

GT-MST Relatório

Tecnologias a considerar e sua caracterização LRT



IP – Infraestruturas de Portugal, SA

Novembro 2018

HISTORIAL DE ALTERAÇÕES

Revisão	Data	Descrição das Alterações	
Versão inicial	2018/12/30		
		Elaborado por: Cristina Laginha	Verificado por: Paula Baptista
		Elaborado por:	Verificado por:
		Elaborado por:	Verificado por:
		Elaborado por:	Verificado por:

**GT - MST
RELATÓRIO
TECNOLOGIAS A CONSIDERAR E SUS CARACTERIZAÇÃO
LRT**

ÍNDICE

1	CARACTERIZAÇÃO GERAL DE UM SISTEMA LRT.....	1
1.1	Caracterização física: traçado e paragens.....	1
1.2	Caracterização dos veículos.....	4
1.2.1	Bitola	4
1.2.2	Condução e formação das composições.....	4
1.2.3	Sistema de guiamento mecânico.....	5
1.2.4	Alimentação de energia de tração	6
1.2.5	Dimensões	8
1.2.6	Acessibilidade	10
1.2.7	Capacidade e lotação	11
1.2.8	Prestações	12
1.3	Equipamentos	12
1.3.1	Sinalização.....	12
1.3.2	Outros equipamentos de segurança.....	13
1.4	Custos de investimento (identificação de benchmarks)	14
1.4.1	Custos de infraestrutura e equipamentos.....	15
1.4.2	Custos do Parque de Material e Oficinas	16
1.4.3	Custos de material circulante.....	16
1.5	Custos de operação (identificação de benchmarks).....	16

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Dimensões correntes de veículos LRT (exemplos).....	9
Quadro 2 – Acessibilidade dos veículos LRT	10
Quadro 2 – Lotação total dos veículos LRT – exemplo.....	11
Quadro 2 – Custos de construção de linhas/sistemas LRT	15

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplos de LRT em Espanha	1
Figura 2 – Exemplo de paragem com cais laterais	2
Figura 3 – exemplo de paragem com cais central	3
Figura 4 – Acesso ao veículo: altura das plataformas	4
Figura 5 – Sistema sobre pneus com guiamento mecânico de um só carril – sistema TVR	5
Figura 6 – Sistema sobre pneus com guiamento mecânico – sistema Translohr.....	5
Figura 7 – Veículo tram-train diesel-elétrico (dual mode) – Kassel (Alemanha).....	6
Figura 8 – Carregamento de oportunidade em paragem através de dispositivos embebidos (Ecopack).....	7
Figura 9 – Alimentação por terceiro carril embebido – Bordeaux (França)	8
Figura 10 – Lógica “modular” – veículo Avenio, Siemens	8
Figura 11 – Exemplos de veículos LRT	9
Figura 12 – Acesso ao veículo LRT através de rampas retráteis.....	10

1 CARACTERIZAÇÃO DE UM SISTEMA LRT

Os sistemas de Metro Ligeiro ou Elétrico rápido, internacionalmente designados de Light Rail Transit (LRT), constituem-se genericamente como uma forma de transporte urbano sobre carris idêntico ao de um elétrico convencional, mas oferecendo uma maior capacidade e um melhor desempenho operacional, para o qual contribui de forma determinante a circulação em canal dedicado, de preferência exclusivo, com separação relativamente ao tráfego rodoviário.

O tipo de separação pode variar entre utilização de vedações, cancelas nos cruzamentos de nível com o tráfego rodoviário ou ainda pela simples diferenciação cromática e/ou de textura do pavimento.



Fonte: websites - Tranvía de Tenerife/LRT de Madrid

Figura 1 – Exemplos de LRT em Espanha

Em comparação com o comboio clássico, nos sistemas LRT a sinalização, a catenária e a construção da via obedecem a parâmetros menos exigentes, sendo a velocidade máxima permitida geralmente mais baixa. Em meio urbano com canal não vedado a velocidade máxima não pode ultrapassar 50 km/h, sendo que nas zonas com forte pedonalização é comum limitar a velocidade a 30 km/h.

1.1 Caracterização física: traçado e paragens

Parâmetros geométricos de dimensionamento:

- Raios mínimos:
 - Curvas verticais:
 - Convexa: 500 m;
 - Côncava: 350 m;

- Curvas horizontais:
 - Plena via: 25 m (18 m em parque);
 - Paragem: 300 m.
- Pendentes máximas: a pendente máxima é ditada pelas características dos veículos, designadamente pela percentagem de eixos motores. Em termos de critério de dimensionamento corrente é comum adotar um máximo de 6%, ou 7% em extensões em reta não superiores a 200 m;
- Gabarit - o gabarit dos veículos deverá garantir a possibilidade de cruzamento de dois veículos em qualquer condição operacional. Para o seu cálculo do gabarit são geralmente seguidas recomendações internacionais, como por exemplo UIC1 ou BOStrab2.
- Paragens:
 - a paragem é o ponto de acesso ao sistema de transportes, podendo servir igualmente de interface com outros subsistemas, sendo normalmente tipificada e identificadora do sistema/serviço (imagem: design do equipamento, cor, logotipo e mobiliário urbano ilustrativos do sistema de transportes LRT);
 - fora dos terminais, as paragens podem ser dotadas de cais central ou lateral;



Figura 2 – Exemplo de paragem com cais laterais

¹ Union Internationale des Chemins de Fer

² Regulamentos alemães sobre a construção e operação de sistemas ferroviários ligeiros

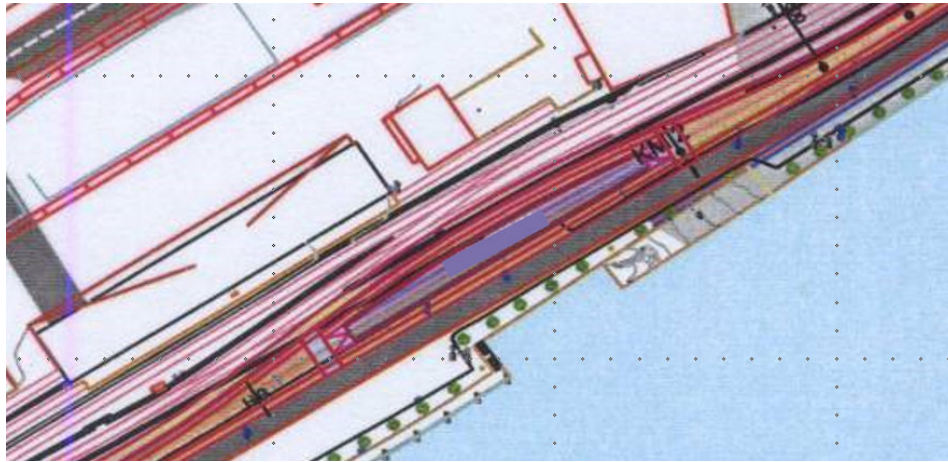


Figura 3 – exemplo de paragem com cais central

- as principais características das paragens prendem-se com a sua localização, com integração nas vias existentes, idealmente instaladas num interface de transportes, permitindo a integração com outros modos. Nas paragens, devem ser previstas zonas com informação aos passageiros, contemplando designadamente:
 - painéis informativos sobre itinerários e horários;
 - tarifário;
 - contactos de emergência;
 - informações da área envolvente;
 - informação em tempo real (idealmente), recorrendo a painéis eletrónicos com informação relativa ao tempo previsto de chegada (em minutos) dos veículos.
- o layout das paragens é definido em função da procura de passageiros e do número de veículos em simultâneo que é necessário operar. Estas características permitem dimensionar o comprimento e quantidade de plataformas a considerar no dimensionamento das paragens.
- acesso aos veículos: um dos fatores de sucesso de um sistema LRT prende-se com a rapidez de embarque/desembarque dos passageiros. Um sistema LRT deve ser acessível ao público em geral, uma vez que a existência de desnível entre o veículo e a paragem afeta especialmente os passageiros com mobilidade reduzida, sejam passageiros com dificuldades físicas, visuais e/ou auditivas ou temporariamente incapacitados, idosos, crianças, bicicletas e passageiros com carrinhos de bebe ou bagagens. São geralmente utilizados veículos de piso rebaixado, dispondo as

plataformas de rampas de acesso, sendo o valor mais comum a considerar para altura de cais (e do piso das portas do veículo) situado entre 0,30 e 0,35 m. Existem sistemas onde os veículos de LRT têm piso elevado, como é o caso do Metrolink de Manchester com altura de 0,86 m.



MST (Almada) – 0,35 m



Metrolink (Manchester) – 0,86 m

Figura 4 – Acesso ao veículo: altura das plataformas

1.2 Caracterização dos veículos

1.2.1 Bitola

Inicialmente os elétricos tradicionais e os primeiros sistemas de LRT utilizavam a bitola métrica para melhor inserção no traçado urbano (baixos raios de curvatura). Com a introdução de veículos modulares dotados de articulação, a bitola mais comum passou a ser de 1435 mm.

1.2.2 Condução e formação das composições

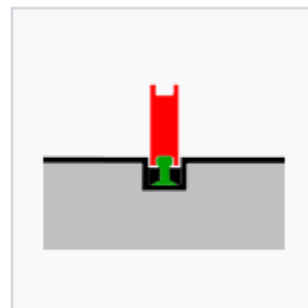
- Em termos de condução os veículos de LRT podem ser:
 - Monodirecionais – com uma cabine de condução situada num dos extremos do veículo. A adoção deste tipo de veículos implica a construção de uma raquete para inversão da marcha;
 - Bidirecionais – dotados de uma cabine de condução em cada extremo do veículo, não carecem de infraestrutura suplementar para inversão de marcha.
- Formação de composições – para além da modularidade característica das unidades de veículos do tipo LRT, os diferentes fabricantes disponibilizam a possibilidade de operar

composições múltiplas, geralmente até 3 unidades simples, sendo para tal dotados os veículos de engates automáticos.

1.2.3 Sistema de guiamento mecânico

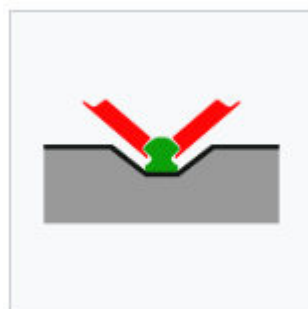
O sistema de guiamento mais usual em sistemas de LRT é o mecânico, com veículos de rodados metálicos sobre 2 carris. Existem sistemas também de guiamento mecânico de um só carril, mas equipados com pneus, como por exemplo o TVR e o Translohr em serviço em várias cidades francesas e italianas.

- TVR – este sistema de guiamento processa-se através de rodas colocadas na perpendicular ao plano de rolamento. Estas rodas podem recolher, libertando-se do carril de guiamento e possibilitando a circulação do veículo na rede rodoviária clássica, aproximando-se do conceito de Trolley. Está instalado em cidades como Nancy e Caen (França);
- Translohr – o guiamento é assegurado por um rodado duplo com posicionamento oblíquo, que não se pode libertar do carril de guiamento. Está instalado em cidades como Clermont-Ferrand (França) e Pádua (Itália).



Fonte: Wikipedia (TVR/Translohr)

Figura 5 – Sistema sobre pneus com guiamento mecânico de um só carril – sistema TVR



Fonte: Wikipedia (TVR/Translohr)

Figura 6 – Sistema sobre pneus com guiamento mecânico – sistema Translohr

1.2.4 Alimentação de energia de tração

1.2.4.1 Tensão de funcionamento

A tensão mais comum em sistemas ferroviários ligeiros é de 750 V CC. A utilização desta tensão é ditada pelo regime de circulação em canal não protegido (sem vedações). Em alguns sistemas é também utilizada a corrente de 600 V CC.

Em sistemas onde os veículos de LRT circulam também na periferia dos centros urbanos, em canal protegido, coexistindo ou não com o tráfego ferroviário pesado (designando-se genericamente os veículos de tram-train), os veículos são geralmente equipados com sistemas bi-tensão ou bi-tração (dual mode):

- Bi-tensão (sistemas aplicáveis em Portugal):
 - 750 V CC/1500 V CC;
 - 750 V CC/25 kV CA;
- Bi-tração (dual mode):
 - 750 V CC / diesel.

De referir que os veículos do tipo tram-train que circulam em linhas em coexistência com o tráfego ferroviário pesado são dotados de características diferentes dos LRT standard, destacando-se:

- A velocidade máxima que podem atingir: normalmente 100 km/h;
- Estrutura do veículo adaptada para fazer face a colisão com veículos ferroviários pesados (carga de compressão; esforço axial).



Fonte: Wikipedia

Figura 7 – Veículo tram-train diesel-elétrico (dual mode) – Kassel (Alemanha)

1.2.4.2 Fornecimento de energia elétrica de tração ao veículo

Relativamente ao fornecimento de energia distinguem-se os sistemas com e sem catenária.

- Com catenária: sistema mais comum;
- Sem catenária: existem diferentes sistemas onde, essencialmente por razões estéticas, se optou por eliminar a catenária, em particular no atravessamento de centros urbanos/históricos, criando sistemas mistos, com troços com e sem catenária. Nos troços sem catenária, os sistemas de alimentação mais comuns em LRT são:
 - Baterias – Este sistema está a ser disponibilizado por alguns construtores e a autonomia (intervalo entre carregamentos) depende de vários elementos, como sejam a velocidade máxima, o perfil longitudinal do traçado, a climatização, etc. Localizadas no tejadilho dos veículos, as baterias podem ser carregadas através de:
 - carregamentos noturnos no depósito;
 - carregamentos rápidos nas paragens (de oportunidade) através de pantógrafo ou de dispositivos embebidos na via (p.ex. Alstom Ecopack);



Fonte: www.alstom.com

Figura 8 – Carregamento de oportunidade em paragem através de dispositivos embebidos (Ecopack)

- carregamento por travagem regenerativa (complementar a qualquer dos outros sistemas).
- Por terceiro ou quarto carril – o fornecimento de energia aos veículos é assegurado por um terceiro carril embutido ao eixo da via. Por questão de segurança, apenas o carril que se encontra diretamente sob o veículo fica eletricamente ativado.



Fonte: wikipedia

Figura 9 – Alimentação por terceiro carril embebido – Bordeaux (França)

1.2.5 Dimensões

As dimensões dos veículos de tecnologia ferroviária ligeira (LRT) são bastante variáveis.

- Comprimento: a modularidade, elemento atualmente caracterizador dos veículos de LRT, permite aos construtores disponibilizar unidades de comprimento muito variável em função dos requisitos específicos de cada sistema (ver exemplo da figura seguinte). Para melhor adaptação da oferta às variações da procura é também usual a utilização de unidades múltiplas, através da acoplagem de 2 ou 3 unidades mediante engates automáticos.



Fonte: www.siemens.com

Figura 10 – Lógica “modular” – veículo Avenio, Siemens

– Largura: existem veículos com diferentes larguras, sendo as mais comuns 2,40 m e 2,65 m. No quadro seguinte são apresentados exemplos de intervalos de valor para as dimensões (comprimento e largura) associados ao material circulante ferroviário ligeiro (LRT) de três fabricantes.

Quadro 1 – Dimensões correntes de veículos LRT (exemplos)

Veículo		Comprimento (m)		Largura (m)	
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Citadis (Alstom)		20,0	60,0		
Flexity (Bombardier)	Swift	20,5	45,0	2,30	2,65
Combino/Avenio (Siemens)		18,0	72,0		

Fonte: Sites/Catálogos de Fabricantes/Construtores

Na figura seguinte são apresentados veículos de cada um dos modelos supramencionados.



ALSTOM – Citadis
(e.g. Metro ligeiro de Madrid)



BOMBARDIER – Flexity Swift
(e.g. Metro do Porto)



SIEMENS – Combino/Avenio
(e.g. Metro Sul do Tejo)

Fonte: Sites/Catálogos de Fabricantes

Figura 11 – Exemplos de veículos LRT

1.2.6 Acessibilidade

O recurso a veículos com “piso rebaixado” facilita o acesso de nível ao veículo, tornando mais rápido e mais cómodo o embarque e desembarque de passageiros. Uma maior uniformidade de cotas entre a soleira da porta do veículo e o cais da paragem pode ser complementada com rampas retráteis nas portas, privilegiando sempre um acesso do tipo «*no-gap, no-step*»³.



Fonte: Wikipedia

Figura 12 – Acesso ao veículo LRT através de rampas retráteis

A compatibilização de cotas entre o veículo e a paragem implica geralmente a instalação de degraus e/ou rampas concebidas para acesso de passageiros com mobilidade condicionada.

O número e largura das portas é variável consoante o débito desejado. Os veículos bidirecionais são geralmente dotados de portas dos dois lados.

O interior do veículo pode estar todo à mesma cota, sendo que nos veículos de piso rebaixado a cota de entrada mais utilizada varia entre 0,30 e 0,35 m. Existem portanto veículos com 100% de piso rebaixado no seu interior e com diferentes percentagens de rebaixamento.

Quadro 2 – Acessibilidade dos veículos LRT

Veículo	N.º portas	%piso rebaixado
Citadis	4-12	70-100
Flexity Swift	4-12	70-100
Combino/Avenio	4-16	100

Fonte: Sites/Catálogos de Fabricantes/Construtores

³ Sem degrau vertical e horizontal, ou seja, não existe nem distância nem desnível entre plataforma da paragem e veículo

1.2.7 Capacidade e lotação

A lotação dos veículos está diretamente relacionada com a tipologia de veículo, a sua largura, o design retido para o seu interior e o número e dimensão das portas.

Normalmente em trajetos urbanos, com predomínio de percursos curtos, é admissível maximizar a lotação total através do aumento da oferta de lugares em pé, em detrimento dos sentados.

Em termos de lotação normal o número de lugares em pé é calculado considerando uma ocupação de 4 passageiros em pé/m² nas zonas destinadas para o efeito (valor considerado pela UITP – Union of Public Transport).








Em percursos mais longos privilegia-se o conforto e a segurança dos passageiros, pelo que os veículos são dotados de mais lugares sentados.

Devem ser asseguradas áreas reservadas para passageiros de mobilidade reduzida (em cadeira de rodas), idealmente localizadas em zonas adjacentes a cada cabina de condução. Havendo possibilidade, em áreas anexas a esta deve ser contempladas condições que permitam o transporte de bicicletas.

Estando generalizada a arquitetura modular, e podendo variar o número de módulos de cada unidade, a lotação total apresenta-se muito variável. No quadro seguinte apresenta-se um exemplo de lotações máximas para diferentes comprimentos de veículos.

Quadro 3 – Lotação total dos veículos LRT – exemplo

Unidade: passageiros (sentados + em pé c/4pp/m²)

	Comprimento (m)	Largura (m)		
		2,30	2,40	2,65
18 m 	18	105	110	120
27 m 	27	165	170	180
36 m 	36	225	230	250
45 m 	45	285	290	310
54 m 	54	340	350	380
63 m 	63	400	410	450
72 m 	72	460	470	510

Fonte: www.siemens.com

1.2.8 Prestações

Os veículos LRT devem garantir uma boa qualidade de serviço, com os seguintes valores de referência relativamente às capacidades de desempenho/prestações do veículo:

- Velocidade:
 - a velocidade máxima de fabrico de veículos para serviço urbano é de 70 a 80 km/h. No entanto, em canal não protegido, a velocidade máxima de circulação não pode exceder os valores fixados no código das estradas: 50 km/h;
 - em veículos concebidos para circular fora dos centros urbanos e/ou em linhas onde coexistem com o tráfego ferroviário pesado (designam-se então de veículos tram-train), a velocidade máxima pode atingir 100 km/h;
- Aceleração de arranque máxima: 1,20 m/s²;
- Desaceleração máxima de serviço: 1,20 m/s²;
- Desaceleração máxima de emergência: 2,70 m/s²;
- Salto (“jerk”⁴) máximo na aceleração: 1,00 m/s³;
- Salto (“jerk”) máximo na desaceleração de serviço: 1,00 m/s³;
- Salto (“jerk”) máximo na desaceleração de emergência: 1,50 m/s³.

1.3 Equipamentos

1.3.1 Sinalização

Em meio urbano, a circulação dos veículos LRT realiza-se geralmente em regime de “marcha à vista”, sendo sinalizados os cruzamentos com tráfego rodoviário. Neste contexto, para conferir regularidade e fiabilidade ao sistema é fundamental que lhe seja atribuída prioridade nos cruzamentos.

Fora dos centros urbanos, onde a velocidade de circulação poderá ser mais elevada, o canal carece de proteção e o sistema de sinalização aproximar-se-á do adotado para a ferroviária

⁴ Variação da aceleração por unidade de tempo

convencional, com desnivelamento ou proteção dos cruzamentos com o tráfego rodoviário com barreiras (passagens de nível).

1.3.2 Outros equipamentos de segurança

Para além dos sistemas de sinalização o dimensionamento de um sistema de LRT deve contemplar a segurança ativa e a segurança passiva.

- Segurança ativa: deve abranger entre outras as seguintes valências:
 - diferentes modos de frenagem (de serviço, de perigo, de emergência, socorro e de parque);
 - vigilância permanente do nível de atenção do condutor;
 - elementos de sinalização exterior (faróis, sinalizadores de presença e de paragem, sinais sonoros de aviso, etc.);
 - sistemas de comando das portas com proteções anti-entalamento e de inibição de tração com porta aberta;
 - dispositivos de alarme para passageiros;
 - sistemas de comunicação entre passageiros e condutor;
 - sistema de iluminação de emergência no interior dos veículos.
- Segurança passiva: deve ser garantida, designadamente, através do seguinte:
 - resistência estrutural do veículo aos esforços verticais de carga excecional sem deformação permanente, e ao esforço de compressão axial, ao nível do chassis, considerando a existência de pára-choques, que se constituam em dispositivos capazes de absorver os esforços resultantes de choques de colisão;
 - capacidade de resistência ao fogo (e baixo teor de toxicidade dos fumos) dos materiais utilizados na construção dos veículos, de acordo com o previsto nas normas em vigor;
 - gravação a bordo dos principais parâmetros referentes às condições de marcha;
 - arranjo interior: pegadas de apoio para passageiros em pé, aderência do piso, ausência de formas agressivas;

- guarda-corpos e guarda-pedras (deflector de obstáculos) em cada extremidade do veículo, mantidos o mais perto possível do plano de rolamento.

1.4 Custos de investimento (identificação de benchmarks)

Os custos de investimento num sistema de LRT são muito variáveis, dependendo de diferentes fatores, entre os quais se podem destacar os seguintes:

- Ao nível da infraestrutura e equipamentos:
 - Número e dimensão das obras de arte;
 - Número e dimensão de túneis;
 - Adaptação do espaço canal;
 - Arranjos urbanísticos e adaptação da circulação rodoviária na envolvente;
- Ao nível do material circulante:
 - Comprimento das unidades / número de módulos por unidade;
 - Equipamentos (por exemplo ar condicionado);
 - Customização (por exemplo: bitola, rampas retráteis, mais do que um sistema de tração/corrente, etc.)
 - Número de unidades da encomenda.

A informação disponível nem sempre é clara no se refere aos itens incluídos nos valores dos custos publicados. No artigo “The feasibility of introducing light rail systems in medium-sized towns in Central Europe”⁵, são apresentados custos de construção de diferentes linhas/sistemas de Tram/Light rail na Europa, que se replicam no quadro seguinte.

⁵ “The feasibility of introducing light rail systems in medium-sized towns in Central Europe”, Arkadiusz Kołós, Jakub Taczanowski, Journal of Transport Geography 54 (2016)

Quadro 4 – Custos de construção de linhas/sistemas LRT

Cidade	Comprimento [km]	Custo/km de via dupla [€x10 ⁶]	Obs.
Bremen (linha 4)	3,5	3,1	Apenas via; preços 1998
Angers	9,8	27,0	Fornecimento de energia via 3.º carril; preços 2005
Bern, Brünnen/ Westside and Blümliz	6,8	18,0	preços 2006
Bordeaux	27,0	23,0	inclui veículos; preços 1998
Bydgoszcz, Fordon line	9,5	10,5	Inclui veículos

Fonte: "The feasibility of introducing light rail systems in medium-sized towns in Central Europe"

1.4.1 Custos de infraestrutura e equipamentos

Os valores relativos a custos de infraestrutura e de equipamentos aqui apresentados foram deduzidos da ACB realizada em 2013 no âmbito do projeto de implementação de LRT no Sistema de Mobilidade do Mondego (SMM) 6. Os custos de investimento por quilómetro de via dupla em meio urbano, a preços de 2012, é de aproximadamente **15,8 milhões de Euro**. Este valor inclui os seguintes itens:

- Estudos e projetos;
- Fiscalização;
- Libertação do canal: expropriações;
- Infraestrutura;
- Sistemas e equipamentos (ex.: eletrificação, sinalização, sistemas de ajuda à exploração e informação aos passageiros, etc.).

De acordo com a publicação "Metro, light rail and tram systems in Europe" ERRAC/UITP, 2009 o custo médio por quilómetro de construção de linhas novas, extensão e/ou modernização de linhas existentes (excluindo material circulante) é para o conjunto dos estados membros da União Europeia (EU-27) de cerca de **15,8 milhões de Euro**.

⁶ Análise de custos-benefícios do Sistema de Mobilidade do Mondego – Atualização; TIS.PT, para a Metro Mondego, S.A. (julho/2013)

1.4.2 Custos do Parque de Material e Oficinas

As atuais instalações do parque de material e oficinas do MST em Corroios dispõem de reserva de capacidade, estando também disponível área para ampliação.

O plano de expansão da rede e respetivo faseamento e programa de exploração permitirão aferir da necessidade de intervenção no PMO existente e/ou de construção de instalações suplementares e identificação das respetivas valências.

Com efeito, se o programa de exploração da futura rede expandida assim o aconselhar, poderão ser construídas noutra localização instalações suplementares, admitindo-se a especialização de funções: a nova unidade poderá deter apenas funções de estacionamento e tratamento de veículos, enquanto a existente poderá concentrar as funções de manutenção de nível superior, conjugadas com as de estacionamento e tratamento.

De acordo com o modelo financeiro da proposta base do Agrupamento MTS ao Concurso do MST, o custo estimado par o PMO era de € 4 381 a preços de 2002.

1.4.3 Custos de material circulante

Os custos apresentados para o material circulante resultam de consultas realizadas junto de diferentes fabricantes. Assim, um veículo de LRT com características semelhantes ao que é atualmente utilizado no sistema MST (comprimento de 35 a 37m) estima-se que custe entre **3,0 e 3,5 milhões de Euro**.

1.5 Custos de operação (identificação de benchmarks)

A informação relativa aos Custos de Operação foi deduzida a partir da informação constante dos Relatórios e Contas da empresa MTS (Metro Transportes do Sul) para os anos de 2016 e 2017.

De acordo com o apurado, os custos unitários por veículo x km útil (serviço comercial) foram de:

- 5,441 € em 2016;
- 5,521 € em 2017.

Estes valores incluem os seguintes itens:

- Custo de matérias consumidas;
- Fornecimentos e serviços externos;

- Gastos com pessoal;
- Outros gastos.