistências: (sim ou não);
- Sistema de comutação;
- Características da electrónica de comando e controlo:
 - Dispositivos de tracção múltipla;
 - Dispositivos antibloqueio;
 - Dispositivos antipatinagem;
 - Controlo da travagem;
- Sistemas de controlo e comando;
- Baterias;
- Sistema de sinalização;
- Sistema de ajuda à exploração,
- Sistema de registo de sinais;
- Sistema de diagnóstico de avarias;
- Sistema de detecção da velocidade;
- Sistema de accionamento de agulhas;
- Sistema de activação de portas

4.3 Sistema de exploração

Devem prever-se os elementos técnicos necessários para garantir uma exploração eficiente do sistema de metro ligeiro. Em particular, um sistema de controlo da exploração que permita tomar decisões em tempo real, e um sistema de venda e validação de bilhetes, que se adapte às características do metro ligeiro e que permita uma integração tarifária com o resto do sistema de transporte colectivo.

No caso do sistema de controlo da exploração, dever-se-ão definir:

- Características de hardware do centro de controlo, dos equipamentos a bordo e dos equipamentos de linha;
- As funções asseguradas em tempo real:
 - Transmissão ao centro de controlo sobre a localização dos veículos;
 - Informação de incidentes;
 - Informação a condutores e transmissão de instruções;
 - Informação geral sobre o estado da exploração;
 - Informação aos passageiros;
- Comunicação e integração no sistema de regulação e controlo de tráfego.

Quanto ao sistema de expedição e validação de bilhetes, dever-se-á definir se o sistema corresponde a:

- Sistemas de venda e controlo a bordo dos veículos;
- Sistemas de estações fechadas (tipo metro convencional);
- Sistemas abertos com venda automática e auto-validação de qualquer que seja o título de viagem utilizado;
- Sistemas baseados em cartões inteligentes utilizáveis em outros serviços.

5. Avaliação económico-social

A avaliação económico-social tem por objecto determinar os custos e benefícios para o conjunto da sociedade que se obtém com a introdução de um sistema de metro ligeiro frente a outras alternativas de transporte.

Para avaliação económico-social devem ter-se em conta os seguintes elementos de custo/benefício:

- Custos do investimento em instalações fixas;
- Custos do investimento em material circulante;
- Custos de exploração;
- Benefícios dos utilizadores do sistema, principalmente como consequência do aforro de tempos de viagem;
- Benefícios derivados da redução do congestionamento do tráfego. Neste sentido devem destacar-se tanto os efeitos positivos como consequência da captação de utilizadores de transporte privado e autocarro, como os possíveis efeitos negativos nos tramos de plataforma compartilhada com o restante tráfego;
- Redução de custos de acidentes. Devem considerar-se tanto os impactos positivos derivados da maior segurança que os modos ferroviários detêm em comparação com os modos circulantes em estrada, como os possíveis impacto negativos nas zonas de plataforma compartilhada;
- Benefícios e custos derivados do impacte sobre outros modos de transporte público (mudança de funções dos modos, transferências de utilizadores, etc.);
- Benefícios externos como consequência da melhora da acessibilidade em transporte colectivo e da possível regeneração urbana;
- Benefícios devidos ao melhoramento da qualidade ambiental, tendo em conta as vantagens do metro ligeiro relativamente a outros modos de transporte em termos de ruído, poluição atmosférica, etc.

6. Fórmula de promoção, financiamento e gestão

Os resultados da avaliação económico-social, em relação aos objectivos e problemas de transporte e do sistema territorial urbano ou metropolitano, são essenciais para estabelecer a fórmula de promoção e financiamento do sistema de metro ligeiro e sua gestão. Par tal, devem explicitar-se os destinatários dos benefícios esperados; em particular, devem separar-se os benefícios gerais, atribuídos à administração competente, dos benefícios “individualizáveis”, que podem atribuir-se às pessoas ou grupos afectados.

A partir dos resultados desagregados da avaliação custo/benefício é possível determinar:

- As administrações implicadas que podem participar na promoção e financiamento do sistema. Por exemplo, a possibilidade de intervenção da Administração Central num novo sistema que pode modificar o reparto de viagens públicas/privadas, e portanto, a sua participação em infra-estruturas para o veículo privado;
- Possibilidades de participação de beneficiários individuais, por diferentes vias:
 - Participação no capital da sociedade promotora/financiadora;
 - Por via impositiva ou similar: internalização social de benefícios privados individualizáveis;
 - Através de rendimentos associados à exploração ou construção

Quanto à gestão, devem ponderar-se diversas alternativas, dependendo das fórmulas de promoção:

- Empresa gestora actual do transporte colectivo, ou parte da mesma;
- Nova empresa, em função da composição do capital da sociedade de promoção e financiamento, em cada caso.

Em qualquer caso, deverá ser garantida a viabilidade financeira do sistema pelo que será necessário elaborar um plano provisional de resultados de exploração no qual se tenha em conta todas as receitas e as despesas, assim como um plano de financiamento no qual se identifiquem as origens e as aplicações dos recursos.

Anexo B

Testes estatísticos

Correlaciones

CORRE_A	CORRE_B	CORRE_C	EXTENSÃO	PARAGENS	DMP	PRIOR	SAE	FREQ	VC	REQ_URBA	RES_T1	DIV_PUB	TAR_INT	POPULA
Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	. . 10	. . 10	. . 10	. . 10	. . 10	. . 10	. . 10	. . 10	. . 10	. . 10	. . 10	. . 10	. . 10	. . 10
CORRE_B Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000
CORRE_C Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000
EXTENSÃO Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000
PARAGENS Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000
DMP Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000
PRIOR Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000
SAE Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000
FREQ Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000
VC Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000
REQ_URBA Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000
RES_T1 Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000
DIV_PUB Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000
TAR_INT Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000
POPULA Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000	. . 1,000

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

a. No se puede calcular porque al menos una variable es constante.

° Análisis de Regresión Múltiple:

Variables que quedan en el estudio:

- 1 CORRE_B
- 2 EXTENSAO
- 3 DMP
- 4 PRIOR
- 5 FREQ
- 6 POPULA
- 7 REQ_URBA
- 8 TAR_INT

REGRESSION

/MISSING LISTWISE

/STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA

/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)

/NOORIGIN

/DEPENDENT n_pas_di

/METHOD=BACKWARD corre_b extensao dmp prior freq req_urba tar_int popula .

Regresión

Variables introducidas/eliminadas^b

Modelo	Variables introducidas	Variables eliminadas	Método
1	POPULA, FREQ, CORRE_B, DMP, EXTENSAO, TAR_INT, PRIOR, REQ_URBA ^a		Introducir
2		FREQ	Hacia atrás (criterio: Prob. de F para eliminar >= ,100).
3		TAR_INT	Hacia atrás (criterio: Prob. de F para eliminar >= ,100).
4		POPULA	Hacia atrás (criterio: Prob. de F para eliminar >= ,100).
5		PRIOR	Hacia atrás (criterio: Prob. de F para eliminar >= ,100).
6		CORRE_B	Hacia atrás (criterio: Prob. de F para eliminar >= ,100).

a. Todas las variables solicitadas introducidas

b. Variable dependiente: N_PAS_DI

Resumen del modelo

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
1	,986 ^a	,973	,756	44680,9384
2	,986 ^b	,972	,876	31828,0319
3	,983 ^c	,967	,900	28601,2567
4	,981 ^d	,962	,915	26420,8778
5	,975 ^e	,951	,911	26981,4045
6	,972 ^f	,945	,918	25919,1987

- a. Variables predictoras: (Constante), POPULA, FREQ, CORRE_B, DMP, EXTENSAO, TAR_INT, PRIOR, REQ_URBA
- b. Variables predictoras: (Constante), POPULA, CORRE_B, DMP, EXTENSAO, TAR_INT, PRIOR, REQ_URBA
- c. Variables predictoras: (Constante), POPULA, CORRE_B, DMP, EXTENSAO, PRIOR, REQ_URBA
- d. Variables predictoras: (Constante), CORRE_B, DMP, EXTENSAO, PRIOR, REQ_URBA
- e. Variables predictoras: (Constante), CORRE_B, DMP, EXTENSAO, REQ_URBA
- f. Variables predictoras: (Constante), DMP, EXTENSAO, REQ_URBA

ANOVA^g

Modelo		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
1	Regresión	7,167E+10	8	8,96E+09	4,487	,351 ^a
	Residual	1,996E+09	1	2,00E+09		
	Total	7,366E+10	9			
2	Regresión	7,164E+10	7	1,02E+10	10,102	,093 ^b
	Residual	2,026E+09	2	1,01E+09		
	Total	7,366E+10	9			
3	Regresión	7,121E+10	6	1,19E+10	14,508	,026 ^c
	Residual	2,454E+09	3	8,18E+08		
	Total	7,366E+10	9			
4	Regresión	7,087E+10	5	1,42E+10	20,305	,006 ^d
	Residual	2,792E+09	4	6,98E+08		
	Total	7,366E+10	9			
5	Regresión	7,002E+10	4	1,75E+10	24,046	,002 ^e
	Residual	3,640E+09	5	7,28E+08		
	Total	7,366E+10	9			
6	Regresión	6,963E+10	3	2,32E+10	34,549	,000 ^f
	Residual	4,031E+09	6	6,72E+08		
	Total	7,366E+10	9			

- a. Variables predictoras: (Constante), POPULA, FREQ, CORRE_B, DMP, EXTENSAO, TAR_INT, PRIOR, REQ_URBA
- b. Variables predictoras: (Constante), POPULA, CORRE_B, DMP, EXTENSAO, TAR_INT, PRIOR, REQ_URBA
- c. Variables predictoras: (Constante), POPULA, CORRE_B, DMP, EXTENSAO, PRIOR, REQ_URBA
- d. Variables predictoras: (Constante), CORRE_B, DMP, EXTENSAO, PRIOR, REQ_URBA
- e. Variables predictoras: (Constante), CORRE_B, DMP, EXTENSAO, REQ_URBA
- f. Variables predictoras: (Constante), DMP, EXTENSAO, REQ_URBA
- g. Variable dependiente: N_PAS_DI

Coefficientes^a

Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
		B	Error típ.	Beta		
1	(Constante)	108279,7	369818,6		,293	,819
	CORRE_B	-119762	454019,4	-,419	-,264	,836
	EXTENSAO	7107,182	8008,817	2,041	,887	,538
	DMP	-436,203	574,559	-1,117	-,759	,587
	PRIOR	-139823	296552,9	-,747	-,471	,720
	FREQ	6378,903	52332,993	,082	,122	,923
	REQ_URBA	291175,3	742555,5	1,368	,392	,762
	TAR_INT	-31652,7	68819,289	-,181	-,460	,726
	POPULA	4,545E-03	,007	,127	,614	,649
2	(Constante)	147299,5	131905,0		1,117	,380
	CORRE_B	-170579	128067,2	-,596	-1,332	,314
	EXTENSAO	7909,032	3253,871	2,271	2,431	,136
	DMP	-482,322	308,010	-1,235	-1,566	,258
	PRIOR	-166351	143492,2	-,888	-1,159	,366
	REQ_URBA	370928,1	250114,4	1,742	1,483	,276
	TAR_INT	-27345,9	42068,416	-,156	-,650	,582
	POPULA	4,408E-03	,005	,123	,846	,487
3	(Constante)	74795,731	63275,475		1,182	,322
	CORRE_B	-129666	100226,6	-,453	-1,294	,286
	EXTENSAO	6556,537	2248,086	1,883	2,916	,062
	DMP	-334,161	186,166	-,856	-1,795	,171
	PRIOR	-101686	92927,275	-,543	-1,094	,354
	REQ_URBA	274827,4	181291,1	1,291	1,516	,227
	POPULA	2,470E-03	,004	,069	,643	,566
4	(Constante)	74968,400	58451,226		1,283	,269
	CORRE_B	-121569	91852,195	-,425	-1,324	,256
	EXTENSAO	6372,216	2059,752	1,830	3,094	,036
	DMP	-320,678	170,879	-,821	-1,877	,134
	PRIOR	-93763,6	85084,992	-,501	-1,102	,332
	REQ_URBA	260624,3	166222,7	1,224	1,568	,192
5	(Constante)	20528,921	31905,809		,643	,548
	CORRE_B	-44776,0	61109,064	-,157	-,733	,497
	EXTENSAO	4239,867	720,969	1,218	5,881	,002
	DMP	-138,992	45,874	-,356	-3,030	,029
	REQ_URBA	87537,055	55561,129	,411	1,576	,176
6	(Constante)	11414,503	28224,424		,404	,700
	EXTENSAO	3815,365	412,234	1,096	9,255	,000
	DMP	-127,888	41,594	-,328	-3,075	,022
	REQ_URBA	51990,888	26018,424	,244	1,998	,093

a. Variable dependiente: N_PAS_DI

Variables excluidas^f

Modelo		Beta dentro	t	Sig.	Correlación parcial	Estadísticos de colinealidad
						Tolerancia
2	FREQ	,082 ^a	,122	,923	,121	6,062E-02
3	FREQ	-,076 ^b	-,171	,880	-,120	8,232E-02
	TAR_INT	-,156 ^b	-,650	,582	-,418	,239
4	FREQ	-,029 ^c	-,075	,945	-,043	8,552E-02
	TAR_INT	-,040 ^c	-,213	,845	-,122	,354
	POPULA	,069 ^c	,643	,566	,348	,971
5	FREQ	,152 ^d	,871	,433	,399	,343
	TAR_INT	,059 ^d	,398	,711	,195	,538
	POPULA	,053 ^d	,490	,650	,238	,988
	PRIOR	-,501 ^d	-1,102	,332	-,483	4,592E-02
6	FREQ	,144 ^e	1,257	,264	,490	,636
	TAR_INT	,039 ^e	,280	,791	,124	,557
	POPULA	,050 ^e	,490	,645	,214	,989
	PRIOR	-,044 ^e	-,140	,894	-,063	,108
	CORRE_B	-,157 ^e	-,733	,497	-,311	,217

- a. Variables predictoras en el modelo: (Constante), POPULA, CORRE_B, DMP, EXTENSAO, TAR_INT, PRIOR, REQ_URBA
- b. Variables predictoras en el modelo: (Constante), POPULA, CORRE_B, DMP, EXTENSAO, PRIOR, REQ_URBA
- c. Variables predictoras en el modelo: (Constante), CORRE_B, DMP, EXTENSAO, PRIOR, REQ_URBA
- d. Variables predictoras en el modelo: (Constante), CORRE_B, DMP, EXTENSAO, REQ_URBA
- e. Variables predictoras en el modelo: (Constante), DMP, EXTENSAO, REQ_URBA
- f. Variable dependiente: N_PAS_DI





FACULDADE DE ENGENHARIA

UNIVERSIDADE DO PORTO

BIBLIOTECA



0000067123