TÍTULO

# REVESTIMENTO ASFÁLTICO POROSO COM LIGANTE MODIFICADO POR POLÍMERO - CAMADA POROSA DE ATRITO

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Revestimento Asfáltico Poroso. CPA. Pavimentação.

| APROVAÇÃO | PROCESSO |
|---|---|
| | |

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO ESTADO DO PARANÁ. **DER/PR ES-P 22/17**. Pavimentação: Misturas Asfálticas Abertas Usinadas a Quente. Curitiba, Paraná, 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER ES-386/99**. Pavimentação – Pré-misturado a quente com asfalto polímero - Camada porosa de atrito – Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 1999.

DERSA DESENVOLVIMENTO RODOVIÁRIO S.A. **ET-P00/028**. Revestimento Poroso Modificado por Polímero. São Paulo, 1998.

OBSERVAÇÕES

| REVISÃO | DATA | DISCRIMINAÇÃO |
|---|---|---|
| B | set/2007 | Revisão Geral |
| | | |
| | | |
| | | |

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

# ÍNDICE

**1 OBJETIVO ..... 4**
**2 DEFINIÇÃO ..... 4**
**3 MATERIAIS ..... 4**
3.1 Ligante Asfáltico ..... 4
3.2 Agregados ..... 4
3.3 Melhorador de Adesividade ..... 5
3.4 Composição da Mistura ..... 5
**4 EQUIPAMENTOS ..... 7**
4.1 Depósito para Cimento Asfáltico Modificado por Polímero ..... 7
4.2 Depósito para Agregados ..... 7
4.3 Silos para Agregados ..... 7
4.4 Usina para Misturas Asfálticas ..... 8
4.5 Caminhão para Transporte da Mistura ..... 9
4.6 Equipamento para Distribuição e Acabamento ..... 9
4.7 Equipamento para Compactação ..... 9
4.8 Ferramentas e Equipamentos Acessórios ..... 9
**5 EXECUÇÃO ..... 10**
5.1 Segmento Experimental ..... 10
5.2 Condições Gerais ..... 10
5.3 Preparo da Superfície ..... 10
5.4 Produção da Mistura ..... 11
5.5 Transporte da Mistura ..... 11
5.6 Distribuição da Mistura ..... 12
5.7 Compactação da Mistura ..... 13
5.8 Juntas ..... 13
5.9 Abertura ao Tráfego ..... 13
**6 CONTROLE ..... 14**
6.1 Controle dos Materiais ..... 14
6.2 Controle da Produção da Mistura Asfáltica ..... 15
6.3 Controle da Aplicação e Destinação da Mistura Asfáltica ..... 16
6.4 Controle Geométrico e de Acabamento ..... 17

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

6.5 Condições de Segurança....17
6.6 Deflexões....18
**7 ACEITAÇÃO....18**
7.1 Materiais....18
7.2 Produção e Execução....18
7.3 Geometria....20
7.4 Acabamento....20
7.5 Condições de Segurança e Deflexões....21
**8 CONTROLE AMBIENTAL....21**
8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais - Agregados....21
8.2 Cimento Asfáltico....22
8.3 Operação das Usinas e Agentes e Fontes Poluidoras....22
8.4 Execução....24
**9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO....24**
**10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS....25**
**ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE....28**
**ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO....36**
**ANEXO C – ESPECIFICAÇÃO PARA CIMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO POR POLÍMERO DO TIPO ELASTOMÉRICO....38**
**ANEXO D – ESPECIFICAÇÃO PARA LIGANTE ASFALTO-BORRACHA....40**

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

# 1 OBJETIVO

Definir os critérios que orientam os processos de produção, execução, aceitação e medição dos serviços de revestimento asfáltico poroso com ligante modificado por polímero em obras rodoviárias, sob a jurisdição do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo – DER/SP.

# 2 DEFINIÇÃO

Revestimento asfáltico poroso com ligante modificado por polímero consiste numa mistura executada a quente, em usina apropriada, com características específicas. É composta por agregados minerais em graduação especificada, cimento asfáltico modificado por polímero e, se necessário, material de enchimento, filer, e melhorador de adesividade, sendo espalhada e compactada a quente. O revestimento asfáltico poroso com ligante modificado por polímero deve ser empregado como camada sobrejacente ao revestimento, com a função de drenar a água superficial evitando a aquaplanagem, recebendo a denominação de camada porosa de atrito.

# 3 MATERIAIS

Os materiais constituintes do revestimento asfáltico poroso com ligante modificado por polímero são: agregado graúdo, agregado miúdo, material de enchimento, filer, e ligante asfáltico modificado por polímero. Devem satisfazer as normas pertinentes e as especificações aprovadas pelo DER/SP.

Todo o carregamento de cimento asfáltico modificado por polímero que chegar à obra deve apresentar por parte do fabricante ou distribuidor o certificado de resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos pela especificação, correspondente à data de carregamento para transporte com destino ao canteiro de serviço. Deve trazer também indicação clara da sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo e distância de transporte entre a refinaria e a usina de mistura asfáltica a quente.

## 3.1 Ligante Asfáltico

Devem ser empregados cimentos asfálticos de petróleo modificados por polímero do tipo elastomérico ou por borracha, atendendo à Resolução da ANP nº 897/2022 da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP, apresentada nos anexos C e D, ou a especificação que estiver em vigor na época de sua utilização.

## 3.2 Agregados

### 3.2.1 Agregado Graúdo

Deve constituir-se por pedra britada ou seixo rolado britado, apresentando partículas sãs, limpas e duráveis, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas. Deve atender aos seguintes requisitos:

a) desgaste Los Angeles igual ou inferior a 30%, conforme NBR 16974 (1);

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

b) quando obtidos por britagem de pedregulhos ou seixos, 100% em massa dos fragmentos devem apresentar no mínimo uma face fragmentada pela britagem e 90% em massa dos fragmentos devem apresentar no mínimo duas faces britadas;

c) índice de forma, superior a 0,5 conforme DNIT 425/2020 - ME [2]

d) os agregados utilizados devem apresentar perdas inferiores a 12% quando submetidos à avaliação da durabilidade com sulfato de sódio, em cinco ciclos, conforme DNIT 446/2024 – ME[3].

### 3.2.2 Agregado Miúdo

Deve constituir-se por agregados minerais britados passantes integralmente da peneira nº 4, de 4,8 mm, e retidos na peneira 200, de 0,075mm. É vetado o uso de areia natural para constituir esta fração. Deve apresentar partículas individuais resistentes, livres de torrões de argila e outras substâncias nocivas. O equivalente de areia obtido conforme NBR 12052[4] deve ser igual ou superior a 60%.

### 3.2.3 Material de Enchimento – Filer

O material de enchimento deve ser de natureza mineral finamente dividido, tal como cimento Portland ou cal calcítica do tipo CH-1 até o limite de 2%, conforme DNIT 418/2019 – EM [5]. Na aplicação, o filer deve estar seco e isento de grumos. A granulometria a ser atendida deve obedecer aos limites estabelecidos na Tabela 1.

**Tabela 1 – Granulometria do Material de Enchimento**

| Peneira de Malha Quadrada | | % em Massa, Passando |
|---|---|---|
| ASTM | mm | |
| n° 40 | 0,42 | 100 |
| n° 80 | 0,18 | 95 – 100 |
| n° 200 | 0,075 | 65 – 100 |

## 3.3 Melhorador de Adesividade

A adesividade dos agregados ao ligante asfáltico é determinada conforme os métodos NBR 12583[6] e NBR 12584[7].

Quando não houver boa adesividade entre o ligante asfáltico e os agregados, deve-se empregar aditivo melhorador de adesividade na quantidade fixada no projeto de mistura asfáltica, verificando novamente a adesividade, conforme NBR 12583[6] e NBR 12584[7].

No projeto da mistura asfáltica deve ser realizado o ensaio de Danos por Umidade Induzida, conforme NBR 15617[9], onde a mistura asfáltica deve apresentar um valor de RRT mínimo de 80%.

## 3.4 Composição da Mistura

O projeto da dosagem de mistura deve atender aos seguintes requisitos:

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

a) a faixa de trabalho, definida a partir da curva granulométrica de projeto, deve obedecer a tolerância indicada para cada peneira na Tabela 2, porém, respeitando os limites da faixa granulométrica adotada;

b) os corpos-de-prova Marshall, devem ser moldados conforme DNIT 447/2024 - ME[8];

c) o projeto de dosagem deve ser refeito periodicamente ou todas as vezes que ocorrer alteração de algum dos materiais constituintes da mistura;

d) a composição da mistura deve satisfazer os requisitos apresentados na Tabela 2, com as respectivas tolerâncias no que diz respeito à granulometria e teor de ligante;

e) o teor ótimo de ligante do projeto de mistura asfáltica, deve corresponder àquele que atende simultaneamente a todos os requisitos da Tabela 3.

## Tabela 2 – Composição das Misturas Asfálticas

| **Peneira de Malha Quadrada** | | **Designação** | | | | | **Tolerâncias** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **I** | **II** | **III** | **IV** | **V** | |
| **ASTM** | **mm** | **% em Massa, Passando** | | | | | |
| ¾” | 19,0 | - | - | - | - | 100 | - |
| ½” | 12,5 | 100 | 100 | 100 | 100 | 70 - 100 | ± 7% |
| 3/8” | 9,5 | 80 - 100 | 70 - 100 | 80 - 90 | 70 - 90 | 50 - 80 | ± 7% |
| Nº 4 | 4,75 | 20 - 40 | 20 - 40 | 40 - 50 | 15 - 30 | 18 - 30 | ± 5% |
| Nº 10 | 2,0 | 12 - 20 | 5 - 20 | 10 - 18 | 10 - 22 | 10 - 22 | ± 5% |
| Nº 40 | 0,42 | 8 – 14 | 3 - 12 | 6 - 12 | 6 - 13 | 6 - 13 | ± 5% |
| Nº 80 | 0,18 | - | 2 - 8 | 4 - 8 | 4 - 9 | 4 - 9 | ± 3% |
| Nº 200 | 0,075 | 3 - 5 | 0 - 4 | 3 - 6 | 3 - 6 | 3 - 6 | ± 2% |
| **Espessura** | | 3,0 cm | | 4,0 cm | | | |
| **Variação do teor de ligante %** | | 4,0 – 6,0 | | | | | ± 0,3% |

## Tabela 3 – Requisitos para o Projeto de Mistura Asfáltica

| **Características** | **Método de Ensaio** | **Camada Porosa de Atrito** |
|---|---|---|
| Volume de vazios, % | ASTM D 3203[30] | 18 a 22 |
| Perda de massa no ensaio Cântabro, máximo, % | NBR 15140[10] | 20 |
| Escorrimento de ligante asfáltico na temperatura de produção, máximo, % | ASTM D 6390[31] ou AASHTO T 305[32] | 0,3 |
| Resistência à tração por compressão diametral estática a 25 ºC, mínima, MPa | NBR 15087[13] | 0,6 |
| Dano por umidade induzida (DUI), mínimo, (%) | NBR 15617[9] | 80 |

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

# 4 EQUIPAMENTOS

Antes do início da execução dos serviços todos os equipamentos devem ser examinados e aprovados pelo DER/SP.

Os equipamentos básicos para execução dos serviços são compostos das seguintes unidades:

## 4.1 Depósito para Cimento Asfáltico Modificado por Polímero

Os depósitos para o cimento asfáltico modificado por polímero devem ser capazes de aquecer o material conforme as exigências técnicas estabelecidas, atendendo aos seguintes requisitos:

a) o aquecimento deve ser efetuado por meio de serpentinas a óleo térmico, a eletricidade ou outros meios, de modo a não haver contato direto de chamas com o depósito. Esses dispositivos também devem evitar qualquer superaquecimento localizado, e devem ser capazes de aquecer o cimento asfáltico a temperaturas limitadas;

b) o sistema de circulação para o cimento asfáltico deve garantir a circulação contínua do depósito ao misturador, durante todo o período de operação;

c) todas as tubulações e acessórios devem ser dotados de isolamento térmico a fim de evitar perdas de calor;

d) a capacidade dos depósitos deve ser suficiente para, no mínimo, três dias de serviço.

## 4.2 Depósito para Agregados

Os agregados devem ser estocados convenientemente, isto é, em locais drenados, cobertos, dispostos de maneira que não haja mistura de agregados, preservando a sua homogeneidade e granulometria e não permitindo contaminações de agentes externos.

A transferência para silos de armazenamento deve ser feita o mais breve possível.

## 4.3 Silos para Agregados

Os silos devem ter capacidade total de, no mínimo, três vezes a capacidade do misturador e ser divididos em compartimentos, dispostos de modo a separar e estocar, adequadamente, as frações apropriadas do agregado. Cada compartimento deve possuir dispositivos adequados de descarga. Deve haver um silo adequado para filer, conjugado com dispositivos para sua dosagem.

O número de silos frios deve ser maior ou igual ao número de frações de agregados disponíveis.

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

## 4.4 Usina para Misturas Asfálticas

A usina utilizada deve estar equipada com uma unidade classificadora de agregados, após o secador, dispor de misturador capaz de produzir uma mistura homogênea. Um termômetro, com proteção metálica e escala de 90 ºC a 210 ºC, com precisão de ± 1 ºC, deve ser fixado no dosador de ligante ou na linha de alimentação do asfalto, em local adequado, próximo à descarga do misturador. A usina deve ser equipada, além disso, com pirômetro elétrico, ou outros instrumentos termométricos aprovados, colocados na descarga do secador, com dispositivos para registrar a temperatura dos agregados, com precisão de ± 5 ºC. A usina deve possuir termômetros nos silos quentes.

Pode, também, ser utilizada uma usina do tipo tambor-secador-misturador, de duas zonas, convecção e radiação, providas de: coletor de pó, alimentador de filer, sistema de descarga da mistura asfáltica, por intermédio de transportador de correia com comporta do tipo *clam-shell* ou alternativamente, em silos de estocagem.

Nas usinas do tipo mistura contínua, recomenda-se que possuam um silo de estocagem para armazenamento da mistura asfáltica recém produzida com o objetivo de evitar paralisação da obra por falta de caminhões ou qualquer outro motivo. A capacidade de armazenamento do silo deverá ser equivalente a, no mínimo, a produção de uma hora de usina.

A usina deve possuir silos de agregados múltiplos, com pesagens dinâmicas individuais e deve ser assegurada a homogeneidade das granulometrias dos diferentes agregados.

A usina deve possuir um sistema de controle de fluxo de asfalto do tipo fechado, onde não há interferência do operador na velocidade da bomba de alimentação do ligante asfáltico, bem como de retorno de filer. Estes sistemas devem ser sincronizados com o da correia principal de agregados do silo frio.

A bomba de alimentação do ligante asfáltico deve estar posicionada, no máximo, a dois metros de distância do misturador.

Ainda para as usinas de fluxo contínuo, recomenda-se que haja um misturador externo.

Recomenda-se que as usinas tenham tanque de armazenamento de cimento asfáltico vertical com fundo cônico. Os tanques da usina, tanto horizontal quanto vertical, devem possuir agitadores.

A usina deve possuir ainda uma cabine de comando e quadros de força. Tais partes devem estar instaladas em recinto fechado, com cabos de força e comandos ligados em tomadas externas especiais para esta aplicação. A operação de pesagem de agregados e do ligante asfáltico deve ser semiautomática com leitura instantânea e acumulada, por meio de registros digitais em *display* de cristal líquido. Devem existir potenciômetros para compensação das massas específicas dos diferentes tipos de ligantes asfálticos e para seleção de velocidade dos alimentadores dos agregados frios

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

## 4.5 Caminhão para Transporte da Mistura

Os caminhões para o transporte da mistura asfáltica devem ter caçambas metálicas robustas, limpas e lisas, ligeiramente lubrificadas com água e sabão, óleo cru fino, óleo parafínico, líquido de propriedades similares aos anteriores ou solução de cal hidratada (3:1), de modo a evitar a aderência da mistura à chapa. Não é permitida a utilização de produtos susceptíveis à dissolução do ligante asfáltico, como óleo diesel, gasolina etc. As caçambas devem ser providas de lona para proteção da mistura.

## 4.6 Equipamento para Distribuição e Acabamento

A distribuição da mistura asfáltica é normalmente efetuada através de vibro-acabadora automotriz, capaz de espalhar e conformar a mistura ao alinhamento, cotas e abaulamento requeridos.

A vibro-acabadora deve ser preferencialmente equipada com esteiras metálicas para sua locomoção. O uso de acabadoras de pneus só é admitido se for comprovado que a qualidade do serviço não é afetada por variações na carga acabadora.

A acabadora deve possuir ainda:

a) sistema composto por parafuso-sem-fim, capaz de distribuir adequadamente a mistura, em toda a largura da faixa de trabalho;

b) sistema rápido e eficiente de direção, além de marchas para frente e para trás;

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

d) sistema de nivelamento eletrônico.

## 4.7 Equipamento para Compactação

A compactação da mistura é efetuada pela ação de rolos lisos tipo tandem autopropelido, com peso compatível à espessura da camada, sendo recomendado que tenha, no máximo, 8 toneladas.

O equipamento em operação deve ser suficiente para compactar a mistura de forma que esta atinja a massa específica requerida, para atingir o grau de compactação exigido, enquanto está se encontrar em condições de trabalhabilidade.

## 4.8 Ferramentas e Equipamentos Acessórios

Devem ser utilizados, complementarmente, os seguintes equipamentos e ferramentas:

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

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

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

# 5 EXECUÇÃO

## 5.1 Segmento Experimental

A execução do primeiro segmento de concreto asfáltico, que deverá ter o mínimo de 200 metros de extensão, será considerada experimental, para obtenção dos objetivos:

a) verificar se a mistura produzida na usina apresenta características que atendam as indicadas no projeto. Caso isso não ocorra, realizar um novo estudo para este fim;

b) definir o processo construtivo da camada (distribuição da massa, temperatura de início de compactação, equipamentos de compactação e número de passadas de cada um deles) para obter uma camada integra de concreto asfáltico, assim como seu volume de vazios;

c) Verificar se os equipamentos a serem utilizados na obra estão adequados, em condições de uso e suficientes para a execução da mesma (checklist dos equipamentos).

As diretrizes estabelecidas no segmento experimental, desde que homologadas pelos engenheiros responsáveis da contratada e contratante, serão utilizadas na execução dos novos segmentos de concreto asfáltico, que tenham o mesmo projeto.

A execução do segmento experimental deverá atender aos itens 5.2 ao 5.7 da especificação

## 5.2 Condições Gerais

Não é permitida a execução dos serviços em dias de chuva. A mistura asfáltica somente deve ser aplicada quando a temperatura ambiente for superior a 10 ºC.

## 5.3 Preparo da Superfície

A superfície deve apresentar-se limpa, isenta de pó ou outras substâncias prejudiciais. Eventuais defeitos existentes devem ser adequadamente reparados, previamente à aplicação da mistura.

Caso tenha ocorrido chuva previamente à aplicação da mistura asfáltica, a camada de apoio deverá estar seca não apenas na superfície, como principalmente no interior da camada subjacente.

A pintura de ligação deve ser executada, obrigatoriamente, com a barra espargidora, respeitando os valores recomendados para taxa de ligante. Somente para correções localizadas ou locais de difícil acesso pode ser utilizada a caneta. A pintura de ligação deve formar uma película homogênea e promover condições adequadas de aderência quando da execução do concreto asfáltico.

Quando a pintura de ligação não tiver condições satisfatórias de aderência, nova pintura de ligação deve ser aplicada previamente à distribuição da mistura.

Deve-se tomar cuidado para que não ocorra superposição de imprimadura ligante quando da execução de duas faixas contíguas tanto transversal quando longitudinalmente.

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

O tráfego de caminhões, para início do lançamento da mistura asfáltico, sobre a pintura de ligação só é permitido após o rompimento definitivo e cura do ligante aplicado.

## 5.4 Produção da Mistura

A mistura asfáltica deve ser produzida em usinas apropriadas, conforme anteriormente especificado. A usina deve ser calibrada, de forma a assegurar a obtenção das características desejadas para a mistura.

Os agregados, principalmente os finos, devem ser homogeneizados com a pá carregadeira antes de serem colocados nos silos frios.

Para o caso de usinas gravimétricas, as aberturas dos silos frios devem ser ajustadas de acordo com a granulometria da dosagem e dos agregados para evitar sobras nos silos quentes.

A temperatura do cimento asfáltico não modificado por polímero empregado na mistura deve ser determinada para cada tipo de ligante em função da relação temperatura-viscosidade. A temperatura conveniente é aquela na qual o cimento asfáltico apresenta uma viscosidade *Saybolt-Furol* entre de 75 SSF a 150 SSF, determinada conforme NBR 14950[(29)], recomenda-se a viscosidade situada no intervalo de 75 SSF a 95 SSF. Quando medida por viscosímetro rotacional, conforme NBR 15184[(14)], a viscosidade recomendada é de 170±20 cP. A temperatura do ligante não deve ser inferior a 120 °C nem exceder 177 °C.

A temperatura do cimento asfáltico modificado por polímero empregado na mistura deve ser determinada para cada tipo de ligante em função da relação temperatura-viscosidade *Brookfield*, definida pelo fabricante e determinada conforme NBR 15184[(14)]. A temperatura do ligante não deve exceder a 177 °C.

Para o caso de usinas gravimétricas, os agregados devem ser aquecidos a temperaturas de 10 °C a 15 °C acima da temperatura do cimento asfáltico, sem ultrapassar 177 °C.

A carga dos caminhões deve ser feita de maneira a evitar segregação da mistura dentro da caçamba, 1º na frente, 2º na traseira e 3º no meio.

O início da produção na usina só deve ocorrer quando todo o equipamento de pista estiver em condições de uso, para evitar a demora na descarga na acabadora que pode acarretar diminuição da temperatura da mistura, com prejuízo da compactação.

## 5.5 Transporte da Mistura

A mistura asfáltica produzida deve ser transportada da usina ao local de aplicação, em caminhões, atendendo ao especificado no item 4.6 para que a mistura seja colocada na pista à temperatura especificada.

As caçambas dos veículos devem ser cobertas com lonas impermeáveis durante o transporte de forma a proteger a massa asfáltica da ação de chuvas ocasionais, da eventual contaminação por poeira e, especialmente, da perda de temperatura e queda de partículas durante o transporte. As lonas devem estar bem fixadas na dianteira para não permitir a entrada de ar entre a cobertura e a mistura.

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Para fins de lubrificação da caçamba do caminhão, não será permitida a utilização de produtos agressivos ao ligante asfáltico como, por exemplo, óleo diesel, gasolina etc.

O tempo máximo de permanência da mistura no caminhão é dado pelo limite de temperatura estabelecido para aplicação da massa na pista.

## 5.6 Distribuição da Mistura

A distribuição do concreto asfáltico deve ser feita por equipamentos adequados, conforme especificado no item 4.6.

Para o caso de emprego de concreto asfáltico como camada de rolamento, ligação ou de regularização, a mistura deve ser distribuída por uma ou mais acabadoras, atendendo aos requisitos anteriormente especificados.

Deve ser assegurado, previamente ao início dos trabalhos, o aquecimento conveniente da mesa alisadora da acabadora à temperatura compatível com a da massa a ser distribuída. Deve-se observar que o sistema de aquecimento se destina exclusivamente ao aquecimento da mesa alisadora e nunca de massa asfáltica que eventualmente tenha esfriado em demasia.

Caso ocorram irregularidades na superfície da camada acabada, estas devem ser corrigidas de imediato pela adição manual da mistura, seu espalhamento deve ser efetuado por meio de ancinhos ou rodos metálicos. Esta alternativa deve ser, no entanto, minimizada, já que o excesso de reparo manual é nocivo à qualidade do serviço. A mistura deve apresentar textura uniforme, sem pontos de segregação.

Na partida da acabadora devem ser colocadas de 2 a 3 réguas, com a espessura do empolamento previsto, onde a mesa deve ser apoiada.

A descarga do material da vibro-acabadora deve ser contínua, de modo que trabalhe sempre com o reservatório meio cheio. O caminhão deve ser empurrado pela acabadora, não se permitindo choques ou travamento dos pneus durante a operação.

A vibro-acabadora deve sempre ser abastecida exclusivamente com o material da caçamba, sendo vedado o aproveitamento do material das abas entre as cargas.

O tipo de acabadora deve ser definido em função da capacidade de produção da usina, de maneira que esta esteja continuamente em movimento, sem paralisações para esperar caminhões. Esta velocidade da acabadora deve estar sempre entre 2,5 e 10,0 m por minuto.

Quando for utilizado o prolongamento da mesa, devem ser instaladas as respectivas extensões da “rosca sem fim”, de modo que o término dela fique situado a aproximadamente 20,0 cm antes da lateral da mesa deslizante, de forma a evitar segregação.

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

## 5.7 Compactação da Mistura

A rolagem tem início logo após a distribuição da mistura. A fixação da temperatura de rolagem condiciona-se à natureza da massa e às características do equipamento utilizado. Como norma geral, deve-se iniciar a compactação na temperatura mais elevada que a mistura asfáltica possa suportar, temperatura está fixada experimentalmente, em cada caso.

A rolagem deve ser feita com rolo metálico liso tipo tandem. As operações de rolagem devem atender às seguintes orientações:

a) a compactação deve ser iniciada pelas bordas, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista;

b) nas curvas, a compactação deve começar sempre do ponto mais baixo para o mais alto;

c) cada passada do rolo deve ser recoberta na seguinte, em pelo menos 1/3 da largura do rolo;

d) durante a rolagem não são permitidas mudanças de direção ou inversões bruscas de marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém rolado, ainda quente;

e) os cilindros dos rolos devem ser ligeiramente umedecidos para evitar a aderência da mistura. Podem ser utilizados os mesmos produtos indicados para a caçamba dos caminhões transportadores. Se for utilizada água, esta deve ser pulverizada, não devendo escorrer pelo tambor nem acumular na superfície da camada.

## 5.8 Juntas

O processo de execução das juntas transversais e longitudinais deve assegurar condições de acabamento adequadas, de modo que não sejam percebidas irregularidades nas emendas.

Em rodovias de pista dupla é recomendado o uso de duas vibro-acabadoras, de modo que os panos adjacentes sejam executados simultaneamente, tanto nas faixas da pista quanto nos acostamentos.

Em rodovias em operação, devem ser evitados degraus longitudinais muito extensos, permitindo-se no máximo o resultante de uma jornada de trabalho. Na jornada de trabalho seguinte, a aplicação da massa asfáltica deve começar no início do degrau remanescente da jornada de trabalho anterior.

No reinício dos trabalhos, deve-se realizar a compactação da emenda com o rolo perpendicular ao eixo, com 1/3 do rolo sobre o pano já compactado e os outros 2/3 sobre a massa recém-aplicada.

## 5.9 Abertura ao Tráfego

A camada recém-acabada deve ser liberada ao tráfego somente quando a massa atingir a temperatura ambiente.

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

# 6 CONTROLE

Todos os materiais a serem utilizados nos serviços devem ser ensaiados em laboratórios, conforme os métodos abaixo indicados e atender as especificações recomendadas pelo DER/SP.

## 6.1 Controle dos Materiais

### 6.1.1 Cimento Asfáltico Modificado por Polímero

Para todo carregamento que chegar à obra, devem ser realizados:

a) um ensaio de penetração a 25 ºC, conforme NBR 6576[15];
b) um ensaio de ponto de amolecimento, conforme NBR 6560[19];
c) um ensaio de viscosidade Brookfield, conforme NBR 15184[14];
d) um ensaio de ponto de fulgor, conforme NBR 11341[16];
e) um ensaio determinação de formação de espuma, quando aquecido a 175 ºC;
f) um ensaio de recuperação elástica, conforme NBR 15086[17].

Para cada 100 t:

a) um ensaio de estabilidade à estocagem, conforme NBR 15166[18];
b) um ensaio do resíduo no RTFOT: variação em massa conforme NBR 15235[20], ponto de amolecimento conforme NBR 6560[19], penetração conforme NBR 6576[15] e recuperação elástica conforme NBR 15086[17].

Para todo carregamento de cimento asfáltico que chegar à obra deve-se retirar uma amostra que será identificada e armazenada para possíveis ensaios posteriores.

### 6.1.2 Agregados

Diariamente deve-se inspecionar o britador e os depósitos, com o intuito de garantir que os agregados estejam limpos, isentos de pó e de outras contaminações prejudiciais.

Devem ser executadas as seguintes determinações no agregado graúdo:

a) abrasão Los Angeles, conforme NBR 16974 [1]: um ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;
b) índice de forma, conforme DNIT 425/2020 - ME [2]: um ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;
c) ensaio de durabilidade, com sulfato de sódio, em cinco ciclos, conforme DNIT 446/2024 – ME[3]: um ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;
d) equivalente de areia do agregado miúdo, conforme NBR 12052[4]: um ensaio por jornada de 8 horas de trabalho e sempre que houver variação da natureza do material;

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

e) a adesividade dos agregados ao ligante asfáltico, conforme NBR 12583[6] e NBR 12584[7]; para todo carregamento que cimento asfáltico que chegar na obra e sempre que houver variação da natureza dos materiais.

### 6.1.3 Melhorador de Adesividade

Quando a adesividade não for satisfatória e o melhorador de adesividade for incorporado na mistura, deve-se verificar novamente a adesividade, conforme NBR 12583[6] e NBR 12584[7].

## 6.2 Controle da Produção da Mistura Asfáltica

O controle da produção da mistura asfáltica deve ser acompanhado por laboratório, o qual deve realizar o acompanhamento e os ensaios pertinentes e deve obedecer à metodologia indicada pelo DER/SP, e atender os parâmetros recomendados.

### 6.2.1 Temperaturas

O controle da temperatura da produção da mistura asfáltica modificada por polímero deve ser realizado de acordo com os seguintes procedimentos:

a) para o caso de usinas gravimétricas, temperatura dos agregados nos silos quentes: duas determinações de cada silo, por jornada de 8 horas de trabalho;

b) temperatura do cimento asfáltico, antes da entrada do misturador: duas determinações por jornada de 8 horas de trabalho;

c) temperatura da massa asfáltica, na saída dos caminhões carregados na usina: em todo caminhão.

### 6.2.2 Granulometria dos Agregados

Devem ser executadas as seguintes análises granulométricas dos agregados, durante a produção da mistura:

a) granulometria do agregado de cada silo quente ou dos silos frios, quando tratar-se de usina tipo tambor-secador-misturador: 2 determinações de cada agregado por jornada de 8 h de trabalho conforme NBR 17054 [21];

b) granulometria do filer: 1 ensaio por jornada de 8 h de trabalho conforme NBR 17054[21];

c) se indicada a adição de filer no projeto da mistura, deve-se realizar inspeção rigorosa da quantidade do filer adicionado.

### 6.2.3 Teor de Ligante Asfáltico, Granulometria da Mistura e Densidade Máxima Teórica (Rice)

Devem ser executados os seguintes ensaios para controle do teor de ligante asfáltico e granulometria da mistura:

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

a) extração de ligante asfáltico, conforme o método de ensaio o método de ensaio ME-DE-P00-011[22], quantas vezes forem necessárias no início de cada jornada de trabalho e sempre que houver indícios da falta ou excesso de ligante no teor de asfalto da mistura, no mínimo 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho;

b) granulometria da mistura asfáltica com material resultante das extrações da alínea a; quantas vezes forem necessárias para a calibração da usina, no mínimo dois ensaios por jornada de 8 horas de trabalho, conforme NBR 17054 [21];

c) densidade máxima teórica (Rice), conforme método de ensaio DNIT 427/2020 – ME, 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho.

## 6.3 Controle da Aplicação e Destinação da Mistura Asfáltica

O controle da aplicação da mistura asfáltica deve ser efetuado através dos procedimentos descritos em seguida.

### 6.3.1 Temperaturas

Devem ser executadas as seguintes leituras de temperaturas na massa asfáltica na pista:

a) temperatura da massa asfáltica em cada caminhão que chegar à pista, com leituras efetuadas na frente, no meio e na traseira da caçamba;

b) temperatura da massa asfáltica distribuída no momento do espalhamento e no início da compactação, a cada descarga efetuada.

### 6.3.2 Teor de Ligante Asfáltico, Granulometria da Mistura, Resistência à Tração e Perda de Massa no Ensaio Cântabro

Deverão ser coletadas amostras na saída da acabadora, com o auxílio de uma chapa, para que a amostra não seja contaminada pela emulsão asfáltica da pintura de ligação.

Devem ser executadas as seguintes determinações em amostras colhidas imediatamente após a passagem da acabadora:

a) extração de asfalto, conforme o método de ensaio o método de ensaio DER/SP ME-DE-P00-011[22] duas extrações por jornada de trabalho de 8 horas;

b) análise granulométrica da mistura de agregados, com material resultante das extrações, de no mínimo 1.000 g, conforme NBR 17054[21]: dois ensaios por jornada de 8 horas de trabalho.

### 6.3.3 Controle da Compactação e Volume de Vazios

A cada 100 m de faixa de rolamento de massa compactada, deve ser obtida uma amostra indeformada extraída com sonda rotativa, em local aproximadamente correspondente à trilha de roda externa, na faixa externa. De cada amostra extraída com sonda rotativa deve ser determinada a respectiva densidade aparente, conforme DNIT 428/2022 - ME [24].

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

### 6.3.4 Destinação

Os locais de aplicação da mistura devem estar sempre associados às datas de produção e com os respectivos ensaios de controle tecnológico.

## 6.4 Controle Geométrico e de Acabamento

O controle geométrico deve ser feito por acompanhamento topográfico, obedecendo à metodologia indicada pelo DER/SP e deve satisfazer os parâmetros recomendados.

### 6.4.1 Controle de Espessura e Cotas

A espessura da camada e as diferenças de cotas devem ser avaliadas nos corpos-de-prova extraídos com sonda rotativa ou pelo nivelamento da seção transversal, a cada 20 m.

Devem ser nivelados os pontos no eixo, bordas e em dois pontos intermediários.

### 6.4.2 Controle da Largura e Alinhamento

A verificação do eixo e das bordas deve ser feita durante os trabalhos de locação e nivelamento nas diversas seções correspondentes às estacas da locação. A largura da plataforma acabada deve ser determinada por medidas à trena executadas pelo menos a cada 20 m.

### 6.4.3 Controle de Acabamento da Superfície

Devem ser executados os seguintes procedimentos para controle de acabamento da superfície da camada de rolamento:

a) durante a execução deve ser feito em cada estaca da locação o controle de acabamento da superfície do revestimento, com o auxílio de duas réguas, uma de 3,00 m e outra de 1,20 m, colocadas respectivamente em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada;

b) o acabamento longitudinal, para pavimentos novos, será avaliado pela irregularidade longitudinal da superfície, em cada faixa de tráfego. A irregularidade da superfície deve ser verificada por aparelhos adequados conforme indicado na IP-DE-P00/001[(23)] e o IRI (*International Roughess Index*) será determinado para cada trecho de 200 metros ou nos locais indicados pela fiscalização;

## 6.5 Condições de Segurança

As condições de segurança serão determinadas pela macrotextura do revestimento asfáltico, conforme NBR 16504[(12)], através de ensaios de mancha de areia, espaçados a cada 100 m.

Tais condições serão avaliadas apenas nas camadas de rolamento e devem seguir os parâmetros definidos no projeto executivo de pavimentação.

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

## 6.6 Deflexões

Deve-se verificar as deflexões recuperáveis máximas ($D_0$) da camada a cada 20 m por faixa alternada e 40 m na mesma faixa, através da viga *Benkelman*, conforme DNER ME 024[25], ou FWD, *Falling Weight Deflectometer*, de acordo com DNER PRO 273[26].

# 7 ACEITAÇÃO

Os serviços são aceitos e passíveis de medição desde que atendam simultaneamente as exigências de materiais, da mistura asfáltica, de produção e de execução estabelecidas nesta especificação e discriminadas a seguir.

## 7.1 Materiais

### 7.1.1 Cimento Asfáltico Modificado por Polímero

O cimento asfáltico utilizado é aceito se os resultados individuais dos ensaios estabelecidos no item 6.1.1 atenderem ao especificado no anexo C, ou a especificação que estiver em vigor na época de sua utilização.

### 7.1.2 Agregados

Os agregados são aceitos desde que:

a) os resultados individuais de abrasão Los Angeles, índice de forma, e durabilidade do agregado graúdo atendam o estabelecidos no item 3.2.1;

b) os resultados individuais e equivalente areia sejam superiores a 55%.

### 7.1.3 Melhorador de adesividade

Os aditivos melhoradores de adesividade, quando utilizados, são aceitos desde que os resultados individuais dos ensaios NBR 12583[6] e NBR 12584[7] produzam adesividade satisfatória.

## 7.2 Produção e Execução

### 7.2.1 Temperaturas

As temperaturas medidas durante a produção a mistura asfáltica são ser aceitas se:

a) as temperaturas individuais, medidas na linha de alimentação do cimento asfáltico com polímero, efetuadas ao longo do dia de produção, encontrarem-se situadas na faixa desejável, definida em função da curva viscosidade *Brookfield* x temperatura do ligante empregado, conforme fixada pelo fabricante. Variações constantes ou desvios significativos em relação à faixa de temperatura desejável indicam a necessidade de suspensão temporária do processo de produção, para que sejam executados os necessários ajustes;

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

b) não é permitido o aquecimento do cimento asfáltico acima de 177 °C. A temperatura de aquecimento dos agregados, medida nos silos quentes deve ser de 5 °C a 10 °C superior à temperatura definida para o aquecimento do ligante, desde que não supere a 177 °C;

c) as temperaturas medidas na saída dos caminhões da usina devem situar-se em uma faixa suficientemente elevada para suportar eventuais perdas de calor, e chegar à obra com temperatura compatível à faixa especificada em projeto para sua aplicação.

A massa asfáltica chegada à pista será aceita, sob o ponto de vista de temperatura, se:

a) as temperaturas medidas no mínimo em três pontos do caminhão imediatamente antes da aplicação variem somente entre ± 5° C da indicada para início da rolagem;

b) a temperatura da massa, no decorrer da rolagem, propicie condições adequadas de compactação, tendo em vista o equipamento utilizado e o grau de compactação buscado, isto é, dentro da faixa de tolerância para compactação da massa asfáltica.

### 7.2.2 Granulometria dos Agregados da Mistura

Os resultados da granulometria dos agregados e da mistura, quando analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através do controle bilateral conforme anexo B, devem apresentar variação máxima definida pela faixa de trabalho correspondente.

### 7.2.3 Teor de Ligante Asfáltico

Os teores de ligante devem ser analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através do controle bilateral, de acordo com o anexo B. A tolerância admitida para variação do teor é de ± 0,2 pontos percentuais do teor ótimo de ligante do projeto da mistura.

### 7.2.4 Resistência à Tração

Os resultados de resistência à tração por compressão diametral estática devem ser analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através do controle unilateral, de acordo com o anexo B. Os valores obtidos devem ser iguais ou superiores a 0,60 MPa.

### 7.2.5 Perda de Massa no Ensaio Cântabro

Os resultados de perda de massa no ensaio cântabro devem ser analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através do controle unilateral, de acordo com o anexo B. Os valores obtidos devem ser inferiores a 20%.

### 7.2.6 Compactação e Volume de Vazios

O grau de compactação de cada segmento avaliado é obtido através do cálculo do valor estatístico de mínimo 4 amostras. O grau de compactação individual é determinado através da seguinte equação:

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

$$GC = \frac{100 \times d_{pista}}{G_{mm}}$$

Sendo:

$d_{pista}$ = densidade aparente do corpo de prova extraído da pista;

$G_{mm}$ = densidade máxima medida (Rice) da amostra coletada da vibro-acabadora;

O grau de compactação é aceito se o valor estatístico calculado for: GC ≥ 92% e ≤ 97%.

Os resultados de volume de vazios devem ser analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através do controle bilateral, de acordo com o anexo B. Os valores obtidos devem se situar entre 18% e 22%.

## 7.3 Geometria

Os serviços executados são aceitos quanto à geometria desde que:

a) a largura da plataforma não apresente valores inferiores aos previstos para a camada e os desvios verificados no alinhamento não excedam a + 5 cm;

b) a espessura determinada estatisticamente, conforme equações 3 e 4 do anexo B, situe-se no intervalo de ± 5% em relação à espessura prevista em projeto;

c) os valores individuais de espessura não apresentem variações fora do intervalo de ± 10% em relação à espessura prevista em projeto;

d) não apresentem valores individuais de cota fora do intervalo de +2 a -0,5cm em relação à cota prevista em projeto;

e) as regiões que, eventualmente, apresentem deficiência de espessura sejam objeto de amostragem complementares através de novas extrações de corpos-de-prova com sonda rotativa; as áreas deficientes, devidamente delimitadas, devem ser removidas e refeitas às expensas da executante e de acordo com orientação da fiscalização.

## 7.4 Acabamento

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

a) o controle de acabamento da superfície de revestimento, com o auxílio de duas réguas, colocadas respectivamente em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, não apresentar variações da superfície entre dois pontos quaisquer de contatos superiores a 0,5 cm, quando verificadas com quaisquer uma das réguas;

b) as juntas executadas devem apresentar-se homogêneas em relação ao conjunto da mistura, isentas de desníveis e de saliências;

c) a superfície deve apresentar-se desempenada; não apresentando marcas indesejáveis do equipamento de compactação e ondulações decorrentes de variações na carga da vibroacabadora;

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

d) para pavimentos novos a irregularidade longitudinal da superfície em cada faixa de tráfego deve apresentar IRI conforme indicado na IP-DE-P00/001(23);

e) se os valores de IRI forem superiores aos especificados no projeto executivo de pavimentação, os trabalhos devem ser suspensos e não sendo permitido o reinício até que as ações corretivas sejam realizadas pela executante; os trechos devem ser corrigidos e novamente avaliados; onde forem feitas correções, a executante deve restabelecer as condições de rolamento e garantir a uniformidade em relação ao trecho contíguo não corrigido; os trabalhos corretivos devem estar completos antes da determinação da espessura da camada acabada; todos os trabalhos corretivos devem ser feitos às expensas da executante.

## 7.5 Condições de Segurança e Deflexões

A altura da areia determinada no ensaio de mancha de areia deve ser maior ou igual a indicada no projeto executivo de pavimentação.

A deflexão característica de cada subtrecho determinada de acordo equação 4 do anexo B, para no mínimo 15 determinações, deve menor ou igual à estabelecida em projeto. Não são admitidos valores individuais de $D_0$ superior ao valor admitido em projeto.

# 8 CONTROLE AMBIENTAL

Os procedimentos de controle ambiental referem-se à proteção de corpos d'água, da vegetação lindeira e da segurança viária. A seguir são apresentados os cuidados e providências para proteção do meio ambiente, a serem observados no decorrer da execução do revestimento asfáltico poroso com ligante modificado por polímero.

## 8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais - Agregados

Devem ser observados os seguintes procedimentos na exploração das ocorrências de materiais:

a) para as áreas de apoio necessárias à execução dos serviços devem ser observadas as normas ambientais vigentes no DER/SP;

b) o material somente será aceito após a executante apresentar a licença ambiental de operação da pedreira e areal;

c) não é permitida a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação permanente ou de proteção ambiental;

d) não é permitida a exploração de areal em área de preservação permanente ou de proteção ambiental;

e) deve-se planejar adequadamente a exploração dos materiais, de modo a minimizar os impactos decorrentes da exploração e facilitar a recuperação ambiental após o término das atividades exploratórias;

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

f) caso seja necessário promover o corte de árvores, para instalação das atividades, deve ser obtida autorização dos órgãos ambientais competentes; os serviços devem ser executados em concordância com os critérios estipulados pelos órgãos ambientais constante nos documentos de autorização. Em hipótese alguma, será admitida a queima de vegetação ou mesmo dos resíduos do corte: troncos e arvores;

g) deve-se 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;

h) caso os agregados britados sejam fornecidos por terceiros, deve-se exigir documentação que ateste a regularidade das instalações, assim como sua operação, junto ao órgão ambiental competente;

i) instalar sistemas de controle de poluição do ar, dotar os depósitos de estocagem de agregados de proteção lateral e cobertura para evitar dispersão de partículas, dotar o misturador de sistema de proteção para evitar emissões de partículas para a atmosfera.

## 8.2 Cimento Asfáltico

Instalar os depósitos em locais afastados de cursos d'água e sem restrições ambientais. Vedar o descarte do refugo de materiais usados na faixa de domínio e em áreas onde possam causar prejuízos ambientais.

Impedir a instalação de usinas de asfalto a quente a uma distância inferior a 200 m, medidos a partir da base da chaminé, em relação a residências, hospitais, clínicas, centros de reabilitação, escolas, asilos, orfanatos, creches, clubes esportivos, parques de diversões e outras construções comunitárias.

Definir áreas para as instalações industriais de maneira tal que se consiga o mínimo de agressão ao meio ambiente, priorizando áreas sem restrições ambientais.

A empresa executante é responsável pela obtenção da licença ambiental de instalação e operação, assim como em manter a usina em condições de funcionamento dentro do prescrito nestas Normas.

## 8.3 Operação das Usinas e Agentes e Fontes Poluidoras

As operações em usinas asfálticas a quente englobam:

a) estocagem, dosagem, peneiramento e transporte de agregados frios;

b) transporte, peneiramento, estocagem e pesagem de agregados quentes;

c) transporte e estocagem de filer;

d) transporte, estocagem e aquecimento de óleo combustível e cimento asfáltico.

Os agentes e fontes poluidoras da operação das usinas de asfalto estão apresentados na Tabela 4 a seguir:

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

## Tabela 4 – Agentes e Fontes Poluidoras

| Agente Poluidor | Fontes Poluidoras |
|---|---|
| I - Emissão de Partículas | A principal fonte é o secador rotativo.<br>Outras fontes são: peneiramento, transferência e manuseio de agregados, balança, pilhas de estocagem e tráfego de veículos e vias de acesso. |
| II - Emissão de gases | Combustão do óleo: óxido de enxofre, óxido de nitrogênio, monóxido de carbono e hidrocarbonetos.<br>Misturador de asfalto: hidrocarbonetos.<br>Aquecimento de cimento asfáltico: hidrocarbonetos.<br>Tanques de estocagem de óleo combustível e de cimento asfáltico: hidrocarbonetos. |
| III - Emissões Fugitivas[1] | As principais fontes são pilhas de estocagem ao ar livre, carregamento dos silos frios, vias de tráfego, áreas de peneiramento, pesagem e mistura. |

[1] Emissões Fugitivas são quaisquer lançamentos ao ambiente, sem passar primeiro por alguma chaminé ou duto projetados para corrigir ou controlar seu fluxo.

Para a instalação das usinas asfálticas deve-se licenciá-las junto aos órgãos ambientais competentes.

Para a preservação do meio ambiente na operação das usinas, devem ser adotados os seguintes procedimentos:

a) instalar sistemas de controle de poluição do ar constituídos por ciclone e filtro de mangas ou por equipamentos que atendam aos padrões estabelecidos nas legislações vigentes;

b) apresentar, com o projeto para obtenção de licença, os resultados de medições em chaminés que comprovem a capacidade do equipamento de controle proposto para atender aos padrões estabelecidos pelo órgão ambiental;

c) dotar os silos de estocagem de agregados frios de proteções laterais e cobertura para evitar a dispersão das emissões durante a operação de carregamento;

d) enclausurar a correia transportadora de agregados frios;

e) adotar procedimentos de forma que a alimentação do secador seja feita sem emissão visível para a atmosfera;

f) manter pressão negativa no secador rotativo enquanto a usina estiver em operação para evitar emissões de partículas na entrada e saída do secador;

g) submeter o misturador, os silos de agregados quentes e as peneiras classificatórias do sistema de exaustão ao sistema de controle de poluição do ar, para evitar emissões de vapores e partículas para a atmosfera;

h) fechar os silos de estocagem de massa asfáltica;

i) manter limpas as vias de acesso internos, de tal modo que as emissões provenientes do tráfego de veículos não ultrapassem 20% da capacidade;

j) dotar os silos de estocagem de filer de sistema próprio de filtragem a seco;

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

k) adotar procedimentos operacionais que evitem a emissão de partículas provenientes dos sistemas de limpeza dos filtros de mangas e de reciclagem do pó retido nas margens;

l) acionar os sistemas de controle de poluição do ar antes dos equipamentos de processo;

m) manter as chaminés de instalações adequadas para realização de medições;

n) substituir o óleo combustível por outra fonte de energia menos poluidora, como gás ou eletricidade, e estabelecer barreiras vegetais no local sempre que possível.

## 8.4 Execução

Durante a execução devem ser observados os seguintes procedimentos:

a) deve ser implantada a sinalização de alerta e de segurança de acordo com as normas pertinentes aos serviços;

b) deve ser proibido o tráfego dos equipamentos fora do corpo da estrada para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências na drenagem natural;

c) caso haja necessidade de estradas de serviço fora da faixa de domínio, deve-se proceder o cadastro de acordo com a legislação vigente;

d) as áreas destinadas ao estacionamento e manutenção dos veículos devem ser devidamente sinalizadas, localizadas e operadas de forma que os resíduos de lubrificantes ou combustíveis não sejam carreados para os cursos d'água. As áreas devem ser recuperadas ao final das atividades;

e) todos os resíduos de lubrificantes ou combustíveis utilizados pelos equipamentos, seja na manutenção ou operação dos equipamentos, devem ser recolhidos em recipientes adequados e dada a destinação apropriada;

f) é proibida a deposição irregular de sobras de materiais utilizado na camada de revestimento asfáltico junto ao sistema de drenagem lateral, evitando seu assoreamento, bem como o soterramento da vegetação;

g) é obrigatório o uso de EPI's, equipamentos de proteção individual, pelos funcionários.

# 9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

Os serviços são medidos em metros cúbicos de camada acabada, cujo volume é calculado multiplicando as extensões obtidas a partir do estaqueamento pela área da seção transversal de projeto.

Os serviços recebidos e medidos da forma descrita são pagos conforme os respectivos preços unitários contratuais, nos quais estão inclusos: o fornecimento de materiais posto usina, inclusive filer e melhorador de adesividade, armazenamento, aquecimento, perdas, usinagem, carga e transporte até os locais de aplicação, descarga, espalhamento, compactação e acabamento; abrangendo inclusive a mão-de-obra com encargos sociais e equipamentos necessários aos serviços, executados de forma a atender ao projeto e às especificações técnicas.

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

| DESIGNAÇÃO | UNIDADE |
|---|---|
| 23.07.03.02 - Revestimento asfáltico modificado por polímero, tipo CPA, graduação I | m³ |
| 23.07.03.03 - Revestimento asfáltico modificado por polímero, tipo CPA, graduação II | m³ |
| 23.07.03.04 - Revestimento asfáltico modificado por polímero, tipo CPA, graduação III | m³ |
| 23.07.03.05 - Revestimento asfáltico modificado por polímero, tipo CPA, graduação IV | m³ |
| 23.07.03.06 - Revestimento asfáltico modificado por polímero, tipo CPA, graduação V | m³ |

## 10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16974**. Agregado graúdo – Ensaio de Abrasão Los Angeles. Rio de Janeiro, 2022.

2 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 425/2020 - ME.** Pavimentação - Agregado - Determinação do índice de forma com paquímetro - Método de ensaio. Brasília, 2020.

3 ____. **DNIT 446/2024 - ME**. Agregados – Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou magnésio – Método de ensaio. Brasília, 2024.

4 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12052**. Solo ou agregado miúdo - Determinação do equivalente de areia – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1992.

5 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 418/2019 - EM.** Pavimentação – Solo-Cal – Cal Virgem e Cal Hidratada – Especificação de material. Brasília, 2019.

6 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12583**. Agregado graúdo –Determinação da adesividade a ligante betuminoso. Rio de Janeiro, 2017.

7 ____. **NBR 12584**. Agregado miúdo – Verificação da adesividade a ligante betuminoso. Rio de Janeiro, 2017.

8 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 447/2024 - ME**. Misturas asfálticas – Ensaio de estabilidade e fluência Marshall – Método de ensaio. Brasília, 2024.

9 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15617**. Misturas asfálticas - Determinação do dano por umidade induzida. Rio de Janeiro, 2015.

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

10 ____. **NBR 15140**. Misturas asfálticas - Determinação da perda de massa por abrasão cântabro. Rio de Janeiro, 2014.

11 ____. **NBR 6296.** Produtos betuminosos semissólidos — Determinação da massa específica e densidade relativa. Rio de Janeiro, 2012.

12 ____. **NBR 16504**. Misturas asfálticas - Determinação da profundidade média da macrotextura superficial de pavimentos asfálticos por volumetria - Método da mancha de areia. Rio de Janeiro, 2016.

13 ____. **NBR 15087**. Misturas asfálticas – Determinação da resistência à tração por compressão diametral. Rio de Janeiro, 2012.

14 ____. **NBR 15184**. Materiais betuminosos - Determinação da viscosidade em temperaturas elevadas usando um viscosímetro rotacional. Rio de Janeiro, 2004.

15 ____. **NBR 6576**. Materiais asfálticos - Determinação da penetração. Rio de Janeiro, 2007.

16 ____. **NBR 11341**. Derivados de petróleo - Determinação dos pontos de fulgor e de combustão em vaso aberto Cleveland. Rio de Janeiro, 2015.

17 ____. **NBR 15086**. Materiais betuminosos - Determinação da recuperação elástica pelo ductilômetro. Rio de Janeiro, 2006.

18 ____. **NBR 15166**. Asfalto modificado - Ensaio de separação de fase. Rio de Janeiro, 2004.

19 ____. **NBR 6560**. Ligantes asfálticos - Determinação do ponto de amolecimento - Método do anel e bola. Rio de Janeiro, 2016.

20 ____. **NBR 15235**. Materiais asfálticos - Determinação do efeito do calor e do ar em uma película delgada rotacional. Rio de Janeiro, 2009.

21 ____. **NBR 17054**. Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2022.

22 DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **DER/SP ME-DE-P00/011**. Determinação do teor de asfalto por meio do forno NCAT (Ignition Method). São Paulo, 2024.

23 ____. **IP-DE-P00/001**. Projeto de Pavimentação. São Paulo, 2024.

24 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 428/2022 - ME**. Pavimentação – Misturas asfálticas – Determinação da densidade relativa aparente e da massa específica aparente de corpos de prova -– Método de ensaio. Brasília, 2022.

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

25 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER ME 024**. Pavimento – determinação das deflexões pela Viga Benkelman. Rio de Janeiro, 1994.

26 ____. **DNER PRO 273**. Determinação das deflexões utilizando o deflectômetro de impacto tipo "falling weight deflectometer – FWD". Rio de Janeiro, 1996.

27 NATIONAL LABORATORY OF TRANSPORTATION. **NLT 329**. Recuperación elástica por torsión de betunes asfálticos modificados. Madrid, 1991.

28 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 2196**. Standard Test Methods for Rheological Properties of Non-Newtonian Materials by Rotational Viscometer. Philadelphia, 2020.

29 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14950**. materiais betuminosos - Determinação da viscosidade Saybolt Furol. Rio de Janeiro, 2003.

30 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 3203**. Standard Test Method for Percent Air Voids in Compacted Asphalt Mixtures. Philadelphia, 2022.

31 ____. **ASTM D 6390**. Standard Test Method for Determination of Draindown Characteristics in Uncompacted Asphalt Mixtures. Philadelphia, 2017.

32 AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS. **AASHTO T 305** - Standard Method of Test for Determination of Draindown Characteristics in Uncompacted Asphalt Mixtures. Washington, D.C., 2022.

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

# ANEXO A – TABELAS DE CONTROLE

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

| ENSAIO | MÉTODO | FREQUÊNCIA | CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS | ACEITAÇÃO |
|---|---|---|---|---|
| **1. CONTROLE DOS MATERIAIS** | | | | |
| **1.1 Cimento Asfáltico** | | | | |
| Penetração | NBR 6576(15) | 1 ensaio para todo carregamento que chegar à obra | Resultados individuais | Atender ao especificado no Anexo C, ou a especificação que estiver em vigor na época de sua utilização. |
| Viscosidade Brookfield | NBR 15184(14) | | | |
| Ponto de fulgor | NBR 11341(16) | | | |
| Formação de espuma | Aquecido a 175ºC | | | |
| Recuperação elástica | NBR 15086(17) | | | |
| Estabilidade à estocagem | NBR 15166(18); | 1 ensaio para cada 100 t | Resultados individuais | |
| Ponto de amolecimento | NBR 6560(19) | | | |
| Ensaios do resíduo no RTFOT:<br>- Variação em massa<br>- Ponto de amolecimento<br>- Penetração<br>- Recuperação elástica | <br>NBR 15235(20)<br>NBR 6560(19)<br>NBR 6576(15)<br>NBR 15086(17) | | | |
| **1.2 Agregado** | | | | |
| Abrasão Los Angeles | NBR 16974 (1) | 1 ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material | Resultados individuais | ≤ 30% |
| Índice de forma | DNIT 425/2020 – ME (2) | | Resultados individuais | ≥ 0,5 |
| Durabilidade com sulfato de sódio, em 5 ciclos | DNIT 446/2024 – ME(3) | | Resultados individuais | ≤ 12% |
| Equivalente de areia do agregado miúdo | NBR 12052(4) | 1 ensaio por jornada de 8 h de trabalho e sempre que houver variação da natureza do agregado | Resultados individuais | ≥ 55% |

/continua

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/continuação

| ENSAIO | MÉTODO | FREQUÊNCIA | CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS | ACEITAÇÃO |
|---|---|---|---|---|
| Adesividade ao ligante betuminoso | NBR 12583[6] e NBR 12584[7] | em todo carregamento que cimento asfáltico que chegar na obra e sempre que houver variação da natureza dos materiais | Resultados individuais | Adesividade satisfatória<br><br>Quando a adesividade for insatisfatória, empregar melhorador de adesividade |
| **1.3 Melhorador de Adesividade** | | | | |
| Verificação da adesividade | NBR 12583[6] e NBR 12584[7] | 1 ensaio após o emprego do melhorador de adesividade | Resultados individuais | Adesividade satisfatória |
| **2. CONTROLE DA PRODUÇÃO DA MISTURA ASFÁLTICA** | | | | |
| **2.1 Temperaturas** | | | | |
| Temperatura nos silos quentes | Termômetro bimetálico com precisão de 2 ºC | 2 determinações de cada silo por jornada de 8 h de trabalho | Resultados individuais | Deve ser de 5 °C a 10 °C superior à temperatura definida para o aquecimento do ligante, desde que não supere a 177 °C |
| Temperatura do cimento asfáltico, antes da entrada do misturador | | 2 determinações por jornada de 8 h de trabalho | Resultados individuais | Devem estar e situadas na faixa desejável, definida em função da curva viscosidade Brookfield x temperatura do ligante empregado, conforme fixada pelo fabricante<br><br>Inferior a 177 °C |

/continua

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/continuação

| ENSAIO | MÉTODO | FREQUÊNCIA | CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS | ACEITAÇÃO |
|---|---|---|---|---|
| Temperatura da massa asfáltica, na saída da usina | Termômetro bimetálico com precisão de 2 ºC | Determinação de todo caminhão carregado na saída da usina | Resultados individuais | Suficientemente elevada para suportar eventuais perdas de calor e chegar à obra com temperatura compatível para sua aplicação, podendo variar entre ± 5 °C da temperatura média especificada pelo projeto de mistura |
| Variações constantes ou desvios significativos em relação à faixa de temperatura desejável indicam a necessidade de suspensão temporária do processo de produção, para que sejam executados os necessários ajustes. | | | | |
| **2.2 Granulometria dos Agregados** | | | | |
| Granulometria do agregado, de cada silo quente, ou frio (usina *drum-mixer*) | NBR 17054 (21) | 2 determinações de cada agregado por jornada de 8 h de trabalho | Controle Bilateral<br>$X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e<br>$X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$<br>Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras | Aceita, quando as variações (LIE e LSE) estiverem compreendidas entre os limites da faixa de trabalho, definida a partir da curva de projeto |
| **2.3 Teor de Ligante Asfáltico e Granulometria da Mistura** | | | | |
| Extração de ligante | ME-DE-P00-011(22) | Quantas vezes forem necessárias para calibração da usina<br>Quando houver indícios de falta e excesso no teor de asfalto<br>No mínimo 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho | Controle Bilateral<br>$X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e<br>$X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$<br>Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras | ± 0,2% do teor ótimo de projeto |

/continua

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/continuação

| ENSAIO | MÉTODO | FREQUÊNCIA | CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS | ACEITAÇÃO |
|---|---|---|---|---|
| Análise granulométrica (com material resultante da extração com massa igual ou superior a 1.000 g) | NBR 17054 (21) | Quantas vezes forem necessárias para calibração da usina<br><br>No mínimo 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho | Controle Bilateral<br>$X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e<br>$X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras | Aceita, quando as variações (LIE e LSE) estiverem compreendidas entre os limites da faixa definida na Tabela 1 |
| **3. CONTROLE DA APLICAÇÃO DA MISTURA ASFÁLTICA** | | | | |
| **3.1 Temperaturas** | | | | |
| Temperatura da massa ao chegar na pista, medida imediatamente antes de aplicação | Termômetro bimetálico com precisão de 2 ºC | De todo caminhão carregado que chegar à pista | Resultados individuais | Poderá variar ± 5 °C da indicada para início da rolagem |
| Temperatura da massa asfáltica, no momento do espalhamento e no início da compactação | | De cada descarga efetuada | Resultados individuais | Dentro da faixa de tolerância para compactação da massa asfáltica |
| **3.2 Teor de Ligante Asfáltico, Granulometria da Mistura, Resistência à Tração e Perda de Massa no Ensaio cântabro** | | | | |
| Extração de asfalto | ME-DE-P00-011(22) | 2 extrações por jornada de 8 h de trabalho | Controle Bilateral<br>$X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e<br>$X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras | ± 0,2% do teor ótimo de projeto |
| Análise granulométrica (com material resultante da extração com massa igual ou superior a 1.000 g) | NBR 17054 (21) | 2 ensaios por jornada de 8 h de trabalho | Controle Bilateral<br>$X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e<br>$X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras | Aceita, quando as variações (LIE e LSE) estiverem compreendidas entre os limites da faixa de trabalho, definida a partir da curva de projeto |

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/continuação

| ENSAIO | MÉTODO | FREQUÊNCIA | CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS | ACEITAÇÃO |
|---|---|---|---|---|
| Resistência à tração por compressão diametral a 25 ºC, MPa | NBR 15087(13) | 1 determinação por jornada de 8 h de trabalho | Controle Unilateral<br>$X = \overline{X} - KS \geq LIE$<br>Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras | ≥ 0,60 |
| Perda de massa no ensaio cântabro, % | NBR 15140(10) | 1determinação por jornada de 8 h de trabalho | Controle Unilateral<br>$X = \overline{X} + KS \leq LSE$<br>Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras | ≤ 20 |
| **3.3 Compactação e Volume de vazios** | | | | |
| Extração de amostra indeformada | Extração com sonda rotativa | A cada 100 m de faixa de rolamento compactada | - | - |
| Determinar a densidade aparente de cada corpo-de-prova extraído e o correspondente grau de compactação | DNIT 428/2022-ME (24) | A cada 100 m de faixa de rolamento compactada | Cálculo Estatístico:<br>$GC_2 = \frac{100 x d_{pista}}{d_{mt}}$ | O grau de compactação é aceito se:<br>o valor estatístico for $GC_2$ ≥ 92% e < 97%. |
| Volume de vazios | DNIT 447/2024 - ME(8) | | Controle Bilateral<br>$X = \overline{X} - K_1 S \geq LIE$ e<br>$X = \overline{X} + K_1 S \leq LSE$<br>Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras | (18 a 22) % |

/continua

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/continuação

| ENSAIO | MÉTODO | FREQUÊNCIA | CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS | ACEITAÇÃO |
|---|---|---|---|---|
| **4. CONTROLE GEOMÉTRICO E ACABAMENTO** | | | | |
| **4.1 Geométrico** | | | | |
| Determinação da espessura através dos corpos-de-prova extraídos | Medidas com paquímetro | A cada100 m de faixa de rolamento compactada | Controle Bilateral<br>$X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e<br>$X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$<br>Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras | ± 5% da espessura de projeto<br>e<br>não possuir valores individuais fora do intervalo de ± 10% em relação à espessura de projeto |
| Determinação da espessura | Relocação e nivelamento topográfico | A cada 20 m, no eixo, bordas e dois pontos intermediários | Controle Bilateral<br>$X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e<br>$X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$<br>Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras | ± 5% da espessura de projeto<br>e<br>não possuir valores individuais fora do intervalo de ± 10% em relação à espessura de projeto |
| Cota | | | Resultados individuais | + 2cm a -0,5 cm da cota de projeto |
| Largura da plataforma, desvios dos alinhamentos | Medidas de trena | A cada 20 m | Resultados individuais | No máximo + 5 cm |

/continua

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/conclusão

| ENSAIO | MÉTODO | FREQUÊNCIA | CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS | ACEITAÇÃO |
|---|---|---|---|---|
| **4.2 Acabamento** | | | | |
| Nivelamento com 2 réguas, uma de 3,0 m e outra de 1,20 m, colocadas respectivamente em ângulo reto e paralelamente ao eixo da pista | Réguas | A cada 20 m | Resultados individuais | A variação da superfície em dois pontos quaisquer de contato deve ser < 0,5 cm |
| Irregularidade longitudinal, para camada de rolamento dos pavimentos novos | IP-DE-P00/001(23) | Em cada faixa de rolamento, determinado a cada trecho de 200 m, ou nos locais indicados pela fiscalização | Resultados individuais | IRI conforme especificado em projeto |
| De modo geral as juntas executadas devem apresentar-se homogêneas ao conjunto da mistura, isentas de desníveis e de saliências.<br>A superfície deve apresentar-se desempenada, não deve conter marcas indesejáveis do equipamento de compactação e ondulações de variações decorrentes da carga da vibro-acabadora. | | | | |
| **5. CONDIÇÕES DE SEGURANÇA** | | | | |
| Determinar a macrotextura, para camadas de rolamento | NBR 16504(12) | Uma determinação a cada 100 m | Resultados individuais | conforme projeto |
| **6. DEFLEXÕES** | | | | |
| Determinação deflectométrica, $D_0$ e $D_{25}$ | Viga Benckelman DNER ME 024(25)<br>Ou<br>FWD<br>DNER PRO 273(26) | A cada 20 m por faixa alternada, a cada 40 m na mesma faixa, determinar $D_0$;<br>A cada 80 m determinar $D_{25}$ | Controle Unilateral<br>$X = \overline{X} + KS \leq LSE$<br>Análise de no mínimo 15 determinações | A deflexão característica de cada subtrecho deve ser menor ou igual ao valor admitido em projeto<br>e<br>não possuir valores individuais de $D_0$ superior ao valor admitido em projeto |

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

# ANEXO B – CONTROLE ESTATÍSTICO

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

## Tabela B-1 – Controle Estatístico

| Parâmetro | | |
|---|---|---|
| 1 - Média aritmética da amostra ( $\overline{X}$ ) | $\overline{X} = \frac{\sum X_i}{N}$ | Onde:<br>**$X_i$** = valor individual da amostra<br>**N** = nº de determinações efetuadas<br>**K =** coeficiente unilateral tabelado em função do número de amostras<br>**$K_1$ =** coeficiente bilateral tabelado em função do número de determinações<br>**LSE** = limite superior especificado<br>**LIE** = limite inferior especificado |
| 2 – Desvio-padrão da amostra (S) | $S = \sqrt{\frac{\sum(\overline{X} - X_i)^2}{N-1}}$ | |
| **Controle Unilateral** | | |
| 3 – Controle pelo limite inferior<br><br>4- Controle pelo limite superior | $X = \overline{X} - KS \geq LIE$<br>ou<br>$X = \overline{X} + KS \leq LSE$ | |
| **Controle Bilateral** | | |
| 5 – Controle pelo limite inferior e superior | $X = \overline{X} - K_1 S \geq LIE$<br>e<br>$X = \overline{X} + K_1 S \leq LSE$ | |

## Tabela B-2 – Valores K – Tolerância Unilateral e K1 Tolerância Bilateral

| N | K | $K_1$ | N | K | $K_1$ | N | K | $K_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **4** | 0,95 | 1,34 | **10** | 0,77 | 1,12 | **25** | 0,67 | 1,00 |
| **5** | 0,89 | 1,27 | **12** | 0,75 | 1,09 | **30** | 0,66 | 0,99 |
| **6** | 0,85 | 1,22 | **14** | 0,73 | 1,07 | **40** | 0,64 | 0,97 |
| **7** | 0,82 | 1,19 | **16** | 0,71 | 1,05 | **50** | 0,63 | 0,96 |
| **8** | 0,80 | 1,16 | **18** | 0,70 | 1,04 | **100** | 0,60 | 0,92 |
| **9** | 0,78 | 1,14 | **20** | 0,69 | 1,03 | **∞** | 0,52 | 0,84 |

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

# ANEXO C – ESPECIFICAÇÃO PARA CIMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO POR POLÍMERO DO TIPO ELASTOMÉRICO

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

| Características | Unidades | Relação ponto de amolecimento/recuperação elástica (ºC/%) | | | Método |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 55/75 | 60/85 | 65/90 | ABNT |
| **Ensaios na Amostra Virgem:** | | | | | |
| Penetração (100g, 5s, 25ºC) | 0,1 mm | 45-70 | 40-70 | 40-70 | NBR 6576(15) |
| Ponto de amolecimento, mín. | ºC | 55 | 60 | 65 | NBR 6560(19) |
| Ponto de fulgor, mín. | ºC | 235 | 235 | 235 | NBR 11341(16) |
| Viscosidade Brookfield a 135ºC, spindle 21, 20 rpm, máx. | cP | 3000 | 3000 | 3000 | NBR 15184(14) |
| Viscosidade Brookfield a 135ºC, spindle 21, 20 rpm, máx. | cP | 2000 | 2000 | 2000 | NBR 15184(14) |
| Viscosidade Brookfield a 135ºC, spindle 21, 20 rpm, máx. | cP | 1000 | 1000 | 1000 | NBR 15184(14) |
| Estabilidade à estocagem, máx. | ºC | 5 | 5 | 5 | NBR 15166(18) |
| Recuperação elástica a 20ºC, 20 cm, mín. | % | 75 | 85 | 90 | NBR 15086(17) |
| **Ensaios no Resíduo do RTFOT:** | | | | | |
| Variação de massa, máx. | % | 1 | 1 | 1 | NBR 15235(20) |
| Aumento do ponto de amolecimento, máx. | ºC | 7 | 7 | 7 | NBR 6560(19) |
| Redução do ponto de amolecimento, máx. | ºC | 5 | 5 | 5 | NBR 6560(19) |
| Porcentagem de penetração original, mín. | % | 60 | 60 | 60 | NBR 6576(15) |
| Porcentagem de recuperação elástica original a 25ºC, mín. | % | 80 | 80 | 80 | NBR 15086(17) |

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

# ANEXO D – ESPECIFICAÇÃO PARA LIGANTE ASFALTO-BORRACHA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

| Características | Exigência | | Método |
|---|---|---|---|
| | Mínima | Máxima | ABNT |
| Viscosidade Brookfield a 175 ºC, cP | 800 | 2000 | ASTM D 2196[28] |
| Penetração, 100 g, 5 s, 25 ºC, 0,1 mm | 25 | 75 | NBR 6576[15] |
| Ponto de amolecimento, ºC | 55 | - | NBR 6560[19] |
| Recuperação elástica por torção, % | 50 | - | NLT 329[27] |
| Ponto de fulgor, ºC | 235 | - | NBR 11341[16] |
| Densidade relativa, 25 ºC | 1,00 | 1,05 | NBR 6296[11] |
| Ensaio no resíduo do RTFOT | | | |
| - Variação em massa, % | - | 1,0 | NBR 15235[20] |
| - Percentagem de penetração original | 50 | - | |

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.