



MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO NACIONAL DE
INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

DIRETORIA-GERAL

DIRETORIA EXECUTIVA

INSTITUTO DE PESQUISAS
RODOVIÁRIAS

Rodovia Presidente Dutra, km 163
Centro Rodoviário – Vigário Geral
Rio de Janeiro – RJ – CEP 21240-000
Tel/fax: (21) 3545-4600

Set /2009

NORMA DNIT 112/2009 - ES

**Pavimentos flexíveis – Concreto asfáltico com asfalto-
borracha, via úmida, do tipo “Terminal Blending” -
Especificação de serviço**

Autor: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR

Processo: 50607.002.228/2008-49

Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na reunião de 29/09/2009 .

Direitos autorais exclusivos do DNIT, sendo permitida reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte (DNIT), mantido o texto original e não acrescentado nenhum tipo de propaganda comercial

Palavras-Chave:

Concreto asfáltico, pavimento flexível, asfalto-borracha

**Nº total de
páginas**
13

Resumo

Este documento define a sistemática a ser empregada na execução de camada de pavimento flexível, pela confecção de mistura asfáltica a quente em usina apropriada, utilizando ligante asfáltico do tipo asfalto-borracha, obtido mediante processo via úmida, do tipo “Terminal Blending” (estocável), agregados e material de enchimento.

São também apresentados os requisitos concernentes a materiais, equipamentos, execução, inclusive plano de amostragem e de ensaios, condicionantes ambientais, controle de qualidade, condições de conformidade e não-conformidade e os critérios de medição dos serviços.

Abstract

This document provides the method of making the layer of a road flexible pavement, by using of bituminous hot mix from an appropriate plant including binder, type asphalt rubber, made by the wet process Terminal Blending process, mineral aggregates, and filler.

It also defines the requirements concerning material, equipment, execution and quality control of the materials in use, as well as the criteria for acceptance and rejection and measurement of the services.

Sumário

Prefácio	1
1 Objetivo.....	1

2	Referências normativas	2
3	Definição	3
4	Condições gerais	3
5	Condições específicas	3
6	Condicionantes ambientais	8
7	Inspeção.....	8
8	Crítérios de medição	11
	Anexo A (Informativo) Bibliografia	12
	Índice geral.....	13

Prefácio

A presente Norma foi preparada pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR/DIREX para servir como documento base, visando estabelecer a sistemática empregada na execução e controle da qualidade do concreto asfáltico com asfalto-borracha fabricado em usina apropriada. Está formatada de acordo com a Norma DNIT 001/2009 – PRO.

1 Objetivo

Esta Norma tem por objetivo estabelecer a sistemática a ser empregada na produção e aplicação do concreto asfáltico fabricado com asfalto-borracha obtido pelo processo via úmida, do tipo “Terminal Blending” (estocável), para utilização na construção de camadas de pavimentos, de acordo com os alinhamentos, greide e seção transversal de projeto.

2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação desta Norma. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

- a) AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 2172-01 - Standard test methods for quantitative extraction of bitumen from bituminous paving mixtures. In: _____. *Annual book of ASTM standards*. West Conshohocken, Pa, 2003. v.04.03.
- b) _____. ASTM D 2196-05 - Standard test methods for rheological properties of non-newtonian materials by rotational (Brookfield type) viscosimeter. In: _____. *Annual book of ASTM standards*. West Conshohocken, Pa, 2005. v.06.01.
- c) _____. ASTM D 2872-97 - Standard test method for effect of heat and air on a moving film of asphalt (rolling thin-film oven test). In: _____. *Annual book of ASTM standards*. West Conshohocken, Pa, 2003. v.04.03.
- d) _____. ASTM E 303-93 (1998) - Standard test method for measuring surface frictional properties using the british pendulum tester. In: _____. *Annual book of ASTM standards*. West Conshohocken, Pa, 2003. v.04.03.
- e) _____. ASTM E 965-96 (2006) - Standard test method for measuring pavement macrotexture depth using a volumetric technique. In: _____. *Annual book of ASTM standards*. West Conshohocken, Pa, 2006.
- d) _____. ASTM E 1960-07 - Standard practice for calculating international friction index of a pavement surface. In: _____. *Annual book of ASTM standards*. West Conshohocken, Pa, 2007. v.04.03.
- f) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6560:2008* - Materiais betuminosos – Determinação de ponto de amolecimento – Método do anel e bola. Rio de Janeiro, 2008.
- g) _____. *NBR 14329:2008* - Cimento asfáltico de petróleo – Determinação expedita da resistência à água (adesividade) sobre agregados graúdos. Rio de Janeiro, 2008.
- h) _____. *NBR 15086:2006* - Materiais betuminosos - Determinação da recuperação elástica pelo ductilômetro. Rio de Janeiro, 2006.
- i) _____. *NBR 15529:2007* - Asfalto borracha – Propriedades reológicas de materiais não newtonianos por viscosímetro rotacional. Rio de Janeiro, 2007.
- j) _____. *NBR 15617:2008* - Misturas asfálticas – Determinação do dano por umidade induzida. Rio de Janeiro, 2008.
- k) BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. *DNER-EM 367/97* - Material de enchimento para misturas betuminosas - Especificação de material. Rio de Janeiro: IPR, 1997.
- l) _____. *DNER-ME 003/99* - Material betuminoso – Determinação da penetração - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1999.
- m) _____. *DNER-ME 035/98* - Agregados – Determinação da abrasão “Los Angeles” - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1998.
- n) _____. *DNER-ME 043/95* - Misturas betuminosas a quente – Ensaio Marshall - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1995.
- o) _____. *DNER-ME 053/94* - Misturas betuminosas – Percentagem de betume - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- p) _____. *DNER-ME 054/97* - Equivalente de areia - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1997.
- q) _____. *DNER-ME 078/94* - Agregado graúdo – Adesividade a ligante betuminoso - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- r) _____. *DNER-ME 079/94* - Agregado – Adesividade a ligante betuminoso - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- s) _____. *DNER-ME 083/98* - Agregados – Análise granulométrica - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1998.
- t) _____. *DNER-ME 086/94* - Agregados – Determinação do índice de forma - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- u) _____. *DNER-ME 089/94* - Agregados – Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato

de sódio ou de magnésio - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.

- v) _____. *DNER-ME 138/94* - Misturas betuminosas - Determinação da resistência à tração por compressão diametral - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- w) _____. *DNER-ME 148/94* - Material betuminoso – Determinação dos pontos de fulgor e de combustão (vaso aberto Cleveland) - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- x) _____. *DNER-ME 401/99* - Agregados – Determinação do índice de degradação de rochas após compactação Marshall com ligante ID_{mi} e sem ligante ID_m. - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1999.
- y) _____. *DNER-PRO 164/94* - Calibração e controle de sistemas medidores de irregularidade de superfície de pavimento (sistemas integradores IPR/USP e Maysmeter) - Procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- z) _____. *DNER-PRO 182/94* - Medição de irregularidade de superfície de pavimento com sistemas integradores IPR/USP e Maysmeter - Procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- aa) _____. *DNER-PRO 277* - Metodologia para controle estatístico de obras e serviços - Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.
- bb) BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. *DNIT 001/2009-PRO* - Elaboração e apresentação de normas do DNIT - Procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2009.
- cc) _____. *DNIT 111/2009-EM* - Cimento asfáltico modificado por borracha pelo processo via úmida, do tipo “Terminal Blending” - Especificação de material. Rio de Janeiro: IPR, 2009.
- dd) _____. *DNIT 011/2004-PRO* - Gestão da qualidade em obras rodoviárias - Procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2004.
- ee) _____. *DNIT 013/2004-PRO* - Requisitos para a qualidade na execução de em obras rodoviárias - Procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2004.
- ff) _____. *DNIT 070-PRO* - Condicionantes ambientais das áreas de uso de obras - Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.

3. Definição

Para os efeitos desta Norma, aplica-se a seguinte definição:

Concreto Asfáltico com Asfalto-borracha via úmida, do tipo “Terminal Blending”

Mistura executada a quente, em usina apropriada, com características específicas, composta de agregado graduado, material de enchimento (filer), se necessário, e asfalto-borracha via úmida do tipo “Terminal Blending” (estocável), espalhada e compactada a quente.

4. Condições gerais

- a) O concreto asfáltico com asfalto-borracha pode ser empregado como camada de rolamento, camada de ligação (binder) ou base.
- b) O concreto asfáltico com asfalto-borracha somente deve ser fabricado, transportado e aplicado quando a temperatura ambiente for superior a 10°C.
- O concreto asfáltico com asfalto-borracha não deve ser distribuído em dias de chuva ou quando a superfície a ser pintada apresentar qualquer sinal de excesso de umidade.
 - Todo carregamento de asfalto-borracha que chegar à obra deve apresentar, por parte do fabricante/distribuidor, certificado de análise de resultados dos ensaios de caracterização exigidos na Norma DNIT 111/2009-EM – Cimento Asfáltico Modificado por Borracha pelo Processo Via Úmida, do tipo “Terminal Blending”- Especificação de material e, também, o fator “k” de correção da parcela de borracha que não é solúvel pelo solvente utilizado na extração de betume pela Norma DNER-ME 053/1994.
- c) É responsabilidade do executante a proteção dos serviços e materiais contra a ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los.

5. Condições específicas

5.1 Materiais

Os materiais constituintes do concreto asfáltico com asfalto-borracha são: agregado graúdo, agregado miúdo, material de enchimento (filer), cimento asfáltico e dope,

se necessário, os quais devem satisfazer as especificações vigentes no DNIT.

5.1.1 Cimento asfáltico

Será utilizado o asfalto-borracha via úmida, do tipo "Terminal Blending".

Podem ser empregados os seguintes tipos de asfalto-borracha:

- AB-8 (faixas A, B, C e Gap Graded)
- AB-22,(Gap Graded)

5.1.2 Agregados

a) Agregado graúdo

O agregado graúdo deve ser pedra britada, escória, seixo rolado, preferencialmente britado, ou outro material indicado em Normas Complementares.

O agregado graúdo deve constituir-se de fragmentos são, duráveis, livres de torrões de argila e de substâncias nocivas e apresentar as seguintes características:

- Desgaste Los Angeles igual ou inferior a 50% (DNER-ME 035/98); admitindo-se, excepcionalmente, agregados com valores maiores, no caso de terem apresentado, comprovadamente, desempenho satisfatório em utilização anterior;

NOTA: Caso o agregado graúdo a ser usado apresente um índice de desgaste Los Angeles superior a 50%, pode ser usado o Método DNER-ME 401/99 – Agregados – determinação de degradação de rochas após compactação Marshall, com ligante ID_{ml} , e sem ligante ID_m , cujos valores das tentativas de degradação para julgamento da qualidade de rochas destinadas ao uso do Concreto Asfáltico Usinado a Quente são: $ID_{ml} \leq 5\%$ e $ID_m \leq 8\%$.

- Índice de forma superior a 0,5 (DNER-ME 086/94);
- Durabilidade, perda inferior a 12% (DNER-ME 089/94).

b) Agregado miúdo

O agregado miúdo deve ser areia, pó-de-pedra, ambos, ou outro material indicado em Normas Complementares.

Suas partículas individuais devem ser resistentes, estando livres de torrões de argila e de substâncias nocivas. Deve apresentar equivalente de areia igual ou superior a 55% (DNER-ME 054/94).

5.1.3 Material de enchimento (filer)

Deve ser colocado em todas as misturas na proporção de, no mínimo, 0,5%.

Quando da aplicação, deve estar seco e isento de grumos, e deve ser constituído por materiais minerais finamente divididos, tais como: cimento Portland, cal extinta, pós-calcários, cinza volante etc., de acordo com a Norma DNER-EM 367/97.

5.1.4 Melhorador de adesividade

Não havendo boa adesividade entre o ligante asfáltico e os agregados graúdos ou miúdos, deve ser empregado melhorador de adesividade, na quantidade fixada no projeto.

A determinação da adesividade do ligante com o melhorador de adesividade deve ser definida pelos seguintes ensaios:

- Método para determinação expedita da adesividade - NBR 14329:1999.
- Método para determinação da adesividade a ligante, agregado graúdo - DNER-ME 078/94.
- Método para determinação da adesividade a ligante, agregado - DNER-ME 079/94.
- Método de ensaio para determinar a resistência de misturas asfálticas compactadas à degradação produzida pela umidade NBR 15617:2008. Neste caso, a razão da resistência à tração por compressão diametral estática antes e após a imersão deve ser superior a 0,7 (DNER-ME 138/94).

5.2 Composição da mistura

A composição do concreto com asfalto-borracha deve satisfazer aos requisitos da tabela 1, com as respectivas tolerâncias, no que diz respeito à granulometria (DNER-ME 083/98), e aos percentuais do ligante asfáltico, determinados pelo projeto da mistura.

Tabela 1

Peneira de malha quadrada		% em massa, passando					Tolerâncias máx
		Faixas Contínuas			Faixa Descontínua	GAP GRADED	
Série ASTM	Abertura (mm)	A	B	C			
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	100	100	± 7%
1/2"	12,7	-	-	80 - 100	90 - 100	90 - 100	± 7%
3/8"	9,5	35 - 65	45 - 80	70 - 90	78 - 92	78 - 92	± 7%
Nº 4	4,8	25 - 50	28 - 60	44 - 72	28 - 42	28 - 42	± 5%
Nº 10	2,0	20 - 40	20 - 45	22 - 50	14 - 24	14 - 24	± 5%
Nº 40	0,42	10 - 30	10 - 32	8 - 26	8 - 17	8 - 17	± 5%
Nº 80	0,18	5 - 20	8 - 20	4 - 16	5 - 11	5 - 11	± 3%
Nº 200	0,075	1 - 8	3 - 8	2 - 10	2 - 7	2 - 7	± 2%
Asfalto solúvel no CS ₂ (%)		4,0 - 7,0 Camada de ligação (Binder)	4,5 - 7,5 Camada de ligação e rolamento	4,5 - 8,0 Camada de rolamento	5,0 - 8,0 Camada de rolamento	5,0 - 8,0 Camada de rolamento	± 0,3%

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

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

- a) Devem ser observados os valores limites para as características especificadas na tabela 2, a seguir:

Tabela 2

Características	Método de ensaio	Camada de Rolamento	Camada de Rolamento GAP GRADED	Camada de Ligação (Binder)
Porcentagem de vazios, %	DNER-ME 043	3 a 5	4 a 6	4 a 6
Relação betume/vazios	DNER-ME 043	65-78	65 - 78	65 - 78
Estabilidade, mínima, (Kgf) (75 golpes)	DNER-ME 043	800	700	700
Resistência à Tração por Compressão Diametral estática a 25°C, mínima, MPa	DNER-ME 138	0,75	0,50	0,65

- b) As Normas Complementares podem fixar outra energia de compactação;
- c) As misturas devem atender às especificações da relação betume/vazios ou aos mínimos de vazios do agregado mineral, dados pela tabela 3:

Tabela 3

Tamanho máximo nominal	VAM			
	Vazios 3 %	Vazios 4 %	Vazios 5 %	Vazios 6 %
1 1/2" - 37,5 mm	10	11	12	13
1" - 25 mm	11	12	13	14
3/4" - 19 mm	12	13	14	15
1/2" - 12,5 mm	13	14	15	16
3/8" - 9,5 mm	14	15	16	17
Nº 4 - 4,75 mm	16	17	18	19
Nº 8 - 2,36 mm	19	20	21	22
Nº 10 - 1,18 mm	21,5	22,5	23,5	24,5

5.3 Equipamentos

Os equipamentos necessários à execução dos serviços devem ser adequados aos locais de instalação das obras, atendendo ao que dispõem as especificações para os serviços.

Devem ser utilizados, no mínimo, os seguintes equipamentos:

- a) Depósito para Ligante Asfáltico

Os depósitos para o asfalto-borracha devem possuir dispositivos capazes de aquecer o ligante nas temperaturas fixadas nesta Norma. Estes dispositivos também devem evitar qualquer superaquecimento localizado. Deve ser instalado um sistema de agitadores mecânicos para agitação constante e um sistema de recirculação para o ligante asfáltico, de modo a garantir a circulação, desembaraçada e contínua, do depósito ao misturador, durante todo o período de operação. A capacidade dos depósitos deve ser suficiente para, no mínimo, três dias de serviço.

- b) Silos para Agregados

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

c) Usina para Misturas Asfálticas;

A usina a ser utilizada deve ser a gravimétrica.

A usina deve estar equipada com uma unidade classificadora de agregados, após o secador, e dispor de misturador capaz de produzir uma mistura uniforme. Um termômetro, com proteção metálica e escala de 90° a 210°C (precisão $\pm 1^\circ\text{C}$), 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 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 $\pm 5^\circ\text{C}$. A usina deve possuir termômetros nos silos quentes.

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

A usina deve possuir, ainda, uma cabine de comando e quadros de força. Tais partes devem estar instaladas em recinto fechado, com os 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 semi-automática, com leitura instantânea e acumuladora, 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.

O sistema de coleta do pó deve ser comprovadamente eficiente, a fim de minimizar os impactos ambientais. O material fino coletado deve ser devolvido, no todo ou em parte, ao misturador.

O misturador deve ser do tipo "pugmill", com duplo eixo conjugado, provido de palhetas reversíveis e removíveis, devendo possuir dispositivos de descarga de fundo ajustável e controlador do ciclo completo da mistura.

Por motivo justificado pode, também, ser utilizada uma usina do tipo tambor/secador/misturador, de duas zonas (convecção e radiação). Neste caso, devem ser utilizadas as usinas contra-fluxo, em que a chama do secador não atinge o ligante asfáltico, com misturador externo tipo pug-mill ou rotativo. O sistema de controle de dosagem deve ser, preferencialmente, automatizado e sincronizado entre os diferentes tipos de agregados e o ligante asfáltico, com pesagem individual dos silos e dosador de massa do ligante. A usina deve ser provida de: coletor de pó, alimentador de "filler" e sistema de descarga de mistura asfáltica por intermédio de transportador de arraste com comporta do tipo "clam-shell" ou, alternativamente, em silos de estocagem.

d) Caminhões basculantes para transporte da mistura

Os caminhões, tipo basculante, para o transporte do concreto asfáltico com asfalto-borracha, devem 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 à chapa. A utilização de produtos susceptíveis de dissolver o ligante asfáltico (óleo diesel, gasolina etc.) não deve ser permitida.

As caçambas devem ser providas de lona impermeável para proteção da mistura.

e) Equipamento para Espalhamento e Acabamento

O equipamento para espalhamento e acabamento deve ser constituído de acabadoras automotrizes, capazes de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e

abaulamento definidos no projeto. As acabadoras devem 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 devem ser equipadas com alisadores e dispositivos para aquecimento à temperatura requerida, para a colocação da mistura sem irregularidade.

f) Equipamento para Compactação

O equipamento para a compactação deve ser constituído por rolo pneumático e rolo metálico liso, tipo tandem ou rolo vibratório. Os rolos pneumáticos, autopropulsionados, devem ser dotados de dispositivos que permitam a calibragem da variação da pressão dos pneus, de 2,5 kgf/cm² a 9,8 kgf/cm² (35 a 140 psi).

O equipamento em operação deve ser suficiente para compactar a mistura na densidade de projeto, enquanto esta se encontrar em condições de trabalhabilidade.

O rolo liso tipo tandem metálico deve ter massa compatível com a espessura da camada.

Para misturas descontínuas do tipo "Gap Graded", utiliza-se, exclusivamente, o rolo tandem metálico.

NOTA: Todo equipamento a ser utilizado deve ser vistoriado antes do início da execução do serviço, de modo a garantir condições apropriadas de operação, sem o que não deve ser autorizada a sua utilização.

5.4 Execução

5.4.1 Pintura de ligação

Antes de iniciar a construção da camada de concreto asfáltico com asfalto-borracha, a superfície subjacente deve estar limpa e pintada ou imprimada.

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., deve ser feita uma pintura de ligação.

5.4.2 Aquecimento do ligante

A temperatura de aquecimento do asfalto-borracha empregado deve estar compreendida entre 170 e 180 °C, desde que não exceda a 180°C.

5.4.3 Aquecimento dos agregados

Os agregados devem ser aquecidos a temperaturas entre 10 e 15°C acima da temperatura do ligante asfáltico, sem ultrapassar 180°C.

5.4.4 Produção do concreto asfáltico

A produção do concreto asfáltico deve ser efetuada em usinas apropriadas, conforme especificado nesta Norma

A usinagem do concreto asfáltico deve ser realizada entre 165 e 180 °C.

5.4.5 Transporte do concreto asfáltico

O concreto asfáltico produzido deve ser transportado, da usina ao ponto de aplicação, nos veículos especificados na subseção 5.3 quando necessário, para que a mistura seja colocada na pista à temperatura especificada. Cada carregamento deve ser coberto com lona ou outro material aceitável, com tamanho suficiente para proteger a mistura.

O carregamento dos caminhões deve ser realizado de forma a evitar segregação da mistura dentro da caçamba, primeiro na frente, segundo na traseira e, por último, no meio.

5.4.6 Distribuição e compactação da Mistura

A distribuição do concreto asfáltico com asfalto-borracha deve ser feita por equipamentos adequados, conforme especificado na subseção 5.3.

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

Imediatamente após a distribuição do concreto asfáltico, deve ter início a rolagem. Como norma geral, a temperatura de rolagem é a mais elevada que a mistura asfáltica possa suportar, temperatura essa fixada, experimentalmente, para cada caso.

A fixação da temperatura de rolagem está condicionada à natureza da massa e às características do equipamento utilizado. Como norma geral, deve-se iniciar a compressão à temperatura mais elevada que a mistura asfáltica possa suportar, temperatura essa fixada experimentalmente, em cada caso. A temperatura

mínima recomendável para a compactação da mistura é de 145°C, devendo ser ajustada no campo em função dos equipamentos de compactação, condições ambientais e de serviço que garantam as características requeridas pela mistura, no projeto de dosagem.

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

A compactação deve ser iniciada pelos bordos, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista. Nas curvas, de acordo com a superelevação, a compactação deve começar sempre do ponto mais baixo para o ponto 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 deve perdurar até o momento em que seja atingida a compactação especificada.

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

5.4.7 Abertura ao tráfego

Os revestimentos recém-acabados devem ser mantidos sem tráfego, até atingir a temperatura ambiente.

6. Condicionantes ambientais

Objetivando evitar a degradação do meio ambiente, deve ser observado o que estabelece a documentação do empreendimento – o Projeto de Engenharia, os Programas Ambientais pertinentes do Plano Básico Ambiental – PBA, assim como, a Norma DNIT 070/2006 – PRO e as recomendações/ exigências dos órgãos ambientais.

7. Inspeção

7.1 Controle dos insumos

Compete ao executante a realização de testes e ensaios que demonstrem a seleção adequada dos insumos e a realização do serviço de boa qualidade, e em conformidade com esta Norma.

Todos os materiais utilizados na fabricação de Concreto Asfáltico com asfalto-borracha (Insumos) devem ser examinados em laboratório, obedecendo à metodologia

indicada pelo DNIT, e satisfazer às especificações em vigor.

7.1.1 Asfalto-borracha

O controle da qualidade do asfalto-borracha consta do seguinte:

- 01 ensaio de penetração a 25°C (DNER-ME 003/99), para todo carregamento que chegar à obra;
- 01 ensaio do ponto de fulgor, para todo carregamento que chegar à obra (DNER-ME 148/94);
- 01 ensaio de ponto de amolecimento, a cada 100 t (NBR 6560: 2000:);
- 01 ensaio de viscosidade “Brookfield” (ASTM-2196/99) a 175°C, para todo carregamento que chegar à obra;
- 01 ensaio de recuperação elástica pelo ductilômetro, para todo carregamento que chegar à obra (NBR 15086:2006);
- 01 ensaio de extração por refluxo Soxhlet, para determinação do fator de correção “k” (ASTM D 2172).

7.1.2 Agregados

O controle da qualidade dos agregados consta do seguinte:

a) Ensaios de rotina

- 02 ensaios de granulometria do agregado, de cada silo quente, por jornada de 8 horas de trabalho (DNER-ME 083/98);
- 01 ensaio de equivalente de areia do agregado miúdo, por jornada de 8 horas de trabalho (DNER-ME 054/97);
- 01 ensaio de granulometria do material de enchimento (filer), por jornada de 8 horas de trabalho (DNER-ME 083/98).

b) Ensaios eventuais

Somente quando houver dúvidas ou variações quanto à origem e natureza dos materiais.

- ensaio de desgaste Los Angeles (DNER-ME 035/98);
- ensaio de adesividade (NBR14329:1999). Se o asfalto-borracha contiver dope, também

devem ser executados os ensaios de adesividade após os ensaios de RTFOT (ASTM D-2872) e do dano produzido por umidade (NBR 15617:2008);

- ensaio de índice de forma do agregado graúdo (DNER-ME 086/94).

7.2 Controle da execução

O controle da produção do Concreto Asfáltico deve ser exercido através de coleta de amostras, ensaios e determinações feitos de maneira aleatória, de acordo com o Plano de Amostragem Aleatória (ver subseção 7.4).

7.2.1 Controle da usinagem do concreto asfáltico

- a) Controles da quantidade de ligante na mistura (DNER-ES 053/94)

Devem ser efetuadas extrações de asfalto de amostras coletadas na pista, logo após a passagem da acabadora. O teor de asfalto-borracha obtido deve ser corrigido pelo fator "k" obtido conforme subseção 7.1.1.

A porcentagem de ligante na mistura deve respeitar os limites estabelecidos no projeto da mistura, devendo-se observar a tolerância máxima de $\pm 0,3$, dependendo dos limites de projeto da mistura.

Deve ser executada uma determinação, no mínimo, a cada 700 m² de pista.

- b) Controle da graduação da mistura de agregados

Deve ser procedido o ensaio de granulometria (DNER-ME 083/98) da mistura dos agregados resultantes das extrações citadas na alínea "a". A curva granulométrica deve manter-se contínua, enquadrando-se dentro das tolerâncias especificadas no projeto da mistura.

- c) Controle de Temperatura

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

- do agregado, no silo quente da usina;
- do ligante, na usina;

- da mistura, no momento da saída do misturador.

As temperaturas podem apresentar variações de $\pm 5^{\circ}\text{C}$ das especificadas no projeto da mistura.

- d) Controle das Características da Mistura

Devem ser realizados ensaios Marshall em três corpos-de-prova de cada mistura por jornada de oito horas de trabalho (DNER-ME 043/95) e, também, o ensaio de tração por compressão diametral a 25°C (DNER-ME 138/94), em material coletado após a passagem da acabadora. Os corpos-de-prova devem ser moldados in loco, imediatamente antes do início da compactação da massa.

Os valores de estabilidade e da resistência à tração por compressão diametral devem satisfazer ao especificado.

7.2.2 Espalhamento e compactação na pista

Devem ser efetuadas medidas de temperatura durante o espalhamento da massa, imediatamente antes de iniciada a compactação. Estas temperaturas devem ser as indicadas, com uma tolerância de $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

A temperatura da massa, no decorrer da rolagem, deve propiciar adequadas condições de compressão, tendo em vista o equipamento e processo utilizados, e o grau de compactação objetivado, nunca sendo inferior a 145°C.

O controle do grau de compactação - GC da mistura asfáltica deve ser feito medindo-se a densidade aparente de corpos-de-prova extraídos da mistura espalhada e compactada na pista, por meio de brocas rotativas, e comparando-se os valores obtidos com os resultados da densidade aparente de projeto da mistura.

Devem ser realizadas determinações, em locais escolhidos aleatoriamente, durante a jornada de trabalho, não sendo permitidos GC inferiores a 97% ou superiores a 101%, em relação à massa específica aparente do projeto da mistura (conforme subseção 7.5, alínea "a").

7.3 Verificação do produto

A verificação final da qualidade do revestimento de Concreto Asfáltico (Produto) deve ser efetuada através das seguintes determinações, executadas de acordo

com o Plano de Amostragem Aleatório (ver subseção 7.4):

a) Espessura da Camada

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

b) Alinhamentos

A verificação do eixo e dos bordos deve ser feita durante os trabalhos de locação e nivelamento nas diversas seções correspondentes às estacas da locação. Os desvios verificados não devem exceder ± 5 cm.

c) Acabamento da superfície

Durante a execução deve ser feito, em cada estaca de 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 em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, respectivamente. A variação da superfície, entre dois pontos quaisquer de contato, não deve exceder a 0,5 cm, quando verificada com qualquer das réguas.

O acabamento longitudinal da superfície deve ser verificado por aparelhos medidores de irregularidade tipo resposta, devidamente calibrados (DNER-PRO 164/94 e DNER-PRO 182/94), ou outro dispositivo equivalente para esta finalidade. O Quociente de Irregularidade - QI deve apresentar valor inferior ou igual a 35 contagens/km ($IRI \leq 2,7$ m/km).

d) Condições de Segurança

As condições de segurança do revestimento de concreto asfáltico acabado devem ser determinadas por meio de métodos e equipamentos de medida de textura para avaliação da resistência à derrapagem. Para avaliação desta resistência devem ser utilizados o Ensaio do Pêndulo Britânico, de acordo com o Método ASTM E 303/93 (1998) e o Ensaio de Mancha de Areia, de acordo com o Método

ASTM E 965-96 (2006), ambos citados no Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos, do DNIT, 2006. Os valores para análises estatísticas a serem observados são:

• Macrotextura:

Ensaio de Mancha de Areia: $0,6 \text{ mm} \leq \text{HS}$
(Altura da Mancha de Areia) $\leq 1,2 \text{ mm}$.

• Microtextura:

Ensaio do Pêndulo Britânico: VRD (Valor de Resistência à Derrapagem) ≥ 47

Além da microtextura e macrotextura, medidos pelo Pêndulo Britânico e Mancha de Areia, a resistência à derrapagem pode ser avaliada por meio de quaisquer dos equipamentos contemplados (ou homologável) na Norma ASTM E 1960 - 07.

Esta Norma avalia o Índice Internacional de Atrito IFI (International Friction Index), cujos valores mínimos de IFI recomendados são:

- Valor de IFI (F60) $\geq 0,22$ para obras rodoviárias novas.
- Valor de IFI (F60) $\geq 0,15$ para pavimentos restaurados.

7.4 Plano de amostragem - Controle tecnológico

A quantidade e a frequência de determinações correspondentes aos diversos ensaios para o controle tecnológico da execução e do produto devem ser estabelecidos segundo um Plano de Amostragem aprovado pela Fiscalização, elaborado de acordo com os preceitos da Norma DNER-PRO 277/97.

7.5 Condições de conformidade e não-conformidade

Todos os ensaios de controle e determinações relativos à execução e ao produto, realizados de acordo com o Plano de Amostragem citado na subseção 7.4, devem cumprir as Condições Gerais e Específicas desta Norma, e estar de acordo com os seguintes critérios:

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

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

$\bar{X} - ks \geq$ valor mínimo especificado
ou $\bar{X} + ks \leq$ valor máximo de projeto:
Conformidade;

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

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

Onde:

x_i – valores individuais

\bar{X} – média da amostra

s - desvio padrão da amostra

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações (tamanho da amostra)

n - número de determinações.

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

Se $\bar{x} - ks <$ valor mínimo especificado: Não-conformidade;

Se $\bar{x} - ks \geq$ valor mínimo especificado: Conformidade.

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

Se $\bar{x} + ks >$ valor máximo especificado: Não-conformidade;

Se $\bar{x} + ks \leq$ valor máximo especificado: Conformidade.

Os resultados do controle estatístico devem ser registrados em Relatórios Periódicos de Acompanhamento, de acordo com a Norma DNIT 011/2004-PRO, a qual estabelece que sejam tomadas providências para tratamento das “Não-conformidades” da Produção (execução) e do Produto.

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

Todo detalhe incorreto ou mal executado deve ser corrigido.

Qualquer serviço só deve ser aceito, se as correções executadas a colocarem em conformidade com o disposto nesta Norma; caso contrário deve ser rejeitado.

8. Critérios de Medição

Os serviços conformes devem ser medidos de acordo com os critérios estabelecidos no Edital de Licitação dos serviços ou, na falta destes critérios, de acordo com as seguintes disposições gerais:

- a) O concreto asfáltico deve ser medido em toneladas de mistura efetivamente aplicada na pista. Não devem ser motivos de medição: mão-de-obra, materiais (exceto cimento asfáltico), transporte da mistura da usina à pista e encargos quando estiverem incluídos na composição do preço unitário;
- b) A quantidade de cimento asfáltico aplicada deve ser obtida pela média aritmética dos valores medidos na usina, em toneladas;
- c) O transporte do cimento asfáltico efetivamente aplicado deve ser medido com base na distância entre a refinaria e o canteiro de serviço;
- d) Nenhuma medição deve ser processada se a ela não estiver anexado um relatório de controle da qualidade contendo os resultados dos ensaios e determinações devidamente interpretados, caracterizando a qualidade do serviço executado.

Anexo A (Informativo)

Bibliografia

- a) AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 1754-97 (2002): standard test method for effect of heat and air on asphaltic materials (thin-film oven test). In: _____. *Annual book of ASTM standards*. West Conshohocken, PA, 2003. v.04.03.
- b) APS, Marcia. *Classificação da aderência pneu-pavimento pelo índice combinado IFI – International Friction Index para revestimentos asfálticos*. 2006. Tese (Doutorado)- Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- c) ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION. *AFNOR NF P-98-216-7: determination de la macrotexture - partie 7: determination de hauteur au sable*. Paris, 1999.
- d) BAKER, Thomas E. et al. *Evaluation of the use of scrap tires in transportation related applications in the State of Washington*. Olympia, WA: Washington State. Department of Transportation, 2003.
- e) BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. *Manual de pavimentação*. 3. ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006. (IPR. Publ., 719).
- f) _____. *Manual de restauração de pavimentos asfálticos*. 2. ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006. (IPR. Publ., 720)
- g) CALIFORNIA. Department of Transportation. *Asphalt rubber usage guide*. Sacramento, 2003.
- h) _____. *Use of scrap tire rubber*. Sacramento, 2005.
- i) HICKS, R. Gary. Asphalt rubber design and construction guidelines. In: CALIFORNIA. Department of Transportation. *Caltrans' asphalt-rubber usage guide*. Sacramento, 2002. v.1.
- j) HICKS, R. Gary; EPPS, Jon A. *Quality control for asphalt rubber binders and mixes*. Tempe, AZ: Rubber Pavement Association, 2000.
- k) MORILHA JUNIOR, Armando. *Estudo sobre a ação de modificadores no envelhecimento dos ligantes asfálticos e nas propriedades mecânicas e de fadiga das misturas asfálticas*. 2004. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.
- l) PARANÁ. Departamento de Estradas de Rodagem. *DER/PR ES-P 28/05: pavimentação – concreto asfáltico usinado a quente com asfalto borracha: especificação de serviço*. Curitiba, 2005.
- m) ROBERTS, Freddy L. et al. *Investigation and evaluation of ground tire rubber in hot mix asphalt*. Auburn, AL: Auburn University. National Center for Asphalt Technology, 1989. (National Center for Asphalt Technology. Report 89-3).
- n) SANTA CATARINA. Departamento Estadual de Infraestrutura. *DEINFRA-SC-ES-P 05B/05: camadas de misturas asfálticas usinadas a quente com asfalto borracha: especificação de serviço*. Florianópolis, 2005.

Índice geral

Abertura ao tráfego	5.4.7	8	Espalhamento e		
Abstract		1	compactação na pista	7.2. 2	9
Agregados	5.1.2, 712	4, 8	Execução	5.4	7
Anexo A (Informativo)			Índice geral		13
Bibliografia		12	Inspeção	7	8
Aquecimento do ligante	5.4.2	7	Materiais	5.1	3
Aquecimento dos agregados	5.4.3	7	Material de enchimento		
Asfalto-borracha	7.1.1	8	(filer)	5.1.3	4
Cimento asfáltico	5.1.1	4	Melhorador de adesividade	5.1.4	4
Composição da mistura	5.2	4	Objetivo	1	1
Condicionantes ambientais	6	8	Pintura de ligação	5.4.1	7
Condições de conformidade			Plano de amostragem –		
e não-conformidade	7.5	10	Controle tecnológico	7.4	10
Condições específicas	5	3	Prefácio		1
Condições gerais	4	3	Produção do concreto		
Controle da execução	7.2	9	asfáltico	5.4.4	7
Controle da usinagem do			Referências normativas	2	2
concreto asfáltico	7.2.1	9	Resumo		1
Controle dos insumos	7.1	8	Sumário		1
Critérios de medição	8	11	Tabela 1		5
Definição	3	3	Tabela 2		5
Distribuição e compactação			Tabela 3		5
da mistura	5.4.6	7	Transporte do concreto		
Equipamentos	5.3	5	asfáltico	5.4.5	7
			Verificação do produto	7.3	9