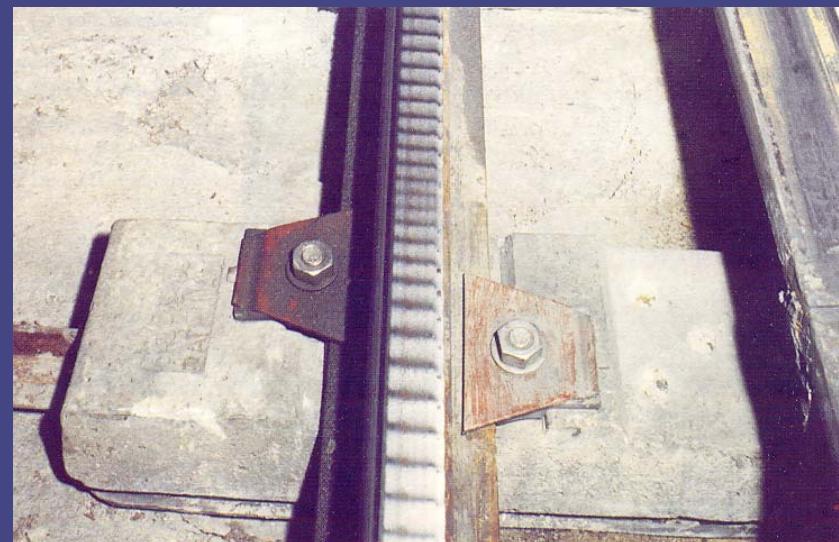


Desgaste Ondulatório

A Experiência do
Metropolitano de Lisboa

Paulo Caldeira Martins

Chefe do Departamento de Manutenção
de Instalações Electromecânicas



1. INTRODUÇÃO

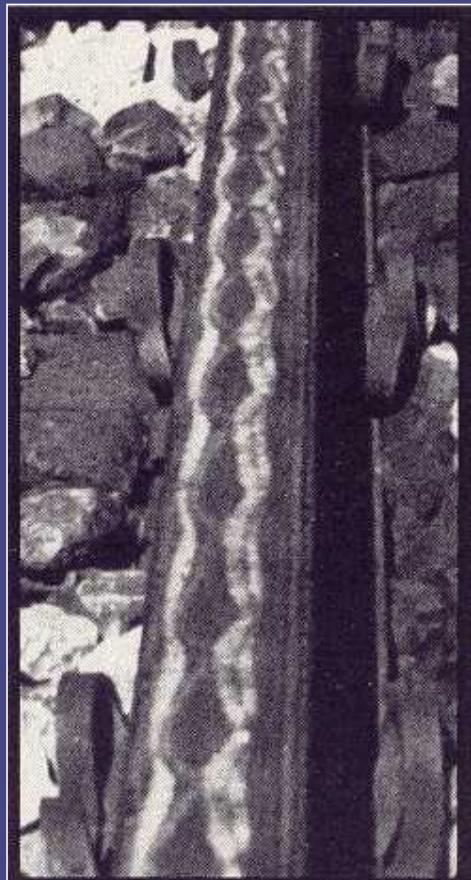
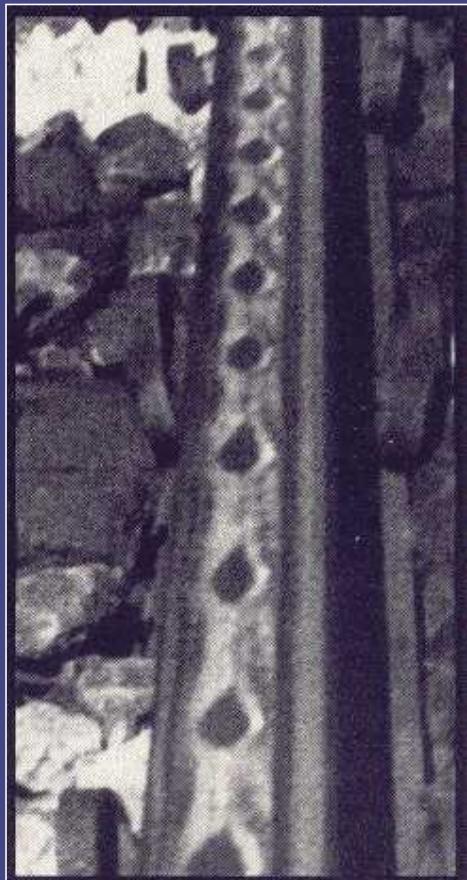
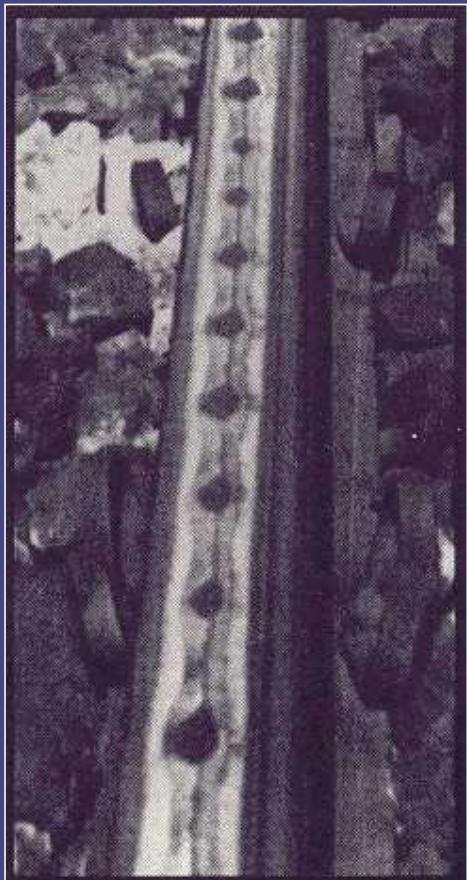
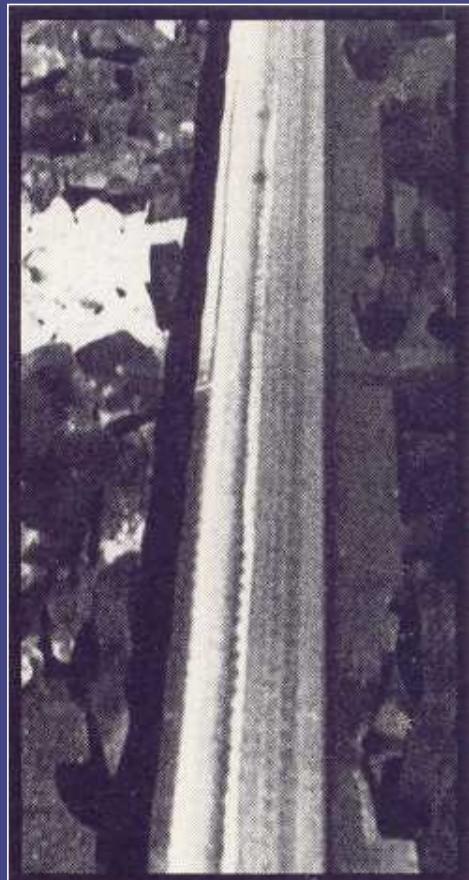
- Na infra-estrutura da via férrea, os carris constituem o elemento:
 - De suporte,
 - De rolamento,
 - De guiamento.
- Na via férrea os carris vibram, produzem ruído e deformam-se sobre o efeito das cargas. A acumulação de deformações resultado dos desgastes provocados pela passagem regular dos comboios, leva a uma degradação progressiva dos perfis transversal e longitudinal.
- A experiência demonstra que, se não forem tomadas medidas correctivas de controlo dos desgastes nos carris, resulta uma autodeterioração, ao ponto de não se poderem regenerar; obrigando à sua substituição.

1. INTRODUÇÃO (cont.)

→ No Metropolitano de Lisboa, o desgaste ondulatório fez a sua aparição logo após a abertura à exploração em 29 de Dezembro de 1959. Desde então, a manutenção tem travado uma luta constante; inicialmente correctiva, posteriormente preventiva; que passamos resumidamente a partilhar no ALAMYS em Lisboa.



2. O DESGASTE ONDULATÓRIO



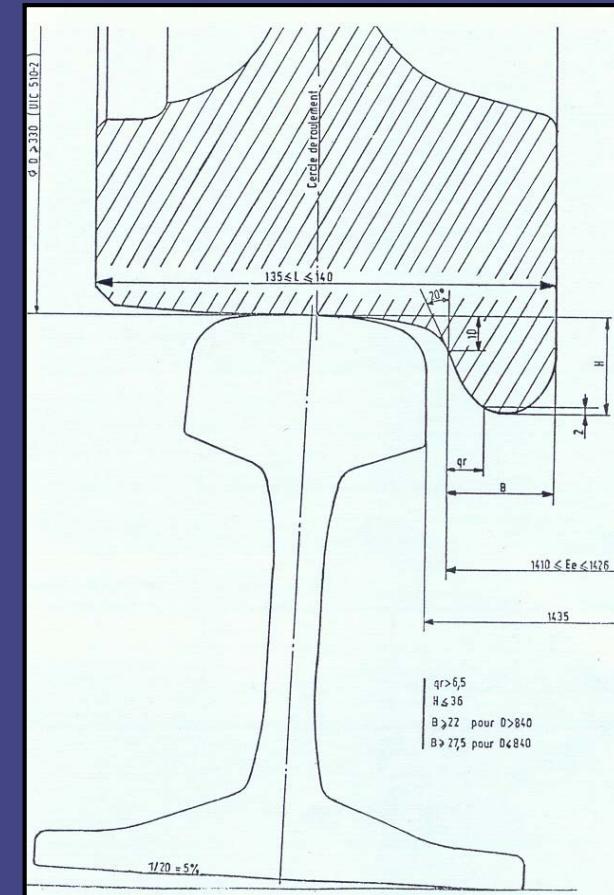
DEGRADAÇÃO



2. O DESGASTE ONDULATÓRIO

→ Definição

- **Desgaste Ondulatório:**
Consequência física do contacto roda-carril.
É caracterizado pelo aparecimento de deformações ondulatórias de periodicidade variável, no plano (mesa) de rolamento.
- **Existem três frequências definidas no desgaste ondulado:**
 - Ondas curtas (de 6 a 25 cm);
 - Ondas médias (de 30 a 60 cm);
 - Ondas longas (acima de 60 cm).



2. O DESGASTE ONDULATÓRIO (cont.)

→ Origem

O Desgaste Ondulatório tem origem num conjunto de variáveis:

- Densidade do tráfego (nº de comboios/hora);
- Características do traçado da via;
- Condições ambientais de exploração (subterrânea/superfície);
- Coeficiente de aderência (associado às condições das infra-estruturas e do material circulante);
- Condução com grandes acelerações e travagens;
- Marchas de exploração similares;
- Condução automática (ATP – todos os comboios reagem similarmente nos mesmos pontos quilométricos);

2. O DESGASTE ONDULATÓRIO (cont.)

- Estado do perfil dos rodados;
- Frotas de material circulante homogéneas.

→ Consequências

- O desgaste ondulatório ao deformar o perfil do carril, provocará o aparecimento de pontos de pressão unitária elevada, onde se iniciarão ao nível do plano de rolamento defeitos: aplanamento da cabeça do carril, rebarbas, escamação, esmagamentos e fissuras transversais.

2. O DESGASTE ONDULATÓRIO (cont.)

→ Consequências (cont.)

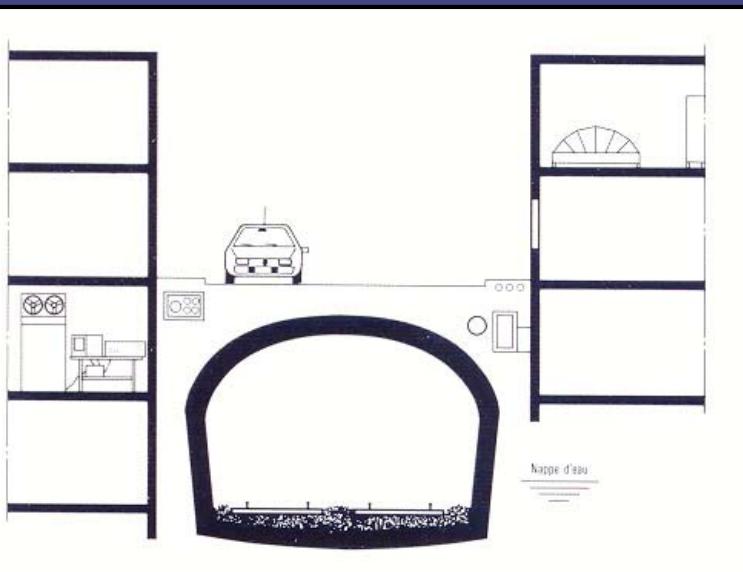
- As deformações, consequência do desgaste ondulatório, vão amplificar todas as formas de solicitações à estrutura do carril, particularmente nos locais em curva ou onde se verificam maiores esforços de aceleração e travagem.

Sintetizando, temos como principais consequências do desgaste ondulatório:

- Degradação precoce de carris;
- Degradação de rodados;
- Aumento de ruído (devido à irregularidade do plano de rolamento);
- Aumento dos níveis de vibrações;

2. O DESGASTE ONDULATÓRIO (cont.)

→ Consequências (cont.)



- Rolamento incômodo do comboio (falta de qualidade do serviço);
- Impactos ambientais elevados;
- Influência negativa nos edifícios circundantes, gerando elevado número de reclamações;
- Aumento dos custos de operacionalidade.

2. O DESGASTE ONDULATÓRIO (cont.)

→ Remoção

Remover o desgaste ondulatório é:

- Restaurar a qualidade do plano de rolamento;
- Repor a geometria original do carril;
- Prolongar a vida útil dos carris.

Existem duas atitudes que se podem tomar perante o desgaste ondulatório: **correctiva e preventiva**.

A **atitude correctiva** pressupõe o assumir todas as consequências do desgaste ondulatório, obtendo-se uma via de fraca qualidade de rolamento, em que se tornará necessário actuar correctivamente sempre que se verificarem situações de elevada degradação pontual de um carril.

2. O DESGASTE ONDULATÓRIO (cont.)

→ Remoção (cont.)

A **atitude preventiva** pressupõe criar todo um programa de manutenção, que através da rectificação do plano de rolamento e reperfilagem do perfil transversal do carril, remova o desgaste ondulatório numa fase em que se evitam as consequências que este possa provocar.

Na atitude preventiva são usadas unidade ferroviárias pesadas, de fabricantes conhecidos (Speno, Plasser & Theurer, Loram-Rotra, Linsinger, Fairmount-Tamper, etc.), em regime regular; que actuando segundo um programa sistemático mantenham o desgaste ondulatório em níveis imperceptíveis.

3. DESGASTE ONDULATÓRIO – A EXPERIÊNCIA DO ML

→ Evolução de 1959 a 1976 (correctiva)

Poucos meses após a sua inauguração em 29 de Dezembro de 1959, começou a aparecer o desgaste ondulatório. O seu combate, realizou-se com pouco êxito, através de equipamento ligeiro. Desde logo se verificou o aparecimento de “ondas curtas” nas estações e filas baixas das curvas; “onda longa” nas filas altas das curvas.



O pior caso verificado em termos de desgaste ondulatório foi a curva de Rossio-Restauradores com um raio igual a 99 metros (hoje desactivada), em que nos primeiros anos de exploração, substituia-se carris a cada 9 meses.

3. DESGASTE ONDULATÓRIO – A EXPERIÊNCIA DO ML

→ Evolução de 1959 a 1976 (correctiva)

A amplitude máxima do desgaste ondulatório, medida na época, foi registada entre 2 a 3 mm. Entre 1961 e 1964, com 4 máquinas esmeriladoras ligeiras (Matisa), foi possível prolongar nas curvas do Rossio de 9 para 14 meses as substituições de carris.



Em 1965 compraram-se os primeiros carris com uma dureza de 90 Kg/mm², para aplicar exclusivamente em zonas de curvas. Os carris normalmente utilizados tinham uma dureza de 70 Kg/mm².

3. DESGASTE ONDULATÓRIO – A EXPERIÊNCIA DO ML

→ Evolução de 1959 a 1976 (correctiva)



Vagão Esmerilador

- Em 25 de Novembro de 1966, entrou ao serviço a primeira unidade pesada de esmerilar carris;
- Adquirida em 2^a mão ao Metro de Hamburgo, esta apenas esmerilava o plano de rolamento;
- Como não reperfilava o carril, esta unidade não evitava a esmerilagem manual;
- Em 18 de Dezembro de 1975, actuou pela última vez.

3. DESGASTE ONDULATÓRIO – A EXPERIÊNCIA DO ML

- Evolução de 1976 a 2007 (preventiva)
- Entre 1972 e 1974 a situação, quanto ao desgaste ondulatório, tinha chegado ao limite do incomportável.
- Em 1973 num esforço financeiro muito grande para a Empresa, lançou-se o concurso para aquisição de uma unidade pesada que reperfilasse os carris e removesse o desgaste ondulatório.
- Em 12 de Fevereiro de 1976 foi colocada ao serviço uma unidade esmeriladora nova de marca SPENO, que iniciou a esmerilagem preventiva sistemática.
- O investimento efectuado nesta unidade, associado a um programa de esmerilagem sistemático; iniciou um período de três décadas de estabilidade.

3. DESGASTE ONDULATÓRIO – A EXPERIÊNCIA DO ML

UNIDADE ESMERILADORA

Fabricante: SPENO INTERNATIONAL

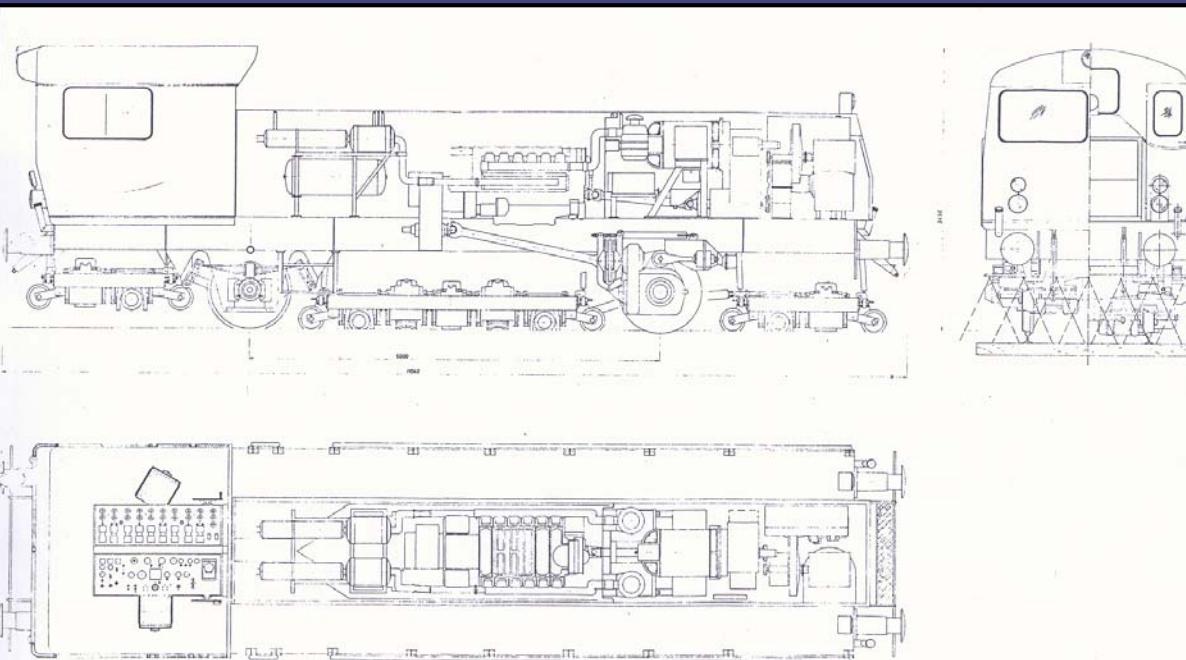
Modelo: RR 18E

Entrada ao serviço em: 12 de Fevereiro 1976

Funções: Reperfila e remove o desgaste ondulatório dos carris

Tracção: Diesel

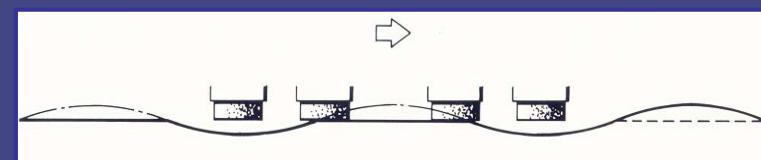
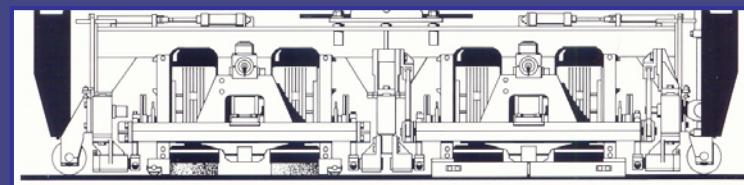
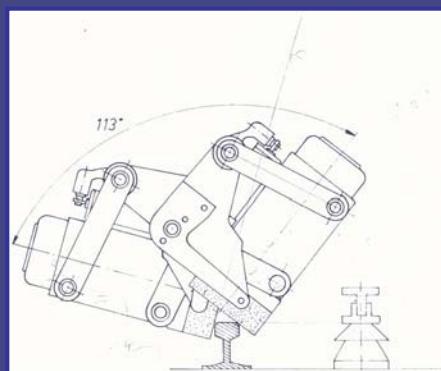
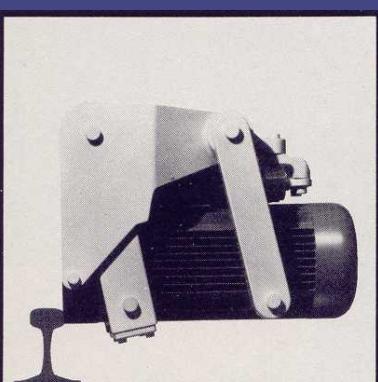
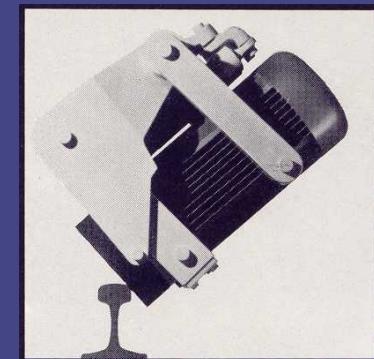
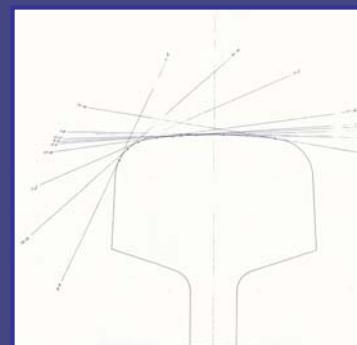
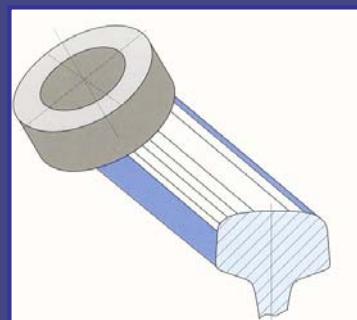
Total de mós de esmeril: 18 (9 por carril)



3. DESGASTE ONDULATÓRIO – A EXPERIÊNCIA DO ML

UNIDADE ESMERILADORA

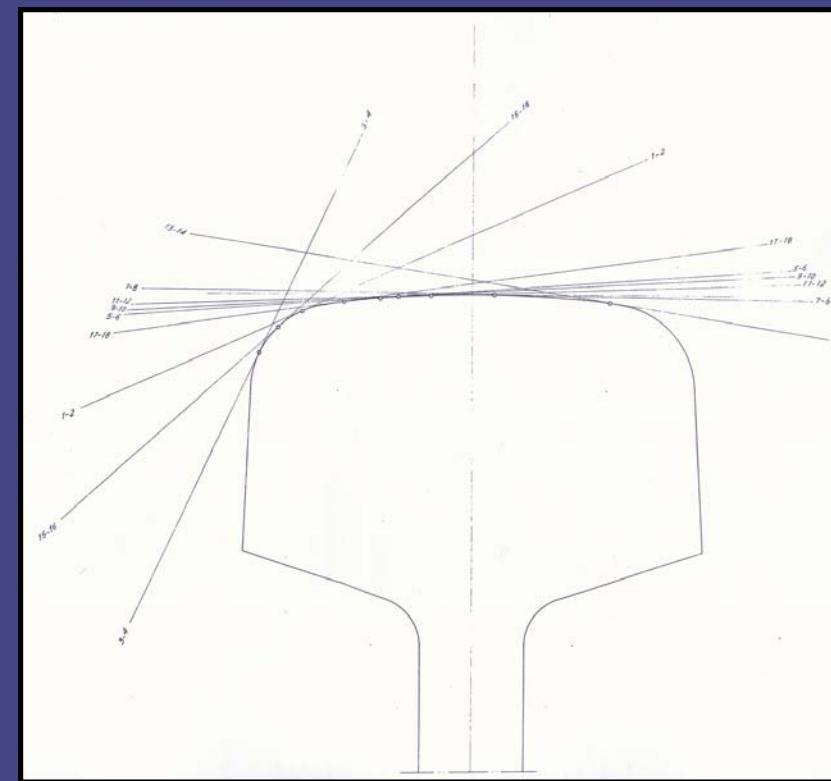
Princípio de funcionamento



3. DESGASTE ONDULATÓRIO – A EXPERIÊNCIA DO ML

→ Ângulos de inclinação das mós de esmerilagem

Nº do Motor	Ângulo do Eixo das Mós com o P.B.V.
1 – 2	66º
3 – 4	25º
5 – 6	86º
7 – 8	89º
9 – 10	87º
11 – 12	88º
13 – 14	81º
15 – 16	48º
17 – 18	82º



3. DESGASTE ONDULATÓRIO – A EXPERIÊNCIA DO ML

- Actuais critérios de esmerilagem preventiva

Curva	Raio de curvatura	Periodicidade de actuação	% Rede
Curvas de $R < 200$ m		esmeriladas a cada 3 meses	4 %
Curvas de Raio $200 \text{ m} \leq R < 300 \text{ m}$		esmeriladas a cada 4 meses	25 %
Curvas de Raio $300 \text{ m} \leq R < 500 \text{ m}$		esmeriladas a cada 6 meses	9 %
Curvas de Raio $500 \text{ m} \leq R < 700 \text{ m}$		esmeriladas 1 vez por ano	2 %
Curvas de Raio $\geq 700 \text{ m}$ e rectas		esmeriladas 1 vez de 2 em 2 anos	51 %
Términos		esmerilados a cada 8 anos	9 %

3. DESGASTE ONDULATÓRIO – A EXPERIÊNCIA DO ML

→ Curva do Rossio – Restauradores ($R = 99$ m)

Comparativo de valores de vida útil dos carris da curva do Rossio, referente a diferentes manutenções:

- Sem esmerilar, com actuação correctiva com equipamentos leves e actuação preventiva com a unidade Speno.



3. DESGASTE ONDULATÓRIO – A EXPERIÊNCIA DO ML

→ Dados vários sobre o programa de esmerilagem preventiva

Dados médios retirados de um universo de 10 anos	
Total de metros de via simples esmerilada por ano	105.521 m
Total médio de actuações por ano	105 actuações
Extensão mínima esmerilada	545 m
Extensão máxima esmerilada	1.530 m
Tempos de actuação mínimo por noite	1 hora
Tempo de actuação máximo por noite	2:55 horas/min
Rendimento médio de esmerilagem	500 m/hora
Redução sonora após remoção do desgaste ondulatório	2 a 5 dB (a)
Redução média percentual das vibrações	58%

(a) Dependente do estado inicial dos carris

3. DESGASTE ONDULATÓRIO – A EXPERIÊNCIA DO ML

- Medidas como: a adopção de carris com 90 Kg/mm², adopção por vias sem balastro, a existência de um plano de manutenção regular de reperfilagem das rodas das automotoras; também ajudaram a reduzir o aparecimento do desgaste ondulatório;
- Quatro meses é o tempo necessário, até aparecer a um nível visível, o desgaste ondulatório, quando a unidade está paralisada para efeitos de grandes reparações. Uma vez que este aparece a sua progressão segue uma linha exponencial;
- Presentemente as novas tecnologias dispensam esta rigidez de critérios de actuação. Os avançados meios de recolha de parâmetros de desgaste, associados a programas de actuação apropriados aos valores recolhidos, garantem um melhor rendimento do trabalho efectuado. Podemos mesmo afirmar que “só se esmerila o que é necessário”.

3. DESGASTE ONDULATÓRIO – A EXPERIÊNCIA DO ML

→ O Futuro

→ Com o aproximar do fim do ciclo de vida útil da actual unidade esmeriladora (31 anos) do Metropolitano de Lisboa, está a terminar mais uma fase do ataque ao desgaste ondulatório; **esta caracterizada pela estabilidade.**

Em três décadas tudo mudou; novos desafios e opções se colocam de novo à Empresa. Encontra-se actualmente em curso, um processo de substituição da actual unidade esmeriladora.

Resta a certeza, de não se querer voltar à situação inicial.

Desgaste Ondulatório

A Experiência do Metropolitano de Lisboa

FIM

Muito Obrigado



Metropolitano de Lisboa



ALAMYS