



# **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<br>Importância da Gestão de Pavimentos                                |
| 2          | Técnicas de Manutenção de Pavimentos asfálticos<br>Avaliação Funcional de Pavimentos: Serventia e Irregularidade                          |
| 3          | Avaliação Funcional: Patologias - Morfologia e Gênese. IGG                                                                                |
| 4          | Avaliação Estrutural: Técnicas, finalidades, parâmetros. Segmentação estatística.<br>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 1ª. até a 6ª. 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 8ª. até a 14ª. aula)                                                                                            |
| <u>SUB</u> | PROVA SUBSTITUTIVA (específica da prova que perdeu)                                                                                       |

# Princípios de Manutenção



[www.lmp.ptr.usp.br](http://www.lmp.ptr.usp.br)

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.”*



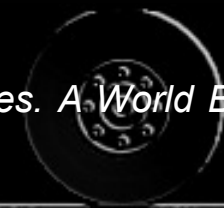
Laboratório de Mecânica de Pavimentos  
[www.lmp.ptr.usp.br](http://www.lmp.ptr.usp.br)



# Manutenção, Ciclo de Vida e Custos de Intervenções

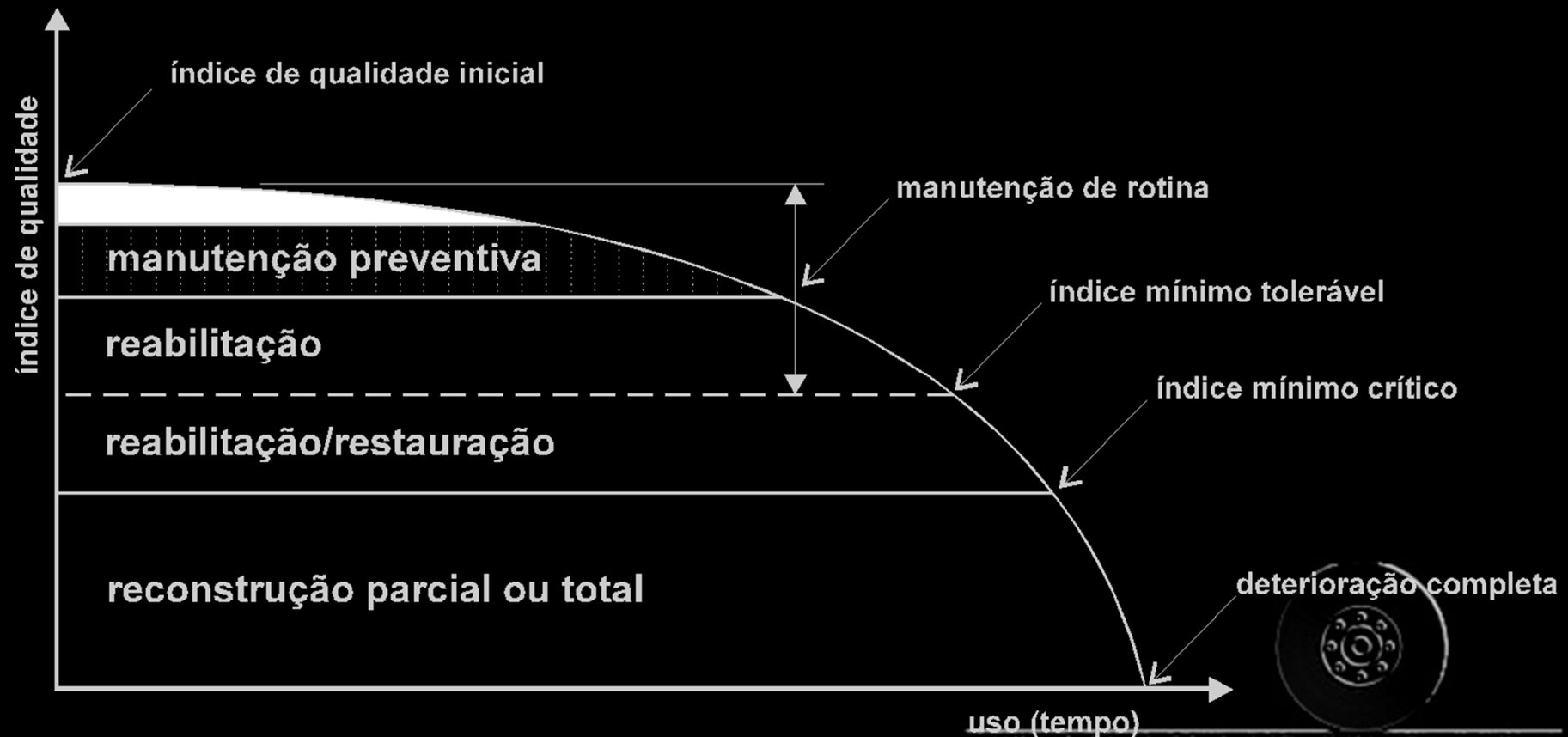
| Tipo de Intervenção         | Definição                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Manutenção de Rotina</b> | Reparos localizados em pavimentos; limpeza, remoção de detritos, terra ou neve                                                                                                                                                                                         |
| <b>Manutenção Periódica</b> | 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) |
| <b>Reabilitação</b>         | 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                                                                                        |
| <b>Reconstrução</b>         | Renovação da estrutura de pavimento com remoção da estrutura danificada como resultado de negligência prolongada que resulta na impossibilidade de reabilitar o pavimento                                                                                              |
| <b>Restauração</b>          | Quando para um mesmo projeto serviços de reabilitação e de reconstrução são contemplados simultaneamente                                                                                                                                                               |
| <b>Melhoramento</b>         | 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.



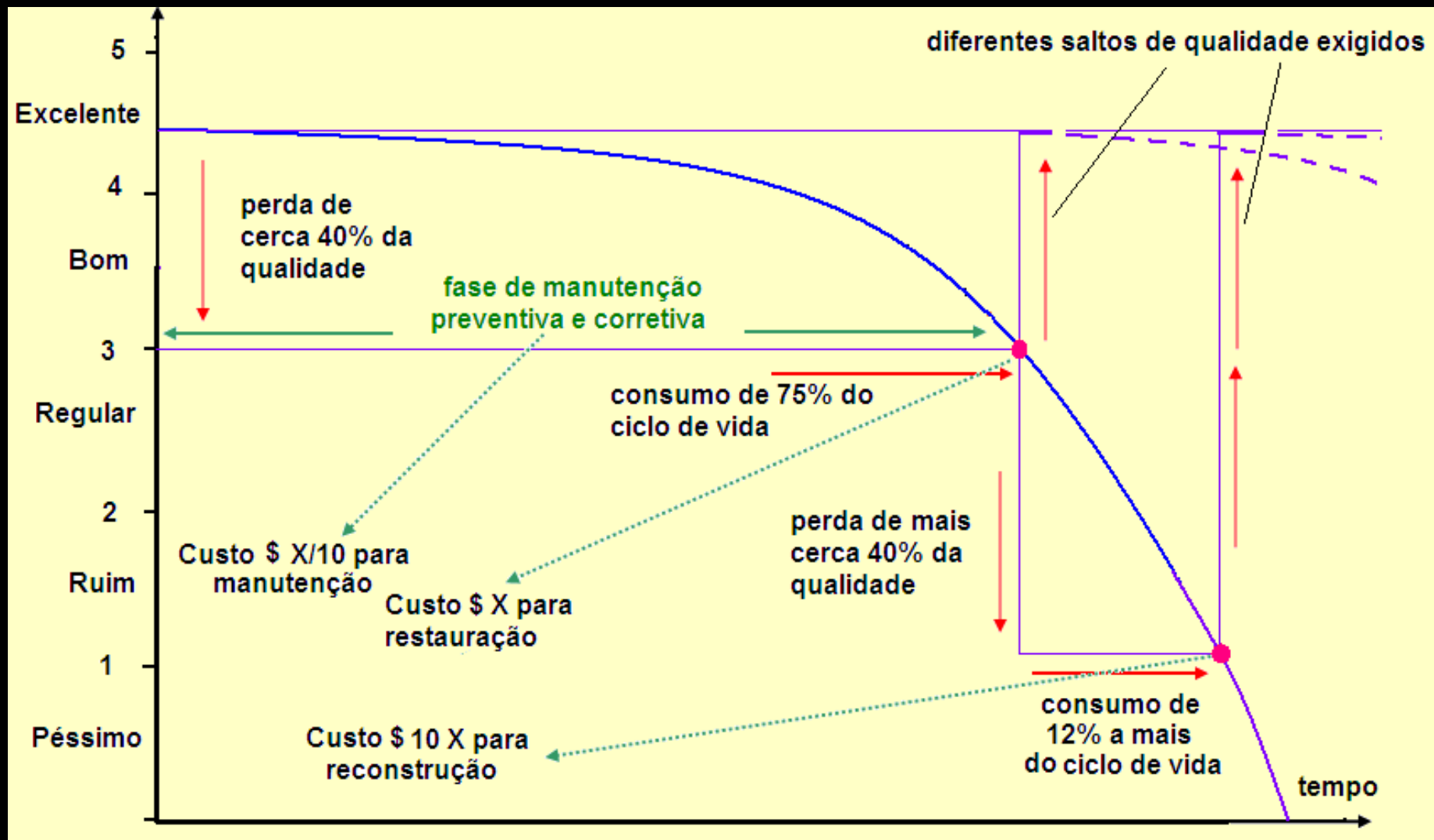
Laboratório de Mecânica de Pavimentos  
[www.lmp.ptr.usp.br](http://www.lmp.ptr.usp.br)

# Manutenção, Ciclo de Vida e Custos de Intervenções

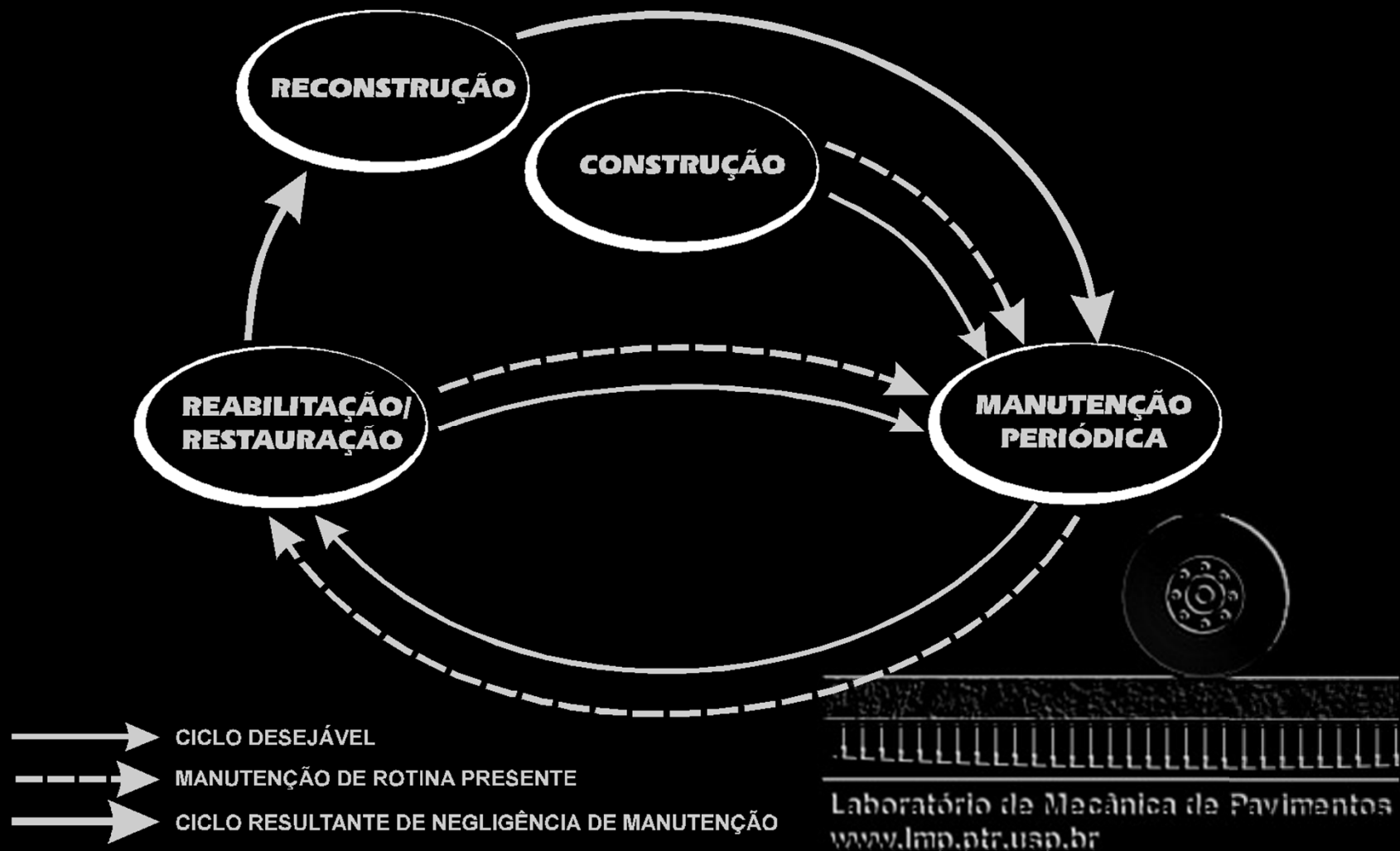


uso (tempo)

# Manutenção, Ciclo de Vida e Custos de Intervenções

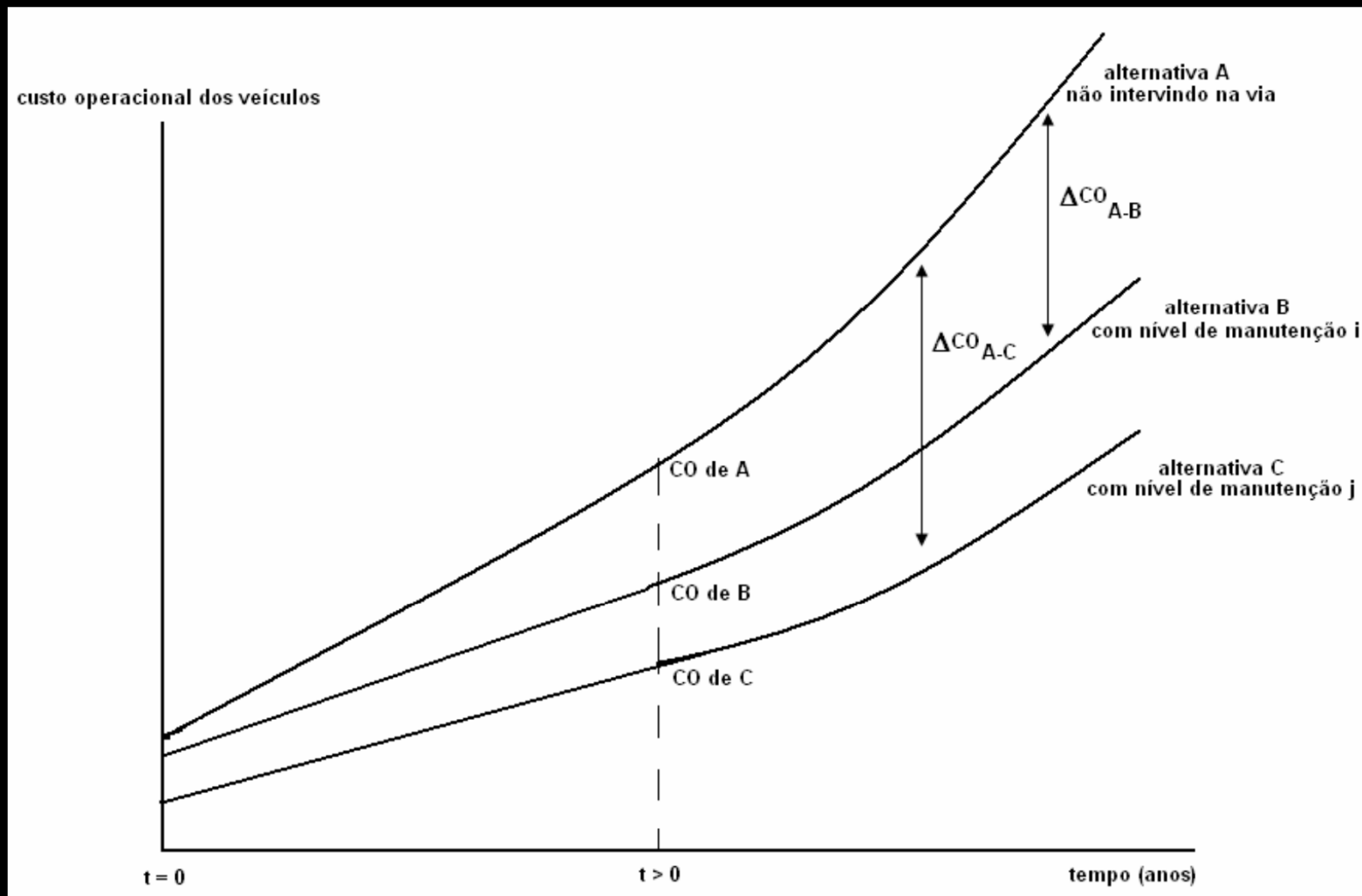


# Manutenção, Ciclo de Vida e Custos de Intervenções





# Custos Operacionais dos Usuários



# Manutenção, Ciclo de Vida e Custos de Intervenções

| Tipo de Intervenção  | Faixa de Variação de Custos<br>(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](http://www.lmp.ptr.usp.br)

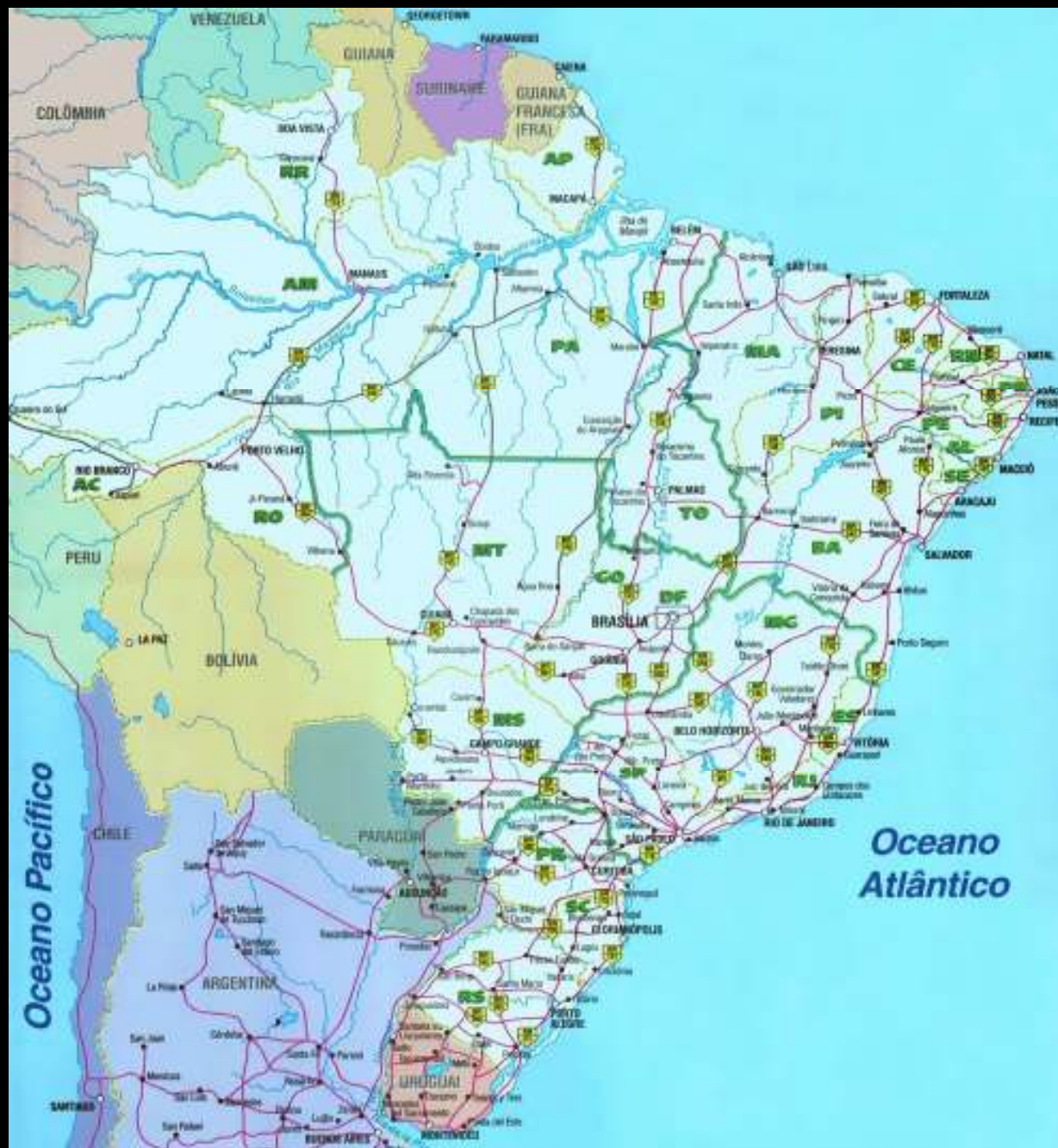
# Manutenção, Ciclo de Vida e Custos de Intervenções

## 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



de Mecânica de Pavimentos  
asp.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.





# 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.



Laboratório de Mecânica de Pavimentos  
[www.lmp.ptr.usp.br](http://www.lmp.ptr.usp.br)

# 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.

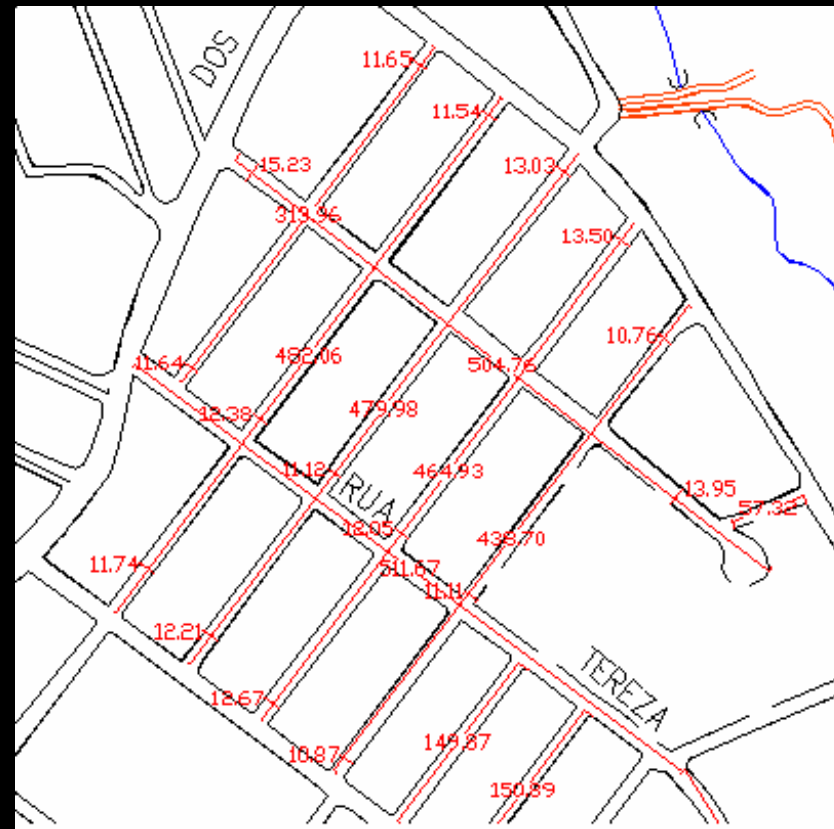


Laboratório de Mecânica de Pavimentos  
[www.lmp.ptr.usp.br](http://www.lmp.ptr.usp.br)

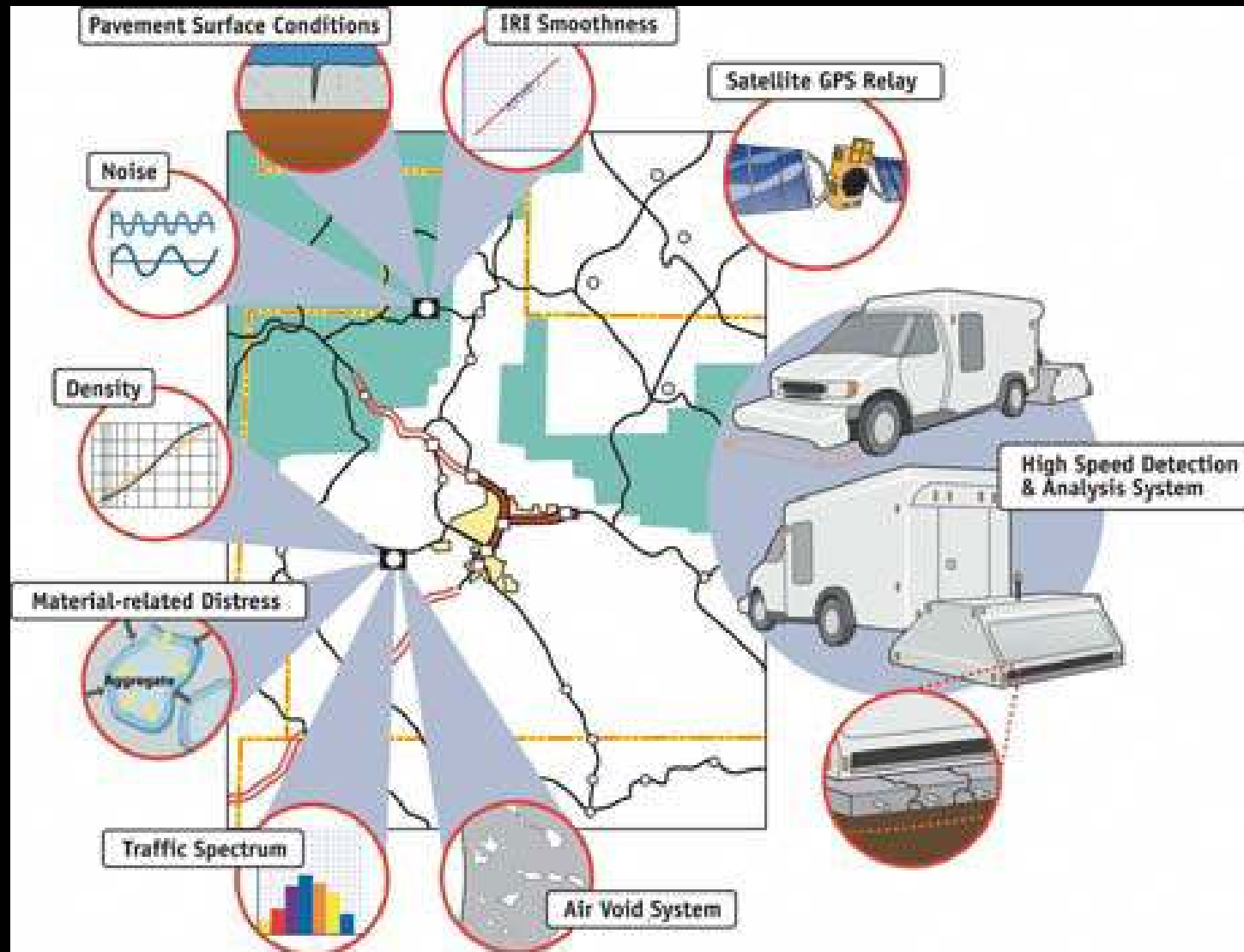
# Gestão do Sistema Viário - Ferramentas



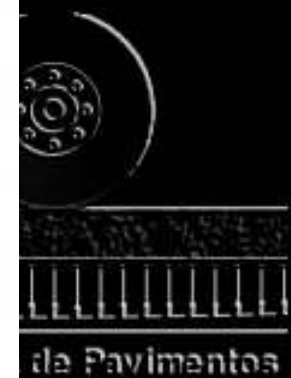
## Cadastro



# Gestão do Sistema Viário - Ferramentas



[www.lmp.ptr.usp.br](http://www.lmp.ptr.usp.br)



da Pavimentos

## Gestão do Sistema Viário - Ferramentas

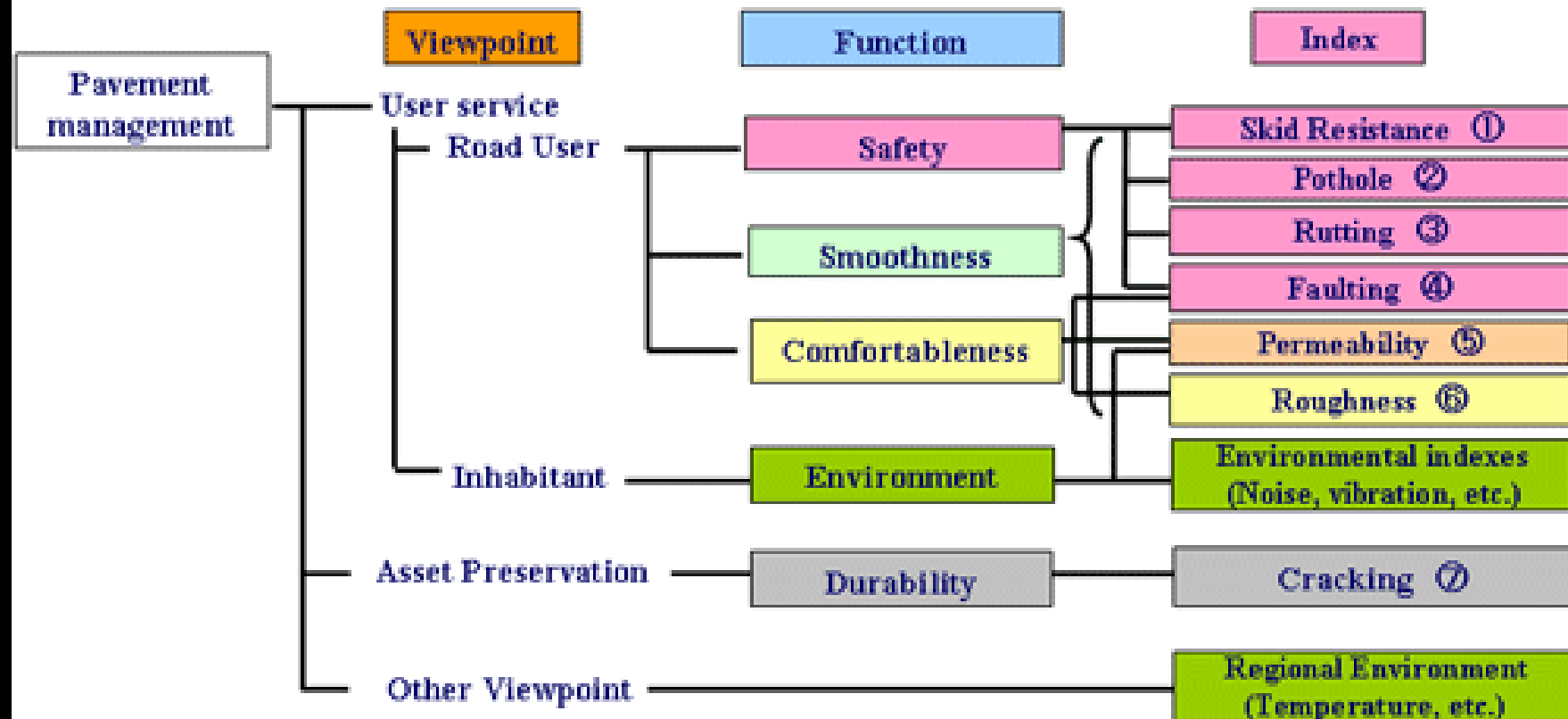


Laboratório de Mecânica de Pavimentos  
[www.lmp.ptr.usp.br](http://www.lmp.ptr.usp.br)



# Gestão do Sistema Viário – Pontos de Vista

## Concept of Pavement Management



## Ações de manutenção associadas a defeitos existentes

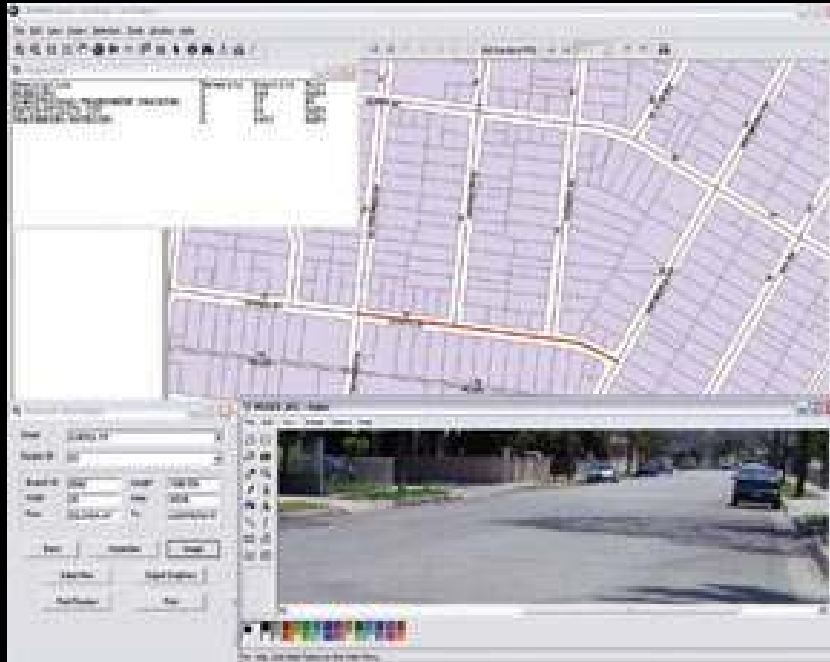
| Defeito                     | Densidade e/ou Severidade                                | Medidas Corretivas                                                                                                 | Medidas Preventivas                                        |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 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

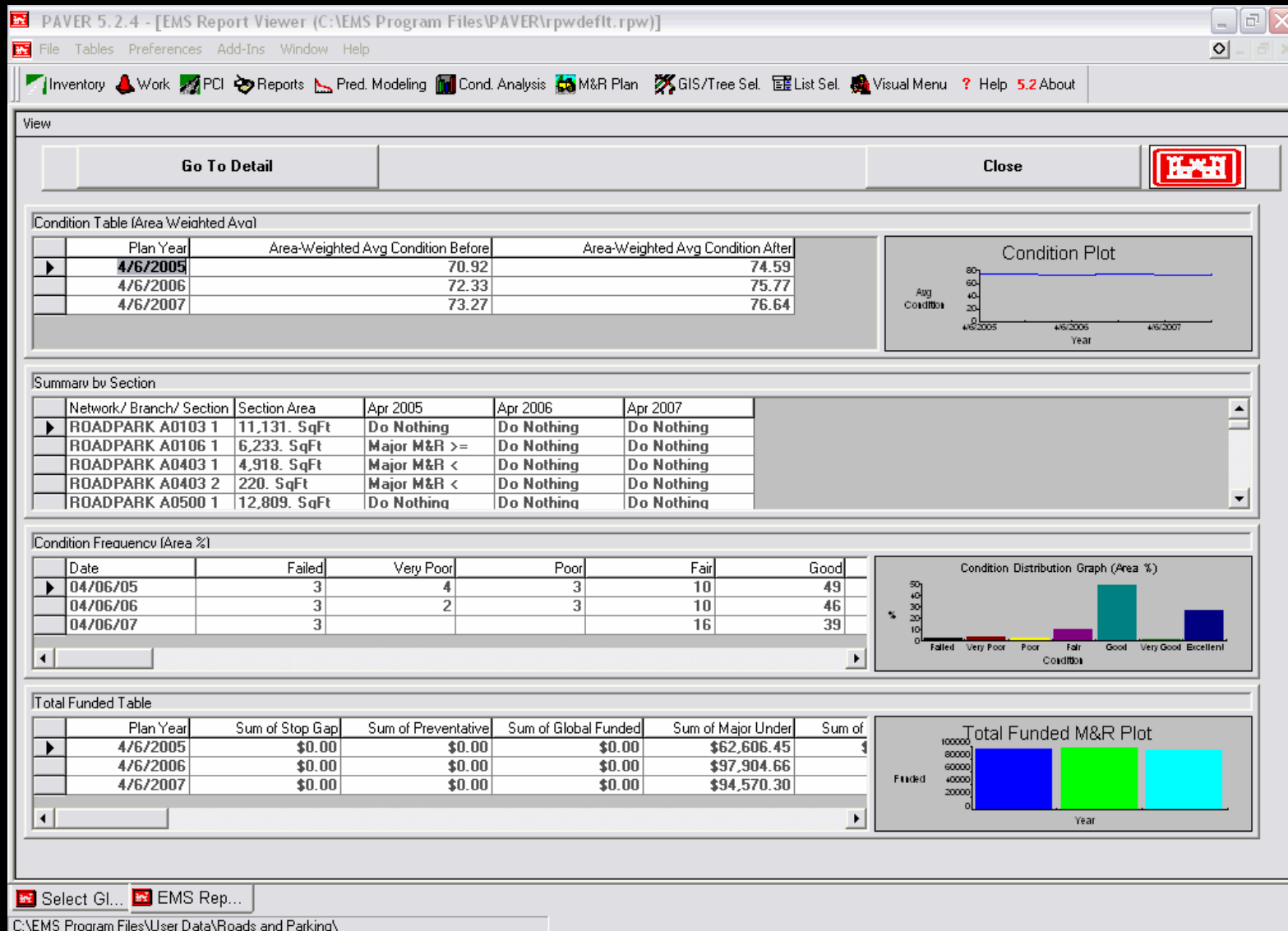
| Serviço                   | Aplicações                                                                                                                                                                                  | Restrições                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Reforço</b>            | 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. |
| <b>Fresagem</b>           | 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.              |
| <b>Reciclagem</b>         | 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.           |
| <b>Selagem de Trincas</b> | 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.                                          |
| <b>Banho selante</b>      | 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.                                                 |
| <b>Lama asfáltica</b>     | 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.                                                                                      |



## Sistemas de Gerência de Pavimentos – Bancos de Dados



# Sistemas de Gerência de Pavimentos – Bancos de Dados

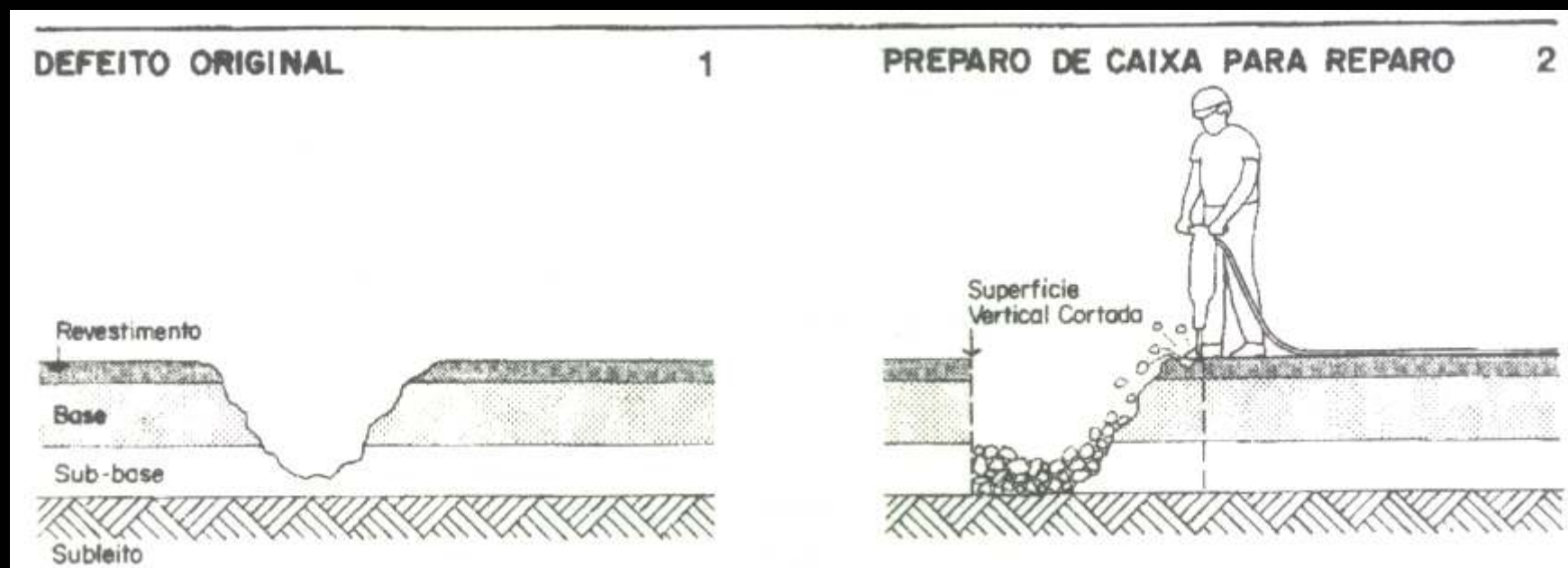




# PROTOCOLOS

## Condições Mínimas para Execução de Reparos Localizados

*O serviço de tapa-buracos*



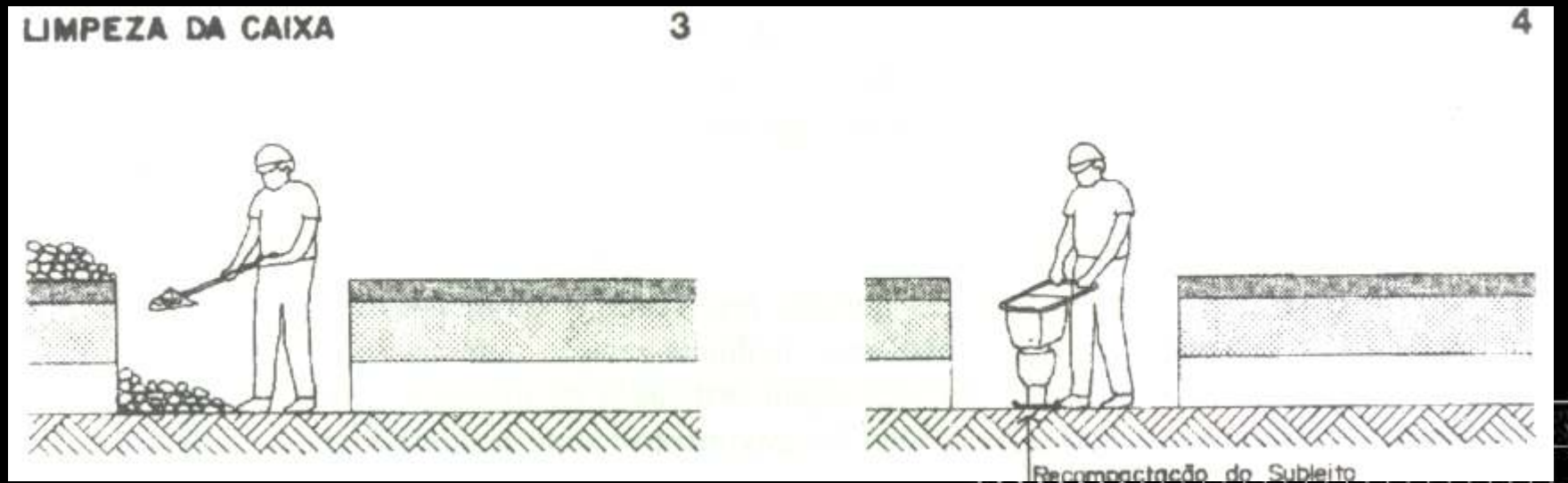
Laboratório de Mecânica de Pavimentos  
[www.lmp.ptr.usp.br](http://www.lmp.ptr.usp.br)

# 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.*

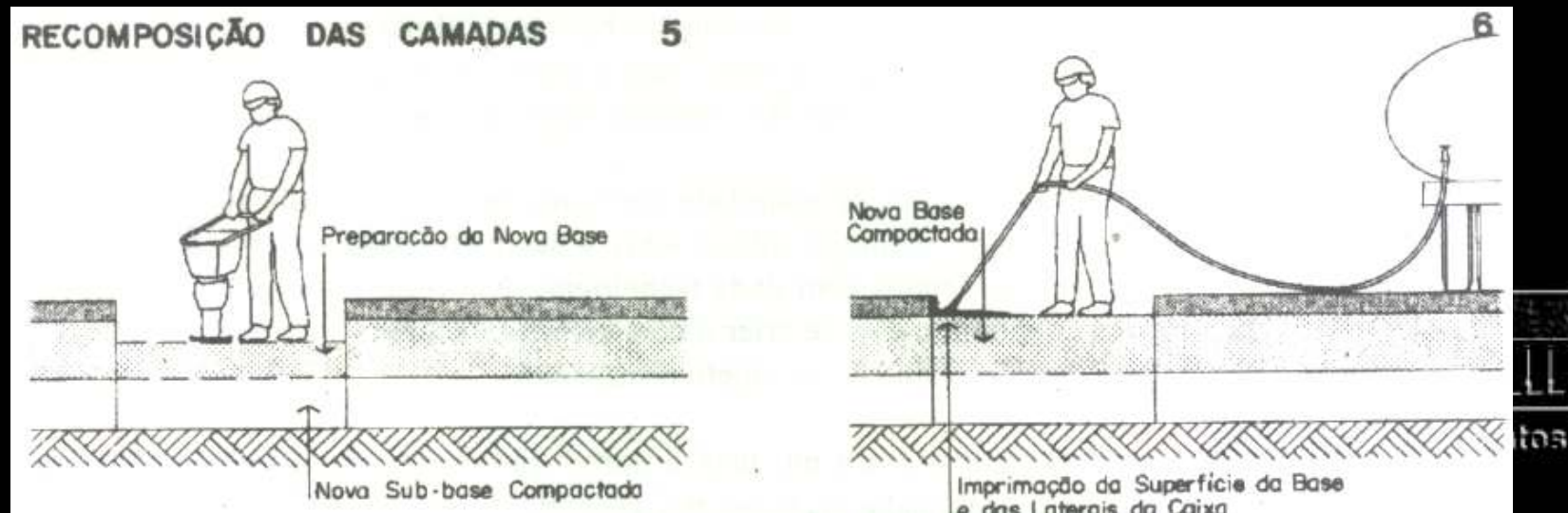


# PROTOCOLOS

## 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 ( $l/m^2$ ) ideal para cumprir sua função. A pintura ligante deve constituir uma película e não um lago.*

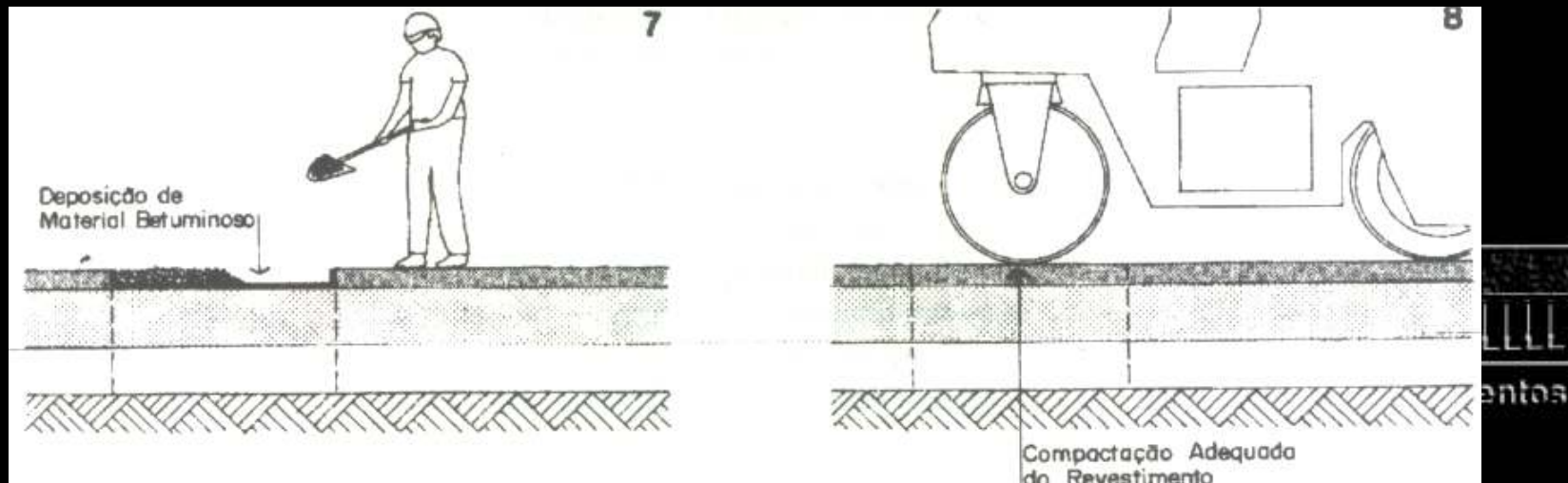


# PROTOCOLOS

## 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.



Laboratório de Mecânica de Pavimentos  
[www.lmp.ptr.usp.br](http://www.lmp.ptr.usp.br)

## 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 semafórica).

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.



Laboratório de Mecânica de Pavimentos  
[www.lmp.ptr.usp.br](http://www.lmp.ptr.usp.br)

## 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](http://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



Laboratório de Mecânica de Pavimentos  
[www.lmp.ptp.usp.br](http://www.lmp.ptp.usp.br)