



## **IP-09 INSTRUÇÃO DE PROJETO DE REFORÇO PARA RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS**

### **1. OBJETIVO**

O presente documento tem por objetivo apresentar as instruções para projeto de reforço dos pavimentos executados pela Prefeitura do Município de São Paulo.

### **2. INTRODUÇÃO**

Este procedimento estabelece critérios para cálculo de reforço estrutural de pavimentos asfálticos, existentes e em serviço, que necessitam de intervenções, objetivando o restabelecimento de sua capacidade estrutural para um novo horizonte de serviço.

### **3. CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

Este procedimento de reforço de pavimento obedece aos seguintes critérios básicos:

- Utilização de medidas de deflexão recuperável, obtidas por equipamentos como o FWD e a viga de Benkelman;
- Emprego de mecanismos de avaliações estruturais conforme preconizados pelo extinto Departamento Nacional de Estradas de Rodagem e de amplo emprego por agências rodoviárias de diversos estados brasileiros.

O procedimento consiste, em essência, no confronto das deflexões medidas no pavimento existente, com valores máximos admissíveis obtidos a partir do tráfego previsto, e na determinação das espessuras do reforço a ser aplicado, se necessário, para reduzir as deflexões aos níveis máximos admissíveis, conforme preconizado pelas normas do DNIT.

#### **3.1 FUNDAMENTOS DO PROCEDIMENTO**

##### **3.1.1 Avaliação das Condições do Pavimento**

O pavimento será avaliado da seguinte forma:

- a) Quanto à avaliação do estado da superfície do pavimento



## IP-09 INSTRUÇÃO DE PROJETO DE REFORÇO PARA RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Baseia-se na observação das ocorrências de defeitos aparentes na superfície asfáltica dos pavimentos, principalmente as que se referem à fissuração, e na realização de medidas de deformações permanentes nas trilhas de rodas. Esta avaliação baseia-se no procedimento PRO-08-78, do DNIT.

### b) Quanto à avaliação estrutural do pavimento

É efetuado o levantamento e análise das deflexões recuperáveis obtidas com emprego de equipamento FWD (sob carregamento dinâmico de impacto) ou viga de Benkelman (sob carga estática). A metodologia necessária à execução das medidas pela Viga de Benkelman encontra-se no método de ensaio ME-46, da SIURB/PMSP. Se for conveniente, em função das características da via, são efetuados levantamentos nas trilhas externas e internas, embora em vias urbanas tal procedimento, em geral, não seja necessário. Para utilização do FWD, deverão ser seguidas integralmente os procedimentos do PRO 273/96 do DNIT.

### 3.1.2 *Divisão dos Trechos em Segmentos Homogêneos*

A divisão deve levar em conta os aspectos abaixo relacionados.

- a) Evolução das deflexões ao longo do trecho e no caso de vias expressas de grande extensão, deve-se considerar também eventuais variações das características do subleito.
- b) Natureza e freqüência dos defeitos observados na alínea “a” do item 3.1.1.
- c) Cálculo do valor médio da deflexão recuperável ( $\bar{D}$ ) de cada segmento. Os cálculos do valor médio ( $\bar{D}$ ) e desvio padrão (S) serão efetuados da seguinte forma:

- Inicialmente, utilizando todas as medidas individuais de deflexão (D) de cada segmento, calcula-se:



## IP-09 INSTRUÇÃO DE PROJETO DE REFORÇO PARA RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$
$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{n-1}}$$

- Deve ser estabelecido um intervalo de aceitação dos valores individuais ( $D_i$ ), com o objetivo de eliminar eventuais medidas extremas inaceitáveis estatisticamente, definidos pela expressão:

$$\bar{D} \pm Z \times S$$

$$\text{limite superior} = \bar{D} + Z \times S$$

$$\text{limite inferior} = \bar{D} - Z \times S$$

em que:

Z = coeficiente indicado no Quadro 9.1

S = desvio padrão

$\bar{D}$  = valores médios

$D_i$  = valores deflexão individual

n = número total de medidas de cada segmento

### Quadro 9.1

Valor do coeficiente “Z” para definição dos segmentos homogêneos

n	Z
3	1
4	1,5
5-6	2
7-19	2,5
≥ 20	3



## IP-09 INSTRUÇÃO DE PROJETO DE REFORÇO PARA RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Expurgados os eventuais valores de " $D_i$ ", de acordo com a regra anterior, deve-se efetuar novamente o cálculo do valor médio da Deflexão Recuperável ( $\bar{D}$ ), conforme as alíneas anteriores.

### 3.1.3 Deflexão característica ( $D_c$ ) no segmento homogêneo

A deflexão medida ( $D_c$ ), que caracteriza cada segmento homogêneo, é obtida pela expressão:

$$D_c = \bar{D} + S$$

Não foi julgado necessário, em função das características deste procedimento e do tipo de vias abrangidas, o emprego de fatores de correção sazonal.

O presente método se baseia nos critérios de cálculo de espessuras de reforço a partir das deflexões medidas com a viga de Benkelman. Caso as deflexões venham a ser medidas por meio de equipamento tipo FWD, o seguinte critério de conversão deverá ser empregado:

$$\frac{D_{FWD}}{D_{BK}} = \frac{1}{6,136 \times 10^{-3} \times (h_{rev})^{1,756} + 1}$$

onde  $h_{rev}$  é a espessura do revestimento asfáltico existente no revestimento.

### 3.1.4 Raio de Curvatura da Bacia de Deflexões

O raio de curvatura da bacia de deflexões será calculado por meio da expressão:

$$R = \frac{10 \times 25^2}{2 \times (D_0 - D_{25})}$$

Devem ser registradas as deflexões centrais ( $D_0$ ) e as deflexões de pontos situados a 25 cm do ponto central ( $D_{25}$ ), quando empregada a viga de Benkelman. A partir dessas deflexões, são calculados para cada ponto de ensaio os respectivos raios de curvatura ( $R$ ).

O raio de curvatura ( $R$ ) será calculado pela expressão acima, tendo-se que  $x$  é a distância entre o ponto de aplicação de carga ( $D_0$ ) e o ponto de medida da deflexão, a uma distância de 25 cm do ponto inicial da carga ( $D_{25}$ ), em centímetros, e os



## IP-09 INSTRUÇÃO DE PROJETO DE REFORÇO PARA RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

valores das deflexões medidas são obtidas em centésimos de milímetros. O Raio Curvatura (R) assim obtido apresenta-se na unidade de metros.

O raio de curvatura, depois de definido o segmento homogêneo em termos de deflexão, poderá ser analisado em termos médios das inúmeras leituras obtidas dentro de tal segmento homogêneo.

### 3.2 Cálculo do Reforço

O cálculo da espessura de reforço será feito da seguinte forma:

#### a) Caracterização do Tipo de Tráfego da Via (a partir do número "N")

A via deverá ser caracterizada pelo número "N" de solicitações do eixo simples padrão de 80 kN, que o pavimento deverá suportar durante o período previsto, a partir da época da restauração. Em consequência, o período entre os levantamentos de campo e a execução da restauração deverá ser o menor possível, de forma que as condições não venham a se modificar substancialmente. Para a caracterização do tipo de tráfego, deve-se utilizar o Quadro 9.2, que resume os principais parâmetros da classificação das vias obtidas da IP-02, da SIURB/PMSP.

#### Quadro 9.2

##### Valores de "N" após o Reforço

TIPO DE VIA E FUNÇÃO PREDOMINANTE	TRÁFEGO PREVISTO	VIDA DE PROJETO (ANOS)	VOLUME INICIAL DA FAIXA MAIS CARREGADA		N	N CARACTERÍSTICO APOS O REFORÇO
			VEICULO LEVE	CAMINHÕES E ÔNIBUS		
Via Local Residencial C/ Passagem	leve	10	100 a 400	4 a 20	2.7 x 10 <sup>4</sup> a 1.4 x 10 <sup>5</sup>	10 <sup>5</sup>
Via Coletora Secundária	Médio	10	401 a 1500	21 a 100	1.4 x 10 <sup>5</sup> a 6.8 x 10 <sup>5</sup>	5 x 10 <sup>5</sup>
Via Coletora Principal	Meio Pesado	10	1501 a 5 000	101 a 300	1.4 x 10 <sup>6</sup> a 3,1 x 10 <sup>6</sup>	2 x 10 <sup>6</sup>
Via Arterial	Pesado	10	5 001 a 10 000	301 a 1.000	1.0 x 10 <sup>7</sup> a 3,3 x 10 <sup>7</sup>	2 x 10 <sup>7</sup>
Via Arterial Principal ou Expressa	Muito Pesado	12	> 10 000	1.001 a 2000	3.3 x 10 <sup>7</sup> a 6,7 x 10 <sup>7</sup>	5 x 10 <sup>7</sup>
Faixa Exclusiva de de Ônibus	Volume Médio	12	-	< 500	3 x 10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>
	Volume Elevado	12	-	> 500	5 x 10 <sup>7</sup>	5 x 10 <sup>7</sup>



## IP-09 INSTRUÇÃO DE PROJETO DE REFORÇO PARA RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

### **b) Determinação da Deflexão Máxima Admissível ( $D_{adm}$ )**

Para que um dado pavimento possa resistir a um determinado número "N" de solicitações, ele deve apresentar níveis de deflexões medidos após a aplicação do reforço em mistura asfáltica inferiores a um limite máximo tolerável.

Este limite máximo, definido como deflexão máxima admissível ( $D_{adm}$ ) para pavimentos de comportamento (presente) flexível, com camada de base equivalente a material de comportamento granular, é determinado por meio do Número "N" de solicitações do eixo padrão de 80 kN, conforme a expressão:

$$D_{adm} = 10^{(3,01 - 0,176 \log_{10} N)}$$

### **c) Determinação da espessura efetiva de revestimento existente**

A espessura do revestimento asfáltico existente ( $h_e$ ) é considerada ou não, como camada estrutural, de acordo com os seguintes condicionantes:

- tratamentos superficiais, macadames betuminosos por penetração e misturas betuminosas abertas possuem, para fins de cálculo,  $h_e = 0$ ; ou seja, não possuem função estrutural para finalidades de cálculo de reforço;
- misturas betuminosas densas (CAUQ ou PMQ) têm como valor  $h_e$  a própria espessura da camada (ou a soma total das espessuras de camadas que apresentem materiais desta natureza).

Através de um critério de defeitos, um dos parâmetros envolvidos no cálculo é a espessura efetiva ( $h_{ef}$ ) do revestimento betuminoso. Por espessura efetiva deve ser entendida a parcela de revestimento que ainda resiste aos esforços de tração ou contribuem estruturalmente na redução da deflexão na estrutura existente, devendo ser calculada da seguinte forma:

$$h_{ef} = h_e \cdot f_r$$



## IP-09 INSTRUÇÃO DE PROJETO DE REFORÇO PARA RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

onde  $f_r$  é chamado de fator de redução da espessura existente. Tal fator é calculado em função do índice de fissuração (IF) que é um parâmetro obtido a partir das condições de fissuração do segmento homogêneo:

$$f_r = 1 - 0,007 \cdot IF$$

sendo o valor de IF dado pela seguinte combinação entre índices de defeitos:

$$IF = 0,25 \times FC1 + 0,625 \times FC2 + FC3$$

Sendo FC1, FC2 e FC3 os índices de fissuração definidos pelo PRO-08/78 do extinto DNIT. Assim, a espessura efetiva só poderá ser calculada com base em valores obtidos a partir do inventário do pavimento, para porcentagens de fissuração nas classes 1, 2 e 3.

É interessante mencionar aqui que, muitas vezes, durante a execução da obra de reforço precedida por fresagem, depara-se com o fato de que a deflexão após fresagem não foi alterada; isto é indicativo de um estado de degradação do revestimento asfáltico removido que, apesar de mistura densa e eventualmente não possuir índices de fissuração extremados, não estariam de fato contribuindo estruturalmente para o comportamento do pavimento. Nestes casos, a espessura efetiva deverá ser nula, prescindindo-se dos cálculos acima indicados.

### ***d) Determinação de espessura mínima de reforço ( $h_{CA, min}$ ) para proteção quanto à ruptura por cisalhamento de camadas granulares do pavimento existente***

Na seqüência, primeiramente deverá ser estabelecida a espessura mínima de reforço ( $h_{CA}$ ) necessária, tendo em conta um critério de resistência (proteção da camada de base do pavimento existente contra ruptura por cisalhamento ou deformação



## IP-09 INSTRUÇÃO DE PROJETO DE REFORÇO PARA RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

excessiva), o que se faz utilizando-se as equações indicadas na Tabela 1, no qual determina-se o valor de  $h_c$ . Note que, para tanto, é necessária a estimativa do valor do CBR da camada de base do pavimento existente, que muitas vezes não é algo fácil de ser inferido subjetivamente, devido ao estado de contaminação de uma base granular após muitos anos de serviço do pavimento existente, ou mesmo da degradação sofrida ao longo dos anos por misturas asfálticas abertas (como o MB e o PMQ), que poderiam ainda ter perdido o ligante asfáltico por lavagem.

**Tabela 1**

Equações e regras para cálculo da espessura mínima de CA para proteção da base contra ruptura pelo critério de resistência (4)

<b>Material da base</b>	<b>Condições</b>	<b>Equação para cálculo de <math>h_{CA,min}</math> (cm)</b>	<b>Restrições para <math>h_{CA,min}</math></b>
Granular	CBR = 60%	$h_{CA,min} = 1,2429 \times IT - 0,0643$	$\geq 5$ cm
Granular	CBR = 65%	$h_{CA,min} = 1,1667 \times IT - 0,0833$	$\geq 5$ cm
Granular	CBR = 70%	$h_{CA,min} = 1,0595 \times IT + 0,0774$	$\geq 5$ cm
Granular	CBR = 75%	$h_{CA,min} = 0,9904 \times IT - 0,051$	$\geq 5$ cm
Granular	CBR = 80%	$h_{CA,min} = 0,9400 \times IT - 0,1700$	$\geq 5$ cm
Granular	CBR $\geq 80\%$	$h_{CA,min} = 0,8750 \times IT - 0,1625$	$\geq 5$ cm
Macadame betuminoso	íntegro	$h_{CA,min} = 0,6557 \times IT - 0,1639$	$\geq 4$ cm
Pré-misturado aberto (a frio ou a quente)	íntegro	$h_{CA,min} = 0,5166 \times IT - 0,1066$	$\geq 4$ cm

**Notas:**

IT: Índice de Tráfego Californiano

$h_{CA,min}$ : espessura mínima de Concreto Asfáltico

Em tal determinação de  $h_{CA,minimo}$  considera-se o valor do IT e o tipo de material subjacente ao revestimento existente, sendo assim determinada a espessura mínima de reforço em concreto asfáltico que deveria existir para a proteção do material





## IP-09 INSTRUÇÃO DE PROJETO DE REFORÇO PARA RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

subjacente contra deformações plásticas ou degradação granulométrica. O valor do Índice de Tráfego Californiano é calculado por meio da equação:

$$IT = 10^{(0,127 \log_{10} N + 0,166)}$$

O valor ajustado desta espessura mínima é calculado tendo-se em conta a espessura efetiva de mistura asfáltica densa que ainda contribui estruturalmente, chegando-se então à seguinte espessura ( $h_{CA}$ ), referenciada em termos de mistura asfáltica densa (ou concreto asfáltico):

$$h_{CA} = h_{CA, \min} - h_{ef}$$

O projetista deverá considerar, quando em estudo da solução por fresagem do revestimento asfáltico (seja ela parcial ou total), que deve ser adotado  $h_{ef}$  igual a zero, ou seja, nula, pois a fresagem só se justifica em situação de extrema degradação do revestimento asfáltico, quando sua condição estrutural, em termos de contribuição para redução de deflexões, é inexpressiva. Por outro lado, fresagem parcial da espessura, encaminha a duas situações específicas em vias urbanas:

- (1) quando a remoção de grande parcela da espessura existente (que geralmente já é pequena) por necessidade de encaixe do novo revestimento asfáltico;
- (2) cota de arrasamento exatamente sobre antiga camada de mistura asfáltica densa já fissurada há tempos.

Em ambos os casos, recomenda-se também a adoção de  $h_{ef} = 0$ .

### **e) Espessura mínima em função dos níveis de fissuração ( $h_{CA, \min, fiss}$ )**

Para a avaliação da espessura mínima necessária de reforço em concreto asfáltico deverão ser contempladas as seguintes situações para o revestimento existente, em termos de fissuras interligadas existentes no revestimento atual:



## IP-09 INSTRUÇÃO DE PROJETO DE REFORÇO PARA RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

- Condição A: FC-3 < 20% e FC-2 + FC-3 > 80%
- Condição B: FC-3 < 20% e FC-2 + FC-3 < 80%
- Condição C: FC-3 > 20% e FC-2 + FC-3 > 80%
- Condição D: FC-3 > 20% e FC-2 + FC-3 < 80%

Quando o segmento homogêneo se apresentar nas condições A ou B, ou seja, quando as trincas de fadiga e interligadas não apresentarem desagregação importante (< 20%), deve-se tomar  $h_{CA,min,fiss} = 4$  cm. No caso de tráfego pesado, muito pesado e corredores de ônibus, quando a desagregação de trincas interligadas é expressiva, adota-se  $h_{CA,min,fiss} = 10$  cm. Este procedimento, oriundo do DNIT-PRO 10/79-A é salutar tendo em vista possível controle do fenômeno de propagação de fissuras em vias de tráfego comercial intenso.

### **f) Cálculo da Espessura do Reforço ( $H_r$ ) em termos de deflexões**

Para o cálculo da espessura de reforço do pavimento com base em critério de deformabilidade, utiliza-se o método preconizado pelo DNIT-PRO 11-79-B, que depende dos seguintes parâmetros para um segmento homogêneo:

- Deflexão característica do segmento homogêneo ( $D_c$ )
- Deflexão admissível ( $D_{adm}$ )

A equação de cálculo da espessura de reforço a ser empregada para a redução dos níveis de deflexão atual para a deflexão admissível é válida para o caso de revestimentos asfálticos sobre bases de comportamento granular, dada por:

$$\frac{D_c}{D_{adm}} = 10^{\left(\frac{h}{k}\right)}$$

onde  $h$  é a espessura necessária de reforço e  $K$  trata-se de uma constante de regressão obtida experimentalmente em função de dados de campo (deflexões antes e



## IP-09 INSTRUÇÃO DE PROJETO DE REFORÇO PARA RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

depois da execução do reforço). Quando é prevista a utilização de concreto asfáltico como camada de reforço, o DNIT sugere adotar-se  $K = 40$  como valor médio em projetos nacionais, na ausência de maiores informações.

### ***g) Definição da espessura de reforço a ser empregada ( $H_{ref}$ )***

A espessura de reforço a ser empregada na restauração do pavimento asfáltico de cada segmento homogêneo em consideração será a maior dentre aquelas definidas nos itens “d”, “e” e “f” desta Instrução de Projeto, sendo sempre necessárias avaliações mecanicistas dessas soluções, levando-se em conta a retroanálise de módulos de elasticidade das camadas do pavimento existente, para verificação de vida de fadiga do reforço em concreto asfáltico projetado.

A espessura de concreto asfáltico da camada de reforço poderá, eventualmente, ser subdividida em duas camadas com materiais de características diferentes, em especial pré-misturados a quente abertos, por razões econômicas e técnicas (incluindo neste último caso o controle de reflexão e propagação de trincas existentes no atual revestimento para a camada de reforço), empregando-se fatores de equivalência estrutural entre os materiais.

A equivalência estrutural dependerá dos materiais utilizados no reforço como Concreto Asfáltico Usinado à Quente (CAUQ) ou Pré-Misturado a Quente de graduação Aberta (PMQ) e do material da camada subjacente ao revestimento existente. Será efetuada mediante os coeficientes estruturais que constam das Instruções de Projeto para Dimensionamento de Pavimentos Flexíveis contidas na IP-04 e IP-05, da SIURB/PMSP. No que se refere aos coeficientes estruturais dos materiais do pavimento antigo, devem ser adotados os valores indicados nos referidos procedimentos, minorados de 20% ou valor superior.



## IP-09 INSTRUÇÃO DE PROJETO DE REFORÇO PARA RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

### 4 INSTRUÇÕES GERAIS PARA O PROJETO FINAL

O projeto final deverá seguir as seguintes instruções:

- a) Se a espessura de reforço "H<sub>R</sub>" for inferior ou igual a 7 cm, o mesmo poderá ser executado numa única camada, desde que se consigam as massas específicas indicadas no projeto;
- b) Se "H<sub>R</sub>" for superior a 7 cm, o reforço deverá ser executado em mais de uma camada, cujas espessuras devem ser definidas de modo que nenhuma exceda as dimensões da alínea a);
- c) No caso do reforço não ser constituído exclusivamente de Concreto Asfáltico (CAUQ), devem ser obedecidas as indicações seguintes:
  - Definir a espessura da camada de CAUQ (min = 5,0 cm)
  - Espessura da Camada Binder = 1,11 x espessura da camada restante de CAUQ
  - Espessura da Camada de Macadame Betuminoso = 1,67 x espessura da camada restante de CAUQ
  - Espessura da camada de PMQ = 1,11 x espessura da camada restante de CAUQ
- d) As análises e as determinações indicadas somente serão válidas se as condições de drenagem obedecerem aos requisitos relativos ao nível do lençol freático (1,5 m abaixo do greide de fundação do pavimento). Caso estas condições não sejam atendidas, caberá à Projetista apresentar solução alternativa para aprovação da Fiscalização.
- e) Para uma avaliação das condições da estrutura do pavimento, recomendam-se como critério básico os parâmetros constantes do Quadro 9.3.



## IP-09 INSTRUÇÃO DE PROJETO DE REFORÇO PARA RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

**Quadro 9.3**  
**Critérios para avaliação estrutural (DNIT-PRO-11-79-B)**

HIPÓTESE	DADOS DEFLECT. OBTIDOS	QUALIDADE ESTRUTURAL	NECESSIDADE DE ESTUDOS COMPLEMENTARES	CRITÉRIO PARA CÁLCULO DO REFORÇO	MEDIDAS CORRETIVAS
I	$D_c \leq D_{adm}$ $R \geq 100$	BOA	NÃO		Apenas correções de superfície
II	$D_c > D_{adm}$  $R \geq 100$	Se $D_c \leq 3 D_{adm}$ Regular	NÃO	Deflectométrico	Reforço
		Se $D_c > 3 D_{adm}$ Má	SIM	Deflectométrico e Resistência	Reforço ou Reconstrução
III	$D_c \leq D_{adm}$ $R < 100$	Regular para Má	SIM	Deflectométrico e Resistência	Reforço ou Reconstrução
IV	$D_c > D_{adm}$ $R < 100$	Má	SIM	Resistência	Reforço ou Reconstrução
V	—	Má O pavimento apresenta deformações permanentes rupturas plásticas generalizadas. (IGG > 180)	SIM	Resistência	Reconstrução

$D_c$  = deflexão de projeto ou deflexão característica  
 $R$  = raio de curvatura (bacia deflectométrica)  
 IGG = Índice de gravidade global (DNIT-PRO- 08/78)

**Notas:**

Critérios para cálculo do reforço:

- (1) Deflectométrico = Cálculo do reforço baseado na deflexão do pavimento.
- (2) Resistência = Avaliação da estrutura existente, pelo método de dimensionamento de pavimentos flexíveis, utilizando para tanto o índice de suporte CBR.

### 5 EXEMPLO DE CÁLCULO DA ESPESSURA DE REFORÇO

**Problema**

Estudar as possíveis soluções de reforço para um segmento homogêneo constituído de pavimento flexível com revestimento em concreto asfáltico, que apresenta a deflexão característica de 82 (0,01 mm). O tráfego previsto para o horizonte de projeto é  $N = 10^8$ . Apresentar soluções em duas camadas com os materiais indicados, adotando-se o valor de 7 cm como espessura mínima de CAUQ. Use o valor de  $K = 40$  para os cálculos.



## IP-09 INSTRUÇÃO DE PROJETO DE REFORÇO PARA RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

Material	Coefficiente de equivalência estrutural
Concreto Asfáltico (CAUQ)	2,0
Binder	1,8
Pré-misturado a quente (PMQ)	1,8
Macadame betuminoso (MB)	1,2

### Solução

A deflexão admissível sobre o reforço será:

$$D_{adm} = 10^{(3,01 - 0,176 \cdot 8 \cdot \log_{10} 10)} = 40 \text{ (0,01 mm)}$$

A espessura de reforço para a redução da deflexão existente ao nível desejado será:

$$h = 40 \cdot \log_{10} (82 / 40) = 12,47 \text{ cm}$$

As soluções alternativas são obtidas adotando-se 7 cm em CAUQ e definindo-se as espessuras equivalentes aos 5,5 cm restantes, tendo em vista o material desejado como camada de ligação.

Alternativas	CAUQ	Binder	PMQ	MB	Total (cm)	Eq. Estr.
1	12,5	-	-	-	12,5	25,0
2	7	6,5	-	-	13,5	25,7
2	7	-	6,5	-	13,5	25,7
3	7	-	-	9,5	16,5	25,4

## 6. CRITÉRIOS PARA ELABORAÇÃO DO PROJETO DE RESTAURAÇÃO

### a) Casos em que não há necessidade de reforço estrutural

Quando a deflexão característica (atual) for inferior à deflexão admissível de projeto para o tráfego futuro, os critérios de restauração decorrem da condição da superfície do pavimento.

São duas as situações básicas:



## IP-09 INSTRUÇÃO DE PROJETO DE REFORÇO PARA RESTAURAÇÃO DE PAVIMENTOS FLEXÍVEIS

- **Existência de trincas do tipo FC1:**

Aplicação de uma camada selante constituída de areia e asfalto, sendo recomendada, preferencialmente, a utilização de asfaltos modificados com polímero (micro concreto asfáltico).

- **Existência de deformação permanente:**

Aplicação de uma camada asfáltica esbelta usinada (reperfilagem) - CAUQ, faixa V conforme especificação da SIURB/PMSP.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- (1) Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1979) Projeto de Restauração de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos – Procedimento A – DNIT-PRO 10-79-A, Rio de Janeiro.
- (2) Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (1979) Projeto de Restauração de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos – Procedimento B – DNIT-PRO 11-79-B, Rio de Janeiro.
- (3) Rocha Filho, Nelson Rodrigues (1996) Estudo de técnicas para avaliação estrutural de pavimentos por meio de levantamentos deflectométricos. Dissertação (Mestrado), ITA, São José dos Campos.
- (4) Balbo, José Tadeu (1992) Mecânica de Pavimentos Básica. Texto para curso de graduação, EPUSP, São Paulo