



PAVIMENTOS ASFÁLTICOS

Gerência de Manutenção Princípios básicos

**Prof. José Tadeu Balbo
Laboratório de Mecânica de Pavimentos
Universidade de São Paulo**

Programa da Disciplina PTR 2551

Aula	Tema
1	Introdução – Conceitos Fundamentais sobre Manutenção dos Pavimentos Importância da Gestão de Pavimentos
2	Técnicas de Manutenção de Pavimentos asfálticos Avaliação Funcional de Pavimentos: Serventia e Irregularidade
3	Avaliação Funcional: Patologias - Morfologia e Gênese. IGG
4	Avaliação Estrutural: Técnicas, finalidades, parâmetros. Segmentação estatística. Retroanálise de bacias de deslocamentos recuperáveis
5	Reabilitação de pavimentos asfálticos: Métodos de dimensionamento de reforço de pavimento. Análise mecanicista de reforço
6	Avaliação de Aderência e de Ruído
7	PRIMEIRA PROVA (matéria da 1 ^a . até a 6 ^a . aula)
8	Custos Econômico-Financeiros; taxas de desconto; Valor Presente Líquido.
9	Custos de construção; Custos de Manutenção.
10	Custos dos Usuários: consumo, manutenção, tempos de viagem.
11	Sistemas de Gerência Viária: Bancos de Dados
12	Análise de Custos Totais com o HDM-4 - Análise de Projetos de Pavimentação
13	HDM-4 - Análise de Estratégias de Pavimentação e Manutenção
14	HDM-4 – Planejamento de Manutenção
15	SEGUNDA PROVA (matéria da 8 ^a . até a 14 ^a . aula)
<u>SUB</u>	PROVA SUBSTITUTIVA (específica da prova que perdeu)

Princípios de Manutenção



www.lmp.ptr.usp.br

LLLI
ntos

Mudança de Postura

Em épocas passadas, um célebre político brasileiro levantou certa vez o estandarte: “Governar é abrir estradas...” (Washington Luiz).

Atualmente, sem sombras de dúvidas pode-se acrescentar àquela máxima: “...e mantê-las em condições adequadas de tráfego.”



Laboratório de Mecânica de Pavimentos
www.lmp.ptr.usp.br

Manutenção, Ciclo de Vida e Custos de Intervenções

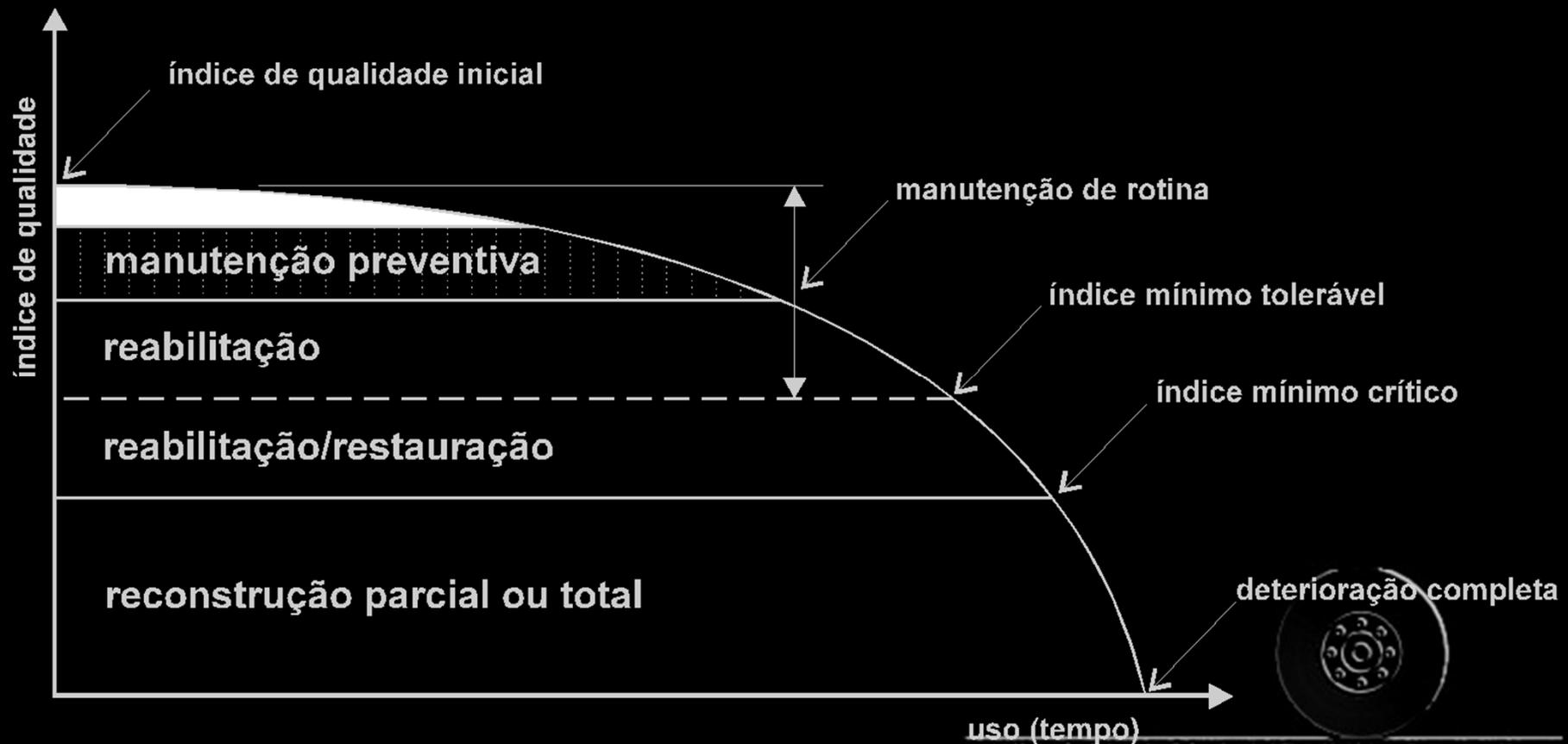
Tipo de Intervenção	Definição
Manutenção de Rotina	Reparos localizados em pavimentos; limpeza, remoção de detritos, terra ou neve
Manutenção Periódica	Atividades relacionadas ao melhoramento de condições superficiais com vistas à preservação da integridade estrutural e da qualidade de rolamento (com uso de reforços esbeltos em concreto asfáltico, tratamento superficial, lama asfáltica ou ainda banhos selantes)
Reabilitação	Reparos seletivos, reforços estruturais ou aplicação de camadas de regularização com a finalidade de restaurar a capacidade estrutural do pavimento ou a qualidade de rolamento
Reconstrução	Renovação da estrutura de pavimento com remoção da estrutura danificada como resultado de negligência prolongada que resulta na impossibilidade de reabilitar o pavimento
Restauração	Quando para um mesmo projeto serviços de reabilitação e de reconstrução são contemplados simultaneamente
Melhoramento	Quando além de atividades relacionadas às anteriores são presentes, o projeto contempla também serviços de duplicação, melhorias de traçado, ampliação, etc, exigindo a construção de novos pavimentos

The World Bank. *Road deterioration in developing countries - causes and remedies. A World Bank Policy Study, Washington, D.C., 1988.*



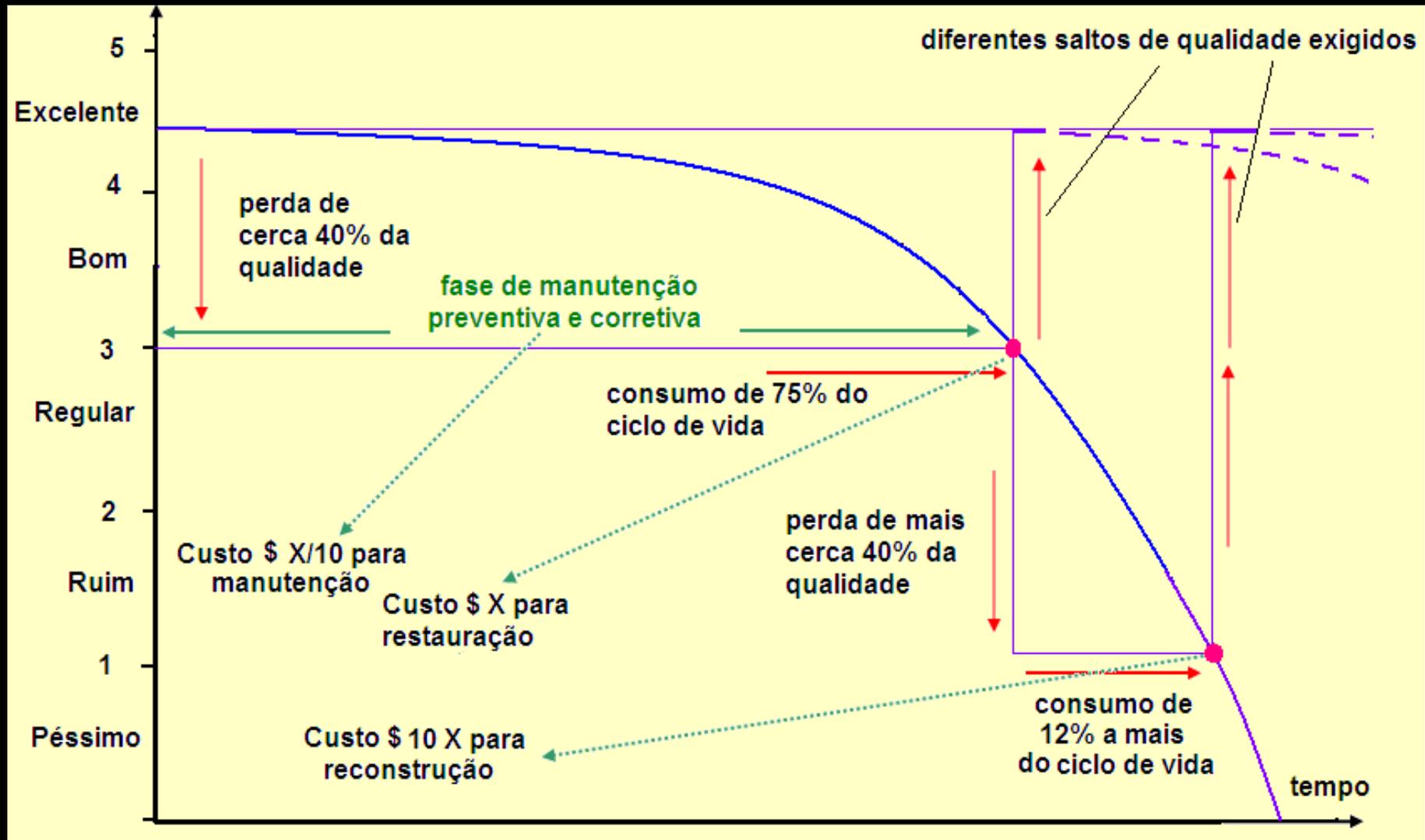
Laboratório de Mecânica de Pavimentos
www.lmp.ptr.usp.br

Manutenção, Ciclo de Vida e Custos de Intervenções

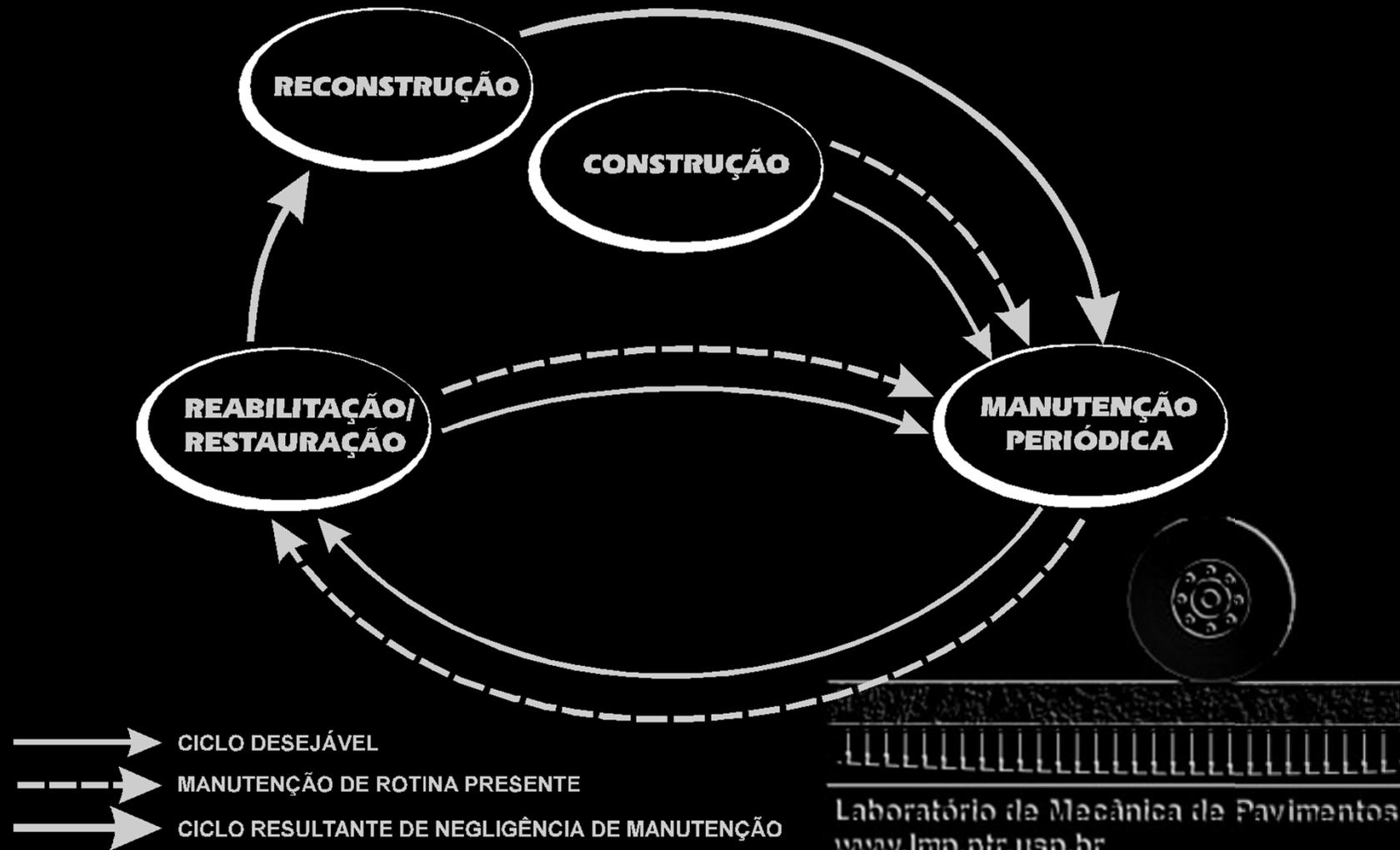


uso (tempo)

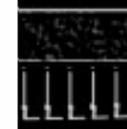
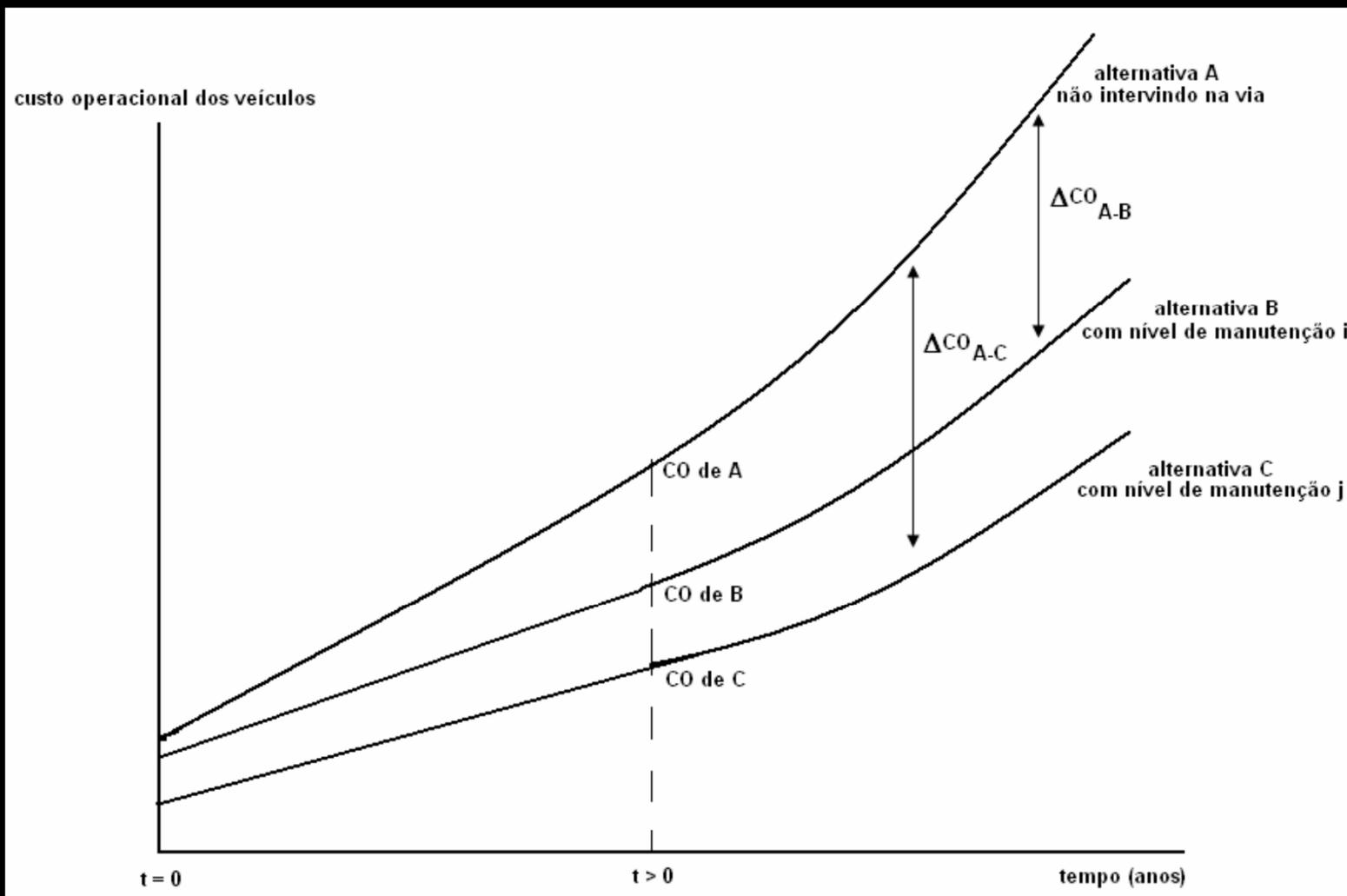
Manutenção, Ciclo de Vida e Custos de Intervenções



Manutenção, Ciclo de Vida e Custos de Intervenções



Custos Operacionais dos Usuários



Manutenção, Ciclo de Vida e Custos de Intervenções

Tipo de Intervenção	Faixa de Variação de Custos (por quilômetro de rodovia)
Manutenção de Rotina	US\$ 300 a US\$ 5.000
Manutenção Periódica	US\$ 8.000 a US\$ 40.000
Reabilitação	US\$ 30.000 a US\$ 200.000
Reconstrução	US\$ 45.000 a US\$ 300.000

The World Bank. *Road deterioration in developing countries - causes and remedies. A World Bank Policy Study*, Washington, D.C., 1988.



Laboratório de Mecânica de Pavimentos
www.lmp.ptr.usp.br

Manutenção, Ciclo de Vida e Custos de Intervenções

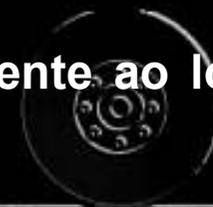
ESTUDO DO CASO BRASILEIRO

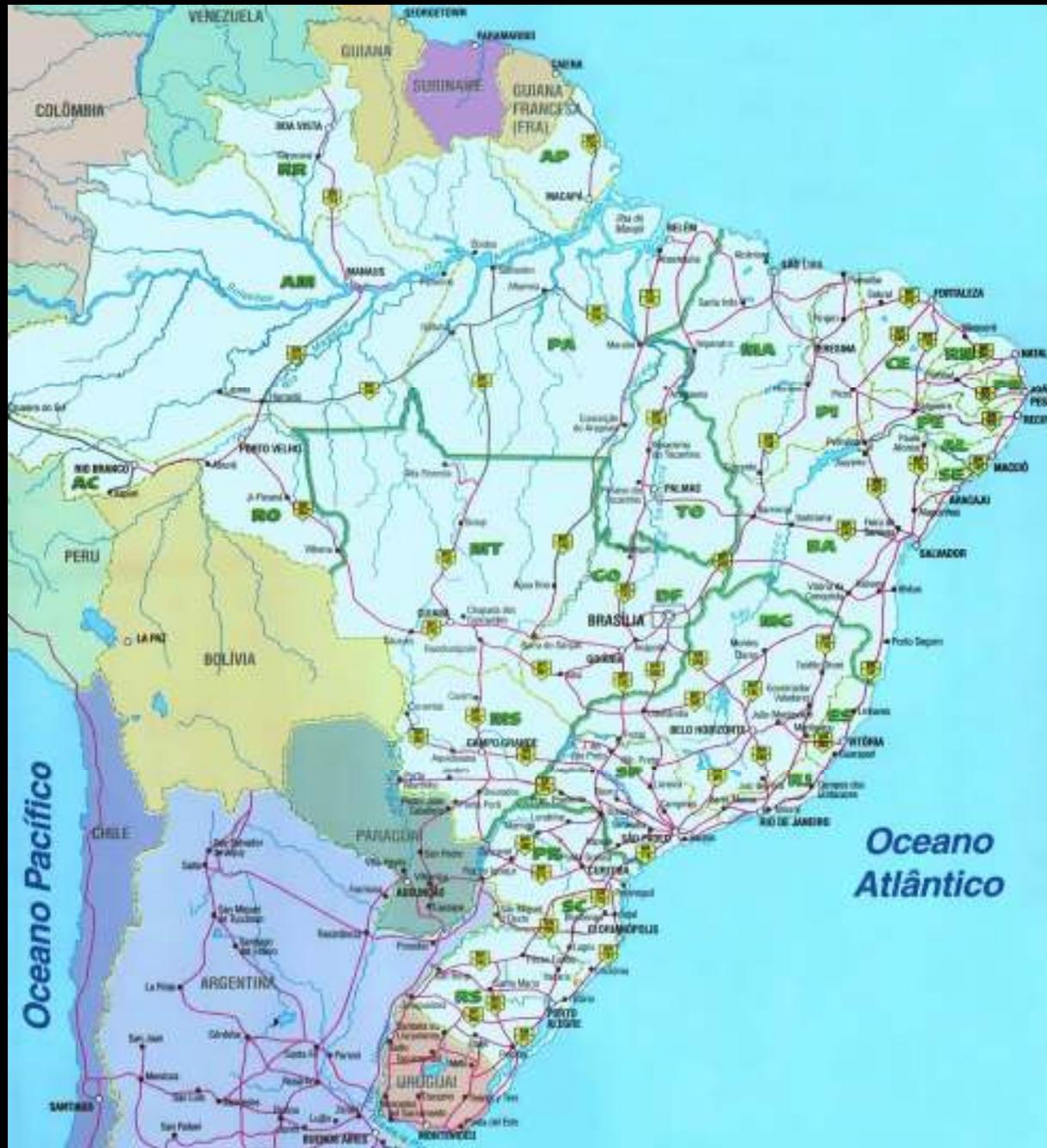
O Banco Mundial apresenta três níveis genéricos sobre as condições dos pavimentos em uma via:

(1) **Bom**, quando não são observados defeitos significativos, sendo que nesta condição apenas a manutenção de rotina seria necessária;

(2) **Regular**, quando os padrões de defeitos apresentados requerem manutenção periódica (tratamentos de superfície) ou reforço estrutural (reabilitação);

(3) **Ruim**, quando os defeitos se apresentam extensivamente ao longo da via exigindo reabilitação ou reconstrução imediata.





USP



Mecânica de Pavimentos
usp.br

Manutenção, Ciclo de Vida e Custos de Intervenções

ESTUDO DO CASO BRASILEIRO

Em levantamento realizado para a malha rodoviária federal do Brasil, com dados de **1979** eram apontadas as seguintes condições: **10.000 km (24%)** em estado bom, **23.000 km (58%)** em estado regular e **7.000 km (18%)** em estado ruim, para um universo de análise de **40.000 km** de rodovias pavimentadas; foram estimados recursos da ordem de **US\$ 1,8 bilhões** (a custos constantes) para as necessidades totais de restaurações e de manutenção preventiva que se faziam imperativas.



Laboratório de Mecânica de Pavimentos
www.lmp.ptr.usp.br

Manutenção, Ciclo de Vida e Custos de Intervenções

ESTUDO DO CASO BRASILEIRO

Seis anos depois, com base nos mesmos padrões indicativos de condição, a seguinte situação se fazia presente: 14.000 km (30%) em estado bom, 19.000 km (42%) em estado regular e 13.000 km (28%) em estado ruim, para um novo universo de análise de 46.000 km de rodovias pavimentadas; foram desta feita estimados recursos da ordem de **US\$ 1,7 bilhões** para as necessidades de restaurações e de **US\$ 750 milhões** para atividades de manutenção preventiva para rodovias que ainda se mantinham em condições regulares.



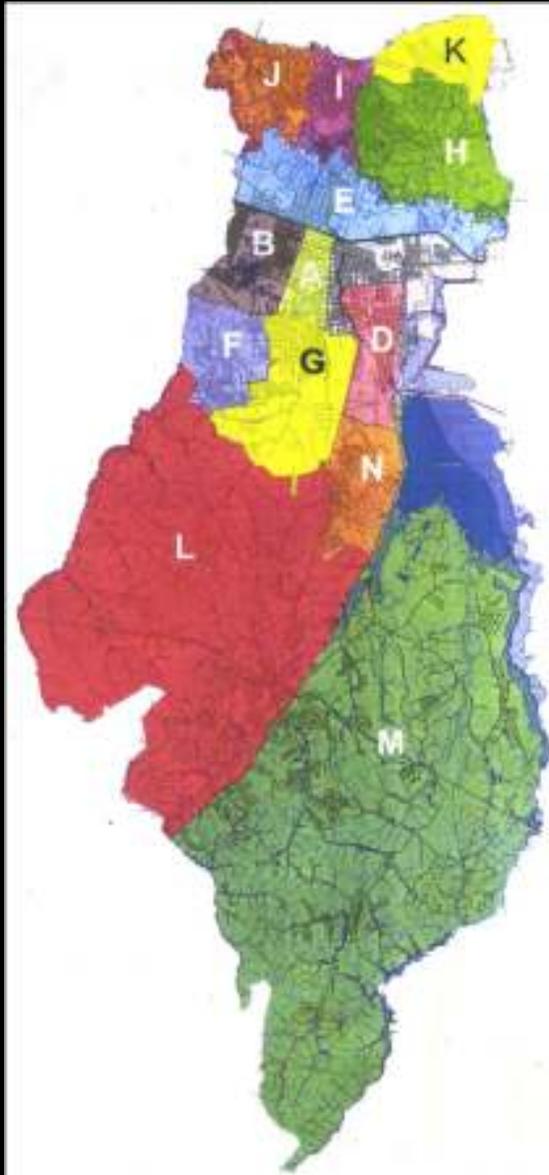
Manutenção, Ciclo de Vida e Custos de Intervenções

ESTUDO DO CASO BRASILEIRO

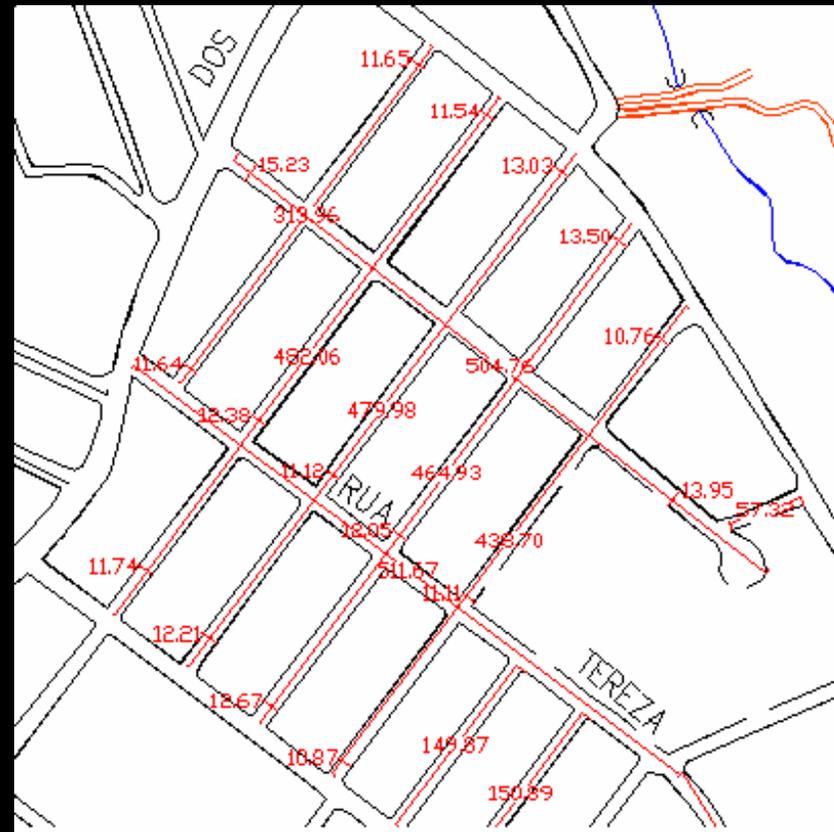
Olhando friamente os números, à primeira vista salta aos olhos que de uma projeção para outra o montante de trechos em bom estado teria aumentado e também que, o montante de trechos em estado regular teria diminuído no período. Na realidade, **6.000 novos quilômetros** de vias haviam sido pavimentadas no período, **enquanto que 2.000 km desses pavimentos haviam atingido já uma condição regular.** **Verificou-se que não se realizaram serviços de reabilitação e manutenção preventiva nos trechos que em 1979 indicavam condições regulares.**



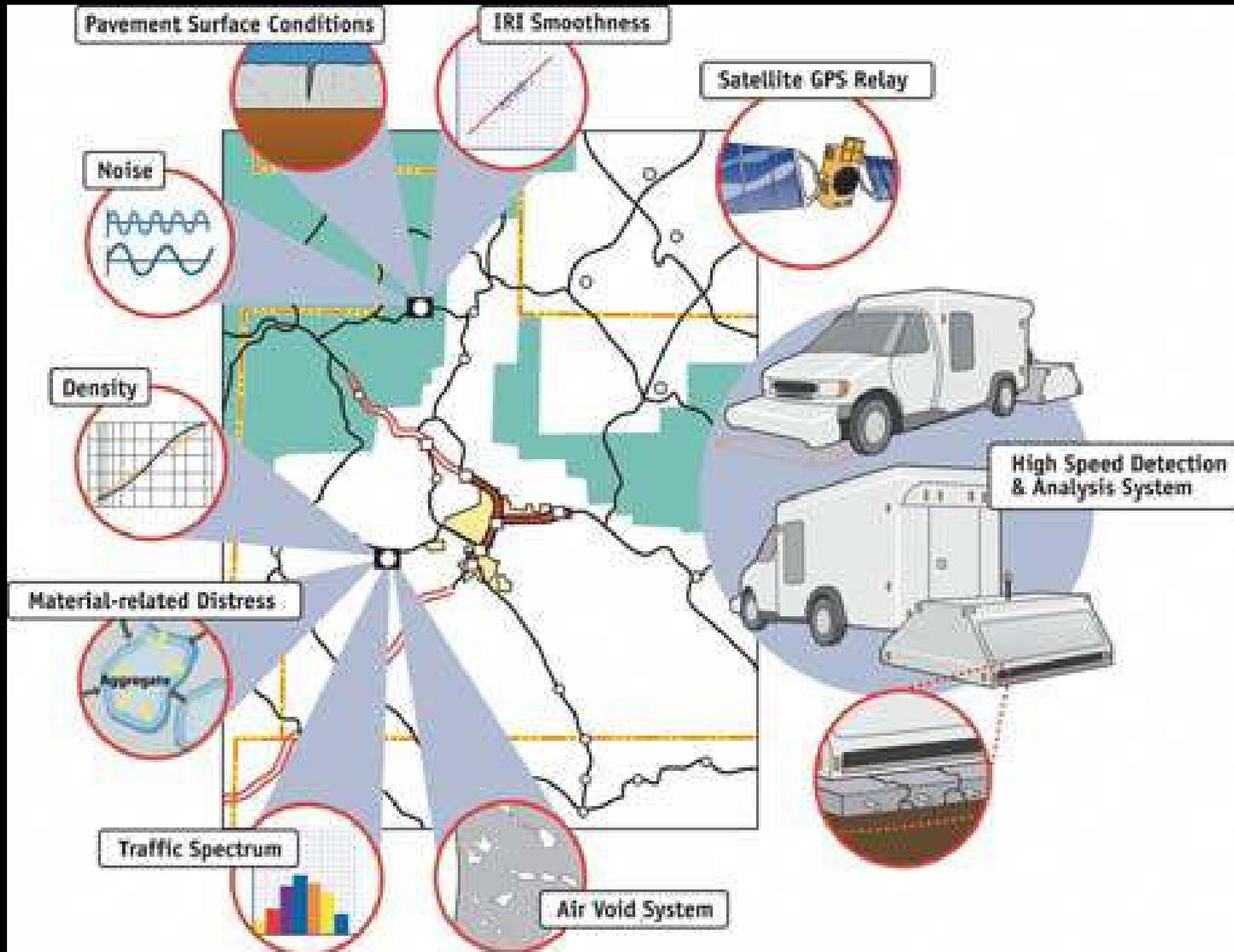
Gestão do Sistema Viário - Ferramentas



Cadastro



Gestão do Sistema Viário - Ferramentas

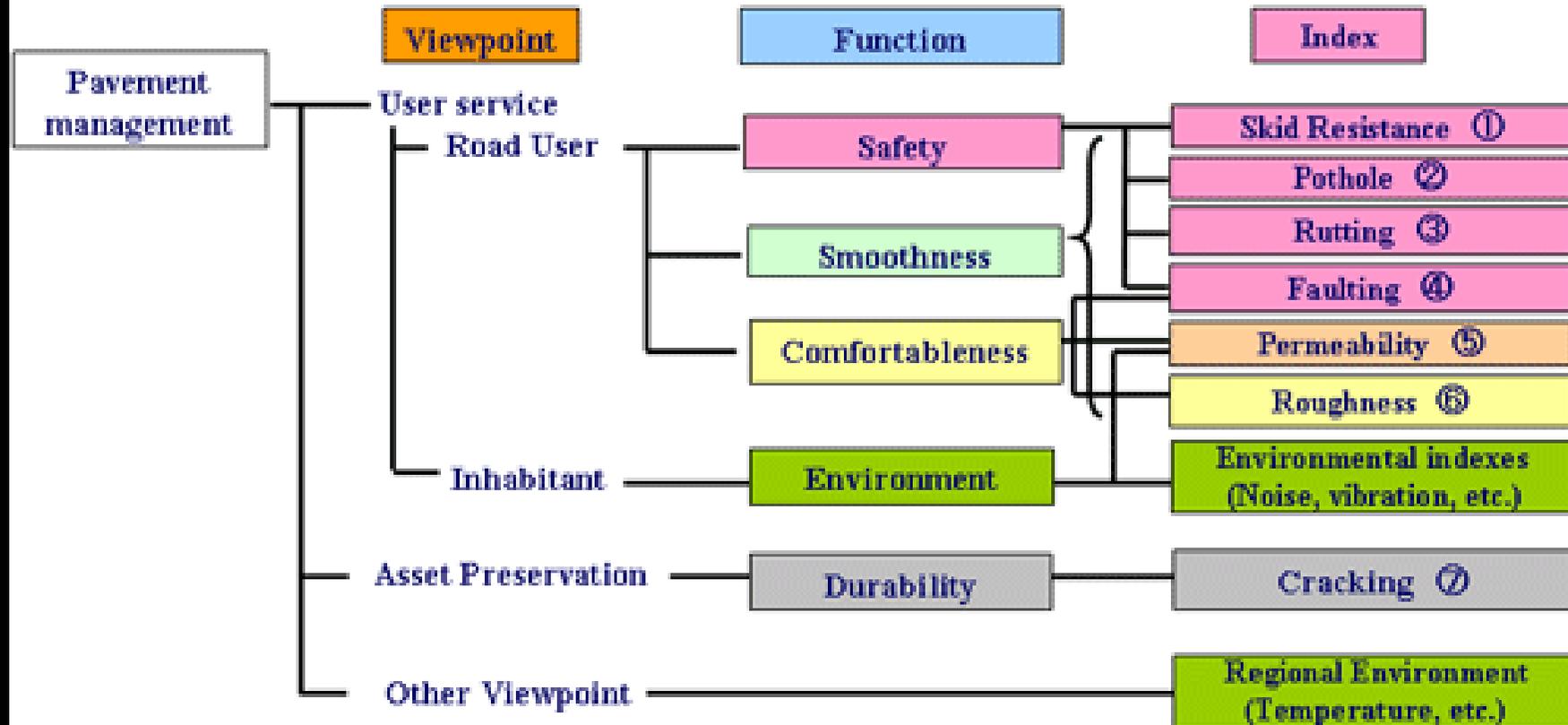


Gestão do Sistema Viário - Ferramentas



Gestão do Sistema Viário – Pontos de Vista

Concept of Pavement Management



Ações de manutenção associadas a defeitos existentes

Defeito	Densidade e/ou Severidade	Medidas Corretivas	Medidas Preventivas
Trinca Isolada	Qualquer dimensão		Selagem da trinca com material asfáltico
Trinca Pele de Jacaré	Pequena área localizada com trincas de classe 2	Remendo com troca do revestimento	Aplicação de pano asfáltico
Trinca Pele de Jacaré	Pequena área localizada com trincas de classe 3	Remendo profundo	Selagem com mistura muito fina seguida de pano asfáltico
Trinca Pele de Jacaré	Extensas áreas com trincas de classe 2	Reforço com camada de alívio intermediária, precedido ou não de fresagem	Aplicação de lama asfáltica ou de micro-concreto asfáltico
Trinca Pele de Jacaré	Extensas áreas com trincas de classe 3	Fresagem e reforço, com ou sem camada de alívio intermediária; reconstrução se a qualidade estrutural é deplorável	
Trinca de Bloco	áreas extensas com trincas de dimensões laterais grandes	Reforço com camada de alívio intermediária, precedido ou não de fresagem	Selagem de trincas ou lama asfáltica
Afundamento de Consolidação	Localizados	Enchimento (camada de regularização)	
	em Trilhas de roda	Enchimento (camada de regularização)	
Afundamento Plástico	Localizado	Remendo superficial ou profundo	Camada de regularização
	em trilhas de roda	Fresagem seguida de reforço	Camada de regularização
Corrugação	Localizada	Remendo superficial	enchimento
	em área extensa	Fresagem seguida de reforço	Camada de regularização

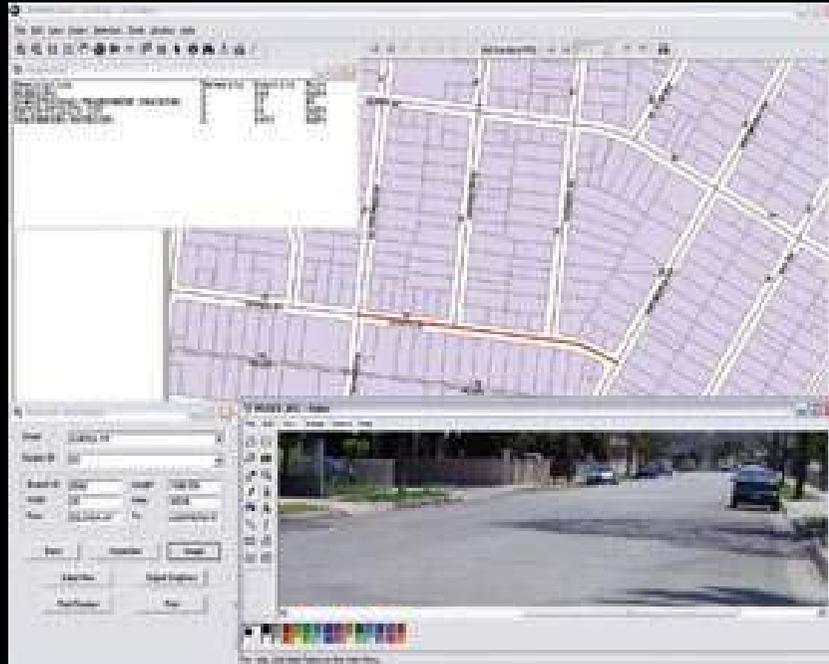
Emprego e Restrições das Técnicas de Manutenção

Serviço	Aplicações	Restrições
Reforço	Quando a estrutura de pavimento apresenta condições estruturais inferiores às necessárias para uma dada condição de tráfego; condições funcionais podem demandar o serviço.	Alteamento de greide em vias urbanas causa conflitos em cruzamentos, com meios-fios, com gabaritos de altura sobre viadutos, passarelas e sinalização suspensa. Degraus para o acostamento.
Fresagem	Revestimentos densamente trincados (eventualmente com fissuras classe 2 e certamente com fissuras classe 3); presença de deformações plásticas com elevações no revestimento.	A fresagem deve evitar atingir a base do pavimento para evitar sua descompactação. Cuidados especiais devem ser tomados com poços de visita e demais dispositivos de drenagem.
Reciclagem	Desde que o asfalto envelhecido possa ser recuperado convenientemente e a mistura atenda às exigências do tráfego local. Trata-se de uma alternativa potencialmente com grandes benefícios.	Tem esbarrado na questão de custos relacionados ao transporte do material fresado e à recuperação do asfalto. Geralmente, asfaltos muito oxidados impedem a aplicação do serviço.
Selagem de Trincas	Na presença de trincas longitudinais e transversais que ocorram isoladamente, ou ainda quando há trincas de blocos em grandes dimensões.	Não se aplicam facilmente ao caso de trincas interligadas de classe 2 e teriam eficiência duvidosa ao caso de superfícies com trincas de classe 3.
Banho selante	Na presença de trincas interligadas de classe 2 e/ou necessidade de devolução de condição de aderência entre pneu e pavimento mais satisfatória.	Teria eficiência duvidosa no caso de trincas de classe 3 como selante superficial. Seu tempo de serviço será variável em função do tráfego.
Lama asfáltica	Quando desgaste ou trincas de classe 2 estão presentes na superfície. No caso de polimento é também aplicável.	Não se aplica ao caso de trincas de classe 3. Seu tempo de serviço será variável em função do tráfego.



Laboratório de Mecânica de Pavimentos
www.lmp.ptr.usp.br

Sistemas de Gerência de Pavimentos – Bancos de Dados



Sistemas de Gerência de Pavimentos – Bancos de Dados

PAVER 5.2.4 - [EMS Report Viewer (C:\EMS Program Files\PAVER\pwwdeflt.rpw)]

File Tables Preferences Add-Ins Window Help

Inventory Work PCI Reports Pred. Modeling Cond. Analysis M&R Plan GIS/Tree Sel. List Sel. Visual Menu ? Help 5.2 About

View

Go To Detail Close

Condition Table (Area Weighted Avg)

Plan Year	Area-Weighted Avg Condition Before	Area-Weighted Avg Condition After
4/6/2005	70.92	74.59
4/6/2006	72.33	75.77
4/6/2007	73.27	76.64

Condition Plot

Summary by Section

Network/ Branch/ Section	Section Area	Apr 2005	Apr 2006	Apr 2007
ROADPARK A0103 1	11,131. SqFt	Do Nothing	Do Nothing	Do Nothing
ROADPARK A0106 1	6,233. SqFt	Major M&R >=	Do Nothing	Do Nothing
ROADPARK A0403 1	4,918. SqFt	Major M&R <	Do Nothing	Do Nothing
ROADPARK A0403 2	220. SqFt	Major M&R <	Do Nothing	Do Nothing
ROADPARK A0500 1	12,809. SqFt	Do Nothing	Do Nothing	Do Nothing

Condition Frequency (Area %)

Date	Failed	Very Poor	Poor	Fair	Good
04/06/05	3	4	3	10	49
04/06/06	3	2	3	10	46
04/06/07	3			16	39

Condition Distribution Graph (Area %)

Total Funded Table

Plan Year	Sum of Stop Gap	Sum of Preventative	Sum of Global Funded	Sum of Major Under	Sum of
4/6/2005	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$62,606.45	
4/6/2006	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$97,904.66	
4/6/2007	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$94,570.30	

Total Funded M&R Plot

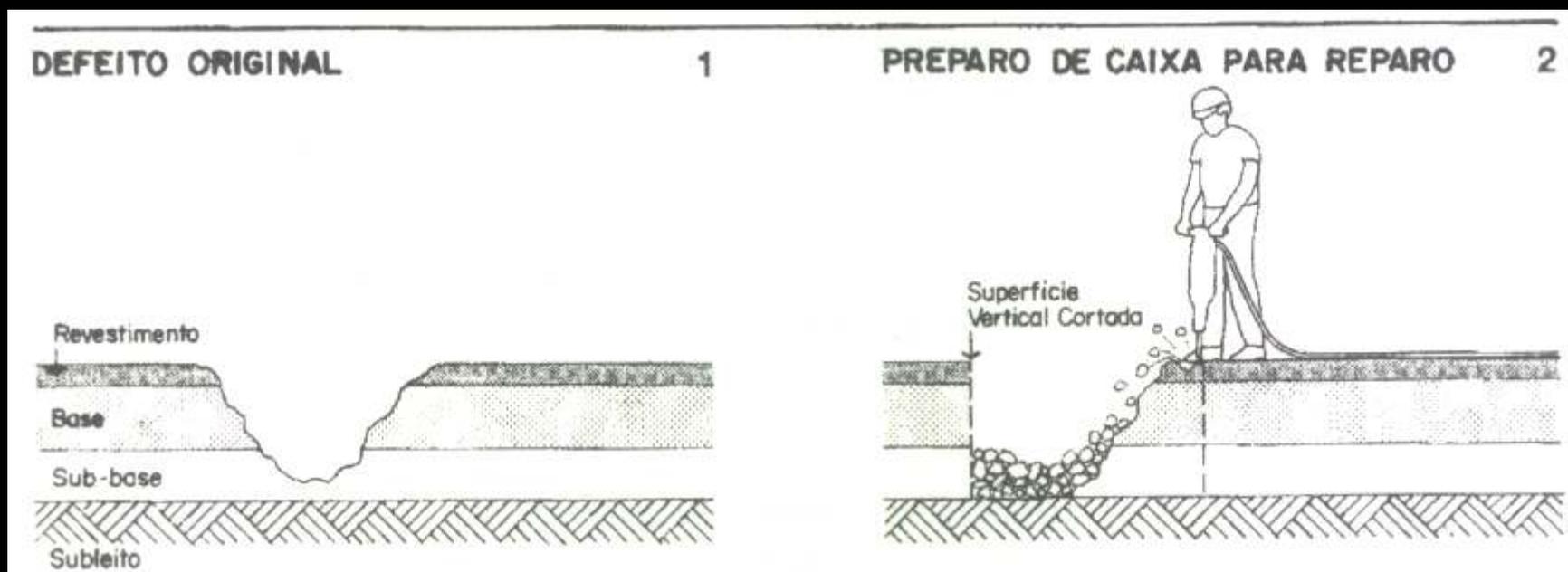
Select GL... EMS Rep...

C:\EMS Program Files\User Data\Roads and Parking\

PROTOCOLOS

Condições Mínimas para Execução de Reparos Localizados

O serviço de tapa-buracos



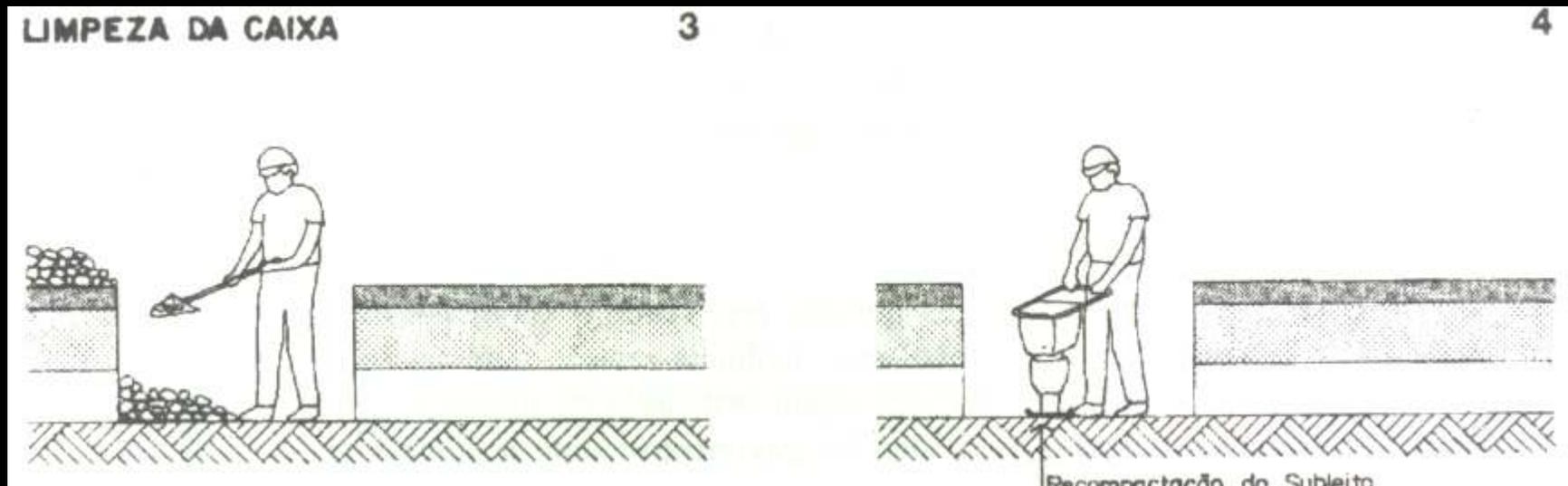
Laboratório de Mecânica de Pavimentos
www.lmp.ptr.usp.br

PROTOCOLOS

Condições Mínimas para Execução de Reparos Localizados

O serviço de tapa-buracos

(a) O buraco deverá estar devidamente limpo para receber a massa asfáltica, o que preferencialmente deve ser feito com emprego de ar comprimido caso seja necessária a remoção de terra solta e pó. Isto se o buraco não tiver atingido já as profundidades de camadas de solo (reforço ou subleito), pois nesse caso, a reconstituição da base seria recomendável.

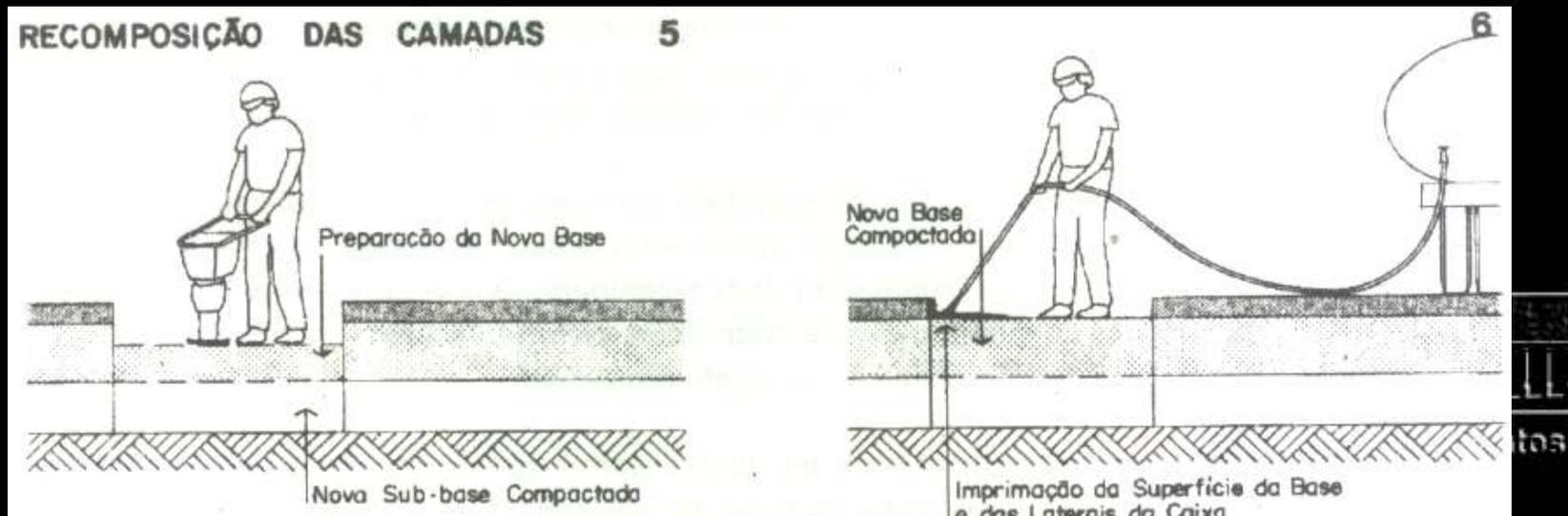


PROCOLOS

Condições Mínimas para Execução de Reparos Localizados

O serviço de tapa-buracos

(b) Após a limpeza, deve ser aplicada a pintura de ligação (emulsão de ruptura rápida) que deverá garantir a devida aderência entre a massa de enchimento e as superfícies inferior e laterais do buraco. O tradicional “banho de emulsão” pode ser considerado uma atitude abortiva para o material de enchimento, uma vez que será contrariamente um agente favorável ao escorregamento da mistura de enchimento. A emulsão deverá ser lançada com o uso de bicos espargidores adequados para tal tipo de serviço, em taxa de aplicação (l/m²) ideal para cumprir sua função. A pintura ligante deve constituir uma película e não um lago.

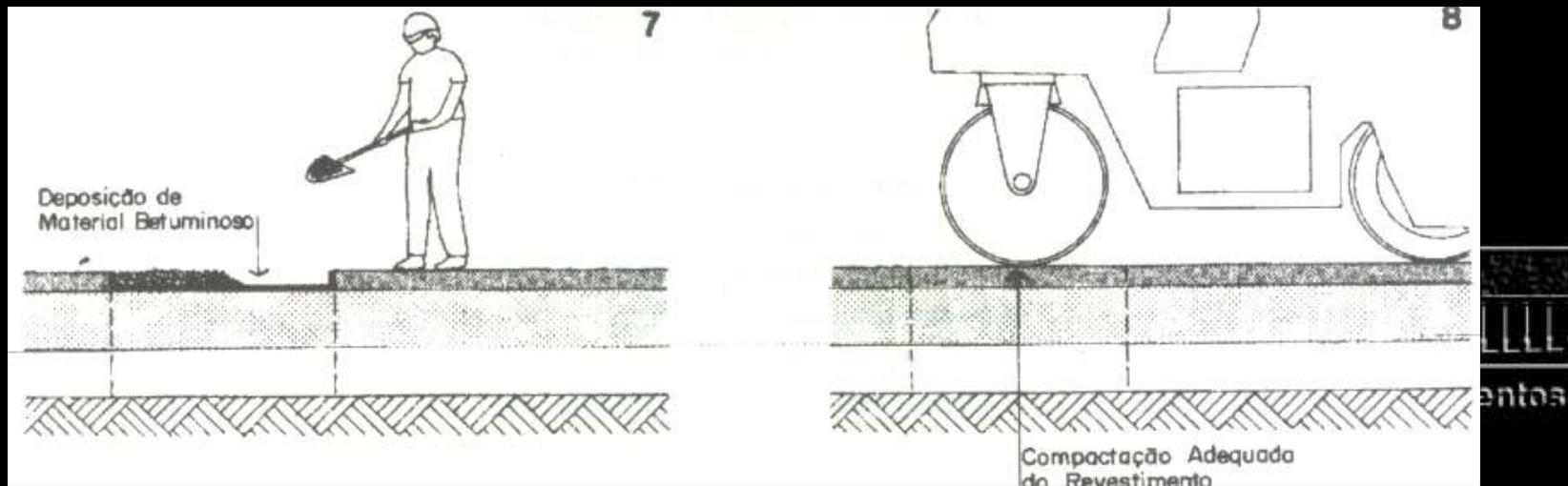


PROTOCOLOS

Condições Mínimas para Execução de Reparos Localizados

O serviço de tapa-buracos

(c) Compactação da massa asfáltica: aqui encontra-se um ponto crítico do serviço de tapa-buracos. A mistura de enchimento deve ser compactada sob pressões que propiciem sua correta densificação, especialmente de fundo de camada. Uma das garantias de sucesso de uma massa bem dosada é que em campo o esforço compactativo seja coerente com o processo de dosagem, o que se consegue com o emprego de equipamentos adequados de compactação. Recorde-se que o primeiro ônibus que passar pelo material de enchimento imprimirá uma pressão por roda de 0,6 a 0,7 MPa; assim, as pressões de compactação devem garantir que os veículos não farão parte desse serviço (de forma prematura).



Porque Tantos Buracos em Cidades ?

diferentemente do caso rodoviário, as vias urbanas apresentam uma frequência muito grande de pontos de parada e aceleração, que quando combinados com tráfego de veículos comerciais e misturas asfálticas mais suscetíveis às condições climáticas locais, acabam por gerar freqüentes deformações plásticas significativas em zonas de cruzamentos;

a grande quantidade de condutos de água e esgotos enterrados sobre as vias contribui para uma maior freqüência de problemas de solapamento de subleitos e por fim da estrutura de pavimento motivado por ruptura dessas tubulações;

existe grande variabilidade em estruturas de pavimentos em vias urbanas motivada por diversos fatores: trechos de vias construídas paulatinamente, em épocas diferentes; grande variabilidade de subleitos; grande variabilidade nos materiais de pavimentação, seja devido à sua origem ou às técnicas construtivas (especificações equipamentos) empregados durante as obras; espessuras de camadas diferentes em pequenos trechos de pavimentos; etc.

A Manutenção vista como Obra

Um exemplo de projeto que contemplou a questão da drenagem e de necessidades de reconstrução de trechos de uma importante via urbana pode servir como um bom exemplo didático. Os serviços de drenagem indicados nesse projeto específico deveriam compreender: desassoreamento, limpeza e remoção de entulhos em galerias que estavam obstruídas; reformas em bocas-de-lobo; escavação de valas laterais e implantação de drenos com brita e manta geotêxtil em diversos segmentos onde percolação de água se mostrou presente, além de interconexão de tais drenos com galerias; dentre outros serviços de menor monta.

Em vários trechos da avenida, através da análise de poços de sondagem, foram encontrados pavimentos bastante comprometidos estruturalmente, com bases excessivamente contaminadas e presença de elevada umidade nas camadas; buracos e trincas classe 3 com notável bombeamento de finos, além de deflexões superiores a 150 centésimos de milímetros eram evidências genéricas; isto ocorria nas faixas mais solicitadas por caminhões, cujo montante diário atingia a casa dos 5.700 por sentido.

A Manutenção vista como Obra

Nestes casos, após a análise de todos os problemas, decidiu-se pela reconstrução dessas faixas, empregando-se soluções em pavimentos semi-rígidos e em pavimentos de concreto. Infelizmente, por razões de natureza operacional, os pavimentos em concreto não vingaram, em um trecho onde seriam uma alternativa excelente (rampa de 3,5% e caminhões desenvolvendo baixa velocidade após uma interseção semaforica).

Traduzidos em dólares, os números referentes ao orçamento dos serviços indicados no projeto atingiram o montante de US\$ 1.223.849, sendo que os serviços de drenagem empregariam apenas US\$ 107.149 (8,75%) do valor total orçado. Se encarado como um acréscimo, vale a pena recordar os benefícios de se efetuar as devidas correções no sistema de drenagem que o caso apontou. Para se ter uma idéia, em um dos segmentos onde foi implantado um dreno abaixo do reforço de um pavimento reconstruído, durante as escavações, minava água pelo solo na parede lateral da vala.



A Manutenção vista como Obra

Considerada a extensão do projeto e o número de faixas de tráfego, tinha-se uma situação equivalente a cerca de 11.000 metros de rodovia de pista simples, indicativo de que os serviços de recuperação atingiam a cifra de US\$ 111.259 por quilômetro, perfeitamente dentro da faixa de US\$ 30.000 a 200.000 para obras de restauração rodoviária indicada pelo Banco Mundial. Observe-se que com cerca de 5.700 caminhões por dia se empregando do trecho monodirecionalmente, está-se diante de uma verdadeira rodovia urbana.

O projeto custou aos cofres públicos naquele instante menos de 4% do valor orçado para as obras de restauração indicadas em projeto. Apenas como um exercício numérico, caso a decisão de restauração fosse tomada sem projeto, baseada em serviços de fresagem (6 cm), imprimação e aplicação de concreto asfáltico (reposição de 6 cm) posto obra, com base nos valores de tais itens no orçamento realizado na época do projeto, o custo de tais serviços seria de US\$ 1.226.029, portanto, idêntico ao valor orçado pelo projeto desenvolvido.



Laboratório de Mecânica de Pavimentos
www.lmp.ptr.usp.br

Paradigmas da Qualidade de Manutenção de Pavimentos

1. realização da **monitoração** e do **diagnóstico** das malhas pavimentadas para que seja possível a definição e a aplicação de políticas e estratégias técnicas de manutenção coerentes com as necessidades presentes e futuras;
2. a necessidade de elaboração de estudos e levantamentos detalhados, que resultem em **projeto de engenharia de manutenção** suficientemente detalhado para a perfeita definição das necessidades individuais de cada via de um sistema viário;
3. inclusão do conceito de **manutenção preventiva** como necessidade indissociável de um processo ordenado e racional de manutenção de pavimentos;
4. consideração de que serviços de **controle tecnológico são parte fundamental do sucesso de qualquer obra** relacionada à manutenção de pavimentos, por mais simples que seja; as relações entre projetista, executante, gerenciador, fiscal e agência viária necessitam ser coerentemente trabalhadas a bem da qualidade de um serviço público de interesse fundamental para os cidadãos;
5. busca de **materiais e tecnologias alternativas** para a manutenção viária, coisa que, cada agência viária, dentro de suas realidades e limitações, podem e devem atingir através de pesquisas laboratoriais e de campo.

Paradigmas da Qualidade de Manutenção de Pavimentos - RECICLAGEM

