



**Departamento de  
Estradas de Rodagem  
do Estado do Paraná -  
DER/PR**

Avenida Iguaçu 420  
CEP 80230 902  
Curitiba Paraná  
Fone (41) 3304 8000  
www.der.pr.gov.br

**DER/PR ES-P 23/17**

## **PAVIMENTAÇÃO: PRÉ-MISTURADO A FRIO**

Especificações de Serviços Rodoviários  
Aprovada pelo Conselho Diretor em 28/08/2017  
Deliberação n.º 140/2017  
Esta especificação substitui a DER/PR ES-P 23/05  
Autor: DER/PR (DT/CPD)

Palavra-chave: base; revestimento; pré-  
misturado a frio

18  
páginas

### **RESUMO**

Este documento define a sistemática empregada na execução de camada de pavimento através da confecção de misturas asfálticas do tipo pré-misturado a frio. Aqui são definidos os requisitos técnicos relativos aos materiais, equipamentos, execução, controle de qualidade, manejo ambiental, além dos critérios para aceitação, rejeição, medição e pagamento dos serviços. Para a aplicação desta especificação é essencial a obediência, no que couber, à DER/PR IG-01/17.

### **SUMÁRIO**

- 0 Prefácio
- 1 Objetivo
- 2 Referências
- 3 Definições
- 4 Condições gerais
- 5 Condições específicas
- 6 Manejo ambiental
- 7 Controle interno de qualidade
- 8 Controle externo de qualidade
- 9 Critérios de aceitação e rejeição
- 10 Critérios de medição
- 11 Critérios de pagamento

## 0 PREFÁCIO

Esta especificação de serviço estabelece os procedimentos empregados na execução, no controle de qualidade, nos critérios de medição e pagamento do serviço em epígrafe, tendo como base a especificação DER/PR ES-P 23/05.

## 1 OBJETIVO

Estabelecer a sistemática a ser empregada na seleção do produto e sua aplicação em camadas de revestimento, recapeamento, reperfilagem ou base de pavimentos rodoviários em obras sob a jurisdição do DER/PR.

## 2 REFERÊNCIAS

- ANP - Emulsões asfálticas para pavimentação - Resolução nº 36/2012
- ANP - Emulsão asfáltica catiônica modificada por polímeros elastoméricos - Resolução nº 36/2012
- ASTM E-965 - Measuring Pavement Macrotecture Depth Using a Volumetric Technique
- ASTM D-2172 - Quantitative Extraction of Betumen From Bituminous Paving Mixtures – Método B
- DNER-ME 024 - Pavimento – determinação das deflexões pela viga Benkelman;
- DNER-ME 035 - Agregados – determinação da abrasão “Los Angeles”
- DNER-ME 053 - Misturas betuminosas – percentagem de betume
- DNER-ME 054 - Equivalente de areia
- DNER-ME 078 - Agregado graúdo – Adesividade a ligante betuminoso
- DNER-ME 083 - Agregados – análise granulométrica
- DNER-ME 089 - Agregados – avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio
- DNER-ME 107 - Mistura betuminosa a frio, com emulsão asfáltica – ensaio Marshall
- DNER-PRO 164 - Calibração e controle de sistemas de medidores de irregularidade de superfície do pavimento (Sistemas Integradores - IPR/USP e Maysmeter)
- DNER-PRO 182 - Medição de irregularidade de superfície de pavimento com sistemas integradores - IPR/USP e Maysmeter
- DNER-PRO 277 - Metodologia para controle estatístico de obras e serviços
- DNIT 011-PRO - Gestão da qualidade em obras rodoviárias
- Manual de Execução de Serviços Rodoviários – DER/PR
- Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias – DER/PR
- Normas de Segurança para Trabalhos em Rodovias – DER/PR

### **3 DEFINIÇÕES**

3.1 Pré misturado a frio: é a mistura asfáltica executada à temperatura ambiente, em usina apropriada, composta de agregados minerais e emulsão asfáltica, espalhada e compactada a frio.

3.2 Pré misturado a frio aberto (PMFA): é a mistura asfáltica executada à temperatura ambiente, em usina apropriada, composta de agregados minerais e emulsão asfáltica, espalhada e compactada a frio, com volume de vazios maior do que 20%.

3.3 Pré misturado a frio semi-aberto ou semi denso (PMFSD): é a mistura asfáltica executada à temperatura ambiente, em usina apropriada, composta de agregados minerais e emulsão asfáltica, espalhada e compactada a frio, com volume de vazios nos limites de 10 a 20%.

3.4 Pré misturado a frio denso (PMFD): é a mistura asfáltica executado à temperatura ambiente, em usina apropriada, composta de agregados e emulsão asfáltica, espalhada e compactada a frio, com volume de vazios inferior a 10%.

3.5 De acordo com a posição relativa e a função na estrutura, o pré-misturado a frio deve atender a características especiais em sua formulação, recebendo geralmente as seguintes designações:

- a) Camada de rolamento ou simplesmente "capa asfáltica": camada superior da estrutura destinada a receber diretamente a ação do tráfego.
- b) Camada de ligação ou base: camada posicionada imediatamente abaixo da "capa".
- c) Camada de nivelamento ou "reperfilagem": serviço executado com a função de corrigir deformações ocorrentes na superfície de um antigo revestimento e, simultaneamente, promover a selagem de fissuras existentes.

### **4 CONDIÇÕES GERAIS**

4.1 Não é permitida a execução dos serviços, objeto desta especificação:

- a) sem o preparo prévio da superfície, caracterizado por sua limpeza e reparação preliminar;
- b) sem a implantação prévia da sinalização da obra, conforme Normas de Segurança para Trabalho em Rodovias do DER/PR;
- c) sem o devido licenciamento/autorização ambiental conforme Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias do DER/PR;
- d) sem a aprovação prévia pelo DER/PR, do projeto de dosagem da mistura;

- e) quando a temperatura ambiente for igual ou inferior a 10°C;
- f) em dias de chuva.

4.2 Todo carregamento de ligante betuminoso que chegar à obra, deve apresentar o Certificado de Qualidade (Ensaio de especificação) correspondente à data de fabricação ou ao dia de carregamento e transporte para o canteiro de serviço. Deve trazer também indicação clara da procedência, do tipo, da quantidade do seu conteúdo e da distância de transporte entre a fonte de produção e o canteiro de serviço.

## 5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1 Materiais: todos os materiais utilizados devem satisfazer às especificações aprovadas pelo DER/PR.

### 5.2.1 Material asfáltico

5.2.1.1 O material a ser empregado é a emulsão asfáltica, de acordo com um dos tipos abaixo relacionados.

- a) emulsão asfáltica catiônica de ruptura média, tipos RM-1C e RM-2C;
- b) emulsão asfáltica catiônica de ruptura lenta, tipo RL-1C;
- c) emulsões asfálticas catiônicas modificadas por polímeros elastoméricos, RM1C-E e RL1C-E.

### 5.2.2 Agregados

5.2.2.1 O agregado graúdo deve ser constituído por pedra britada, apresentando partículas sãs, limpas e duráveis, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas, atendendo aos seguintes requisitos:

- a) quando submetidos à avaliação da durabilidade com sulfato de sódio, em cinco ciclos (método DNER-ME 089), os agregados utilizados devem apresentar perdas inferiores a 12%;
- b) a percentagem de desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles (DNER-ME 035) não deve ser superior a 40%. Aspectos particulares relacionados a valores típicos para as perdas neste ensaio, são abordados no Manual de Execução;
- c) a percentagem de grãos de forma defeituosa, determinada no ensaio de lamelaridade descrito no Manual de Execução, não pode ultrapassar a 20%;
- d) no caso de emprego de seixos rolados britados, exige-se que 90% dos fragmentos, em peso, apresentem pelo menos uma face fragmentada pela britagem;

- e) A cobertura dos agregados no ensaio de adesividade (DNER- ME 078) deve ser Satisfatória;

5.2.2.2 O agregado miúdo deve ser constituído por areia, pó-de-pedra ou mistura de ambos, apresentando partículas individuais resistentes, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas. Devem ser atendidos, ainda, os seguintes requisitos:

- a) as perdas no ensaio de durabilidade (DNER-ME 89), em cinco ciclos, com solução de sulfato de sódio, devem ser inferiores a 15%;
- b) o equivalente de areia (DNER-ME 54) de cada fração componente do agregado miúdo (pó-de-pedra e/ou areia) deve ser igual ou superior a 55%;
- c) é vedado o emprego de areia proveniente de depósitos em barrancas de rios.

### 5.3 Composição da mistura

5.3.1 A composição da mistura deve satisfazer aos requisitos do quadro abaixo, com as respectivas tolerâncias no que diz respeito à granulometria:

Faixas granulométricas para pré misturados a frio							
Peneira de malha quadrada		Porcentagem passando, em peso					Tolerâncias da faixa de projeto
ABNT	Abertura, mm	A	B	C	D	E	
1"	25,4	100	-	100	-	-	± 7
3/4"	19,1	75-100	100	95-100	100	100	± 7
1/2"	12,7	-	75-100	-	95-100	85-100	± 7
3/8"	9,5	30-60	35-70	40-70	45-80	70-90	± 7
nº 4	4,8	10-35	20-40	20-40	25-45	30-60	± 5
nº 10	2,00	5-20	10-20	10-25	15-30	20-45	± 5
nº 200	0,074	0-2	0-2	0-5	0-5	2-6	± 2
Tipo PMF		PMFA		PMSD		PMFD	

5.3.2 A faixa utilizada deve apresentar diâmetro máximo inferior a  $\frac{2}{3}$  da espessura da camada asfáltica.

### 5.4 Dosagem e características da mistura

5.4.1 Para a dosagem da mistura, devem ser atendidas as orientações a respeito contidas no Manual de Execução do DER/PR.

5.4.2 As condições de vazios, estabilidade e fluência devem ser obtidas através do Método Marshall modificado (DNER-ME 107), atendendo aos seguintes valores:

Características	PMFA	PMFSD	PMFD
Percentagem de vazios (%)	20-30	10-20	< 10
Estabilidade, mínima, com 75 golpes, em kgf	250	300	350
Fluência, mm	2,0 – 4,5	2,0 – 4,5	2,0 – 4,5

5.4.3 A máxima densificação do PMF é obtida conforme descrito no Manual de Execução do DER/PR, com um teor ótimo de fluídos, por ocasião da compactação, no intervalo de 30 a 50% abaixo dos fluidos iniciais. Os fluidos iniciais correspondem à água acrescentada à mistura de agregados e aos componentes líquidos da emulsão asfáltica (basicamente solvente, agente emulsificante e água).

5.4.4 Os teores de emulsão asfáltica e água usualmente utilizados nas misturas asfálticas a frio são:

Tipo do PMF	Teor de emulsão asfáltica	Teor de água para umedecimento
PMFA	3,5 – 5,5	0 – 1,0
PMFSD	4,5 – 6,5	0,5 – 1,5
PMFD	7,0 – 10,0	1,0 – 2,5

## 5.5 Equipamentos

5.5.1 Todo o equipamento, antes do início dos serviços, deve ser cuidadosamente examinado e aprovado pelo DER/PR, sem o que não é dada a autorização para o seu início.

### 5.5.2 Depósitos para emulsão asfáltica

- Os depósitos para a emulsão asfáltica devem ser completamente vedados, de modo a evitar o contato deste material com ar, água e poeira.
- Os tanques devem possuir, ainda, dispositivos que permitam a homogeneização, aquecimento, se necessário, assim como, termômetros para controle de temperatura.
- Na ligação do depósito com o misturador da usina deve haver sistema que possibilite o perfeito controle da vazão do ligante betuminoso.
- A capacidade dos depósitos deve ser suficiente para, no mínimo, três dias de serviço.

### 5.5.3 Depósitos para agregados

- Os silos devem ser divididos em compartimentos, dispostos de modo a separar e estocar, adequadamente, as frações dos agregados.
- Cada compartimento deve possuir dispositivos adequados de descarga, passíveis de regulagem.

- c) O sistema de alimentação deve ser sincronizado, de forma a assegurar a adequada proporção dos agregados frios e a constância da alimentação.
- d) Em conjunto, a capacidade de armazenamento dos silos deve ser, no mínimo, três vezes a capacidade do misturador.

#### 5.5.4 Depósito para água

- a) O depósito deve ter capacidade compatível com o teor de água de umedecimento da mistura de agregados e produção prevista de massa asfáltica a frio.
- b) Deve ser instalada, na saída do depósito de água, uma válvula ou registro adequado que permita o controle do teor de água a ser acrescentada à mistura de agregados.
- c) O depósito é posicionado de forma que o umedecimento da mistura dos agregados se processe sobre a correia transportadora.

#### 5.5.5 Usinas para misturas asfálticas a frio

- a) A usina utilizada deve apresentar condições de produzir misturas asfálticas uniformes, devendo ser totalmente revisada e aferida em todos os seus aspectos antes do início da produção.
- b) O misturador deve ser do tipo "pugmill", com duplo eixo conjugado, provido de palhetas reversíveis e removíveis, devendo possuir dispositivo de descarga de fundo ajustável e controlador do ciclo completo da mistura.

#### 5.5.6 Caminhões para transporte da mistura:

- a) O transporte da mistura asfáltica deve ser efetuado com caminhões basculantes com caçambas metálicas robustas, limpas e lisas, ligeiramente lubrificadas com água e sabão, óleo cru fino ou óleo parafínico, de modo a evitar a aderência da mistura às chapas. A tampa traseira da caçamba deve ser perfeitamente vedada, de forma a evitar o derramamento de emulsão sobre a pista.

#### 5.5.7 Equipamento para distribuição

- a) A distribuição da mistura asfáltica é normalmente efetuada através de acabadora/pavimentadora automotriz, capaz de espalhar e conformar a mistura ao alinhamento, cotas e abaulamento requeridos.
- b) A acabadora deve possuir, ainda:
  - c.1) sistema composto por parafuso-sem-fim, capaz de distribuir adequadamente a mistura, em toda a largura da faixa de trabalho;
  - c.2) sistema rápido e eficiente de direção, além de marchas para a frente e

para trás;

c.3) alisadores, vibradores e dispositivos para seu aquecimento à temperatura especificada, de modo que não haja irregularidade na distribuição da massa;

c.4) sistema de nivelamento eletrônico.

c) Quando utiliza-se o PMF para camadas de base, pode ser empregado um distribuidor automotriz do tipo usado para espalhamento de agregados.

d) Para camadas de regularização, normalmente com espessuras variáveis, o equipamento de espalhamento recomendado é a motoniveladora, obrigatoriamente com pneus lisos.

e) O emprego de vibro acabadora de pneus depende da prévia aprovação do DER/PR. Detalhes a este respeito são descritos no Manual de Execução do DER/PR.

#### 5.5.8 Equipamento para compressão

a) A compressão da mistura asfáltica é efetuada pela ação combinada de rolo de pneumáticos e rolo liso tandem, ambos autopropelidos.

b) O rolo de pneumáticos deve ser dotado de dispositivos que permitam a mudança automática da pressão interna dos pneus, na faixa de 2,5 a 8,4 kgf/cm<sup>2</sup> (35 a 120 psi). É obrigatória a utilização de pneus uniformes, de modo a se evitar marcas indesejáveis na mistura comprimida.

c) O rolo compressor de rodas metálicas lisas tipo tandem deve ter peso compatível com a espessura da camada.

d) O emprego de rolos lisos vibratórios pode ser admitido, desde que a frequência e a amplitude de vibração sejam ajustadas às necessidades do serviço, e que sua utilização tenha sido comprovado em serviços similares.

e) Em qualquer caso, os equipamentos utilizados devem ser eficientes no que tange à obtenção das densidades objetivadas, enquanto a mistura se apresentar em condições de trabalhabilidade e de teor ótimo de fluídos conforme especificado em 5.4.3.

5.5.9 As seguintes ferramentas e equipamentos acessórios são utilizados, complementarmente:

a) soquetes mecânicos ou placas vibratórias, para a compressão de áreas inacessíveis aos equipamentos convencionais;

b) pás, garfos, rodos e ancinhos, para operações eventuais.

#### 5.6 Execução

5.6.1 A responsabilidade civil e ético-profissional pela qualidade, solidez e segurança da obra ou do serviço é da executante.

5.6.2 Para a perfeita execução e bom acompanhamento e fiscalização do serviço, são definidos no documento “Informações e Recomendações de Ordem Geral”, procedimentos a serem obedecidos pela executante e pelo DER/PR, relativos à execução prévia e obrigatória de segmento experimental.

5.6.3 Após as verificações realizadas no segmento experimental, comprovando-se sua aceitação por atender valores e limites definidos nesta especificação e eventuais indicações particulares definidas em projeto, deve ser emitido Relatório do Segmento Experimental com as observações pertinentes feitas pelo DER/PR, as quais devem ser obedecidas em toda a fase de execução deste serviço pela executante.

5.6.4 No caso de rejeição dos serviços do segmento experimental por desempenho insatisfatório a solução indicada é a de remover e refazer a etapa não aceita.

5.6.5 Preparo da superfície

- a) A superfície que recebe a camada de PMF deve apresentar-se limpa, isenta de pó ou outras substâncias prejudiciais.
- b) Eventuais defeitos existentes devem ser adequadamente reparados, previamente à aplicação da mistura.
- c) A pintura asfáltica deve apresentar película homogênea e promover adequadas condições de aderência, quando da execução do PMF. Se necessário, nova pintura asfáltica deve ser aplicada, previamente à distribuição da mistura.

5.6.6 Produção do pré-misturado a frio

- a) O PMF deve ser produzido em usina apropriada, atendendo aos requisitos apresentados no item 5.5.5 desta especificação. A usina deve ser calibrada racionalmente, de forma a assegurar a obtenção das características desejadas para a mistura.
- b) Os agregados utilizados devem estar isentos de pó ou contaminação com substâncias nocivas, e estar levemente umedecidos, para facilitar a mistura com a emulsão.
- c) A viscosidade da emulsão asfáltica, no início da mistura, deve estar compreendida entre 75 e 150 SSF.

5.6.7 Estocagem da mistura

- a) Em função do tipo de aplicação, pode ser necessário proceder-se à estocagem da mistura. Maiores detalhes a respeito integram o Manual de Execução do DER/PR.

#### 5.6.8 Transporte do pré-misturado a frio

- a) O PMF produzido é transportado da usina ao local de aplicação, em caminhões basculantes atendendo ao especificado em 5.5.6.
- b) Não é permitido o transporte do pré-misturado a frio para a pista quando o subleito ou a camada subjacente estiver molhada, não sendo capaz de suportar, sem se deformar, a movimentação do equipamento.

#### 5.6.9 Distribuição da mistura

- a) A mistura deve ser distribuída somente quando a temperatura ambiente se encontrar acima de 10°C, e com tempo não chuvoso.
- b) A distribuição da mistura deve ser feita por equipamentos que atendam ao especificado em 5.5.7.
- c) O espalhamento em painéis contíguos (pista inteira) ou com pequena defasagem entre cada uma das faixas espalhadas, é recomendado para obter-se juntas longitudinais mais perfeitas e bem acabadas.
- d) Caso ocorram irregularidades na superfície da camada, estas devem ser corrigidas através da adição manual da mistura, sendo esse espalhamento efetuado por meio de ancinhos e rodos metálicos.

#### 5.6.10 Compactação da mistura

- a) Para iniciar a compactação, é necessário que a emulsão esteja rompida (mudança da coloração marrom para preta) e que a mistura tenha perdido entre 30% e 50% dos fluidos da emulsão mais a água de umedecimento acrescentada na mistura, faixa de perda inicial na qual se obtém a maior densificação da mistura asfáltica. A respeito do assunto, sugere-se consulta ao Manual de Execução do DER/PR.
- b) Para evitar a aderência de agregados nas rodas dos rolos, é recomendável a limpeza das superfícies destas com óleo vegetal e/ou gotejamento de água. Nos casos em que a mistura seja rica em asfalto, utilizar um salgamento na pista com areia ou pedrisco, para facilitar as operações dos rolos compactadores.
- c) A espessura da camada individual acabada deve se situar no intervalo de 0,03 m, no mínimo, a 0,07 m, no máximo. Quando se desejar camadas de maior espessura, os serviços devem ser executados em mais de uma camada, segundo os critérios descritos no Manual de Execução do DER/PR.

- d) A compressão deve começar dos bordos para o eixo, nos segmentos em tangente, e do bordo interno para o bordo externo (do lado mais baixo para o mais alto), nos segmentos em curva. Os rolos compactadores devem cobrir uniformemente, em cada passada, pelo menos a metade da largura da passagem anterior.
- e) Os rolos compactadores, nas passagens iniciais, devem operar sem que as juntas transversais ou longitudinais, na largura de 0,15 m, sejam comprimidas. Depois de espalhada a camada adjacente, a compressão da junta é feita abrangendo, no mínimo, a largura de 0,15 m da camada anteriormente executada.
- f) A operação de rolagem perdura até o momento em que seja atingida a compactação especificada. Maiores informações a respeito deste assunto integram o Manual de Execução do DER/PR.
- g) Durante a rolagem, não são permitidas mudanças de direção e inversões bruscas de marcha, nem estacionamento dos equipamentos sobre o revestimento recém rolado.
- h) A camada recém acabada pode ser aberta ao tráfego imediatamente após o término do serviço de compactação, desde que não se note deformação e/ou desagregação sob a ação do mesmo. Esse tema é abordado em maiores detalhes no Manual de Execução do DER/PR.

## **6. MANEJO AMBIENTAL**

6.1 Para execução de pré-misturado a frio, são necessários trabalhos envolvendo a utilização de emulsão asfáltica e agregados, além da instalação de usina dosadora e misturadora.

6.2 Os cuidados a serem observados para fins de preservação do meio ambiente envolvem a produção e aplicação de agregados e o estoque de ligante asfáltico.

### **6.3 Agregados**

6.3.1 No decorrer do processo de obtenção de agregados em pedreiras, devem ser considerados os seguintes cuidados principais:

- a) a brita e a areia somente são aceitas após apresentação da licença ambiental de operação da pedreira/areal cuja cópia da licença deve ser arquivada junto ao Livro de Ocorrências da obra;
- b) deve ser apresentada a documentação atestando a regularidade das instalações pedreira/areal/usina, assim como sua operação junto ao órgão ambiental competente, caso estes materiais sejam fornecidos por terceiros;

- c) evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental;
- d) planejar adequadamente a exploração da pedreira de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e possibilitar a recuperação ambiental, após a retirada de todos os materiais e equipamentos;
- e) impedir queimadas como forma de desmatamento;
- f) construir junto às instalações de britagem, bacias de sedimentação para retenção do pó de pedra, eventualmente produzido em excesso ou por lavagem da brita, evitando seu carreamento para cursos d'água.

#### 6.4 Ligantes betuminosos

6.4.1 Instalar os depósitos em locais afastados de cursos d'água.

6.4.2 Vedar o refugo de materiais usados à beira da estrada ou em outros locais onde possam causar prejuízos ambientais.

6.4.3 As operações em usinas misturadoras para PMF englobam a estocagem, dosagem, peneiramento e transporte de agregados frios.

<b>Agentes e fontes poluidoras</b>	
<b>Agente poluidor</b>	<b>Fontes poluidoras</b>
I. Emissão de partículas	As principais fontes são: o peneiramento, transferência e manuseio de agregados, balança, pilhas de estocagem e tráfego de veículos e vias de acesso.
II. Emissões fugitivas	As principais fontes são pilhas de estocagem ao ar livre, carregamento dos silos frios, vias de tráfego, área de peneiramento, pesagem e mistura.

6.4.4 Em função destes agentes, devem ser obedecidos os seguintes princípios:

- a) Quanto à instalação
  - a.1) Atribuir à contratante responsabilidade pela obtenção da licença de instalação e operação do empreendimento.
  - a.2) Atribuir à executante responsabilidade pela obtenção da licença de instalação para canteiro de obra, depósitos e pedreira industrial, quando for o caso.
  - a.3) Recuperar a área afetada pelas operações de construção e execução, mediante a remoção da usina, dos depósitos e a limpeza do canteiro de obras.

b) Quanto à operação

- b.1) Dotar os silos de estocagem de agregados de proteções laterais e cobertura, para evitar a dispersão das emissões fugitivas durante a operação de carregamento.

## 7 CONTROLE INTERNO DE QUALIDADE

7.1 Compete à executante a realização de testes e ensaios que demonstrem a seleção adequada dos insumos e a realização do serviço de boa qualidade e em conformidade com esta Especificação.

7.2 As quantidades de ensaios para controle interno de execução referem-se às quantidades mínimas aceitáveis, podendo a critério do DER/PR ou da executante, ser ampliadas para garantia da qualidade da obra.

7.2.1 A fiscalização poderá a qualquer momento, solicitar acompanhamento de execução de ensaio de confirmação de resultados considerados insatisfatórios.

7.1.1 A fiscalização poderá a qualquer momento, solicitar acompanhamento de execução de ensaio de confirmação de resultados considerados insatisfatórios.

### 7.3 Agregados minerais

- a) Diariamente deve ser feita inspeção à britagem e aos depósitos, visando garantir que os agregados estejam limpos, isentos de pó e outras contaminações prejudiciais.
- b) No início da obra e sempre que se constatar alteração mineralógica (visual) na bancada da pedra em exploração devem ser executados:
- um ensaio de abrasão Los Angeles;
  - um ensaio de durabilidade;
  - um ensaio de adesividade;
  - uma determinação da percentagem de partículas de forma defeituosa, conforme o procedimento descrito no Manual de Execução do DER/PR.
- c) A cada 200 m<sup>3</sup>, é realizado um ensaio de granulometria de cada agregado empregado e um ensaio de equivalente de areia, para o agregado miúdo.

### 7.4 Emulsão asfáltica

7.4.1 Observar item 4.2 das Condições Gerais

### 7.5 Mistura

- a) Na operação de usinagem do PMF deve ser controlada a temperatura da emulsão, na linha de alimentação, próximo a entrada do misturador, com vistas à assegurar a viscosidade apropriada para misturação.
- b) Após o espalhamento e antes da compactação, são coletadas amostras aleatórias a cada 200 m<sup>3</sup>, para os seguintes ensaios:
  - um ensaio de extração (teor residual de CAP);
  - um ensaio de granulometria da mistura de agregados.

#### 7.6 Compactação após cura

- a) Para cada 200 m<sup>3</sup> de PMF executado, decorridos no mínimo, 30 dias da execução, é extraída uma amostra de PMF, sendo nela determinada:
  - a densidade aparente curada e a % de vazios
  - o grau de compactação - GC, que é calculado pela relação:

$$GC = \frac{\text{densidade do corpo de prova (extraído via sonda rotativa)}}{\text{densidade aparente da mistura após cura (laboratório)}}$$

- b) Deve ser verificado o bom desempenho da camada de PMF, após período de cura de 30 dias, através de medidas de deflexão (DNER-ME 24), em locais aleatórios, espaçados no máximo a cada 100 metros, sendo que os valores medidos e analisados estatisticamente devem atender aos limites definidos no projeto para o tipo da camada.

## 8 CONTROLE EXTERNO DE QUALIDADE – DA CONTRATANTE

8.1 Compete ao DER/PR a realização aleatória de testes e ensaios que comprovem os resultados obtidos pela executante, bem como, formar juízo quanto à aceitação ou rejeição do serviço em epígrafe.

8.2 O controle externo de qualidade é executado através de coleta aleatória de amostras, por ensaios e determinações previstas no item 7, cuja quantidade mensal mínima corresponde pelo menos a 10% dos ensaios e determinações realizadas pela executante no mesmo período.

8.3 Compete exclusivamente ao DER/PR, o controle geométrico que consiste na realização de medidas para verificação de larguras, extensões e espessuras, executadas com vistas a aceitação deste critério e a determinação das quantidades executadas por unidade de serviço.

8.3.1 Alinhamentos: a verificação dos alinhamentos do eixo e bordos, nas diversas seções correspondentes às estacas da locação, é feita à trena.

8.3.2 Espessura da camada acabada: deve ser medida, no máximo, a cada 20 metros, procedendo-se à relocação e ao nivelamento do eixo e dos bordos, envolvendo, pelo menos, cinco pontos da seção transversal.

## 8.4 Verificação final da qualidade

### 8.4.1 Acabamento e segurança

8.4.1.1 O acabamento da superfície deve ser verificado, em todas as faixas de tráfego, por “aparelhos medidores de irregularidade tipo resposta”, devidamente calibrados (DNER-PRO 164 e DNER-PRO 182), ou por sistemas a laser, desde que devidamente aceitos e aprovados pelo DER/PR. Os resultados de irregularidade longitudinal devem ser integrados a lances de 200 m.

8.4.1.2 A macrotextura é avaliada, à razão de uma determinação a cada 500 m de faixa, pelo ensaio de mancha de areia (ASTM E-965). Opcionalmente, os ensaios de mancha de areia podem ser substituídos, a critério do DER/PR, por medições a laser, em panos de 20 m situados a cada 500 m de faixa.

## 9 CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO E REJEIÇÃO

### 9.1 Aceitação dos materiais

9.1.1 Todos os ensaios dos materiais indicados em 7.3 e 7.4 devem atender aos requisitos especificados em 5.1.

### 9.2 Aceitação da mistura asfáltica

- a) Envolvimento: só são aceitas as misturas produzidas em usinas especificadas e que apresentarem superfície de envolvimento satisfatória.
- b) A curva granulométrica da mistura, após extração, comparativamente à curva dosada em projeto, pode apresentar as seguintes tolerâncias máximas, sempre limitadas pela faixa granulométrica correspondente:

Peneira		% Passando, em Peso
ASTM	mm	
¾" a 1 ½"	9,5 a 38,1	± 7
nº 10 a nº 4	2,0 a 4,8	± 5
nº 200 a nº 40	0,074 a 0,42	± 2

- c) A quantidade de ligante residual obtida pelos ensaios de extração, em amostras individuais, não deve variar, em relação ao teor de projeto, de mais do que 0,3%, para mais ou para menos.
- d) Compressão: os valores do grau de compactação, calculados estatisticamente conforme os procedimentos descritos no item 9.5.1, devem ser iguais ou superiores a 95%.
- e) A camada de PMF é aceita se as medidas de deflexão são inferiores à deflexão máxima admissível de projeto, para o tipo da camada.

### 9.3 Aceitação do controle geométrico

9.3.1 Os serviços executados são aceitos, à luz do controle geométrico, desde que atendidas as seguintes condições:

- a) quanto à largura da plataforma: não são admitidos valores inferiores aos previstos para a camada;
- b) quanto à espessura da camada acabada:
  - b.1) a espessura média da camada é determinada pela expressão:

$$u = X - \frac{1,29s}{\sqrt{N}}$$

onde:

$$N \geq 9 \text{ (nº de determinações efetuadas)}$$

- b.2) a espessura média determinada estatisticamente deve situar-se no intervalo de  $\pm 5\%$ , em relação à espessura prevista em projeto;
  - b.3) não são tolerados valores individuais de espessura fora do intervalo de  $\pm 10\%$ , em relação à espessura prevista em projeto.
- c) eventuais regiões em que se constate deficiência de espessura são objeto de amostragem complementar, através de novas extrações de corpos de prova com sonda rotativa. As áreas deficientes, devidamente delimitadas, devem ser reforçadas, às expensas da executante.

### 9.4 Aceitação do acabamento e das condições de segurança

9.4.1 O serviço é aceito, sob o ponto de vista de acabamento e segurança, desde que atendidas as seguintes condições:

- a) as juntas executadas apresentem-se homogêneas, em relação ao conjunto da mistura, isentas de desníveis e saliências indesejáveis;
- b) a superfície apresente-se desempenada, não ocorrendo marcas indesejáveis do equipamento de compressão.
- c) os valores do Índice Internacional de Irregularidade - IRI devem ser de no máximo 2,7 m/km;
- d) os valores da altura de areia (HS) obtidos com o ensaio de mancha de areia devem ser igual  $0,60 \text{ mm} \leq HS \leq 1,20 \text{ mm}$  para análises estatísticas;

9.4.2 No caso de trechos rodoviários que recebam solução de conservação preventiva periódica, os valores admissíveis para o índice internacional de irregularidade (IRI) são de, no máximo 4,0 m/km para valores individuais e 3,5 m/km

para análises estatísticas, conforme definido no Manual de Gerência de Pavimentos – DNIT.

## 9.5 Condições de conformidade e não conformidade

9.5.1 Todos os ensaios de controle e determinações devem cumprir condições gerais e específicas desta especificação, e estar de acordo com os critérios a seguir descritos.

- a) Quando especificada uma faixa de valores mínimos e máximos devem ser verificadas as seguintes condições:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo especificado}$  ou  $\bar{X} + ks > \text{valor máximo de projeto}$ : não conformidade;

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo especificado}$  e  $\bar{X} + ks \leq \text{valor máximo de projeto}$ : conformidade;

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n} \quad s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

Onde:

$x_i$  – valores individuais;

$\bar{X}$  – média da amostra;

$s$  – desvio padrão;

$k$  – adotado o valor 1,25;

$n$  – número de determinações, no mínimo 9.

- b) Quando especificado um valor mínimo a ser atingido, devem ser verificadas as seguintes condições:

Se  $\bar{X} - ks < \text{valor mínimo especificado}$ : não conformidade;

Se  $\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo especificado}$ : conformidade.

- c) Quando especificado um valor máximo a ser atingido, devem ser verificadas as seguintes condições:

Se  $\bar{X} + ks > \text{valor máximo especificado}$ : não conformidade;

Se  $\bar{X} + ks \leq \text{valor máximo especificado}$ : conformidade.

9.5.2 Os serviços só devem ser aceitos se atenderem às prescrições desta especificação.

9.5.3 Todo detalhe incorreto ou mal executado deve ser corrigido.

9.5.4 Qualquer serviço só deve ser aceito se as correções executadas colocarem-

no em conformidade com o disposto nesta especificação; caso contrário é rejeitado.

## **10 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO**

10.1 O serviço de pré-misturado a frio, executado e recebido na forma descrita, é medido pela determinação do volume compactado de mistura aplicada, expressa em metros cúbicos.

10.2 No cálculo de volumes, obedecidas as tolerâncias especificadas, é considerada a espessura média  $\bar{X}$ , calculada como indicado anteriormente. Quando  $\bar{X}$  for inferior à espessura de projeto, é considerado o valor de  $\bar{X}$ . No caso de  $\bar{X}$  ser maior do que a espessura de projeto, é considerada a espessura de projeto.

## **11 CRITÉRIOS DE PAGAMENTO**

11.1 Os serviços aceitos e medidos só são atestados como parcela adimplente, para efeito de pagamento, se juntamente com a medição de referência, estiver apenso o relatório com os resultados dos controles e de aceitação.

11.2 O pagamento é feito, após a aceitação e a medição dos serviços executados, com base no preço unitário contratual, o qual representa a compensação integral para todas as operações, transportes, materiais, perdas, mão-de-obra, equipamentos, controle de qualidade, encargos e eventuais necessários à completa execução dos serviços.

11.3 O preço unitário está sujeito a nova composição, baseada no traço aprovado pelo DER/PR.