



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

Avenida Iguaçu 420
CEP 80230 902
Curitiba Paraná
Fone (41) 3304 8000
Fax (41) 3304 8130
www.pr.gov.br/derpr

DER/PR ES-P 20/05

PAVIMENTAÇÃO: MACADAME ASFÁLTICO

Especificações de Serviços Rodoviários
Aprovada pelo Conselho Diretor em 14/12/2005
Deliberação n.º 281/05
Esta especificação substitui a DER/PR ES-P 20/91
Autor: DER/PR (DG/AP)

Palavra-chave: revestimento; base; macadame
asfáltico

18 páginas

RESUMO

Este documento define a sistemática empregada na execução de bases e revestimentos de macadame asfáltico. Aqui são definidos os requisitos técnicos relativos aos materiais, equipamentos, execução e controle de qualidade além dos critérios para aceitação, rejeição, medição e pagamento dos serviços. Para aplicação desta especificação é essencial a obediência, no que couber, à DER/PR IG-01/05.

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 de Serviço DER/PR ES-P 20/91.

1 OBJETIVO

Estabelecer a sistemática a ser empregada na seleção dos produtos e sua aplicação em bases e revestimentos de pavimentos asfálticos em obras sob a jurisdição do DER/PR.

2 REFERÊNCIAS

- ABNT NBR-6560/00 - Materiais betuminosos – Determinação de ponto de amolecimento
 ABNT NBR-6568/99 - Emulsões asfálticas – Determinação do resíduo de destilação
 DNER-EM 204/95 - Cimentos asfálticos de petróleo
 DNER-EM 369/97 - Emulsões asfálticas catiônicas
 DNER-ME 002/94 - Emulsão asfáltica – carga de partícula
 DNER-ME 003/94 - Materiais betuminosos – determinação da penetração
 DNER-ME 004/94 - Materiais betuminosos – determinação da viscosidade “**Saybolt-furol**” a alta temperatura (ABNT-NBR 14950/03)
 DNER-ME 005/94 - Emulsão asfáltica – determinação da peneiração
 DNER-ME 024/94 - Pavimento – determinação das deflexões pela viga Benkelman
 DNER-ME 035/98 - Agregados – determinação da abrasão “**Los Angeles**”
 DNER-ME 063/94 - Emulsões asfálticas catiônicas – determinação da desemulsibilidade
 DNER-ME 078/94 - Agregado graúdo – adesividade a ligante betuminoso
 DNER-ME 079/94 - Agregado – adesividade a ligante betuminoso
 DNER-ME 083/94 - Agregados – análise granulométrica
 DNER-ME 086/94 - Agregado – determinação do índice de forma
 DNER-ME 089/94 - Agregados – avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio
 DNER-ME 148/94 - Material betuminoso – determinação dos pontos de fulgor e combustão (vaso aberto **Cleveland** - ABNT-NBR 11341/04)
 DNER-PRO 164/94 - Calibração e controle de sistemas de medidores de irregularidade de superfície do pavimento (Sistemas Integradores - IPR/USP e **Maysmeter**)
 DNER-PRO 182/94 - Medição de irregularidade de superfície de pavimento com sistemas integradores - IPR/USP e **Maysmeter**
 DNER-PRO 277/97 - Metodologia para controle estatístico de obras e serviços
 DNIT 011/2004-PRO - Gestão da qualidade em obras rodoviárias
 DNIT 068/2004-PRO - Gestão da qualidade em obras rodoviárias – procedimento
 Manual de Pavimentação – DNER, 1996
 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 Macadame asfáltico: é o serviço por penetração que envolve aplicações alternadas de ligante asfáltico e agregados minerais. O emprego deste tipo de serviço pode se dar como base ou revestimento, sendo neste último caso necessária a aplicação de uma capa selante.

3.2 Penetração direta: corresponde à classificação da forma de penetração do ligante, que neste caso é espargido sobre a camada de agregado mineral.

3.3 Penetração indireta: corresponde à classificação da forma de penetração do ligante, que neste caso é espargido antes da aplicação da camada de agregado mineral.

3.4 Penetração mista: corresponde à classificação da forma de penetração do ligante, que neste caso é espargido parte da taxa de ligante betuminoso antes da aplicação da camada do agregado mineral e a outra parte da taxa de ligante betuminoso sobre a camada do agregado mineral.

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 Trabalhos 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;
- e) sem aprovação pelo DER/PR da calibragem do equipamento espargidor, conforme descrito no Manual de Execução de Serviços Rodoviários do DER/PR;
- f) quando a temperatura ambiente for igual ou inferior a 10°C;
- g) em dias de chuva.

4.2 Todo carregamento de ligante betuminoso que chegar à obra deve apresentar certificado de análise, além de trazer indicação clara da procedência, do tipo, da quantidade do seu conteúdo e da distância de transporte entre a refinaria ou fábrica e o canteiro de serviço.

4.3 A temperatura de aplicação do material asfáltico deve ser determinada para o ligante empregado, em função da relação temperatura-viscosidade, adequada para o espalhamento.

4.4 Devem ser observados os seguintes limites, no espargimento:

- para o cimento asfáltico: viscosidade Saybolt-Furol na faixa de 30 a 60 segundos, respeitando-se a temperatura máxima de aquecimento de 177°C;
- para a emulsão asfáltica: viscosidade Saybolt-Furol de 150 a 300 segundos, na temperatura de ensaio de 50°C.

4.5 No caso da utilização de melhorador de adesividade, deve ser exigido que este aditivo seja adicionado ao ligante no canteiro da obra, sendo obrigatória a circulação da mistura ligante-aditivo. De preferência, deve-se fazer essa mistura com a circulação do ligante asfáltico no próprio equipamento espargidor.

4.6 No caso das emulsões, deve ser evitada a sedimentação nos depósitos, através da circulação periódica da mesma.

5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

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

5.1.1 Materiais asfálticos

- a) É recomendado o emprego dos seguintes materiais:
 - cimento asfáltico de petróleo tipo CAP-7 (DNER-EM 204/95), ou CAP 150-200, atendendo ao Regulamento Técnico ANP N°. 3/2005. O emprego de outros tipos de cimentos asfálticos que venham a ser produzidos e especificados no país pode ser admitido, desde que tecnicamente justificado e sob a devida aprovação do DER/PR.
 - emulsão asfáltica catiônica de ruptura rápida tipo RR-2C (DNER-EM 369/97).
- b) O emprego de outros ligantes pode ser admitido desde que tecnicamente justificado e com aprovação do DER/PR.

5.1.2 Melhorador de adesividade

- a) Deve ser utilizado quando se constatar a necessidade de melhorar a adesividade do par “ligante asfáltico – agregado”.
- b) A quantidade deve ser definida em projeto, devendo ser mantidas as propriedades do melhorador de adesividade após sua adição ao ligante asfáltico e circulação no equipamento espargidor, na temperatura normal de aplicação.

5.1.3 Agregados: os agregados utilizados podem ser constituídos por rocha sã ou seixo rolado, britados. O emprego de outros materiais é abordado no Manual de Execução do DER/PR. Em qualquer caso, devem ser atendidas as condições gerais, a seguir relacionadas, para o agregado empregado.

- a) Devem ser constituídos por fragmentos duros, limpos e duráveis, livres de partículas lamelares ou alongadas, macias ou de fácil desintegração e de outras substâncias ou contaminações prejudiciais.
- b) Na composição do macadame asfáltico devem ser utilizados agregados de mesma natureza. Alternativas são abordadas no Manual de Execução.

- c) Os agregados não devem possuir mais do que um por cento passando na peneira n.º 200, em peneiramento efetuado por lavagem do agregado.
- d) Para o agregado retido na peneira n.º 10, a percentagem de desgaste no ensaio de abrasão **Los Angeles** (DNER-ME 35/98) não deve ser superior a 40%. Aspectos particulares relacionados a valores típicos para as perdas nesse ensaio são abordados no Manual de Execução.
- e) Quando submetidos à avaliação da durabilidade com solução de sulfato de sódio, em cinco ciclos, pelo método DNER-ME 89/94, os agregados utilizados devem apresentar perdas iguais ou inferiores aos seguintes limites:
- agregado graúdo: 12%;
 - agregado miúdo: 15%.
- f) Quando o agregado for obtido por britagem de seixos rolados, ao menos 95% dos fragmentos retidos na peneira n.º 4, em peso, devem apresentar uma ou mais faces resultantes de fratura.
- g) Para os agregados retidos na peneira n.º 4, a percentagem de grãos de forma defeituosa, obtida no ensaio de lamelaridade descrito no Manual de Execução, não pode ser superior a 20%.
- h) A graduação dos agregados deve atender às condições a seguir descritas.
- h.1) Em cada camada, o tamanho dos agregados deve ser o mais uniforme possível (condição homométrica), isto é, os agregados devem tender a um só tamanho. Os agregados assim considerados são definidos pela relação:

d / D

onde:

d (tamanho mínimo efetivo) – é o tamanho em milímetros, obtido a partir da curva granulométrica e que corresponde a:

25% passando, em peso, para $VDM \leq 2.000$ ou,
15% passando, em peso, para $VDM > 2.000$

D (tamanho máximo efetivo) – é o tamanho em milímetros, obtido a partir da curva granulométrica e que corresponde a:

80% passando, em peso, para $VDM \leq 2.000$ ou,
90% passando, em peso, para $VDM > 2.000$

A relação **d / D** deve ser:

$\geq 0,65$ para $VDM > 2.000$

$\geq 0,50$ para $VDM \leq 2.000$.

Para maiores esclarecimentos, reportar-se ao Manual de Execução do DER/PR.

- h.2) No macadame asfáltico, o tamanho relativo do agregado, nas várias camadas, deve ser escolhido de forma tal que o tamanho médio $(D + d) / 2$, do agregado de cada camada, seja aproximadamente a metade do correspondente tamanho médio da camada imediatamente inferior. Estas duas condições tem o objetivo de promover um bom travamento entre as camadas, proporcionando ao macadame asfáltico maior durabilidade e menor consumo de materiais.
- i) A granulometria dos agregados (DNER-ME 083/94), deve obedecer as faixas granulométricas dos quadros 1 e 2, correlacionadas ao tipo de ligante betuminoso, asfalto (CAP) e emulsão asfáltica.

| Quadro 1: Faixas granulométricas e uso de ligante (CAP 150 – 200) | | | | | | | | | | |
|---|--------------|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------------------------------|
| Peneira de malha quadrada | | Porcentagem passando, em peso | | | | | | | | Tolerâncias da faixa de projeto |
| ABNT | Abertura, mm | A | | B | | C | | D | | |
| | | 1ª cam. | 2ª cam. | 1ª cam. | 2ª cam. | 1ª cam. | 2ª cam. | 1ª cam. | 2ª cam. | |
| 3" | 76,2 | 100 | - | 100 | - | - | - | - | - | ± 7 |
| 2 ½" | 63,5 | 90-100 | - | 90-100 | - | 100 | - | - | - | ± 7 |
| 2" | 50,8 | 35-70 | - | 35-70 | - | 95-100 | - | 100 | - | ± 7 |
| 1 ½" | 38,1 | 0-15 | - | 0-15 | - | 35-70 | - | 95-100 | - | ± 7 |
| 1" | 25,4 | - | 100 | - | 100 | 0-15 | 100 | 20-55 | - | ± 7 |
| ¾" | 19,1 | 0-5 | 90-100 | - | 90-100 | - | 90-100 | 0-15 | 100 | ± 7 |
| ½" | 12,7 | - | - | - | - | 0-5 | - | - | 90-100 | ± 7 |
| ⅜" | 9,5 | - | 20-55 | - | 20-55 | - | 20-55 | 0-5 | 40-75 | ± 7 |
| nº 4 | 4,8 | - | 0-10 | - | 0-10 | - | 0-10 | - | 5-25 | ± 5 |
| nº 10 | 2,0 | - | 0-5 | - | 0-5 | - | 0-5 | - | 0-10 | ± 5 |
| nº 40 | 0,42 | - | - | - | - | - | - | - | 0-5 | ± 5 |

| Quadro 2: Faixas granulométricas e uso de ligante (emulsão) | | | | | | | | | |
|---|--------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-----------|---------------------------------|--|
| Peneira de malha quadrada | | Porcentagem passando, em peso | | | | | | Tolerâncias da faixa de projeto | |
| ABNT | Abertura, mm | 1ª camada | | | | | 2ª camada | | |
| | | A | B | C | D | E | F | | |
| 3" | 76,2 | 100 | - | - | - | - | - | ± 7 | |
| 2 ½" | 63,5 | 75-95 | 100 | - | - | - | - | ± 7 | |
| 2" | 50,8 | 60-80 | 70-90 | 100 | - | - | - | ± 7 | |
| 1 ½" | 38,1 | 40-65 | 50-70 | 65-85 | 100 | - | - | ± 7 | |
| 1" | 25,4 | 20-40 | 25-45 | 35-55 | 55-75 | 100 | - | ± 7 | |
| ¾" | 19,1 | 10-30 | 15-35 | 15-35 | 35-55 | 60-80 | 100 | ± 7 | |
| ½" | 12,7 | 0-15 | 0-15 | 0-15 | 10-30 | 20-40 | 90-100 | ± 7 | |
| ⅜" | 9,5 | - | - | - | 0-15 | - | 40-75 | ± 5 | |
| nº 4 | 4,8 | 0-5 | 0-5 | 0-5 | 0-5 | 0-10 | 0-10 | ± 5 | |
| nº 10 | 2,0 | - | - | - | - | - | 0-5 | ± 5 | |
| nº 40 | 0,42 | - | - | - | - | 0-5 | - | ± 5 | |

Nota 1: a 2ª camada é aplicada em todas as faixas de A à E.

Nota 2: a emulsão asfáltica refere-se a 65% do asfalto residual. Para teores diferentes a 65%, deve ser feita a necessária correção.

- j) A faixa granulométrica empregada deve ser aquela cujo diâmetro máximo seja igual ou inferior a $\frac{2}{3}$ da espessura da camada do macadame asfáltico.

5.1.4 Dosagem

- a) A partir da seleção da composição granulométrica desejada e do respectivo ligante, a dosagem deve ser efetuada em laboratório, com base em recomendação contida no Manual de Execução.
- b) As taxas de aplicação de agregados e ligante usuais são:

| Macadame asfáltico com CAP 7 ou CAP 150-200 | | | | | | | | |
|---|------------|---------|---------------|---------|--------------|---------|-------------|---------|
| Características usuais | Faixa A | | Faixa B | | Faixa C | | Faixa D | |
| | 1ª cam. | 2ª cam. | 1ª cam. | 2ª cam. | 1ª cam. | 2ª cam. | 1ª cam. | 2ª cam. |
| Espessura (m) | 0,09 – 010 | | 0,065 – 0,075 | | 0,05 – 0,065 | | 0,04 – 0,05 | |
| Taxa de ligante em kg/m ² | 7,9 – 10,0 | | 5,6 – 7,9 | | 4,5 – 6,8 | | 3,4 – 5,4 | |
| Taxa de agregados em kg/m ² | 190-217 | 19-27 | 136-163 | 14-22 | 109-136 | 11-19 | 81-109 | 8-14 |

| Macadame asfáltico com emulsão asfáltica | | | | | | |
|--|-------------|------------|------------|-----------|-----------|--|
| Características usuais | 1ª camada | | | | | 2ª camada |
| | Faixa A | Faixa B | Faixa C | Faixa D | Faixa E | Faixa F (aplicável como 1ª cam. das faixas A à E) |
| Espessura (m) | 0,10 | 0,09 | 0,075 | 0,065 | 0,05 | - |
| Taxa de agregados em kg/m ² | 195 | 171 | 146 | 123 | 98 | 16 |
| Taxa de emulsão em l/m ² | | | | | | |
| 1ª aplicação | 6,8 – 8,1 | 4,5 – 6,8 | 4,5 – 5,4 | 4,1 – 5,0 | 3,2 – 4,1 | - |
| 2ª aplicação | 5,4 – 6,8 | 5,4 – 6,8 | 5,4 – 6,8 | 3,2 – 4,5 | 3,6 – 4,5 | - |
| Total de emulsão | 12,2 – 14,9 | 9,9 – 13,2 | 9,9 – 12,2 | 7,3 – 9,5 | 6,8 – 8,6 | - |

Nota: à critério do DER/PR, na execução do segmento experimental, pode ser autorizado o desdobramento de duas aplicações de ligante asfáltico para três aplicações com vistas a promover melhor cobertura asfáltica e evitar arrancamento ou descolamento de agregado superficial, com a ação do tráfego.

5.2 Equipamento

5.2.1 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.

5.2.2 É obrigatório, para o início dos trabalhos, que o canteiro de serviço esteja instalado, contando no mínimo com as quantidades de equipamentos indicadas em projeto, classificados em:

- a) área conveniente para estocagem dos diversos tipos de agregados, com o objetivo de impedir mistura entre eles, bem como protegê-los de poeira ou partículas lançadas pelo tráfego de estradas próximas;
- b) depósitos de material asfáltico, que permitam o aquecimento de maneira uniforme e sem riscos de oxidação e que tenham capacidade compatível com o consumo da obra;
- c) equipamento espargidor de material asfáltico, equipado com bomba reguladora de pressão e sistema completo e adequado de aquecimento, capaz de aplicar o material em quantidade e temperatura uniformes. As barras de distribuição devem ser de circulação plena, com ajuste vertical e largura variável. Deve ser equipado ainda com tacômetro, termômetros, medidor de volume e dispositivo de aplicação manual para pequenas correções;
- d) distribuidor de agregados rebocável ou automotriz, capaz de proporcionar distribuição homogênea dos agregados;
- e) rolo de pneus autopropulsor, de pressão regulável;
- f) rolo compactador tipo tandem;
- g) compressor de ar com potência suficiente para promover, por jateamento, a perfeita limpeza da superfície a revestir, antes do início do tratamento superficial;
- h) caminhões basculantes;
- i) pá-carregadeira ou retro-escavadeira;
- j) caminhão irrigador, equipado com moto-bomba;
- k) vassouras mecânicas ou manuais;
- l) dispositivos que permitam manter constante a altura da barra espargidora em relação à superfície de espargimento;
- m) vassouras de arrasto ou dispositivos similares, para corrigir possíveis falhas de distribuição dos agregados;
- n) ferramenta apropriada para possibilitar a colocação de qualquer bico espargidor no ângulo correto formado entre a fresta do bico e a barra espargidora;
- o) ferramentas manuais, tais como: pás, enxadas, ancinhos, garfos, rastelos e demais ferramentas.

5.3 Execução

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

5.3.2 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.

5.3.3 Após as verificações realizadas no segmento experimental, comprovando-se sua aceitação por atender as condições de calibragem do equipamento espargidor, o projeto de dosagem e valores e limites definidos nesta especificação, 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.

5.3.4 No caso de rejeição dos serviços do segmento experimental, exclusivamente por condições granulométricas, taxas de aplicação dos agregados, espessura, tempo necessário para rompimento, tempo de cura e liberação ao tráfego, não há necessidade de remover, mas de promover eventuais ajustes necessários através de nova calibração e/ou novo projeto de dosagem, e execução do macadame asfáltico especificado sobre a superfície do segmento experimental originalmente executado.

5.3.5 No caso de rejeição dos serviços do segmento experimental por desempenho insatisfatório resultante do mau travamento, cobertura asfáltica insuficiente, perda significativa de agregado de uma ou mais camadas, a solução indicada é a de remover e refazer a etapa não aceita.

5.3.6 A continuidade dos serviços, depois de autorizado pelo DER/PR, deve obedecer ao procedimento construtivo indicado no segmento experimental aceito, conforme relatório descrito em 5.4.3.

5.3.7 Se o ligante for emulsão catiônica de ruptura rápida

- a) Sobre a pista, convenientemente demarcada, é iniciado o serviço com a distribuição da primeira camada de agregados, com o equipamento aceito pelo DER/PR, na taxa especificada em projeto.
- b) Após a aplicação dos agregados, verifica-se cuidadosamente a homogeneidade de espalhamento, promovendo-se a correção das falhas eventuais, tanto de falta quanto de excesso de material.
- c) Na seqüência, procede-se à rolagem da camada, com a utilização apenas do rolo pneumático, variando-se a pressão, com número de coberturas apenas suficiente para proporcionar a perfeita acomodação do agregado, sem causar danos à superfície a revestir.
- d) A operação seguinte consiste na primeira aplicação direta de ligante asfáltico, de modo uniforme, na taxa especificada em projeto e em temperatura que proporcione viscosidade adequada de aplicação.
- e) Após a aplicação do ligante, verifica-se cuidadosamente a homogeneidade da mesma promovendo-se a correção das falhas eventuais. As correções de falta de ligante são realizadas com o equipamento manual do espargidor, com cuidado para evitar

excessos. O excesso de ligante, se considerado nocivo e não compensável, deve ser removido.

- f) A seguir, aplica-se a taxa de agregados indicada no projeto de dosagem, fazendo-se a 2ª aplicação e/ou da 3ª aplicação da taxa de emulsão asfáltica (se definida no segmento experimental), operações de aplicação de agregados e ligantes com as mesmas recomendações e cuidados descritos anteriormente.
- g) O esquema de rolagem da 2ª camada de agregados é o descrito a seguir.
 - g.1) No caso de não ser definido no segmento experimental a 3ª aplicação de ligante asfáltico, a 2ª camada de agregados é feita com a utilização de rolo de pneumáticos, variando-se a pressão e complementando-se a rolagem com a passagem do rolo liso tipo tandem, em uma só passada, com sobreposição.
 - g.2) Utilizando a técnica da 3ª aplicação do ligante asfáltico, previamente à rolagem, deve ser feita uma “salga” com pedrisco + pó, na taxa de 3 a 4 kg/m² e, em seguida promover a seqüência de rolagem descrita em “g.1”.
- h) O tráfego não deve ser liberado no período de 24 horas a 48 horas, dependendo das condições climáticas. Após esse período, o macadame asfáltico deve ser rolado com o complemento de mais uma passada do rolo de pneumáticos com pressão de 120 lb/pol² e uma passada de acabamento com rolo liso tipo tandem.

5.3.8 Se o ligante for cimento asfáltico de petróleo

- a) A superfície a tratar, deve estar perfeitamente limpa e sem falhas na imprimação ou pintura de ligação.
- b) Sobre a pista, convenientemente demarcada, é iniciado o serviço com a primeira aplicação de ligante asfáltico, de modo uniforme, na taxa especificada em projeto e em temperatura que proporcione viscosidade adequada de aplicação. Eventuais excessos ou falta de material devem ser imediatamente corrigidos.
- c) Imediatamente após a aplicação do material asfáltico, o agregado especificado deve ser uniformemente espalhado, com o equipamento de distribuição de agregados aceito pelo DER/PR e na quantidade indicada em projeto. Eventuais falhas de aplicação devem ser prontamente corrigidas.
- d) A rolagem deve ter início imediato, com a utilização do rolo de pneumáticos, variando-se a pressão, utilizando-se um número de coberturas apenas suficiente para proporcionar perfeita acomodação do agregado, sem causar danos à superfície a revestir.
- e) Para a 2ª camada, as operações de aplicação de agregado e ligante asfáltico (CAP 150-200) são executadas com as mesmas recomendações e cuidados descritos anteriormente.
- f) A compressão das demais camadas de agregados é iniciada com o rolo pneumático, variando-se a pressão e complementando-se a mesma com a passagem do rolo liso tipo

tandem, uma só passada, com sobreposição.

- g) Sendo o material asfáltico aplicado a altas temperaturas, superiores a 150°C, é importante executar as etapas com a maior rapidez possível, para aproveitar a viscosidade do ligante aquecido, o que é garantia de melhor qualidade do tratamento. Também por esta razão, a extensão do material asfáltico aplicado deve ficar condicionada à capacidade de cobertura imediata com agregado.
- h) No caso de paralisação súbita e imprevista do equipamento distribuidor de agregados, o agregado é espalhado manualmente, na superfície já coberta com o material asfáltico, procedendo-se à compressão o mais rápido possível.
- i) Com o emprego de CAP, a presença de umidade no agregado é altamente nociva, devendo ser evitada.

5.3.9 Condições de execução aplicáveis para qualquer macadame asfáltico

- a) O esquema de espargimento adotado deve proporcionar recobrimento triplo, em toda a largura da camada. Especial atenção deve ser conferida às regiões anexas ao eixo e bordos, de forma a evitar, nesses locais, a falta ou o excesso relativos de ligante.
- b) A compressão da camada é executada no sentido longitudinal, iniciando no lado mais baixo da seção transversal e progredindo no sentido do lado mais alto.
- c) Em cada passada, o equipamento deve recobrir, no mínimo, a metade da largura da faixa anteriormente comprimida, com os cuidados necessários para evitar deslocamentos, esmagamento do agregado e contaminações prejudiciais.
- d) Pequenas correções de ligante e agregados podem ser necessárias, caso sejam constatadas falhas, nas inspeções visuais, efetuadas em cada aplicação.
- e) Não deve haver coincidência entre as juntas transversais de duas camadas sucessivas, devendo-se prever uma defasagem de, pelo menos, dois metros entre elas.
- f) Para evitar excesso de ligante na junta transversal, é colocada sobre a superfície da camada anterior, uma faixa de papel adequado, com largura mínima de 0,80 m.
- g) Deve ser evitada a coincidência das juntas longitudinais para cada aplicação de ligante.
- h) A aplicação de ligante, na largura da camada, deve ser feita com o menor número possível de passagens do equipamento espargidor.
- i) Durante a operação de espalhamento dos agregados, deve ser evitada a aplicação em excesso, já que sua correção é mais difícil do que a adição de material faltante.
- j) As aplicações, por camada, devem ser feitas de modo a permitir a compensação de eventuais diferenças, nas aplicações subseqüentes. A respeito do assunto, observar o contido no Manual de Execução do DER/PR.

- k) A utilização de materiais asfálticos diferentes, no mesmo tanque do espargidor, só deve ser feita após esgotamento e limpeza, a fim de evitar misturas prejudiciais ao ligante e ao próprio espargimento. A respeito do assunto observar o contido no Manual de Execução do DER/PR.

5.3.10 Liberação ao tráfego

- a) Não é permitido o tráfego quando da aplicação do ligante asfáltico ou do agregado.
- b) O tráfego somente é liberado após a conformação final da superfície conforme descrito em 5.3.7 “h”, de maneira controlada por um período mínimo de 48 horas.

6 MANEJO AMBIENTAL

6.1 Para execução de macadame asfáltico são necessários trabalhos envolvendo a utilização de ligante asfáltico e agregados.

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: no decorrer do processo de obtenção de agregados de pedreiras, devem ser considerados os cuidados principais a seguir descritos.

- a) A brita somente é aceita após apresentação da licença ambiental de operação da pedreira cuja cópia da licença deve ser arquivada junto ao Livro de Registro de Ocorrências da obra.
- b) Exigir a documentação atestando a regularidade das instalações da pedreira, assim como sua operação, junto ao órgão ambiental competente, caso os agregados 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 Ligante asfáltico

- a) Instalar os depósitos em locais afastados de cursos d'água.

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

6.5 Quanto à instalação

- a) Atribuir à contratante (DER/PR) responsabilidade pela obtenção da licença de instalação e operação do empreendimento.
- b) Atribuir à executante responsabilidade pela obtenção da licença de instalação para canteiro de obra, depósitos e pedreira industrial, quando for o caso.
- c) Recuperar a área afetada pelas operações de construção e execução, mediante a remoção dos depósitos e a limpeza do canteiro de obras.

6.6 Operação

- a) Dotar os silos de estocagem de agregados de proteções laterais e cobertura, para evitar a dispersão das emissões fugitivas durante a operação de carregamento.
- b) Manter em boas condições de operação todos os equipamentos de processo e de controle.

6.7 Além destes procedimentos, devem ser atendidas, no que couber, as recomendações do Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias do DER/PR.

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, serem ampliados para garantia da qualidade da obra.

7.3 Materiais

7.3.1 Cimento asfáltico

- a) Para cada carregamento de cimento asfáltico que chegar à obra:
 - um ensaio de viscosidade Saybolt-Furol A 135°C;
 - um ensaio de ponto de fulgor;
 - aquecimento do ligante a 175°C, para observar se há formação de espuma;
 - um ensaio de penetração a 25°C.

7.3.2 Emulsão asfáltica

- a) Para cada carregamento de emulsão asfáltica que chegar à obra:

- um ensaio de viscosidade Saybolt-Furol;
- um ensaio de determinação do resíduo de CAP, pelo método do fogareiro (constante do Manual de Execução);
- um ensaio de peneiramento.

7.3.3 Melhorador de adesividade

- a) A eficácia do melhorador de adesividade, quando utilizado, deve ser verificada pela execução de três ensaios de adesividade, no início da obra e sempre que forem constatadas mudanças no agregado.

7.3.4 Agregados

- um ensaio de granulometria por via lavada, no mínimo, para cada 100 m³ que chegar à obra
- um ensaio de granulometria, por via lavada, no mínimo, para cada tipo de agregado, a cada 100 m³ de aplicação
- uma verificação da homometria, em cada ensaio de granulometria
- um ensaio de lamelaridade (% de partículas defeituosas, método descrito no Manual de Execução) para cada 100 m³ do agregado da primeira e da segunda camadas
- um ensaio de abrasão Los Angeles no início do serviço, e sempre que houver variação na natureza do material
- um ensaio de durabilidade no início do serviço, e sempre que houver variação na natureza do material
- um ensaio de adesividade, no início do serviço, para verificação da compatibilidade da emulsão - agregado mineral. Repetir, se houver alteração nos materiais
- um ensaio de adesividade para todo carregamento de ligante CAP que chegar à obra, e sempre que houver variação na natureza do agregado.

7.4 Controle interno da execução

7.4.1 Controle da aplicação do agregado mineral: a determinação da taxa de agregado em kg/m², por camada, é no mínimo, uma para cada faixa de espalhamento, e no máximo, uma para cada 700 m². A metodologia é abordada no Manual de Execução de Serviços Rodoviários do DER/PR.

7.4.2 Controle da aplicação do ligante asfáltico

- a) Execução de um ensaio de determinação do resíduo asfáltico, quando o ligante for emulsão asfáltica, para cada carregamento do equipamento espargidor (Método do Fogareiro).
- b) Elaboração do gráfico viscosidade – temperatura (mínimo três pontos), para todo carregamento que chegar à obra.
- c) A temperatura do ligante asfáltico deve ser medida no caminhão espargidor imediatamente antes da aplicação, a fim de verificar se satisfaz a temperatura preconizada.

- d) A taxa de ligante é determinada em l/m², por aplicação, no mínimo, uma para cada faixa de espalhamento e, no máximo, a cada 700 m² de aplicação. A metodologia é detalhada no Manual de Execução.

7.4.3 Melhorador de adesividade

- a) O controle da aplicação do melhorador de adesividade consiste da verificação sistemática da quantidade a ser incorporada ao cimento asfáltico, da forma de incorporação e do tempo de circulação.

7.4.4 A qualidade estrutural deve ser verificada através de medidas de deflexão, em locais aleatórios, espaçados no máximo a cada 100 metros.

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.

- a) Extensão da camada acabada: é medida com o emprego de distanciômetros eletrônicos ou por medidas à trena, executadas a cada 20 metros.
- b) Largura da camada acabada: é obtida por medidas à trena, executadas a cada 20 metros.
- c) 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 Controle de acabamento da superfície: é executado através da apreciação em bases visuais.

8.5 Verificação final da qualidade

8.5.1 Acabamento e segurança

- a) O acabamento da superfície, no caso de revestimento em macadame asfáltico, deve ser verificado, em todas as faixas de tráfego, por “aparelhos medidores de irregularidade tipo resposta”, devidamente calibrados (DNER-PRO 164/94 e DNER-PRO 182/94), 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.

- b) A macrotextura é avaliada, também no caso de revestimento em macadame asfáltico, à razão de uma determinação a cada 500 m de faixa, pelo ensaio de mancha de areia (NF P-38). 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 Todos os ensaios dos materiais indicados em 7.3 devem atender aos requisitos especificados em 5.1.

9.2 Os equipamentos espargidores devem ter sido devidamente aferidos e, juntamente com os demais, manter adequadas condições de funcionamento ao longo da obra.

9.3 A granulometria dos agregados deve estar dentro da faixa de trabalho, definida em projeto.

9.4 A quantidade de ligante, por aplicação, deve situar-se no intervalo de $\pm 15\%$, em relação à taxa de dosagem. Para a taxa total, admite-se tolerância de $\pm 8\%$ em relação ao projeto.

9.5 A quantidade total do agregado mineral deve situar-se no intervalo de $\pm 15\%$, em relação à taxa de dosagem.

9.5.1 Quando ocorrer variação para mais, na taxa de agregado mineral, é necessário que a quantidade de ligante também seja acrescida, em proporção equivalente. A respeito deste tema, observar o contido no Manual de Execução.

9.6 Aceitação do acabamento e das condições de segurança

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

- a) Quanto à largura da plataforma: não são admitidos valores inferiores aos previstos para a camada.
- b) O acabamento do serviço, apreciado em bases visuais, seja julgado satisfatório.
- c) A superfície apresente-se desempenada, não ocorrendo marcas indesejáveis do equipamento de compressão.
- d) Os valores do índice internacional de irregularidade (IRI) sejam no máximo 2,8 m/km para valores individuais e 2,5 m/km para análises estatísticas, em caso de macadame asfáltico utilizado como camada de rolamento. Para uso de macadame asfáltico em camada de base, os limites de aceitação para o índice internacional de irregularidade (IRI) são 0,5 m/km superiores aos indicados para camada de rolamento.

- e) Os valores da altura de areia (HS) obtidos com o ensaio de mancha de areia sejam $HS \geq 0,40$ mm para valores individuais e $0,40 \text{ mm} \leq HS \leq 1,20$ mm para análises estatísticas.
- f) No caso de trechos rodoviários que recebam soluções de conservação preventiva periódica, conforme definido no Manual de Reabilitação de Pavimentos Asfálticos do DNIT, edição 1998, os valores admissíveis do Índice Internacional de Irregularidade – IRI são no máximo igual a 4,0 m/km para valores individuais e 3,5 m/km para análises estatísticas.

9.7 As medidas de deflexão (DNER-ME 24/94), devem ser inferiores à deflexão máxima admissível de projeto para o tipo da camada.

9.8 Condições de conformidade e não-conformidade

9.8.1 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:

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

Sendo:

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

Onde:

x_i = valores individuais
 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 $X - ks < \text{valor mínimo especificado}$: não conformidade;
 Se $X - ks \geq \text{valor mínimo especificado}$: conformidade.

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

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

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

9.8.3 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 Os serviços executados e recebidos na forma descrita, são medidos segundo a seção transversal de projeto, conforme descrito a seguir.

- a) Macadame asfáltico, com espessura inferior ou igual a 0,05 m: pela determinação da área tratada expressa em metros quadrados, não sendo computado o que exceder à seção de projeto.
- b) Macadame asfáltico com espessura superior a 0,05 m: pela determinação do volume da camada acabada expresso em metros cúbicos. No cálculo de volumes, obedecidas as tolerâncias especificadas, é considerada a espessura média X , calculada como indicado anteriormente. Quando X for inferior à espessura de projeto, é considerado o valor de X . No caso de X ser maior do que a espessura de projeto, é considerada a espessura de projeto. Considera-se o talude do macadame seco, para fins de cálculo da largura média, igual a 1:1.

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 efetivado, 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 nas taxas efetivamente aplicadas de agregados e de ligante.