



**MT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM**  
**DIRETORIA DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO - IPR**  
**DIVISÃO DE CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA**  
Rodovia Presidente Dutra km 163 - Centro Rodoviário, Parada de Lucas  
Rio de Janeiro, RJ - CEP 21240-330  
**Norma rodoviária**  
**Especificação de Serviço**  
**DNER-ES 313/97**  
**p. 01/16**

## **Pavimentação - concreto betuminoso**

### **RESUMO**

Este documento define a sistemática a ser empregada na execução de camada do pavimento através da confecção de mistura betuminosa a quente em usina apropriada utilizando ligante betuminoso, agregados minerais e material de enchimento (filer). Estabelece os requisitos concernentes a material, equipamento, execução e controle de qualidade dos materiais empregados, além dos critérios para aceitação e rejeição e medição dos serviços.

### **ABSTRACT**

This document presents procedures for asphalt concrete construction. It presents requirements concerning materials, equipment, execution, ambiental preserving, quality control and the criteria for acceptance and rejection of the services.

### **SUMÁRIO**

- 0 Prefácio
- 1 Objetivo
- 2 Referências

- 3 Definição
- 4 Condições gerais
- 5 Condições específicas
- 6 Manejo ambiental
- 7 Inspeção
- 8 Critérios de medição

### **0 PREFÁCIO**

Esta Norma estabelece os procedimentos a serem empregados na execução e no controle da qualidade do serviço em epígrafe.

### **1 OBJETIVO**

Estabelecer a sistemática a ser empregada na fabricação de misturas betuminosas para a construção de camadas do pavimento de acordo com os alinhamentos, greide e seção transversal de projeto.

**Macrodescriptores MT** : pavimentação

**Microdescriptores DNER** : concreto betuminoso, mistura betuminosa

**Palavras-chave IRRD/IPR** : materiais betuminosos (4955), mistura betuminosa (4967)

**Descriptores SINORTEC** : concreto betuminoso, pavimentos flexíveis

Aprovado pelo Conselho Administrativo em: 05/03/97, Resolução nº 16/97, Sessão nº CA/ 08/97

Autor: DNER/ DrDTc (IPR)

Substitui DNER-ES-P 22/71

Processo nº 51100000912/97-63

Revisão e Adaptação à DNER-PRO 101/97,

Aprovada pela DrDTc em 06/11/97

## 2 REFERÊNCIAS

Para entendimento desta Norma deverão ser consultados os documentos seguintes:

- a) DNER-EM 204/95 - Cimentos asfálticos de petróleo;
- b) DNER-EM 364/97 - Alcatrões para pavimentação;
- c) DNER-ME 003/94 - Materiais betuminosos - determinação da penetração;
- d) DNER-ME 004/94 - Materiais betuminosos - determinação da viscosidade “Saybolt-Furol” a alta temperatura;
- e) DNER-ME 035/94 - Agregados - determinação da abrasão “Los Angeles”;
- f) DNER-ME 043/95 - Misturas betuminosas a quente - ensaio **Marshall**;
- g) DNER-ME 053/94 - Misturas betuminosas - percentagem de betume;
- h) DNER-ME 054/94 - Equivalente de areia;
- i) DNER-ME 078/94 - Agregado graúdo - adesividade a ligante betuminoso;
- j) DNER-ME 079/94 - Agregado - adesividade a ligante betuminoso;
- l) DNER-ME 083/94 - Agregados - análise granulométrica;
- m) DNER-ME 086/94 - Agregado - determinação do índice de forma;
- n) DNER-ME 089/94 - Agregados - avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio;
- o) DNER-ME 148/94 - Material betuminoso - determinação dos pontos de fulgor e combustão;
- p) DNER-ME 151/94 - Asfaltos - determinação da viscosidade cinemática;
- q) DNER-PRO 164/94 - Calibração e controle de sistemas de medidores de irregularidade de superfície do pavimento (Sistemas Integradores IPR/USP e **Maysmeter**);
- r) DNER/PRO 182/94 - Medição da irregularidade de superfície de pavimento com sistemas integradores - IPR/USP e **Maysmeter**);
- s) DNER-PRO 277/97 - Metodologia para controle estatístico de obras e serviços;
- t) ABNT NBR-5847 - Determinação da viscosidade absoluta;
- u) ABNT NBR-6560 - Materiais betuminosos - determinação de ponto de amolecimento;
- v) ASTM-D 139/77 - Alcatrão para pavimentação - ensaio de flutuação;
- w) ASTM-D 20/77 - Alcatrão para pavimentação - ensaio de destilação;
- x) ASTM-D 1665/73 - Alcatrão para pavimentação - viscosidade específica “Engler”;
- y) **British Standard** - Métodos HD 15/87 e HD 36/87 - determinação da VDR - resistência á derrapagem pelo pêndulo britânico;
- z) LCPC - Método RG-2-1971 - Determinação da rugosidade superficial pela altura da areia;
- aa) DNER - Manual de Pavimentação, 1996.

## 3 DEFINIÇÃO

Para os efeitos desta Norma é adotada a definição seguinte:

Concreto betuminoso - mistura executada a quente em usina apropriada, com características específicas composta de agregado mineral graduado, material de enchimento (filer) e ligante betuminoso espalhada e comprimida à quente.

## 4 CONDIÇÕES GERAIS

4.1 O concreto betuminoso pode ser empregado como revestimento, base, regularização ou reforço do pavimento.

4.2 Não será permitida a execução dos serviços, objeto desta Especificação, em dias de chuva.

4.3 O concreto betuminoso somente deverá ser fabricado, transportado e aplicado quando a temperatura ambiente for superior a 10 °C.

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

## 5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

### 5.1 Material

Os materiais constituintes de concreto betuminoso são agregados graúdo, agregado miúdo, material de enchimento filler e ligante betuminoso, os quais devem satisfazer estas Especificações, item 2 - Referências, e as especificações aprovadas pelo DNER.

#### 5.1.1 Ligante betuminoso

Podem ser empregados os seguintes ligantes betuminosos:

- a) cimento asfáltico de petróleo, CAP-30/45, CAP-50/60, CAP-85/100, CAP-150/200 (classificação por penetração), CAP-7, CAP-20 e CAP-40 (classificação por viscosidade);
- b) alcatrões tipos AP-12;
- c) podem ser usados, também, ligantes betuminosos modificados quando indicados no projeto.

#### 5.1.2 Agregados

##### 5.1.2.1 Agregado graúdo

O agregado graúdo pode ser pedra, escória, seixo rolado, ou outro material indicado nas Especificações Complementares. O agregado graúdo deve se constituir de fragmentosãos, duráveis, livres de torrões de argila, e substâncias nocivas e apresentar as características seguintes:

- a) desgaste Los Angeles igual ou inferior a 40% (DNER-ME 035); admitindo-se agregados com valores maiores, no caso de terem apresentado desempenho satisfatório em utilização anterior;
- b) índice de forma superior a 0,5 (DNER-ME 086);
- c) durabilidade, perda inferior a 12% (DNER-ME 89);

## 5.1.2.2 Agregado miúdo

O agregado miúdo pode ser areia, pó-de-pedra ou mistura de ambos. Suas partículas individuais deverão ser resistentes, apresentar moderada angulosidade, estando livres de torrões de argila e de substâncias nocivas. Deverá apresentar equivalente de areia igual ou superior a 55%. (DNER-ME 054).

## 5.1.2.3 Material de enchimento (filer)

Deve ser constituído por materiais minerais finamente divididos, tais como cimento Portland, cal extinta, pós calcários, cinza volante, etc., e que atendam a seguinte granulometria (DNER-ME 083):

Peneira	% mínima, passando
Nº 40	100
Nº 80	95
Nº 200	65

Quando da aplicação deverá estar seco e isento de grumos.

## 5.1.2.4 Melhorador de adesividade

Não havendo boa adesividade entre o ligante betuminoso e os agregados (DNER-ME 078 e DNER-ME 079), poderá ser empregado melhorador de adesividade na quantidade fixada no projeto.

## 5.2 Composição da mistura

5.2.1 A composição de concreto betuminoso deve satisfazer os requisitos do quadro seguinte com as respectivas tolerâncias no que diz respeito a granulometria e aos percentuais do ligante betuminoso.

Peneira de malha quadrada		% passando, em peso das faixas			
Discriminação	Abertura mm	A	B	C	Tolerâncias fixas de projeto
2"	50,8	100	-	-	-
1 1/2"	38,1	95-100	100	-	±7%
1"	25,4	75-100	95-100	-	±7%
3/4"	19,1	60-90	80-100	100	±7%
1/2"	12,7	-	-	85-100	±7%
3/8"	9,5	35-65	45-80	75-100	±7%
Nº 4	4,8	25-50	28-60	50-85	±5%
Nº 10	2,0	20-40	20-45	30-75	±5%
Nº 40	0,42	10-30	10-32	15-40	±5%
Nº 80	0,18	5-20	8-20	8-30	±5%
Nº 200	0,074	1-8	3-8	5-10	±2%
Betume Solúvel no CS <sub>2</sub> (+) %		4, 0-7, 0 Camada de Ligação (Binder)	4, 5-7, 5 Camada de Ligação e Rolamento	4, 5-9, 0 Camadas de Rolamento	± 0,3%

A faixa usada deve ser aquela, cujo diâmetro máximo é igual ou inferior a 2/3 da espessura da camada de revestimento.

5.2.2 Na escolha da curva granulométrica, para camada de rolamento, deverá ser considerada a segurança do usuário, especificada no item 7.3.4 - Condições de Segurança.

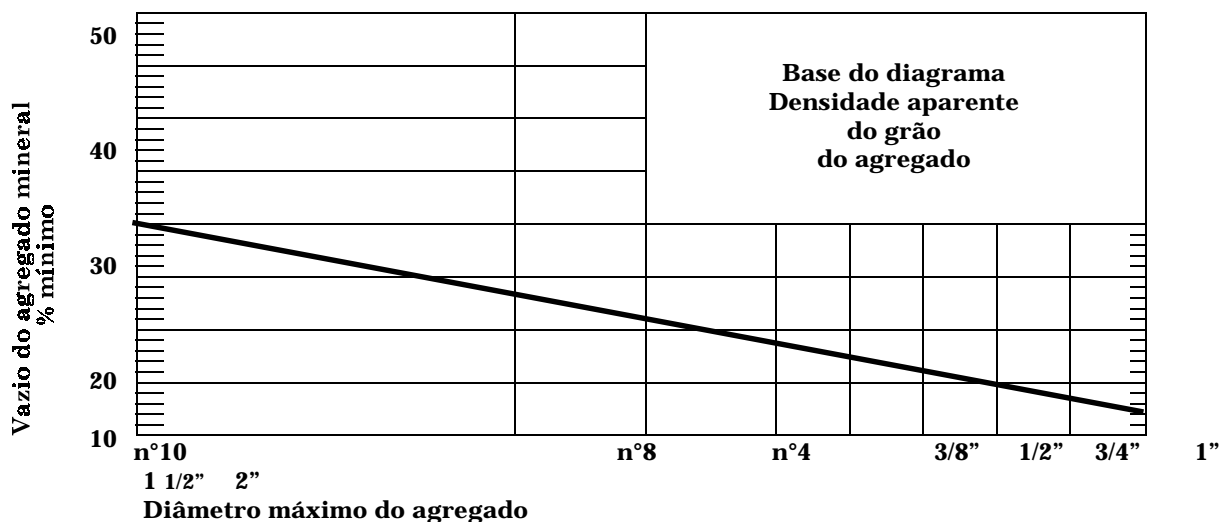
5.2.3 As porcentagens de betume se referem a mistura de agregados, considerada como 100%. Para todos os tipos, a fração retida entre duas peneiras consecutivas não deverá ser inferior a 4% do total.

- a) deverá ser adotado o Ensaio **Marshall** (DNER-ME 043) para verificação das condições de vazios, estabilidade e fluência da mistura betuminosa, segundo os valores seguintes:

Discriminação	CAMADA DE ROLAMENTO	CAMADA DE LIGAÇÃO (BINDER)
Porcentagem de vazios	3 a 5	4 a 6
Relação betume/vazios	75/82	65-72
Estabilidade, mínima	350 kgf (75 golpes) 250 kgf (50 golpes)	350 kgf (75 golpes) 250 kgf (50 golpes)
Fluência, mm.	2,0 - 4,5	2,0 - 4,5

- b) as Especificações Complementares fixarão a energia de compactação;

- c) as misturas devem atender as especificações da relação betume/vazios ou aos mínimos de vazios do agregado mineral, dados pela linha inclinada do seguinte ábaco:



### 5.3 Equipamento

Todo equipamento, antes do início da execução da obra, deverá ser examinado, devendo estar de acordo com esta Especificação. Os equipamentos requeridos são os seguintes:

### 5.3.1 Depósito para ligante betuminoso

Os depósitos para o ligante betuminoso deverão possuir dispositivos capazes de aquecer o ligante nas temperaturas fixadas nesta Especificação. Estes dispositivos também deverão evitar qualquer superaquecimento localizado. Deverá ser instalado um sistema de recirculação para o ligante betuminoso, de modo a garantir a circulação, desembaraçada e contínua, do depósito ao misturador, durante todo o período de operação. A capacidade dos depósitos deverá ser suficiente para, no mínimo, três dias de serviço.

### 5.3.2 Depósito para agregados

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

### 5.3.3 Usina para misturas betuminosas

5.3.3.1 A usina deverá estar equipada com uma unidade classificadora de agregados, após o secador, dispor de misturador capaz de produzir uma mistura uniforme. Um termômetro, com proteção metálica e escala de 90° a 210 °C (precisão  $\pm 1$  °C), deverá ser fixado no dosador de ligante ou na linha de alimentação do asfalto, em local adequado, próximo a descarga do misturador. A usina deverá ser equipada além disto, com pirômetro elétrico, ou outros instrumentos termométricos aprovados, colocados na descarga do secador, com dispositivos para registrar a temperatura dos agregados, com precisão de  $\pm 5$  °C.

5.3.3.2 Poderá, também, ser utilizada uma usina do tipo tambor/secador/misturador, provida de coletor de pó, alimentador de filer sistema de descarga da mistura betuminosa com comporta, ou alternativamente, em silos de estocagem. A usina deverá possuir silos de agregados múltiplos, com pesagem dinâmica (precisão de  $\pm 5\%$ ) e assegurar a homogeneidade das granulometrias dos diferentes agregados.

### 5.3.4 Caminhões para transporte da mistura

Os caminhões, tipo basculante, para o transporte do concreto betuminoso, deverão ter caçambas metálicas robustas, limpas e lisas, ligeiramente lubrificadas com água e sabão, óleo cru fino, óleo parafínico, ou solução de cal, de modo a evitar a aderência da mistura às chapas. A utilização de produtos susceptíveis de dissolver o ligante betuminoso (óleo diesel, gasolina, etc) não serão permitidos.

### 5.3.5 Equipamento para espalhamento

O equipamento para espalhamento e acabamento deverá ser constituído de pavimentadoras automotrizes, capazes de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamento requeridos. As acabadoras deverão ser equipadas com parafusos sem fim, para colocar a mistura exatamente nas faixas, e possuir dispositivos rápidos e eficientes de direção, além de marchas para a frente e para trás. As acabadoras deverão ser equipadas com alisadores e dispositivos para aquecimento, à temperatura requerida, para a colocação da mistura sem irregularidade.

### 5.3.6 Equipamento para a compressão

O equipamento para a compressão será constituído por rolo pneumático e rolo metálico liso, tipo tandem ou rolo vibratório. Os rolos pneumáticos, autopropulsores, devem ser dotados de dispositivos que permitam a calibragem de variação da pressão dos pneus de 2,5kgf/cm<sup>2</sup> a 8,4kgf/cm<sup>2</sup> (35 a 120 psi).

O equipamento em operação deve ser suficiente para comprimir a mistura à densidade requerida, enquanto esta se encontrar em condições de operacionalidade.

## 5.4 Execução

5.4.1 Sendo decorridos mais de sete dias entre a execução da imprimação e a do revestimento, ou no caso de ter havido trânsito sobre a superfície imprimada, ou, ainda ter sido a imprimação recoberta com areia, pó-de-pedra, etc., deverá ser feita uma pintura de ligação.

5.4.2 A temperatura do cimento asfáltico 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 asfalto apresenta uma viscosidade situada dentro da faixa de 75 e 150 segundos, “**Saybolt-Furol**” (DNER-ME 004), indicando-se, preferencialmente, a viscosidade de 85 a 95 segundos. Entretanto, a temperatura do ligante não deve ser inferior a 107 °C e nem exceder a 177 °C.

5.4.3 A temperatura de aplicação do alcatrão será aquela na qual a viscosidade “**Engler**” (ASTM D 1665) situa-se em uma faixa de  $25 \pm 3$ . A mistura, neste caso, não deve deixar a usina com temperatura superior a 106 °C.

5.4.4 Os agregados devem ser aquecidos a temperaturas de 10 °C a 15 °C, acima da temperatura do ligante betuminoso.

### 5.4.5 Produção do concreto betuminoso

A produção do concreto betuminoso é efetuada em usinas apropriadas, conforme anteriormente especificado.

### 5.4.6 Transporte do concreto betuminoso

5.4.6.1 O concreto betuminoso produzido deverá ser transportado, da usina ao ponto de aplicação, nos veículos basculantes especificados no item 5.3.4.

5.4.6.2 Quando necessário, para que a mistura seja colocada na pista à temperatura especificada, cada carregamento deverá ser coberto com lona ou outro material aceitável, com tamanho suficiente para proteger a mistura.

### 5.4.7 Distribuição e compressão da mistura

5.4.7.1 A distribuição do concreto betuminoso deve ser feita por máquinas acabadoras, conforme especificado no item 5.3.6.

5.4.7.2 Caso ocorram irregularidades na superfície da camada, estas deverão ser sanadas pela adição manual de concreto betuminoso, sendo esse espalhamento efetuado por meio de ancinhos e rodos metálicos.

5.4.7.3 Após a distribuição do concreto betuminoso, tem início a rolagem. Como norma geral, a temperatura de rolagem é a mais elevada que a mistura betuminosa possa suportar, temperatura essa fixada, experimentalmente, para cada caso.

5.4.7.4 Caso sejam empregados rolos de pneus, de pressão variável, inicia-se a rolagem com baixa pressão, a qual será aumentada à medida que a mistura vai sendo compactada, e, conseqüentemente, suportando pressões mais elevadas.

5.4.7.5 A compressão será iniciada pelos bordos, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista. Nas curvas, de acordo com a superelevação, a compressão deve começar sempre do ponto mais baixo para o mais alto. Cada passada do rolo deve ser recoberta na seguinte de, pelo menos, metade da largura rolada. Em qualquer caso, a operação de rolagem perdurará até o momento em que seja atingida a compactação especificada.

5.4.7.6 Durante a rolagem não serão permitidas mudanças de direção e inversões bruscas de marcha, nem estacionamento do equipamento sobre o revestimento recém-rolado. As rodas do rolo deverão ser umedecidas adequadamente, de modo a evitar a aderência da mistura.

#### 5.4.8 Abertura ao tráfego

Os revestimentos recém-acabados deverão ser mantidos sem tráfego, até o seu completo resfriamento.

## 6 MANEJO AMBIENTAL

Para execução de revestimento betuminoso do tipo concreto betuminoso usinado a quente são necessários trabalhos envolvendo a utilização de asfalto e agregados, além da instalação de usina misturadora.

Os cuidados a serem observados para fins de preservação do meio ambiente envolvem a produção e aplicação de agregados, o estoque e operação da usina.

### 6.1 Agregados

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

6.1.1 A brita e a areia somente serão aceitas após apresentação da licença ambiental de operação da pedreira/areal cuja cópia da licença deverá ser arquivada junto ao Livro de Ocorrências da obra.

6.1.2 Evitar a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental.



6.1.3 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.

6.1.4 Impedir queimadas como forma de desmatamento.

6.1.5 Seguir as recomendações constantes da DNER-ES 279/97 para os Caminhos de Serviço.

6.1.6 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.

6.1.7 Exigir a documentação atestando a regularidade das instalações pedreira/areal/usina, assim como sua operação, junto ao órgão ambiental competente, caso estes materiais sejam fornecidos por terceiros.

## 6.2 Ligantes betuminosos

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

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

6.2.3 Recuperar a área afetada pelas operações de construção/execução, mediante a remoção da usina e dos depósitos e à limpeza de canteiro de obras.

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.

### AGENTES E FONTES POLUIDORAS

AGENTE POLUIDOR	FONTES POLUIDORAS
I. Emissão de Partículas	A principal fonte é o secador rotativo. 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. Misturador de asfalto: hidrocarbonetos. Aquecimento de Cimento Asfáltico: hidrocarbonetos. Tanques de estocagem de óleo combustível e de cimento asfáltico: hidrocarbonetos.
III. Emissões Fugitivas	As principais fontes são pilhas de estocagem ao ar livre, carregamento dos silos frios, vias de tráfego, área de peneiramento, pesagem e mistura.
OBS.: Emissões Fugitivas	São quaisquer lançamentos ao ambiente, sem passar primeiro por alguma chaminé ou duto projetados para corrigir ou controlar o seu fluxo.

#### 6.3 Quanto à instalação

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

6.3.2 Definir no projeto executivo, áreas para as instalações industriais, de maneira tal, que se consiga o mínimo de agressão ao meio ambiente.

6.3.3 Atribuir à Executante responsabilidade pela obtenção da licença de instalação/operação, assim como, manter a usina em condições de funcionamento dentro do prescrito nestas especificações.

#### 6.4 Operação

6.4.1 Instalar sistemas de controle de poluição do ar constituídos por ciclone e filtro de mangas ou de equipamentos que atendam aos padrões estabelecidos na legislação vigentes.

6.4.2 Apresentar junto com o projeto para obtenção de licença, resultados de medições em chaminés, que comprovem a capacidade do equipamento de controle proposto para atender aos padrões estabelecidos pelo órgão ambiental.

6.4.3 Dotar os silos de estocagem de agregados frios de proteções laterais e cobertura, para evitar a dispersão das emissões fugitivas durante a operação de carregamento.

6.4.4 Enclausurar a correia transportadora de agregados frios.

6.4.5 Adotar procedimentos de forma que a alimentação do secador seja feita sem emissão visível para a atmosfera.

6.4.6 Manter pressão negativa no secador rotativo, enquanto a usina estiver em operação, para que sejam evitadas emissões de partículas na entrada e saída do mesmo.

6.4.7 Dotar o misturador, os silos de agregados quentes e as peneiras classificatórias do sistema de exaustão de conexão ao sistema de controle de poluição do ar, para evitar emissões de vapores e partículas para a atmosfera.

6.4.8 Fechar os silos de estocagem de massa asfáltica.

6.4.9 Pavimentar e manter limpas as vias de acesso internas, de tal modo que as emissões provenientes do tráfego de veículos não ultrapassem 20% de opacidade.

6.4.10 Dotar os silos de estocagem de filler de sistema próprio de filtragem à seco.

6.4.11 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 mangas.

6.4.12 Acionar os sistemas de controle de poluição do ar antes dos equipamentos de processo.

6.4.13 Manter em boas condições de operação todos os equipamentos de processo e de controle.

6.4.14 Dotar as chaminés de instalações adequadas para realização de medições.

6.4.15 Substituir o óleo combustível por outra fonte de energia menos poluidora (gás ou eletricidade) e os estabelecimento de barreiras vegetais no local, sempre que possível.

## 7 INSPEÇÃO

### 7.1 Controle de qualidade do material

Todos os materiais deverão ser examinados em laboratório, obedecendo à metodologia indicada pelo DNER, e satisfazer as especificações em vigor.

#### 7.1.1 Ligante betuminoso

O controle de qualidade do ligante betuminoso constará do seguinte:

a) para cimento asfálticos:

- 01 ensaio de viscosidade absoluta a 60 °C (ABNT NBR-5847) quando o asfalto for classificado por viscosidade ou 01 ensaio de penetração a 25° (DNER-ME 003) quando o asfalto for especificado por penetração para todo carregamento que chegar a obra;
- 01 ensaio de ponto de fulgor, para todo carregamento que chegar a obra (DNER-ME 148);
- 01 índice de susceptibilidade térmica para cada 100t determinado pelos ensaios DNER-ME 003 e ABNT NBR 6560;
- 01 ensaio de espuma, para todo carregamento que chegar à obra;

- 01 ensaio de viscosidade “**Saybolt-Furol**” (DNER-ME 004) para todo carregamento que chegar à obra;
- 01 ensaio de viscosidade “**Saybolt-Furol**” (DNER-ME 004) a diferentes temperaturas para o estabelecimento da curva viscosidade x temperatura, para cada 100t.

b) Para alcatrão:

- 01 ensaio de flutuação, para todo carregamento que chegar à obra (ASTM D 139);
- 01 ensaio de destilação, para cada 500t (ASTM-D 139);
- 01 ensaio de viscosidade “**Engler**” (ASTM-D 1665) para o estabelecimento da curva temperatura viscosidade.

### 7.1.2 Agregados

O controle de qualidade dos agregados constará do seguinte:

- a) 02 ensaios de granulometria do agregado, de cada silo quente, por jornada de 8 horas de trabalho (DNER-ME 083);
- b) 01 ensaio de desgaste Los Angeles, por mês, ou quando houver variação da natureza do material (DNER-ME 035);
- c) 01 ensaio de índice de fôrma, para cada 900m<sup>3</sup> (DNER-ME 086);
- d) 01 ensaio de equivalente de areia do agregado miúdo, por jornada de 8 horas de trabalho (DNER-ME 054);
- e) 01 ensaio de granulometria do material de enchimento (filer), por jornada de 8 horas de trabalho (DNER-ME 083).

### 7.2 Controle da execução

O controle da execução será exercido através de coleta de amostras, ensaios e determinações feitas de maneira aleatória.

#### 7.2.1 Controle da usinagem do concreto betuminoso

##### 7.2.1.1 Controle da quantidade de ligante na mistura

Devem ser efetuadas extrações de betume, de amostras da mistura coletada na usina (DNER-ME 053). A porcentagem de ligante poderá variar, no máximo,  $\pm 0,3\%$ , da fixada no projeto.

##### 7.2.1.2 Controle da graduação da mistura de agregados

Será procedido o ensaio de granulometria (DNER-ME 083) da mistura dos agregados resultantes das extrações citadas no item anterior. A curva granulométrica deve manter-se contínua, enquadrando-se dentro das tolerâncias, especificadas no projeto.

### 7.2.1.3 Controle de temperatura

Serão efetuadas medidas de temperatura, durante a jornada de 8 horas de trabalho, em cada um dos itens abaixo discriminados:

- a) do agregado, no silo quente da usina;
- b) do ligante, na usina;
- c) da mistura, no momento, da saída do misturador.

As temperaturas devem apresentar valores de  $\pm 5$  °C das temperaturas especificadas.

### 7.2.1.4 Controle das características da mistura

Deverão ser realizados ensaios **Marshall** com três corpos-de-prova de cada mistura, por cada jornada de oito horas de trabalho (DNER-ME 043).

Os valores de estabilidade e da fluência deverão satisfazer ao especificado no item proposto. As amostras devem ser retiradas na saída do misturador.

7.2.1.5 O número das determinações ou ensaios de controle da usinagem do concreto betuminoso por jornada de trabalho será definido em função do risco de rejeição de um serviço de boa qualidade a ser assumido pelo Executante, conforme a tabela seguinte:

Tabela de amostragem variável														
n	5	6	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17	19	21
k	1,55	1,41	1,36	1,31	1,25	1,21	1,16	1,13	1,11	1,10	1,08	1,06	1,04	1,01
$\alpha$	0,45	0,35	0,30	0,25	0,19	0,15	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01
n = n <sup>o</sup> de amostras;      k = coeficiente multiplicador; $\alpha$ = risco do Executante.														

O número mínimo de determinações por jornada de 8 horas de trabalho é de cinco.

## 7.2.2 Espalhamento e compressão na pista

### 7.2.2.1 Temperatura de compressão

Deverão ser efetuadas medidas de temperatura durante o espalhamento da massa imediatamente, antes de iniciada a compressão.

Estas temperaturas deverão ser as indicadas para compressão, com uma tolerância de  $\pm 5$  °C.

### 7.2.2.2 Controle do grau de compressão

O controle do grau de compressão - GC da mistura betuminosa deverá ser feito, preferencialmente, medindo-se a densidade aparente de corpos-de-prova extraídos da mistura espalhada e comprimida na pista, por meio de brocas rotativas.

Poderão ser empregados outros métodos para determinação da densidade aparente na pista, desde que indicada no projeto.

Devem ser realizadas determinações em locais escolhidos aleatoriamente durante a jornada de trabalho, não sendo permitidos - GC inferiores a 97%, em relação a massa específica e aparente máxima do projeto.

O controle do grau de compressão poderá, também, ser feito medindo-se as densidades aparentes dos corpos-de-provas extraídos da pista e comparando-se com as densidades aparentes de corpos-de-prova moldados no local. As amostras para a moldagem destes corpos-de-prova deverão ser colhidas bem próximo ao local onde serão realizados os furos e antes da sua compactação.

7.2.2.3 O número de determinações das temperaturas de compressão do grau de compactação - GC é definido em função do risco de rejeição de um serviço de boa qualidade a ser assumido pelo Executante, conforme tabela do item 7.2.1.5.

### 7.3 Verificação final da qualidade

#### 7.3.1 Espessura da camada

Será medida a espessura por ocasião da extração dos corpos-de-prova na pista, ou pelo nivelamento, do eixo e dos bordos, antes e depois do espalhamento e compressão da mistura. Admite-se a variação de  $\pm 5\%$  em relação as espessuras de projeto.

#### 7.3.2 Alinhamentos

A verificação do eixo e bordos é feita durante os trabalhos de locação e nivelamento nas diversas seções correspondentes às estacas da locação. Poderá também ser a trena. Os desvios verificados não deverão exceder  $\pm 5\text{cm}$ .

#### 7.3.3 Acabamento da superfície

Durante a execução deverá ser feito em cada estaca da locação o controle de acabamento da superfície do revestimento, com o auxílio de duas réguas, uma de 3,00m e outra de 1,20m, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, respectivamente. A variação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder a 0,5cm, quando verificada com qualquer das réguas.

O acabamento longitudinal da superfície deverá ser verificado por “aparelhos medidores de irregularidade tipo resposta” devidamente calibrado (DNER-PRO 164 e DNER-PRO 182) ou outro dispositivo equivalente para esta finalidade. Neste caso o Quociente de Irregularidade - QI deverá apresentar valor inferior a 35 contagens/km.

#### 7.3.4 Condições de segurança

O revestimento acabado deverá apresentar VRD, Valor de Resistência a Derrapagem, superior a 55, medido com auxílio do Pêndulo Britânico SRT (Método HD 15/87 e HD 36/87 **British Standard**), ou outros similares.

O projeto da mistura deverá ser verificado através de trecho experimental com extensão da ordem de 100m.

Poderá, também, ser empregado outro processo para avaliação da resistência à derrapagem, quando indicado no projeto. Os ensaios de controle da execução serão realizados para cada 200m de pista, em locais escolhidos de maneira aleatória.

#### 7.4 Aceitação e rejeição

7.4.1 Todos os ensaios dos materiais indicados em 7.1 deverão atender aos requisitos especificados em 5.1.

7.4.2 Para o controle da usinagem do concreto betuminoso, espalhamento e compressão na pista, deve-se analisar estatisticamente os resultados abaixo e verificar a condição seguinte (DNER-PRO 277/97):

##### a) Na Usina

Para a quantidade de ligante na mistura, graduação da mistura de agregado, temperatura na saída do misturador e da fluência no ensaio Marshall em que é especificada uma faixa de valores mínimos e máximos deve ser verificado a condição seguinte:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo de projeto}$  ou  $\bar{X} + ks > \text{valor máximo de projeto}$  - rejeita-se o serviço;

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo de projeto}$  e  $\bar{X} + ks \leq \text{valor máximo de projeto}$  - aceita-se o serviço.

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$$

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

Onde:

$X_i$  - valores individuais.

$\bar{X}$  - média da amostra.

s - desvio padrão da amostra.

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações.

n - número de determinações.

Para os resultados do ensaio de estabilidade Marshal em que é especificado um valor mínimo a ser atingido deve-se verificar a condição seguinte:

Se  $\bar{X} - ks < \text{valor mínimo admitido}$  - rejeita-se o serviço;

Se  $\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo admitido}$  - aceita-se o serviço.

##### b) Na Pista

Para o Grau de Compactação - GC - em que é especificado um valor mínimo a ser atingido deve-se verificar a condição seguinte:

Se  $\bar{X} - ks < \text{valor mínimo admitido}$  - rejeita-se o serviço;

Se  $\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo admitido}$  - aceita-se o serviço.

7.4.3 Os serviços rejeitados deverão ser corrigidos, complementados ou refeitos.

7.4.4 Os resultados do controle estatístico serão registrados em relatórios periódicos de acompanhamento

## 8 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

Os serviços aceitos serão medidos de acordo com os critérios seguintes:

8.1 O concreto betuminoso será medido, em toneladas através da mistura efetivamente aplicada na pista. Não serão motivo de medição: mão-de-obra, materiais, (exceto ligante betuminoso), transporte da mistura da usina à pista e encargos por estarem incluídos na composição do preço unitário.

8.2 A quantidade de ligante betuminoso aplicado é obtida através da média aritmética dos valores medidos na usina, em toneladas.

8.3 O transporte do ligante betuminoso, efetivamente aplicado, será medido com base na distância entre a refinaria e o canteiro de serviço.