



**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 390/99
p. 01/14**

**Pavimentação - pré-misturado a frio com emulsão modificada por
polímero**

RESUMO

Este documento define a sistemática empregada na execução de misturas prévias a frio com emulsão modificada por polímero para a construção de camada do pavimento. Neste documento encontram-se definidos os requisitos concernentes a material, equipamento, execução e controle de qualidade dos materiais e serviços, além dos critérios para aceitação, rejeição e medição dos serviços.

ABSTRACT

This document presents procedures for cold coated mixtures construction with polymer modified emulsion. It presents requirements concerning materials, equipment, execution, environmental preserving, quality control and the criteria for acceptance, rejection and measurement 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
- 9 Recomendação

0 PREFÁCIO

Esta Norma estabelece a sistemática empregada na execução e no controle da qualidade do serviço em epígrafe.

1 OBJETIVO

Fixar a sistemática empregada na fabricação de mistura asfáltica a frio utilizando emulsão modificada por polímero, para a construção de camada do pavimento de acordo com os alinhamentos, greide e seção transversal de projeto.

Macrodescriptores MT : pavimentação

Microdescriptores DNER : pré-misturado a frio, emulsão asfáltica modificada por polímero

Palavras-chave IRRD/ IPR : mistura asfáltica (9047), material asfáltico (4955), pré-misturado a frio (4983), polímero

Descriptores SINORTEC : asfalto polímero, pavimento

Aprovada pelo Conselho Administrativo em 09/03/99, Resolução nº 06/99, Sessão nº CA/03/99

Autor: DNER/DrDTc (IPR)

Processo nº 51100009011/98-08

2 REFERÊNCIAS

Para entendimento desta Norma deverão ser consultados os documentos seguintes:

- a) DNER-EM 369/97 - Emulsões asfálticas catiônicas;
- b) DNER-ES 279/97 - Terraplenagem - caminhos de serviço;
- c) DNER-ME 002/98 - Emulsão asfáltica - carga da partícula;
- d) DNER-ME 005/94 - Emulsão asfáltica - determinação da peneiração;
- e) DNER-ME 006/94 - Emulsões asfálticas - determinação da sedimentação;
- f) DNER-ME 035/98 - Agregado - determinação da abrasão “**Los Angeles**”;
- g) DNER-ME 043/95 - Misturas betuminosas a quente - ensaio Marshall;
- h) DNER-ME 053/94 - Misturas betuminosas - percentagem de betume;
- i) DNER-ME 054/94 - Equivalente de areia;
- j) DNER-ME 059/94 - Emulsões asfálticas - determinação da resistência à água (adesividade);
- l) DNER-ME 063/94 - Emulsões asfálticas catiônicas- determinação da desemulsibilidade;
- m) DNER-ME 079/94 - Agregado - adesividade a ligante betuminoso;
- n) DNER-ME 083/98 - Agregados - análise granulométrica;
- o) DNER-ME 086/94 - Agregado - determinação de índice de forma;
- p) DNER-ME 089/94 - Agregados - avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio;
- q) DNER-ME 107/94 - Mistura betuminosa a frio, com emulsão asfáltica - ensaio **Marshall**;
- r) DNER-PRO 277/97 - Metodologia para controle estatístico de obras e serviços;
- s) ABNT-MB 581/71 - Viscosidade “**Saybolt-Furol**” de emulsões asfálticas;
- t) ABNT NBR 6300/84 - Emulsões asfálticas - determinação da resistência à água (adesividade);
- u) ABNT NBR 6568/84 - Determinação do resíduo de destilação de emulsão asfáltica;
- v) Pesquisa de asfaltos modificados por polímeros - Divisão de Pesquisas e Desenvolvimento, IPR/DNER - 1998.

3 DEFINIÇÃO

Para os efeitos desta Norma é adotada a definição seguinte:

Pré-misturado a frio com emulsão asfáltica modificada por polímero - mistura executada à temperatura ambiente em usina apropriada, constituída de agregado, material de enchimento (filer) se necessário, e emulsão asfáltica modificada por polímero do tipo SBS, espalhada e comprimida a frio.

4 CONDIÇÕES GERAIS

4.1 O pré-misturado a frio com emulsão modificada por polímero é empregado como base, regularização ou camada subjacente ao revestimento do pavimento.

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

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

5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

5.1 Material

Os constituintes do pré-misturado a frio com emulsão polímero são o agregado e a emulsão asfáltica modificada por polímero do tipo SBS, os quais devem satisfazer as especificações aprovadas pelo DNER. O pré-misturado a frio com emulsão polímero deve satisfazer aos requisitos exigidos nesta especificação.

5.1.1 Emulsão asfáltica modificada por polímero

Podem ser empregadas:

- a) emulsão asfáltica catiônica de ruptura média, tipos: RM - 1C e RM - 2C modificadas por polímero;
- b) emulsão asfáltica catiônica de ruptura lenta, tipo RL - 1C modificada por polímero.

5.1.2 Agregado

5.1.2.1 Agregado graúdo

O agregado graúdo pode ser pedra ou seixo rolado, britados ou outro material indicado no projeto. Deve ser constituído por fragmentos sãos, 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); admite-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 089);
- d) granulometria dos agregados (DNER-ME 083), obedecendo as faixas especificadas no quadro do item 5.2.1;
- e) adesividade superior a 90% (DNER-ME 059), com a emulsão selecionada.

5.1.2.2 Agregado miúdo

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

5.1.2.3 Material de enchimento (filer)

Deve ser constituído por materiais minerais finamente divididos, não plásticos, secos e isentos de grumos, tais como: cimento Portland, cal extinta, pó calcário, ou outros, e que atendam a seguinte granulometria, quando ensaiados pelo método DNER-ME 083:

Peneira de malha quadrada		Percentagem passando, em peso
ABNT	Abertura, mm	
N° 40	0,42	100
N° 80	0,18	95-100
N° 200	0,075	65-100

5.2 Composição da mistura

5.2.1 A composição do pré-misturado a frio com asfalto polímero deve satisfazer os requisitos com as respectivas tolerâncias no que diz respeito à granulometria e aos percentuais de ligante asfáltico do quadro seguinte:

Peneira de malha quadrada		Percentagem passando, em peso (faixas)				Tolerância na curva de projeto, (%)
ABNT	Abertura, mm	A	B	C	D	
1"	25,4	100	-	100	-	-
3/4"	19,1	75-100	100	95-100	100	± 7
1/2"	12,5	-	75-100	-	95-100	± 7
3/8"	9,5	30-60	35-70	40-70	45-80	± 7
N° 4	4,8	10-35	15-40	20-40	25-45	± 5
N° 10	2,0	5-20	10-24	10-25	14-30	± 5
N° 200	0,075	0-5	0-5	0-8	0-8	± 2
Ligante polimerizado solúvel no tricloroetileno, %, em peso		4-6	4-6	4-7	4-7	± 0,3

As tolerâncias constantes no quadro são permitidas, desde que os limites da faixa não sejam ultrapassados.

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

5.2.2 As percentagens 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.

5.2.3 Deve ser utilizado o Ensaio **Marshall** Modificado para as misturas a frio, para verificação das condições de vazios, estabilidade e fluência, segundo os valores seguintes:

Características	Camada de pré-misturado
Percentagem de vazios	5 a 25
Estabilidade, mínima	250 kgf (75 golpes)
Fluência, mm	2,0 a 4,5

5.3 Equipamento

5.3.1 Depósito para emulsão asfáltica modificada por polímero

Os depósitos de emulsão asfáltica modificada devem ser completamente vedados, de modo a evitar o contato deste material com ar, água, poeira, ou outros elementos nocivos. Os tanques devem dispor, ainda, de dispositivos que permitam a homogeneização, aquecimento ou resfriamento da emulsão, se necessário, assim como, devem ser dotados de termômetros, com precisão de $\pm 1^\circ\text{C}$ para controle da temperatura. A capacidade dos depósitos deve ser suficiente para, no mínimo, três dias de serviço.

5.3.2 Depósito para agregado

Os silos devem ter capacidade total de, no mínimo, três vezes a capacidade do misturador e devem 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, se necessário, um silo adequado para o filer, conjugado com o dispositivo para sua dosagem.

5.3.3 Usina para pré-misturado com emulsão modificada por polímero

A usina deve estar equipada com um misturador tipo **Pug-Mill**, com duplo eixo conjugado, provido de palhetas reversíveis, ou outro tipo de misturador capaz de produzir uma mistura uniforme.

Sobre a correia transportadora deve ser adaptado o dispositivo para umedecimento da mistura de agregados. Os silos devem dispor de comportas reguláveis e capacidade suficiente para que a alimentação da correia transportadora seja controlada e contínua.

5.3.4 Equipamento para espalhamento do pré-misturado

O equipamento para espalhamento e acabamento deve ser constituído de pavimentadoras automotrizes, capazes de espalhar e conformar a mistura no alinhamento, cotas e abaulamentos requeridos. As acabadoras devem ser equipadas com parafusos sem fim ou outro sistema de mistura capaz de promover a homogeneização da mistura, e possuir dispositivos rápidos e eficientes de direção, além de marchas para frente e para trás. Preferencialmente, devem possuir dispositivos eletrônicos para controle de espessura.

Quando não houver possibilidade de utilização de pavimentadoras, ou quando o pré-misturado for estocado em montes ao longo do trecho, é recomendada a utilização de motoniveladoras. Este tipo de equipamento pode, também, ser utilizado nos casos onde o pré-misturado for empregado como camada de nivelamento e/ou regularização.

5.3.5 Equipamento de compactação

Os equipamentos de compactação são constituídos por rolo liso vibratório ou rolo pneumático e rolo metálico liso, tipo tandem. O rolo vibratório deve possuir amplitude e frequência de vibração compatíveis com o serviço a ser executado. Os rolos compressores, tipo tandem, devem ter uma carga de 8t a 12t. Os rolos pneumáticos, autopropulsores, devem ser dotados de pneus que permitam a calibragem de 2,5kgf/cm² a 8,4kgf/cm² (35 psi a 120 psi).

5.3.6 Caminhões para transporte da mistura

Os caminhões, tipo basculante, para o transporte do pré-misturado com emulsão asfáltica modificada, 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 às chapas. Não é permitida a utilização de produtos susceptíveis de dissolver o ligante asfáltico, tais como óleo diesel, gasolina, e outros.

A tampa traseira da caçamba deve ser perfeitamente vedada, de modo a evitar derramamento de emulsão sobre a pista. Para isto, pode ser necessária a fixação de dispositivo para retenção, no interior da caçamba, e posterior remoção, da água oriunda de molhagem do agregado e da ruptura da emulsão asfáltica.

5.4 Execução

5.4.1 Antes de iniciar a construção da camada de pré-misturado com emulsão asfáltica modificada, 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 tráfego sobre a superfície imprimada, ou, ainda ter sido a imprimação recoberta com areia, pó-de-pedra ou outros, deve ser feita uma pintura de ligação.

A temperatura para aplicação da emulsão asfáltica é determinada em função da relação temperatura x viscosidade para uma faixa entre 20 e 100 segundos, "Saybolt Furol" (ABNT-MB 581).

5.4.2 Produção do pré-misturado com emulsão polímero

A produção do pré-misturado deve ser efetuada em usinas indicadas em 5.3.3 e rigorosamente controlada, de modo a se obter uma mistura uniforme.

5.4.3 Transporte do pré-misturado com emulsão polímero

5.4.3.1 O pré-misturado produzido deve ser transportado, da usina ao ponto de aplicação, nos veículos basculantes antes especificados.

5.4.3.2 Quando necessário, para que a mistura não sofra a ação de intempéries, cada carregamento deve ser coberto com lona ou outro material aceitável, com tamanho suficiente para proteger a mistura.

5.4.3.3 Quando necessário, os caminhões devem permanecer em local apropriado para permitir a drenagem da água proveniente da ruptura da emulsão.

5.4.4 Distribuição e compactação da mistura

5.4.4.1 Os pré-misturados devem ser distribuídos somente quando a temperatura ambiente se encontrar acima de 10 °C e com tempo não chuvoso.

5.4.4.2 A distribuição do pré-misturado deve ser feita por equipamentos conforme especificado em 5.3.4.

5.4.4.3 Caso ocorram irregularidades na superfície da camada, estas devem ser corrigidas pela adição manual de pré-misturado, sendo o espalhamento efetuado por meio de ancinhos e rodos metálicos (rastelos).

5.4.4.4 A compactação é iniciada pelos bordos, longitudinalmente, continuando em direção ao eixo da pista. Nas curvas, a compactação deve começar sempre do ponto mais baixo para o mais alto. Cada passada do rolo deve recobrir pelo menos a metade da largura anteriormente rolada. Em qualquer caso, a operação de rolagem perdurará até atingir a compactação especificada.

O executante pode optar ainda pela técnica de compactação que melhor lhe aprouver, desde que tenha havido uma experimentação inicial, fora do canteiro de serviço.

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

5.4.5 Abertura ao tráfego

A camada recém acabada pode ser aberta ao tráfego imediatamente após o término do serviço de compactação, desde que não se note deformação ou desagregação.

6 MANEJO AMBIENTAL

Para execução da camada asfáltica do pré-misturado a frio com emulsão asfáltica modificada por polímero são necessários trabalhos envolvendo a utilização de emulsão asfáltica modificada 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 de ligante asfáltico 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 são aceitas após apresentação da licença ambiental de operação da pedreira/areal, cuja cópia deve 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 Norma DNER-ES 279 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 Emulsão asfáltica modificada por polímero

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 ou 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 dos canteiros de obra.

As operações em usinas misturadoras a frio englobam:

- a) estocagem, dosagem, peneiramento e transporte dos agregados frios;
- b) transporte e estocagem do filer;
- c) transporte, estocagem e aquecimento de óleo combustível e emulsão asfáltica modificada.

AGENTES E FONTES POLUIDORAS

Agente poluidor	Fontes poluidoras
I. Emissão de partículas	As 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. Aquecimento de emulsão asfáltica: 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. 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 a uma distância inferior a 200 m (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 nas legislações vigentes.

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

6.4.3 Enclausurar a correia transportadora de agregados.

6.4.4 Dotar o misturador, os silos de agregados 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.

6.4.5 Fechar os silos de estocagem de massa asfáltica.

6.4.6 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.

6.4.7 Dotar os silos de estocagem de filer de sistema próprio de filtragem à seco.

6.4.8 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.

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

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

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

7 INSPEÇÃO

7.1 Controle de qualidade do material

Todos os materiais devem ser examinados em laboratório, obedecendo a metodologia indicada pelo DNER, e aceitos de acordo com as especificações em vigor.

7.1.1 Emulsão asfáltica modificada por polímero

O controle de qualidade da emulsão asfáltica consta do seguinte:

- a) Para todo carregamento que chegar à obra:

01 ensaio de viscosidade “Saybolt-Furol” (ABNT-MB 581)

01 ensaio de resíduo (ABNT NBR-6568);

01 ensaio de peneiramento (DNER-ME 005);

01 ensaio de carga de partícula (DNER-ME 002);

01 ensaio de recuperação elástica a 25°C, no resíduo da emulsão (DNER-ME 382).

b) Para cada 100t:

01 ensaio de sedimentação (DNER-ME 006);

01 ensaio de desemulsibilidade (DNER-ME 003);

01 ensaio de destilação (ABNT NBR-6568);

c) Para cada 500t:

01 ensaio de infra-vermelho no resíduo da emulsão para determinação do teor de polímero, sendo permitida uma tolerância de $\pm 0,4\%$ do teor de projeto.

7.1.2 Agregados

O controle de qualidade dos agregados consta do seguinte:

a) Por jornada de 8h de trabalho:

01 ensaio de adesividade (DNER-ME 079 e DNER-ME 059);

02 ensaios de granulometria do agregados (DNER-ME 083);

b) Por mês, ou quando houver variação da natureza do material:

01 ensaio de desgaste Los Angeles (DNER-ME 035);

01 ensaio de equivalente de areia (DNER-ME 054);

01 ensaio de durabilidade, se for exigido (DNER-ME 089);

01 ensaio de índice de forma (DNER-ME 086);

7.2 Controle da execução

O controle da execução é exercido através de coleta aleatória de amostras, ensaios e determinações.

7.2.1 Controle da usinagem do pré-misturado a frio com emulsão polímero

7.2.1.1 Controle da quantidade de ligante na mistura

Devem ser efetuadas extrações de betume, de amostras coletadas na saída da acabadora (DNER-ME 053). A percentagem de ligante residual pode variar, no máximo, $\pm 0,3\%$, da fixada no projeto.

7.2.1.2 Controle da graduação da mistura de agregados

Proceder 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, obedecendo as tolerâncias especificadas no projeto.

7.2.1.3 Controle das características da mistura

Devem ser realizados ensaios **Marshall** em corpos-de-prova, por jornada de 8 horas de trabalho.

Os valores de estabilidade devem satisfazer ao especificado no item proposto. As amostras devem ser retiradas na saída da acabadora.

7.2.1.4 O número das determinações ou ensaios de controle da usinagem do pré-misturado a frio, por jornada de 8 horas de trabalho, é 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
α	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° de amostras					k = coeficiente multiplicador					α = risco do executante				

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

7.2.2 Espalhamento e compactação na pista

7.2.2.1 Controle do grau de compactação

O controle do grau de compactação - GC da mistura asfáltica deve ser feito, através de medidas da massa específica de corpos-de-prova extraídos da mistura espalhada e comprimida na pista, utilizando brocas rotativas.

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

Devem ser realizadas determinações em locais escolhidos aleatoriamente durante a jornada de trabalho, não sendo permitidos - GC inferiores a 95% da densidade de projeto.

O controle do grau de compactação pode, também, ser feito através de medidas das densidades aparentes e corpos-de-prova extraídos da pista e comparadas com as densidades aparentes de corpos-de-prova moldados no local. As amostras para a moldagem destes corpos-de-prova devem ser colhidas bem próximo ao local onde serão realizados os furos e antes da sua compactação. Neste caso o $GC \geq 98\%$.

7.2.2.2 O número de determinações do grau de compactação - GC é definido em função do risco de rejeição de um serviço de boa qualidade assumido pelo executante, conforme tabela do item 7.2.1.4.

7.3 Verificação final da qualidade

7.3.1 Espessura da camada

Deve ser 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 compactação 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. Pode também ser utilizada a trena. Os desvios verificados não devem exceder $\pm 5\text{cm}$.

7.3.3 Acabamento da superfície

Durante a execução deve ser feito em cada estaca da locação o controle de acabamento da superfície da camada, 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.

7.4 Critérios de aceitação e rejeição

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

7.4.2 Quanto ao controle da usinagem do pré-misturado a frio com emulsão polímero, espalhamento e compressão na pista, deve-se analisar estatisticamente os resultados abaixo e verificar a condição seguinte:

a) Na usina

Deve ser verificada a faixa da temperatura preconizada nesta Especificação, se for o caso.

b) Na pista

Para a quantidade de ligante na mistura, graduação da mistura de agregados em que é especificada uma faixa de valores mínimos e máximos, deve ser verificada a condição seguinte:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo especificado}$ ou $\bar{X} + ks > \text{valor máximo especificado} \Rightarrow \text{rejeitar o serviço};$

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo especificado}$ e $\bar{X} + ks \leq \text{valor máximo especificado} \Rightarrow \text{aceitar o serviço}.$

Sendo:

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

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

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 **Marshall** em que é especificado um valor mínimo a ser atingido, deve ser verificada a condição seguinte:

Se $\bar{X} - ks < \text{valor mínimo especificado} \Rightarrow$ rejeitar o serviço;

Se $\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo especificado} \Rightarrow$ aceitar o serviço.

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

Se $\bar{X} - ks < \text{valor mínimo especificado} \Rightarrow$ rejeitar o serviço;

Se $\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo especificado} \Rightarrow$ aceitar o serviço.

7.4.3 Os resultados do controle estatístico são registrados em relatórios periódicos de acompanhamento e associados à medição dos serviços.

7.4.4 Os serviços rejeitados devem ser corrigidos, complementados ou refeitos.

8 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO

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

8.1 O pré-misturado a frio com emulsão polímero é medido, em metros cúbicos através da mistura efetivamente aplicada na pista. Não são motivos de medição: mão-de-obra, materiais (exceto ligante asfáltico), 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 obtido através da média aritmética dos valores medidos na usina, em toneladas.

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

9 RECOMENDAÇÃO

9.1 Os serviços rejeitados poderão ser corrigidos de acordo com as proposições das Instruções para Controle Tecnológico de Serviços de Pavimentação, resolução 1715/87 do Conselho Administrativo do DNER, com as devidas adaptações onde couber.

9.2 Recomenda-se $\alpha = 0,10$ da Tabela de amostragem variável do item 7.2.1.4. A frequência das determinações de campo poderá ser realizada a cada 700m^2 de pista.