

# Catálogo de Soluções de Reabilitação de Pavimentos

Marcílio Augusto Neves  
Ernesto Simões Preussler  
Luiz Somacal Neto  
João Virgílio Merighi  
Amaury Vignoli

## 1. INTRODUÇÃO

Um notável progresso ocorreu no Brasil nos últimos dez anos, quanto às técnicas de reabilitação de pavimentos. Foram introduzidas novas tecnologias, como as fresagens, as reciclagens das diversas camadas da estrutura dos pavimentos, as camadas delgadas de microrevestimento asfáltico a frio ou a quente, as camadas de inibição de propagação de trincas como os tratamentos superficiais a frio ou a quente, a sobreposição de placas de concreto (whitetopping) e as camadas executadas com asfaltos modificados por polímeros, de textura fechada ou aberta.

Mas o progresso ocorrido quanto às técnicas executivas não tem sido acompanhado por evolução no setor de estudos, projetos e supervisão de obras. Com isto, os engenheiros projetistas e os organismos gestores de rodovias e vias urbanas têm relatado grandes dificuldades quando lhes cabe a incumbência de definir a estratégia de restauração mais adequada para cada segmento de pavimento.

É com o objetivo de orientar os projetistas e gestores de pavimentos, que os autores deste

trabalho técnico, em função de suas experiências profissionais, propõem um Catálogo de Soluções de Reabilitação de Pavimentos Flexíveis, definindo alternativas viáveis sobre o aspecto técnico para cada estágio de deterioração do pavimento, em termos de características superficiais, funcionais e estruturais.

## 2. NORMAS E PROCEDIMENTOS CORRELATOS

A reabilitação de pavimentos teve início no País na década de setenta. Na época, o DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, resolveu ordenar os procedimentos para a avaliação de pavimentos, efetuando estudos no IPR – Instituto de Pesquisas Rodoviárias, que culminaram com a divulgação de duas normas: a DNER-PRO 10/79, baseada em metodologias da AASHTO – American Association of State and Transportation Officials e do CDR – California Design Highway; e DNER-PRO 11/79, com base nos estudos de Adolfo Ruiz. Estes procedimentos definiram de forma pioneira a forma de se determinar as intervenções para a reabilitação de

pavimentos, vigorando até hoje.

No Procedimento DNER-PRO 10/79, a definição de intervenções é feita no quadro de "Critério para Estabelecimento das Diretrizes de Projeto". Neste quadro, são definidas as intervenções mostradas na Tabela 1.

Já no Procedimento DNER-PRO 11/79, a definição de intervenções é proporcionada pela Tabela III - "Critérios para Avaliação Estrutural", que são resumidos na Tabela 2.

Observa-se que por terem sido desenvolvidos na década de setenta, os procedimentos citados só consideram intervenções simples de correções superficiais, reforço e reconstrução do pavimento. Não há enfoques quanto a emprego de tecnologias mais modernas, a exemplo de fresagem, reciclagem e aplicação de revestimento com asfaltos polimerizados.

O Procedimento DNER-PRO 269/94 (TECNAPAV), no entanto, já contempla a possibilidade de intervenção de fresagem de pavimento, definindo a espessura necessária. Mas não é definido quando se tem necessidade de fresagem do pavimento.



Tabela 1 – Intervenções de Reabilitação pelo Procedimento DNER-PRO 10/79

| IGG       | F (mm) | AP (%)  | $D_0$ (0,01 mm)             | INTERVENÇÃO             |
|-----------|--------|---------|-----------------------------|-------------------------|
| IGG < 180 | F < 30 | AP < 33 | $D_0 < D_{adm}$             | Correções superficiais  |
| IGG < 180 | F < 30 | AP < 33 | $3 D_{adm} > D_0 > D_{adm}$ | Reforço                 |
| IGG < 180 | F < 30 | AP < 33 | $D_0 > 3 D_{adm}$           | Reforço ou Reconstrução |
| IGG < 180 | F > 30 | AP > 33 | -                           | Reforço ou Reconstrução |
| IGG > 180 | -      | -       | -                           | Reconstrução            |

Obs: IGG: Índice de Gravidade Global; F: Flecha na trilha de roda; AP: Afundamentos plásticos;  $D_0$ : Deflexão característica;  $D_{adm}$ : Deflexão Admissível

Tabela 2 – Intervenções de Reabilitação pelo Procedimento DNER-PRO 11/79

| HIPÓTESE | IGG       | R (m)   | $D_0$ (0,01 mm)             | INTERVENÇÃO             |
|----------|-----------|---------|-----------------------------|-------------------------|
| I        | IGG < 180 | R > 100 | $D_0 < D_{adm}$             | Correções superficiais  |
| IIa      | IGG < 180 | R > 100 | $3 D_{adm} > D_0 > D_{adm}$ | Reforço                 |
| IIb      | IGG < 180 | R > 100 | $D_0 > 3 D_{adm}$           | Reforço ou Reconstrução |
| III      | IGG < 180 | R < 100 | $D_0 < D_{adm}$             | Reforço ou Reconstrução |
| IV       | IGG < 180 | R < 100 | $D_0 > D_{adm}$             | Reforço ou Reconstrução |
| V        | IGG > 180 | -       | -                           | Reconstrução            |

Obs: R: Raio de curvatura expresso em m

Um primeiro passo para se definir uma maior quantidade de alternativas de reabilitação, foi dado no Catálogo de Soluções definidas com o Modelo HDM – Highway Design and Maintenance Models, criado no Programa de Restauração e Descentralização de Rodovias Federais, com financiamento do Banco Mundial e do BID ( Banco Interamericano de Desenvolvimento). No catálogo são previstas as seguintes intervenções: correções superficiais com lama asfáltica, fresagens, reforço estrutural e reconstruções de pavimento.

Desde a década de noventa, foram introduzidas no País novas tecnologias de reabilitação, já citadas anteriormente. Mas não há, até o momento, definições claras sobre o emprego dessas intervenções em termos de características funcionais e estruturais dos pavimentos. Fica,

assim, a critério de cada projetista, a definição das intervenções.

### 3. ESTRATÉGIAS DE REABILITAÇÃO PROPOSTAS

Para suprir a lacuna de falta de orientações para os projetistas e gestores de pavimentação, os autores definiram um Catálogo contendo as estratégias propostas para a reabilitação de rodovias.

As soluções alternativas apresentadas no Catálogo, a seguir, são hipotéticas. São propostas que têm o objetivo de orientar os projetistas. Mas a solução ideal é que seja efetuado um estudo para cada trecho. A não utilização de determinada técnica deve ser acompanhada de uma profunda reflexão.

O Catálogo não determina as soluções aplicáveis. Muito pelo contrário, indica as restrições de cada tipo de solução (quando

não se recomenda empregar cada alternativa), em função das características funcionais e estruturais do pavimento. Entende-se que dentre as soluções aplicáveis (extraído-se as soluções com restrições), deve ser escolhida a de menor custo.

O documento ainda separa as soluções para os pavimentos sem problema estrutural (quando a deflexão característica é inferior à deflexão admissível, e para os pavimentos com problema estrutural (quando a deflexão característica é superior à deflexão admissível). Também trata dos pavimentos revestidos com concreto asfáltico e base granular. Para pavimentos com revestimento em tratamentos superficiais ou bases não granulares, será preciso fazer adaptações no Catálogo, que serão objeto de um futuro trabalho dos mesmos autores.



Tabela 3 – Soluções Leves para Pavimentos sem problemas Estruturais - Correções funcionais

| CÓDIGO                | DISCRIMINAÇÃO                                                                                                                                                                                                                                            | RESTRIÇÃO: NÃO EXECUTAR QUANDO: |           |       |         |             |                    |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------|-------|---------|-------------|--------------------|
|                       |                                                                                                                                                                                                                                                          | % DA ÁREA COM                   |           | IGG   | F<br>mm | IRI<br>m/Km | DC<br>0,01 mm      |
|                       |                                                                                                                                                                                                                                                          | FC-2<br>%                       | FC-3<br>% |       |         |             |                    |
| F x (y)               | Fresagem (espessura "x" cm) + Reposição de CBUQ (espessura "x" cm) em parte da área ("y" %)                                                                                                                                                              | > 30                            | > 20      | > 80  | > 7     | > 3,5       | > D <sub>adm</sub> |
| LAF                   | Lama Asfáltica Fina                                                                                                                                                                                                                                      | > 50                            | > 0       | > 80  | > 7     | > 3,5       | > D <sub>adm</sub> |
| LAG                   | Lama Asfáltica Grossa                                                                                                                                                                                                                                    | > 50                            | > 0       | > 80  | > 7     | > 3,5       | > D <sub>adm</sub> |
| TSS                   | Tratamento Superficial Simples                                                                                                                                                                                                                           | > 50                            | > 0       | > 80  | > 7     | > 3,5       | > D <sub>adm</sub> |
| TSSpol                | Tratamento Superficial Simples (com emulsão modificada por polímero)                                                                                                                                                                                     | > 50                            | > 0       | > 80  | > 7     | > 3,5       | > D <sub>adm</sub> |
| TSD                   | Tratamento Superficial Duplo                                                                                                                                                                                                                             | > 50                            | > 10      | > 80  | > 7     | > 3,5       | > D <sub>adm</sub> |
| TSDpol                | Tratamento Superficial Duplo (com emulsão modificada por polímero)                                                                                                                                                                                       | > 50                            | > 10      | > 80  | > 7     | > 3,5       | > D <sub>adm</sub> |
| TSDq                  | Tratamento Superficial Duplo a quente (com CAP modificado por polímero)                                                                                                                                                                                  | > 50                            | > 10      | > 80  | > 7     | > 3,5       | > D <sub>adm</sub> |
| MRf                   | Microrevestimento Asfáltico a Frio (com emulsão modificada por polímero) (espessura de 1,5 cm)                                                                                                                                                           | > 50                            | > 10      | > 80  | > 7     | > 3,5       | > D <sub>adm</sub> |
| MRq                   | Microrevestimento Asfáltico a Quente (com asfalto modificado por polímero) (espessura de 1,5 cm)                                                                                                                                                         | > 50                            | > 10      | > 80  | > 7     | > 3,5       | > D <sub>adm</sub> |
| RP                    | Reperfilamento com CBUQ tipo "Massa Fina" (espessura de 2 cm)                                                                                                                                                                                            | > 50                            | > 10      | > 80  | > 15    | > 4,0       | > D <sub>adm</sub> |
| mF + LAG              | Micro Fresagem (espessura 1,5 cm) + Lama Asfáltica Grossa                                                                                                                                                                                                | > 70                            | > 0       | > 80  | > 7     | > 3,5       | > D <sub>adm</sub> |
| mF + MRf              | Micro Fresagem (espessura 1,5 cm) + Microrevestimento Asfáltico a Frio (com emulsão modificada por polímero) (espessura de 1,5 cm)                                                                                                                       | > 70                            | > 15      | > 100 | > 7     | > 3,5       | > D <sub>adm</sub> |
| MRf + CPA x           | Microrevestimento Asfáltico a Frio (com emulsão modificada por polímero) (espessura de 1,5 cm) + Camada Porosa de Atrito (com CAP modificado por polímero) (espessura "x" cm)                                                                            | > 50                            | > 10      | > 100 | > 5     | > 3,5       | > D <sub>adm</sub> |
| RP + CPA x            | Reperfilamento com CBUQ tipo "Massa Fina" (espessura de 2 cm) + Camada Porosa de Atrito (com CAP modificado por polímero) (espessura "x" cm)                                                                                                             | > 50                            | > 10      | > 100 | > 5     | > 4,0       | > D <sub>adm</sub> |
| F x (y) + RP          | Fresagem (espessura "x" cm) + Reposição de CBUQ (espessura "x" cm) em parte da área ("y" %) + Reperfilamento com CBUQ tipo "Massa Fina" (espessura de 2 cm)                                                                                              | > 50                            | > 15      | > 150 | > 15    | > 4,5       | > D <sub>adm</sub> |
| F x (y) + MRf + CPA x | Fresagem (espessura "x" cm) + Reposição de CBUQ em parte da área ("y" %) + Microrevestimento Asfáltico a Frio (com emulsão modificada por polímero) (espessura de 1,5 cm) + Camada Porosa de Atrito (com CAP modificado por polímero) (espessura "x" cm) | > 50                            | > 20      | > 120 | > 7     | > 4,0       | > D <sub>adm</sub> |
| F x (y) + RP + CPA x  | Fresagem (espessura "x" cm) + Reposição de CBUQ em parte da área ("y" %) + Reperfilamento com CBUQ tipo "Massa Fina" (espessura de 2 cm) + Camada Porosa de Atrito (com CAP modificado por polímero) (espessura "x" cm)                                  | > 50                            | > 20      | > 120 | > 7     | > 4,5       | > D <sub>adm</sub> |
| F x + RP              | Fresagem em toda a área (espessura "x" cm) + Reperfilamento com CBUQ tipo "Massa Fina" (espessura de 2 cm)                                                                                                                                               |                                 | > 30      | > 150 | > 20    | > 7,0       | > D <sub>adm</sub> |
| F x + MRf + CPA x     | Fresagem em toda a área (espessura "x" cm) + Microrevestimento Asfáltico a Frio (com emulsão modificada por polímero) (espessura de 1,5 cm) + Camada Porosa de Atrito (com CAP modificado por polímero) (espessura "x" cm)                               |                                 | > 30      | > 150 | > 15    | > 7,0       | > D <sub>adm</sub> |



**Tabela 4 – Soluções Médias - Pavimentos com Problemas Estruturais - Correções funcionais e estruturais Sem Fresagem**

| CÓDIGO              | DISCRIMINAÇÃO                                                                                                                                                                                    | RESTRIÇÃO: NÃO EXECUTAR QUANDO: |           |       |         |             |               |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------|-------|---------|-------------|---------------|
|                     |                                                                                                                                                                                                  | % DA ÁREA COM                   |           | IGG   | F<br>mm | IRI<br>m/Km | DC<br>0,01 mm |
|                     |                                                                                                                                                                                                  | FC-2<br>%                       | FC-3<br>% |       |         |             |               |
| H x                 | Reforço em CBUQ (espessura "x" cm)                                                                                                                                                               | > 10                            | > 0       | > 100 | > 7     | > 4,0       | > 120         |
| Hpol x              | Reforço em CBUQ (com CAP modificado por polímero) (espessura "x" cm)                                                                                                                             | > 30                            | > 0       | > 100 | > 7     | > 4,0       | > 120         |
| PMQpol z + H x      | Reforço duplo com PMQ aberto com CAP modificado por polímero\ (20 a 25 % de vazios) (espessura "z" cm) + CBUQ (espessura "x" cm)                                                                 | > 30                            | > 10      | > 120 | > 5     | > 4,0       | > 120         |
| RP + H x            | Reperfilamento com CBUQ tipo "Massa Fina" (espessura de 2 cm) + Reforço em CBUQ (espessura "x" cm)                                                                                               | > 30                            | > 10      | > 120 | > 15    | > 5,5       | > 120         |
| RP + Hpol x         | Reperfilamento com CBUQ tipo "Massa Fina" (espessura de 2 cm) + Reforço em CBUQ (com CAP modificado por polímero) (espessura "x" cm)                                                             | > 30                            | > 10      | > 120 | > 15    | > 5,5       | > 120         |
| TSDpol + H x        | Tratamento Superficial Duplo (com emulsão modificada por polímero) + Reforço em CBUQ (espessura "x" cm)                                                                                          | > 50                            | > 10      | > 120 | > 7     | > 4,5       | > 120         |
| TSDpol + Hpol x     | Tratamento Superficial Duplo (com emulsão modificada por polímero) + Reforço em CBUQ (com CAP modificado por polímero) (espessura "x" cm)                                                        | > 50                            | > 10      | > 120 | > 7     | > 4,5       | > 120         |
| RP + TSDpol + H x   | Reperfilamento com CBUQ tipo "Massa Fina" (espessura de 2 cm) + Tratamento Superficial Duplo (com emulsão modificada por polímero) + Reforço em CBUQ (espessura "x" cm)                          | > 50                            | > 15      | > 120 | > 15    | > 4,5       | > 120         |
| RP + PMQpol z + H x | Reperfilamento com CBUQ tipo "Massa Fina" (espessura de 2 cm) + Reforço duplo com PMQ aberto com CAP modificado por polímero\ (15 a 20 % de vazios) (espessura "z" cm) + CBUQ (espessura "x" cm) | > 50                            | > 15      | > 120 | > 15    | > 6,0       | > 120         |
| MRF + H x           | Microvestimento Asfáltico a Frio (com emulsão modificada por polímero) (espessura de 1,5 cm) + Reforço em CBUQ (espessura "x" cm)                                                                | > 50                            | > 10      | > 100 | > 7     | > 4,0       | > 120         |
| MRF + Hpol x        | Microvestimento Asfáltico a Frio (com emulsão modificada por polímero) (espessura de 1,5 cm) + Reforço em CBUQ (com CAP modificado por polímero) (espessura "x" cm)                              | > 50                            | > 10      | > 100 | > 7     | > 4,0       | > 120         |
| Hpol z + CPA x      | Reforço em CBUQ (com CAP modificado por polímero) (espessura "z" cm) + Camada Porosa de Atrito (com CAP modificado por polímero) (espessura "x" cm)                                              | > 10                            | > 0       | > 120 | > 7     | > 3,0       | > 120         |

No Catálogo, são considerados os seguintes parâmetros funcionais e estruturais do pavimento existente:

- FC-2 - percentagens da área contendo trincas de classe 2 (abertura maior que 1 mm, mas sem erosão nas bordas), definidas de acordo com a Norma DNER-ES 128/83;
- FC-3 - percentagens da área, contendo trincas de classe 3 (abertura maior que 1 mm, mas com erosão nas bordas);
- IGG: Índice de Gravidade Global,

calculado de acordo com o Procedimento DNER-PRO 08/78;

- F: flecha nas trilhas de roda, em mm (média mais desvio padrão);
- Dc: deflexão característica em 0,01 mm (média mais desvio padrão);
- Dadm: deflexão admissível, calculada pelos Procedimentos DNER-PRO 11/79 ou 269/94.

O Catálogo proposto é apresentado em cinco grupos de soluções nas Tabelas 3, 4, 5, 6 e 7:

- a Tabela 3 apresenta soluções

consideradas leves, para pavimentos com problemas exclusivamente funcionais;

- as Tabelas 4, 5 e 6 apresentam soluções médias, para pavimentos com problemas estruturais, considerando intervenções sem fresagem, com fresagem descontínua e com fresagem contínua, respectivamente;
- a Tabela 7 contém soluções de maior vulto, para pavimentos com maior grau de deterioração.



**Tabela 5 – Soluções Médias - Pavimentos com Problemas Estruturais - Correções funcionais e estruturais - Fresagem Descontínua**

| CÓDIGO                        | DISCRIMINAÇÃO                                                                                                                                                                                                                                      | RESTRIÇÃO: NÃO EXECUTAR QUANDO: |           |       |         |             |               |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------|-------|---------|-------------|---------------|
|                               |                                                                                                                                                                                                                                                    | % DA ÁREA COM                   |           | IGG   | F<br>mm | IRI<br>m/Km | Dc<br>0,01 mm |
|                               |                                                                                                                                                                                                                                                    | FC-2<br>%                       | FC-3<br>% |       |         |             |               |
| F x (y) + H x                 | Fresagem (espessura "x" cm) + Reposição de CBUQ (espessura "x" cm) em parte da área ("y" %) + Reforço em CBUQ (espessura "x" cm)                                                                                                                   | > 50                            | > 10      | > 120 | > 10    | > 5,0       | > 120         |
| F x (y) + Hpol x              | Fresagem (espessura "x" cm) + Reposição de CBUQ (espessura "x" cm) em parte da área ("y" %) + Reforço em CBUQ (com CAP modificado por polímero) (espessura "x" cm)                                                                                 | > 50                            | > 10      | > 120 | > 10    | > 5,0       | > 120         |
| F x (y) + RP + H x            | Fresagem (espessura "x" cm) + Reposição de CBUQ (espessura "x" cm) em parte da área ("y" %) + Reperfilamento com CBUQ tipo "Massa Fina" (espessura de 2 cm) + Reforço em CBUQ (espessura "x" cm)                                                   | > 75                            | > 25      | > 150 | > 15    | > 6,0       | > 120         |
| F x (y) + RP + Hpol x         | Fresagem (espessura "x" cm) + Reperfilamento com CBUQ tipo "Massa Fina" (espessura de 2 cm a 3 cm) + Reforço em CBUQ (com CAP modificado por polímero) (espessura "x" cm)                                                                          | > 75                            | > 25      | > 150 | > 15    | > 6,0       | > 120         |
| F x (y) + TSDpol + H x        | Fresagem (espessura "x" cm) + Reposição de CBUQ (espessura "x" cm) em parte da área ("y" %) + Tratamento Superficial Duplo (com emulsão modificada por polímero) + Reforço em CBUQ (espessura "x" cm)                                              | > 75                            | > 30      | > 150 | > 7     | > 5,0       | > 120         |
| F x (y) + TSDpol + Hpol x     | Fresagem (espessura "x" cm) + Reposição de CBUQ (espessura "x" cm) em parte da área ("y" %) + Tratamento Superficial Duplo (com emulsão modificada por polímero) + Reforço em CBUQ (com CAP modificado por polímero) (espessura "x" cm)            | > 75                            | > 30      | > 150 | > 7     | > 5,0       | > 120         |
| F x (y) + RP + TSDpol + H x   | Fresagem (espessura "x" cm) + Reposição de CBUQ em parte da área ("y" %) + Reperfilamento com CBUQ tipo "Massa Fina" (espessura de 2 cm) + Tratamento Superficial Duplo (com emulsão modificada por polímero) + Reforço em CBUQ (espessura "x" cm) | > 75                            | > 30      | > 180 | > 15    | > 5,5       | > 120         |
| F x (y) + RP + PMQpol z + H x | Fresagem (espessura "x" cm) + Reposição de CBUQ em parte da área ("y" %) + Reperfilamento com CBUQ tipo "Massa Fina" (espessura de 2 cm) + PMQ aberto com CAP modificado por polímero (espessura "z" cm) + Reforço em CBUQ (espessura "x" cm)      | > 75                            | > 40      | > 180 | > 15    | > 6,0       | > 120         |
| F x (y) + MRf + H x           | Fresagem (espessura "x" cm) + Reposição de CBUQ (espessura "x" cm) em parte da área ("y" %) + Microrevestimento Asfáltico a Frio (com emulsão modificada por polímero) (espessura de 1,5 cm) + Reforço em CBUQ (espessura "x" cm)                  | > 75                            | > 30      | > 120 | > 7     | > 5,5       | > 120         |
| F x (y) + MRf + Hpol x        | Fresagem (espessura "x" cm) + Reposição de CBUQ em parte da área ("y" %) + Microrevestimento Asfáltico a Frio (com emulsão modificada por polímero) (espessura de 1,5 cm) + Reforço em CBUQ (com CAP modificado por polímero) (espessura "x" cm)   | > 75                            | > 30      | > 120 | > 7     | > 5,5       | > 120         |
| F x (y) + Hpol z + CPA x      | Fresagem (espessura "x" cm) + Reposição de CBUQ em parte da área ("y" %) + Reforço em CBUQ (com CAP modificado por polímero) (espessura "z" cm) + Camada Porosa de Atrito (com CAP modificado por polímero) (espessura "x" cm)                     | > 50                            | > 30      | > 120 | > 10    | > 4,0       | > 120         |



**Tabela 6 – Soluções Médias - Pavimentos com Problemas Estruturais - Correções funcionais e estruturais - Fresagem Contínua**

| CÓDIGO                    | DISCRIMINAÇÃO                                                                                                                                                                                                                                 | RESTRIÇÃO: NÃO EXECUTAR QUANDO: |           |       |         |             |               |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------|-------|---------|-------------|---------------|
|                           |                                                                                                                                                                                                                                               | % DA ÁREA COM                   |           | IGG   | F<br>mm | IRI<br>m/Km | Dc<br>0,01 mm |
|                           |                                                                                                                                                                                                                                               | FC-2<br>%                       | FC-3<br>% |       |         |             |               |
| F x + H x                 | Fresagem em toda a área (espessura "x" cm) + Reforço em CBUQ (espessura "x" cm)                                                                                                                                                               |                                 | > 25      | > 150 | > 15    | > 7,0       | > 120         |
| F x + Hpol x              | Fresagem em toda a área (espessura "x" cm) + Reforço em CBUQ (com CAP modificado por polímero) (espessura "x" cm)                                                                                                                             |                                 | > 25      | > 150 | > 15    | > 7,0       | > 120         |
| F x + RP + H x            | Fresagem em toda a área (espessura "x" cm) + Reperfilamento com CBUQ tipo "Massa Fina" (espessura de 2 cm) + Reforço em CBUQ (espessura "x" cm)                                                                                               |                                 | > 50      | > 150 | > 20    | > 7,0       | > 120         |
| F x + RP + Hpol x         | Fresagem em toda a área (espessura "x" cm) + Reperfilamento com CBUQ tipo "Massa Fina" (espessura de 2 cm) + Reforço em CBUQ (com CAP modificado por polímero) (espessura "x" cm)                                                             |                                 | > 50      | > 150 | > 20    | > 7,0       | > 120         |
| F x + TSDpol + H x        | Fresagem em toda a área (espessura "x" cm) + Tratamento Superficial Duplo (com emulsão modificada por polímero) + Reforço em CBUQ (espessura "x" cm)                                                                                          |                                 | > 50      | > 150 | > 20    | > 7,0       | > 120         |
| F x + TSDpol + Hpol x     | Fresagem em toda a área (espessura "x" cm) + Tratamento Superficial Duplo (com emulsão modificada por polímero) + Reforço em CBUQ (com CAP modificado por polímero) (espessura "x" cm)                                                        |                                 | > 50      | > 150 | > 20    | > 7,0       | > 120         |
| F x + RP + TSDpol + H x   | Fresagem em toda a área (espessura "x" cm) + Reperfilamento com CBUQ tipo "Massa Fina" (espessura de 2 cm) + Tratamento Superficial Duplo (com emulsão modificada por polímero) + Reforço em CBUQ (espessura "x" cm)                          |                                 | > 50      | > 180 | > 20    | > 7,0       | > 120         |
| F x + RP + PMQpol z + H x | Fresagem em toda a área (espessura "x" cm) + Reperfilamento com CBUQ tipo "Massa Fina" (espessura de 2 cm) + Reforço duplo com PMQ aberto com CAP modificado por polímero\ (20 a 25 % de vazios) (espessura "z" cm) + CBUQ (espessura "x" cm) |                                 | > 50      | > 180 | > 20    | > 7,0       | > 120         |
| F x + MRf + H x           | Fresagem em toda a área (espessura "x" cm) + Microrevestimento Asfáltico a Frio (com emulsão modificada por polímero) (espessura de 1,5 cm) + Reforço em CBUQ (espessura "x" cm)                                                              |                                 | > 50      | > 150 | > 20    | > 7,0       | > 120         |
| F x + MRf + Hpol x        | Fresagem em toda a área (espessura "x" cm) + Microrevestimento Asfáltico a Frio (com emulsão modificada por polímero) (espessura de 1,5 cm) + Reforço em CBUQ (com CAP modificado por polímero) (espessura "x" cm)                            |                                 | > 50      | > 150 | > 20    | > 7,0       | > 120         |
| F x + Hpol z + CPA x      | Fresagem em toda a área (espessura "x" cm) + Reforço em CBUQ (com CAP modificado por polímero) (espessura "z" cm) + Camada Porosa de Atrito (com CAP modificado por polímero) (espessura "x" cm)                                              |                                 | > 30      | > 150 | > 20    | > 7,0       | > 120         |

#### 4. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

As indicações e soluções constantes do Catálogo podem ser úteis aos projetistas e gestores rodoviários, desde que adotadas com critério. Respeitadas as restrições impostas, as soluções viáveis sob o aspecto técnico devem ser avaliadas

do ponto de vista econômico, de forma a definir a solução de menor custo a ser recomendada.

Fazemos as seguintes recomendações:

- antes de iniciar a leitura de qualquer recomendação, o leitor deve estar atento, pois

em se tratando de técnicas de manutenção e restauração de pavimentos, surgem diariamente novos produtos que, combinados com as técnicas existentes, podem promover a habilitação de determinada solução;



**Tabela 7 – Soluções Pesadas - Pavimentos com Problemas Estruturais - Correções funcionais e estruturais - Reconstruções**

| CÓDIGO          | DISCRIMINAÇÃO                                                                                                                                   | RESTRIÇÃO: NÃO EXECUTAR QUANDO:   |           |     |         |             |               |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------|-----|---------|-------------|---------------|
|                 |                                                                                                                                                 | % DA ÁREA COM                     |           | IGG | F<br>mm | IRI<br>m/Km | DC<br>0,01 mm |
|                 |                                                                                                                                                 | FC-2<br>%                         | FC-3<br>% |     |         |             |               |
| Rec-sol         | Reciclagem da base e revestimento existente com adição de Solo (como base) + CBUQ                                                               |                                   |           |     |         |             | > 120         |
| Rec-bri         | Reciclagem da base e revestimento existente com adição de Brita (como base) + CBUQ                                                              |                                   |           |     |         |             | > 120         |
| Rec-cim         | Reciclagem da base e revestimento existente com adição de Cimento e Brita (como base) + CBUQ                                                    |                                   |           |     |         |             | > 120         |
| Rec-cim/<br>TSD | Reciclagem da base e revestimento existente com adição de Cimento e Brita (como base) + TSD + CBUQ                                              |                                   |           |     |         |             | > 120         |
| Rec-esp         | Reciclagem da base e revestimento existente com espuma de asfalto (como base) + CBUQ                                                            |                                   |           |     |         |             | > 100         |
| Rec-emu         | Reciclagem do revestimento existente com emulsão asfáltica (como "binder" tipo PMF) + CBUQ                                                      |                                   |           |     |         |             | > 90          |
| REC-par         | Reconstrução Parcial com Reciclagem (sem adição de materiais) ou reestabilização de base e revestimento (como sub-base) + Base nova + CBUQ      | Sem restrições                    |           |     |         |             |               |
| REC-inv         | Reciclagem da base e revestimento existente com adição de Cimento e Brita (como sub-base) + Base de Brita Graduada + CBUQ (pavimento invertido) | Sem restrições                    |           |     |         |             |               |
| REC-mis         | Reperfilamento com CBUQ tipo "Massa Fina" (espessura de 2 a 3 cm) + Base de Brita Graduada + CBUQ (Reforço misto)                               | Sem restrições                    |           |     |         |             |               |
| REC-tot         | Reconstrução Total: remoção do pavimento e execução de sub-base nova + Base nova + CBUQ                                                         | Sem restrições                    |           |     |         |             |               |
| W               | Whitotopping (placa de concreto de cimento Portland sobre o pavimento existente)                                                                | Aterros sobre solos compressíveis |           |     |         |             |               |

- as soluções devem ser definidas para segmentos homogêneos de curtas extensões. É indispensável que a definição de solução considere também a previsão de desempenho do pavimento ao longo do período de projeto;
- recomenda-se sempre comparar custos de 03 (três) alternativas viáveis sob o aspecto técnico, considerando a vida útil e as alternativas futuras de manutenção e restauração. Nas comparações de custos, devem ser consideradas em conjunto as soluções de pista de rolamento e dos acostamentos.
- as soluções da pista de rolamento devem ser compatibilizadas com as dos acostamentos. Deve-se tomar cuidado com soluções

de acostamento que possam provocar confinamento de água em camadas sob a pista de rolamento;

- as espessuras das camadas devem ser obtidas nos dimensionamentos pelos procedimentos usuais normalizados pelo DNIT ou através de avaliações mecânicas. No entanto, recomenda-se que as avaliações mecânicas, caso adotadas, sejam condicionadas a parâmetros característicos dos materiais obtidos em ensaios de desempenho, como testes de fadiga, de resiliência, de deformações permanente, permeabilidade, envelhecimento, etc., dentro de padrões

- preconizados pela norma ASTM quando da ausência de uma padronização da ABNT, sendo, portanto, imprescindível a realização de poços de sondagens para coleta de amostras para a realização dos ensaios, recomendando-se, no mínimo, um poço por segmento homogêneo;
- no caso de emprego de camada de CBUQ com asfalto modificado por polímero, pode ser reduzida a espessura da camada de acordo com as indicações do Tomo II do Relatório Final da Pesquisa de Asfaltos Modificados por Polímeros do DNER;
  - na definição das soluções de reabilitação, considera-se como mais importante a separação dos segmentos com pavimentos mais



deteriorados, que necessitam de intervenções mais pesadas ou mais onerosas;

- recomenda-se atentar para a possibilidade de reflexão de trincas no reforço, estudando alternativas para o bloqueio das trincas;
- nas soluções com fresagens, recomendamos definir a espessura de fresagem por avaliação da espessura e estado das camadas de revestimento existentes (a análise visual de corpos de prova retirados na pista é fundamental para tal); bem como definir a percentagem da área a fresar em função do cadastro detalhado da deterioração do pavimento (trincas e deformações);
- nos pavimentos com revestimento composto por duas ou mais camadas, as indicações do Catálogo devem ser avaliadas de forma diferenciada, observando o tipo e estado de cada camada;
- deve-se evitar a fresagem de toda a espessura de revestimento, pois seria atingida e danificada a base;
- após a fresagem, recomenda-se prever reparos localizados superficiais e profundos em parte da área (sempre é necessária nas obras);
- as restrições impostas às soluções com fresagens contínuas (em termos de flechas) podem ser amenizadas, se as deformações plásticas ocorrentes forem originadas unicamente de deficiência da mistura asfáltica

(escorregamentos e deformações permanente na trilha de roda). Inicialmente, deve-se avaliar a origem da deformação plástica: se causada por excesso de CA, se causada por excesso de carga nos veículos, ou se causada por deficiência no projeto da mistura. Neste caso, pode-se adotar a fresagem para correção, mesmo quando se tem flecha superior a 13 mm, desde que se constate que o defeito foi causado pelo excesso de carga e que a mistura tenha capacidade de fato de suporte; caso contrário, se a causa dever-se a excesso de CAP ou deficiência no projeto da mistura, a simples fresagem de determinada espessura da capa e posterior recapeamento, irá induzir prematuramente a novos escorregamentos;

- nas terceiras faixas de tráfego com grande incidência de deteriorações, principalmente de deformações plásticas não originadas de deficiência da massa asfáltica, recomendamos prever solução que aumente a capacidade estrutural do pavimento, devido ao elevado tempo de aplicação das cargas. Soluções simples como fresagens e reposição de camadas asfálticas não resolverão o problema (acarretando vida útil reduzida);
- os diversos tipos de Reciclagens apresentam vantagens, como técnicas, econômicas, segurança viária durante a construção, rapidez e, como palavra chave, preservação do

meio ambiente. Mas deve-se sempre verificar se as técnicas resolverão os problemas. As técnicas de reciclagem não fazem milagres! Para segmentos extremamente degradados, onde preponderam deformações plásticas generalizadas, em particular oriundas das camadas subjacentes, com base exposta contaminada ou com deflexões recuperáveis elevadas, a Reciclagem pode não resolver o problema, sendo necessário prever a Reconstrução Total;

- para adoção das alternativas de Reciclagem, recomendamos coletar amostras na pista e simular a mistura em laboratório, fazendo todos os ensaios cabíveis para definir se a mistura terá a qualidade requerida;
- ao adotar soluções de Reciclagem, deve ser observada a constituição do pavimento existente, lembrando-se que não é possível reciclar camadas de base compostas por macadames hidráulicos e camadas rígidas como solo-cimento;
- as soluções de Reciclagem podem vir a exigir a fresagem prévia, quando se tem espessura elevada de revestimento asfáltico, de forma que seja atingida parte da camada de base no processo de reciclagem;
- a solução de bloqueio de trincas com TSD (Tratamento Superficial Duplo) ou TSS (Tratamento Superficial Simples), e também com PMQ (Pré-misturado a Quente), somente deve ser aplicada quando não se tem



deformação plástica. Caso elas existam, deve ser efetuada correção prévia das deformações (com um reperfilamento com massa fina ou fresagem);

- recomenda-se cautela no emprego de camadas de PMQ de graduação aberta, efetuando-se impermeabilização e reperfilamento da camada subjacente e promovendo a adequada drenagem da camada com drenos de pavimento, além da imprescindível manutenção dos bordos livres;
- a camada de reperfilamento com CBUQ tipo massa fina somente deve ser empregada como camada de rolamento em rodovias com fluxo de tráfego mais reduzido, com Número "N" pelo critério do Corpo de Engenheiros (USACE) inferior a 5x10<sup>6</sup> solicitações;
- a CPA (Camada Porosa de Atrito) deve ser executada sobre camada de graduação densa, para impermeabilização. Recomenda-se, sempre que possível, adotar preferencialmente a camada subjacente em CBUQ de graduação densa e volume de vazios reduzidos, ao invés de micro revesti mento asfáltico;
- nenhuma alternativa de restauração, por mais sofisticada que seja, terá a durabilidade requerida, se não for promovida a drenagem superficial e profunda da rodovia. Da mesma forma, se não for executado um controle de qualidade adequado durante a execução da obra;

- o Catálogo proposto aplica-se unicamente a pavimentos revestidos com CBUQ e base de natureza puramente granular.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Balbo, J.T. – Pavimentos asfálticos: patologias e manutenção. São Paulo, SP, 1997.
- DNER – Procedimento DNER-PRO 08/78 – Avaliação objetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. IPR/DNER, Rio de Janeiro, RJ, 1978.
- DNER – Procedimento DNER-PRO 10/79 – Avaliação estrutural dos pavimentos flexíveis (procedimento A). IPR/DNER, Rio de Janeiro, RJ, 1979.
- DNER – Procedimento DNER-PRO 11/79 – Avaliação estrutural dos pavimentos flexíveis (procedimento B). IPR/DNER, Rio de Janeiro, RJ, 1979.
- DNER – DNER-ES 128/83 – Levantamento da condição de superfície de segmentos-testemunha de rodovias de pavimento flexível ou semi-rígido para gerência de pavimentos a nível de rede. IPR/DNER, Rio de Janeiro, RJ, 1983.
- DNER – Procedimento DNER-PRO 269/94 – Projeto de restauração de pavimentos flexíveis - Tecnapav. IPR/DNER, Rio de Janeiro, RJ, 1994.
- DNER – Manual de pavimentação. IPR/DNER, Rio de Janeiro, RJ, 1996.
- DNER – Manual de reabilitação de pavimentos asfálticos. IPR/DNER, Rio de Janeiro, RJ, 1997.
- IPR/DNER – Relatório final da pesquisa de asfaltos modificados por polímeros. Rio de Janeiro, RJ, 1996.
- Pinto, S.; Preussler, E.S. – Pavimentação rodoviária, conceitos fundamentais sobre pavimentos flexíveis. Rio de Janeiro, RJ, 2001.

## 6. MODELO DE ARQUIVO DE IDENTIFICAÇÃO

**título:** CATÁLOGO DE SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO DE PAVIMENTOS

**autores:** Marcílio Augusto Neves (1); Ernesto Simões Preussler (2); Luiz Somacal Neto (3); João Virgílio Merighi (4); Amaury Vignoli (5)

**end-(1):** MARCÍLIO Engenharia Ltda; Avenida Brasil, 84, Sala 1104; CEP 30.140-001; Belo Horizonte; MG; Brasil; (31) 3241-1220; marcílio@marcilio.eng.br

**end-(2):** Dynatest Engenharia Ltda; Rua Peixoto Gomide, 996, Cj. 310; CEP 01409-900; São Paulo; SP; Brasil; (11) 3266-4778; dynatest@dynatest.com.br

**end-(3):** Sondotécnica SA; Rua Dr Mário Tota, 775; CEP 91.920-130; Porto Alegre; RS; Brasil; (51) 8112-9486; Luiz.somacal@dnit.gov.br

**end-(4):** Universidade Presbiteriana Mackenzie; Rua da Consolação, 896, prédio 6; CEP 01302-907; São Paulo; SP; Brasil; (011) 3236 8119; jmerighi@terra.com.br

**end-(5):** SISCON; Rua Olegário Maciel, 265/401; CEP 36.016-550; Juiz de Fora; RJ; Brasil; (32) 9971-9148; Amaury.Vignoli@dnit.gov.br

**palavras-chave:** Pavimentação; Reabilitação; Catálogo.

**Breve Biografia:** Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais, 1.983; Especialista em Pavimentação Rodoviária; Engenheiro Consultor em tráfego e pavimentação; Coordenador e Professor do Curso de Pós-graduação em Pavimentação da FUMEC em Belo Horizonte – MG; Coordenador da ABPv – Associação Brasileira de Pavimentação em Minas Gerais; Consultor do BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento desde 1997.