

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

Pavimentação – Reciclagem profunda de pavimentos “in situ” com adição de cimento Portland – Especificação de Serviço

Autor: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR

Processo: 50607.002585/2012-93

Aprovação pela Diretoria Colegiada DNIT na Reunião de 21/10/ 2013

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:

Pavimentação, reciclagem, cimento Portland.

Total de páginas

11

Resumo

Esta norma define a sistemática a ser empregada na execução de reciclagem profunda de pavimento “in situ”, com adição de cimento Portland. São também prescritos os requisitos relativos a materiais, equipamentos, execução, controle da qualidade, condicionantes ambientais, condições de conformidade e não conformidade e critérios de medição dos serviços.

Abstract

This standard defines the methods and procedures to be used in the “in situ” depth recycling of pavement, with addiction of Portland cement. It also presents requirements concerning materials, equipments, execution, quality control, environmental management, conformity and non conformity conditions and the criteria for services measurement.

Sumário

Prefácio.....	1
1 Objetivo	1
2 Referências normativas.....	2
3 Definição	2
4 Condições gerais.....	3
5 Condições específicas	3

6 Condicionantes ambientais	7
7 Inspeções	8
8 Critérios de medição.....	10
Índice geral.....	11

Prefácio

Esta Norma foi preparada pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR/DIREX para servir como documento base, visando estabelecer as condições exigíveis para a execução de reciclagem profunda de pavimentos “in situ” com adição de cimento Portland, agregados (quando necessário) e água em proporções previamente definidas no projeto de dosagem.

Está formatada de acordo com a Norma DNIT 001/2009-PRO.

1 Objetivo

Esta Norma estabelece os procedimentos que orientam a execução, controle, aceitação e medição dos serviços de reciclagem profunda de pavimento com adição de cimento Portland. As condições a serem adotadas visam obter uma camada de pavimento “reciclada” com aproveitamento de materiais da pista e introdução de cimento Portland e agregados adicionais (quando necessário), conforme estabelecido no projeto de dosagem da mistura aprovado.

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 (inclusive emendas).

- a) DNER-EM 036: Cimento Portland – Recebimento e aceitação – Especificação de material. Rio de Janeiro: IPR.
- b) DNER-ME 035 : Agregados – Determinação da abrasão Los Angeles – Método de ensaio. Rio de Janeiro : IPR.
- c) DNER-ME 052: Solos e agregados miúdos – Determinação da umidade com o emprego do "Speedy" - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- d) DNER-ME 054 : Equivalente de areia – Método de ensaio. Rio de Janeiro : IPR.
- e) DNER-ME 080 : Solos – Análise granulométrica por peneiramento – Método de ensaio. Rio de Janeiro : IPR.
- f) DNER-ME 086 : Agregado – Determinação do índice de forma – Método de ensaio. Rio de Janeiro : IPR.
- g) DNER-ME 089 : Agregados – Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio – Método de ensaio. Rio de Janeiro : IPR.
- h) DNER-ME 092: Solo – Determinação da massa específica aparente, "in situ", com o emprego do frasco de areia – Método de ensaio. Rio de Janeiro : IPR.
- i) DNER-ME 181: Solos estabilizados com cinza volante e cal hidratada – Determinação da resistência à tração por compressão diametral – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- j) DNER-ME 201: Solo-cimento – Compressão axial de corpos de prova cilíndricos – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- k) DNER-PRO 277: Metodologia para controle estatístico de obras e serviços - Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.
- l) DNIT 011-PRO: Gestão da qualidade em obras rodoviárias - Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.

- m) DNIT 050-EM : Pavimento rígido – Cimento Portland – Especificação de material. Rio de Janeiro : IPR
- n) DNIT 070-PRO: Condicionantes ambientais das áreas de uso de obras – Procedimento. Rio de Janeiro: IPR
- o) DNIT 156-ME : Emulsão asfáltica – Determinação da carga da partícula – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- p) DNIT 164-ME: Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- q) DNIT 165-EM: Emulsões asfálticas para pavimentação – Especificação de material. Rio de Janeiro: IPR.
- r) NBR 5732 - Cimento Portland comum.
- s) NBR 6570 – Emulsões asfálticas – Determinação da sedimentação.
- t) NBR 11579 - Cimento Portland – Determinação da finura por meio da peneira 75 µm (Nº 200) – Método de ensaio.
- u) NBR 14376 - Emulsões asfálticas – Determinação do resíduo asfáltico por evaporação - Método expedito.
- v) NBR 14393 - Emulsões asfálticas – Determinação da peneiração.
- w) NBR 14491- Emulsões asfálticas – Determinação da viscosidade Saybolt Furol.
- x) NBR 14950 – Materiais betuminosos – Determinação da viscosidade Saybolt Furol.

3 Definição

Para os efeitos desta Norma se aplica a seguinte definição:

Reciclagem profunda de pavimento com adição de cimento Portland é um processo de reconstrução parcial da estrutura do pavimento com emprego de equipamentos próprios para esta finalidade. Utilizam-se materiais existentes na estrutura do pavimento, cimento Portland, agregados adicionais (quando necessário) e água, em proporções previamente definidas no projeto de dosagem, e emulsão asfáltica para pintura de proteção.

4 Condições gerais

4.1 Não é permitida a execução dos serviços, objeto desta Norma:

- Sem o preparo prévio da plataforma de trabalho, caracterizado por sua limpeza e remoção de obstáculos, se necessário;
- Sem a aprovação prévia pelo DNIT do projeto de dosagem e da metodologia de trabalho;
- Em temperatura ambiente inferior a 5° C e superior a 35° C;
- Em dias de chuva.

4.2 Antes da execução dos serviços deve ser implantada a adequada sinalização de obra, visando à segurança do tráfego no segmento rodoviário, e efetuada sua manutenção permanente durante a execução dos serviços.

5 Condições específicas

5.1 Insumos

5.1.1 Cimento Portland

- Deve obedecer aos requisitos das Normas DNER – EM 036/95, ABNT NBR 5732/91 e NBR 11579/91;
- Todo carregamento de cimento que chegar à obra deve vir acompanhado de certificado de fabricação com as informações sobre a data de fabricação, origem, além da sigla correspondente, a classe, a denominação normalizada e a massa líquida entregue;
- Podem ser utilizados, também, os Cimentos Portland Compostos do Tipo II (CP II E, CP II F e CP II Z) de classe de resistência intermediária (classe 32), em conformidade com a Norma DNIT 050/2004-EM.

5.1.2 Água

Deve ser limpa e isenta de substâncias nocivas como: sais, ácidos, óleos, álcalis, açúcares, matéria orgânica ou outros elementos prejudiciais à reação do cimento.

5.1.3 Agregados adicionais

Caso a granulometria do material fresado não se enquadre nas faixas granulométricas indicadas nesta Norma devem ser introduzidos agregados adicionais, para promover o ajuste granulométrico do material. Também é permitida a adição de agregados para atender a outros requisitos tecnicamente ou operacional-

mente justificáveis. Os agregados adicionais devem atender aos seguintes requisitos:

► Agregado Graúdo – consiste em agregado pétreo ou seixo rolado, britados, e devem ser constituídos por fragmentos sãos, limpos e duráveis, sem torrões de argila ou de substâncias nocivas, e apresentar as características seguintes:

- Desgaste Los Angeles igual ou inferior a 55% (DNER-ME 035/98), admitindo-se agregados com valores maiores, no caso de desempenho satisfatório comprovado, ou quando submetidos a ensaios tecnológicos específicos;
- Índice de forma superior ou igual a 0,5 (DNER-ME 086/94) e índice de lamelaridade menor que 20%;
- Durabilidade, perda inferior a 12% (DNER-ME 089/94).

► Agregado miúdo - constituído por pó de pedra, apresentando partículas individuais resistentes, sem torrões de argila ou outras substâncias nocivas, devendo seu equivalente de areia (DNER-ME 054/97) ser igual ou superior a 40%.

5.1.4 Emulsão asfáltica

- A cura da base reciclada deve ser realizada com a emulsão asfáltica RR-2C, em conformidade com as especificações da Norma DNIT 165/2013-EM: Emulsões asfálticas para pavimentação – Especificação de material;
- A taxa de aplicação da emulsão deve ser fixada no projeto e ajustada na obra no início dos serviços. De uma maneira geral, a taxa de aplicação do ligante asfáltico residual é de 0,4 a 0,6 litros/m².

5.2 Equipamentos

Antes da execução do serviço, todo equipamento deve ser cuidadosamente examinado e estar de acordo com esta Norma, sem o que não deve ser dada a autorização para seu início. Os equipamentos requeridos são os seguintes:

5.2.1 Recicladora de pavimentos

As características mínimas que o equipamento de reciclagem deve apresentar são:

- Equipamento autopropelido, com tração nas quatro rodas e potência de motor mínima de 400 HP, para

- permitir empurrar caminhão de água além de fresar profundidades de pelo menos 300 mm numa única passada;
- b) Câmara de mistura dotada de dispositivo para permitir fragmentação da capa asfáltica e pedregulhos e assim restringir o diâmetro máximo admissível;
 - c) Sistema automático de profundidade e nivelamento para manter a espessura de corte nivelada e uniforme. A largura mínima efetiva, em uma única passada, deve ser de 2,50 metros;
 - d) Rolo misturador/fresador equipado com ferramentas de cortes especiais. Deve ser capaz de operar, no mínimo, em três velocidades diferentes, conforme a necessidade, para permitir melhor desagregação e homogeneização dos materiais;
 - e) Dispositivo para ajustar com precisão a taxa de aplicação de água em função da velocidade de avanço.

5.2.2 Caminhões tanque

- a) Caminhão tanque para abastecimento de água com capacidade mínima de 10.000 litros, equipado com registro de água (diâmetro 3"), engate para mangueira do tipo rápido (macho / fêmea) e engate para cambão;
- b) Outro caminhão tanque de água com capacidade mínima de 10.000 litros, para umidificar a superfície durante as operações de compactação e, também, para controlar a emissão de poeira e manter a umidade na superfície da camada reciclada após o acabamento.

NOTA: Um terceiro caminhão tanque pode ser necessário para abastecer de água o caminhão tanque do trem de reciclagem, permitindo desta forma uma operação contínua.

5.2.3 Caminhão basculante equipado com caçamba inclinável, para transporte de sobra de materiais oriundos das operações de acabamento da superfície. O caminhão deve ter capacidade para 22 toneladas ou 12 m³ de carga.

5.2.4 Pá carregadeira articulada, com capacidade da caçamba de 2,5 m³ de carga, para remoção do material excedente da reciclagem.

5.2.5 Vassoura mecânica e compressor de ar comprimido para limpar a superfície da camada reciclada antes da aplicação da pintura de proteção e, também, para eliminar material solto antes da abertura ao tráfego.

5.2.6 Motoniveladora autopropelida com largura mínima de lâmina de 3,6 metros e potência de motor suficiente para cortar, espalhar e nivelar o material reciclado.

5.2.7 Equipamentos para espalhamento de insumos

- a) Espalhamento de agregados (caso necessário)

Deve ser utilizado distribuidor de agregados, de preferência autopropelido, para permitir a distribuição homogênea e na quantidade especificada de material e, também, permitir melhor controle das taxas de aplicação;

b) Espalhamento de cimento Portland

O cimento deve ser espalhado uniformemente nas direções longitudinal e transversal. O equipamento deve ser dotado de controle eletrônico, para permitir a máxima precisão na taxa de aplicação, independentemente da velocidade de avanço. Também deve possuir sistema de espalhamento controlado por um computador de bordo capaz de ser ajustado a qualquer momento e sempre que necessário.

5.2.8 Equipamentos para compactação

- a) Rolos metálicos vibratórios do tipo liso e/ou pé de carneiro, de peso operacional mínimo de 11,3 toneladas e dispositivos para ajustar as amplitudes e frequências de vibração para as condições de trabalho requeridas. Tais equipamentos devem ser dotados de inversores de sentido e possuir deslocamento suave;
- b) Rolo pneumático autopropulsor, de peso operacional de 20 a 30 toneladas, dotado de dispositivo que permita a calibragem de variação da pressão dos pneus de 0,25 MPa a 0,84 MPa (35 a 120 psi).

NOTA: A composição do trem de compactadores deve ser estabelecida experimentalmente, para definir a combinação ideal dos tipos de equipamentos que irão otimizar o número de passadas e alcançar o grau de compactação desejado. O trem de rolos compactadores deve assegurar uma compactade adequada e homogênea em toda a espessura da camada, sem produzir alterações de densidade ou esmagamento de partículas. Deve, também, reunir características que permitam que o fundo da camada seja bem densificado, para lhe assegurar uma boa resistência à fadiga.

5.3 Execução

O processo construtivo compreende a operação simultânea de desagregação do pavimento e incorporação de materiais novos (espalhados previamente sobre a pista), mistura e homogeneização “*in situ*”, compactação e acabamento, segundo alinhamento e cotas definidos no projeto geométrico, resultando numa camada nova de pavimento.

5.3.1 Mistura reciclada.

5.3.1.1 A mistura reciclada deve apresentar uma granulometria densa e bem graduada e se enquadrar em uma das faixas granulométricas da Tabela 1:

Tabela 1 – Composição granulométrica				
Peneira de malha quadrada		Percentagem passando, em massa (%)		Tolerância da faixa de projeto (%)
ABNT	Abertura (mm)	I	II	
2"	50,8	100	100	
1"	25,4	75 – 90	100	± 7
3/8"	9,50	40 – 75	50 – 85	± 7
Nº 4	4,75	30 – 60	35 – 65	± 5
Nº 10	2,0	20 – 45	25 – 50	± 5
Nº 40	0,425	15 – 30	15 - 30	± 2
Nº 200	0,075	5 - 15	5 - 15	± 2

5.3.1.2 Além do atendimento a uma das faixas granulométricas apresentadas deve-se atentar para os seguintes aspectos, visando bom comportamento da mistura reciclada:

- A participação do revestimento asfáltico deve ser limitada em 50%, em massa, em relação à massa seca da mistura reciclada;
- Pelo menos 95% de material deve passar pela peneira 2”;
- Porcentagem máxima de 15% de finos passantes na peneira Nº 200;
- Inexistência de patamares ou fortes descontinuidades na curva granulométrica;
- Apresentar os seguintes requisitos: Resistência a compressão simples, aos sete dias de cura, entre 2,1 e 2,5 MPa e resistência à tração por compressão

diametral, aos sete dias de cura, entre 0,25 MPa e 0,35 MPa.

NOTA: É desejável que a fração passante na peneira nº 4 (4,75 mm) seja de, no mínimo, 50%.

5.3.1.3 Orientações para dosagem de mistura reciclada:

a) Coleta de amostras

A coleta de amostras para elaboração do projeto de dosagem da mistura reciclada deve ser efetuada preferencialmente com o auxílio da própria recicladora que será utilizada nos serviços de reciclagem. Na ausência deste equipamento é permitida a utilização de fresadora de asfalto.

É fundamental que a coleta de amostras seja feita de forma a cobrir todas as possíveis variações da estrutura do pavimento existente. A cada uma destas variações corresponde um segmento homogêneo, para o qual deve ser elaborado um projeto de dosagem específico.

b) Apresentação do projeto de dosagem

O relatório de dosagem deve conter as seguintes informações:

- Granulometria do material reciclado (capa + base);
- Granulometria dos agregados (caso haja necessidade de adição) e sua procedência;
- Composição granulométrica da mistura reciclada e seu enquadramento na faixa trabalho;
- Massa específica aparente seca máxima do material reciclado (capa + base) e respectiva umidade ótima;
- Massa específica aparente seca máxima da mistura reciclada (capa + base + cimento e eventualmente agregados) e respectiva umidade ótima;
- Energia de compactação utilizada (Proctor Modificado);
- Teor de cimento;
- Tipo de cimento e sua procedência. Quando houver mudança do tipo ou marca de cimento durante a obra é obrigatória a elaboração de um novo projeto de dosagem;

- Resistência à compressão simples e resistência à tração por compressão diametral, aos sete dias de cura;
- Indicação, em massa, do consumo de cimento por metro quadrado (Kg/m^2);
- Indicação, em volume, do consumo de agregados por metro quadrado (m^3/m^2), caso haja necessidade da adição dos mesmos.

5.3.2 Reciclagem do pavimento

A reciclagem “in situ” do pavimento deve ser executada nas condições e sequência a seguir descritas:

- a) Espalhamento do agregado adicional (caso necessário) na espessura determinada e, preferencialmente, com o emprego de distribuidor de agregados. Opcionalmente, poderá ser admitido o emprego de motoniveladora.

A largura das faixas longitudinais deve ser fixada de modo a executar-se o menor número possível de juntas e se consiga a maior continuidade de tratamento;

- b) Espalhamento de cimento Portland sobre a superfície, na taxa indicada no projeto de mistura. O cimento deve ser distribuído preferencialmente por equipamento dotado de controle eletrônico, para garantia da precisão na taxa de aplicação. Excepcionalmente, poderá ser admitido o espalhamento manual, desde que a área a ser coberta pelo conteúdo de um saco de cimento seja previamente demarcada.
- c) O tempo entre a aplicação do cimento e o início da mistura dos materiais não deve exceder 30 minutos;

- d) Reciclagem na seção e espessura de corte indicadas em projeto. Nesta operação o cimento Portland, agregados adicionais (caso necessário) e a água para compactação são simultaneamente incorporados e homogeneizados com os materiais do pavimento existente.

A recicladora deve ser ajustada para fragmentar ao máximo o revestimento asfáltico. As eventuais placas do revestimento produzidas durante a operação devem ser removidas manualmente;

- e) Para execução de juntas longitudinais entre cortes adjacentes recomenda-se uma sobreposição mínima de 15 cm entre passadas da recicladora. Deve-se tomar cuidado para não aplicar água para compactação na largura de sobreposição;

- f) Imediatamente após a passagem da recicladora deve ser realizada a pré-compactação, para confinar a mistura reciclada e evitar perdas de umidade à medida que a recicladora avança. O equipamento de compactação vem imediatamente atrás da recicladora, para dar consistência à mistura antes que qualquer conformação geométrica seja feita pela motoniveladora;
- g) Após a pré-compactação deve ser realizada a conformação inicial dos perfis transversais e longitudinais da camada com emprego de motoniveladora.

NOTAS:

1. Quando a operação de reciclagem é interrompida, juntas transversais são formadas. Mesmo nas paradas que levam apenas alguns minutos para carregar tanque de água ou para realizar pequenas manutenções, cria-se uma junta que é essencialmente uma alteração na uniformidade do material reciclado. Portanto, deve-se ter atenção no sentido de minimizar as paradas e, quando for inevitável, tratar cuidadosamente a junta formada;
2. Se houver alguma paralisação temporária, deve ser feita uma marca no local exato onde a recicladora parou. Quando a operação for recomeçada, a recicladora deve voltar alguns metros e reiniciar o corte sem adição de materiais e água para compactação. No momento em que chegar ao local marcado o operador deve reiniciar a reciclagem.

A reciclagem, portanto, somente deve ser interrompida por necessidade imperiosa.

5.3.3 Compactação

- a) Finalizada a pré-compactação, inicia-se efetivamente a compactação final, devendo ser concluída dentro do prazo de trabalhabilidade do material reciclado. À medida que se processa a compactação, a motoniveladora vai modelando a superfície, conforme estabelecido no projeto geométrico. O formato desejado deve ser obtido com a ajuda de referências fixas (piquetes e estacas).

O objetivo da compactação é atingir a máxima densidade em toda a espessura da camada reciclada. O número de passadas e a composição da patrulha de rolos devem ser definidos e aprovados pela Fiscalização.

- zação no início dos serviços de cada segmento homogêneo;
- b) A compactação deve ser executada longitudinalmente, de forma contínua e sistemática, até atingir o grau de compactação pretendido. Se a reciclagem se realizar por faixas paralelas os cilindros devem sobrepor a faixa adjacente em pelo menos 15 cm. A compactação deve ser iniciada pela borda mais baixa da faixa, prosseguindo até a borda mais elevada da faixa, sobrepondo-se as passadas sucessivas;
- c) Durante as operações finais de compactação deve ser realizada a umidificação da superfície por meio da adição de pequenas quantidades de água, a fim de evitar a secagem prematura do material reciclado;
- d) O Grau de Compactação (GC) a ser obtido deve ser de, no mínimo, 98% em relação à densidade de referência obtida com a Energia Modificada.

5.3.4 Acabamento

Após a conclusão da compactação deve ser feito o acerto final da superfície, de acordo com o projeto geométrico. Nesta etapa, as saliências devem ser eliminadas com o emprego de motoniveladora e a superfície da base deve ser comprimida até que se apresente lisa e isenta de partes soltas ou sulcadas. A motoniveladora deve atuar exclusivamente em operação de corte, portanto não é permitida a correção de depressões pela adição de material.

O prazo de trabalhabilidade da mistura reciclada não deve ultrapassar 2 (duas) horas.

NOTA: Prazo de trabalhabilidade da mistura reciclada é o intervalo de tempo entre o início da mistura dos materiais e o término das operações de compactação e acabamento da camada.

Prazos maiores que o estabelecido nesta Norma pode acarretar perda de umidade do material, dificultando a compactação, principalmente em dias quentes e com baixa umidade relativa do ar.

5.3.5 Pintura de proteção

Concluídas as operações de compactação e acabamento, a camada reciclada deve ser protegida contra evaporação da água, por meio da aplicação de produto asfáltico isento de solventes. A película protetora deve se constituir numa membrana capaz de gerar coesão superficial, im-

permeabilidade e permitir condições de aderência entre a superfície e o revestimento a ser executado.

É vedado o emprego de asfalto diluído sobre a base tratada com cimento.

5.3.6 Liberação para o tráfego

- a) A liberação ao tráfego só deve ser permitida depois da execução de capa selante sobre a pintura de proteção e de três dias, no mínimo, da execução da camada reciclada. Também é permitida a aplicação de revestimentos delgados do tipo tratamento superficial ou microrrevestimento asfáltico, de acordo com o especificado no projeto de engenharia;
- b) Caso a exposição ao tráfego promova degradação da base reciclada, uma nova camada de proteção (pintura de proteção + capa selante) deve ser aplicada, após varredura do material solto;
- c) Antes da aplicação do revestimento final a camada reciclada devidamente protegida (pintura de proteção + capa selante) deve ser submetida à ação do tráfego por um período de 3 a 7 dias, de forma que eventuais deficiências se exteriorizem e possam ser sanadas.

6. Condicionantes ambientais

6.1 Condicionantes ambientais gerais

Devem ser devidamente observados a legislação ambiental vigente e os procedimentos prescritos no instrumental técnico normativo pertinente do DNIT, especialmente a Norma DNIT 070/2006-PRO, e cumprido o estabelecido na documentação vinculada à execução do empreendimento, constituída pelo projeto de engenharia, estudos ambientais e o licenciamento ambiental.

6.2 Condicionantes ambientais específicos

Devem ser obedecidos os procedimentos a seguir:

- a) A executante deve encaminhar à Fiscalização do DNIT cópia da licença para operação da pedreira estabelecida no projeto e planejar sua exploração, visando à minimização dos impactos ambientais. Terminada a operação da pedreira, deve ser realizada a reabilitação da área, de modo a não gerar nenhum passivo ambiental.
- b) Evitar o tráfego de equipamentos fora do corpo estradal.

- c) Controlar a emissão de poeira, ruído e vibração, principalmente em travessias urbanas.
- d) As operações na instalação de britagem e de manuseio e transporte de materiais devem ser efetuadas em condições adequadas e de forma a não intervir com o processo natural de escoamento de águas superficiais e com os dispositivos de drenagem instalados.

7. Inspeções

7.1 Controle dos insumos

Todos os materiais utilizados (insumos) devem ser examinados em laboratórios obedecendo à metodologia indicada pelo DNIT e satisfazer às normas em vigor e as prescrições a seguir:

7.1.1 Cimento Portland

Deve ser realizado um ensaio de determinação de finura, conforme NBR 11579:1991, em cada carga de cimento que chegar à obra e quando houver dúvida sobre sua sanidade.

7.1.2 Agregados Adicionais

a) Para os agregados graúdos devem ser realizados os seguintes ensaios:

- Abrasão *Los Angeles*, conforme DNER-ME 035/98: Um ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;
- Índice de forma e porcentagem de partículas lamares, conforme DNER-ME 086/94: Um ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material;
- Durabilidade, conforme DNER-ME 089/94: Um ensaio no início da utilização do agregado na obra e sempre que houver variação da natureza do material.

b) Para o agregado miúdo deve ser realizado o seguinte ensaio:

- Uma determinação do Equivalente de Areia, conforme DNER-ME 054/97: Um ensaio por dia de trabalho.

7.1.3 Emulsão asfáltica RR-2C

a) Todo carregamento de ligante asfáltico que chegar à obra deve ser submetido aos seguintes ensaios:

- Um ensaio de determinação do resíduo asfáltico por evaporação (NBR 14376:2007);
- Um ensaio de peneiramento (NBR 14393:2012);
- Um ensaio de viscosidade Saybolt Furol a 50°C. (NBR 14491:2007);
- Um ensaio da carga da partícula (DNIT 156/2011-ME);
- b) Para cada 100 t de carregamento de ligante asfáltico que chegar à obra:
 - Um ensaio de viscosidade Saybolt Furol (NBR 14950:2003) a diferentes temperaturas, para o estabelecimento da relação viscosidade x temperatura.
 - Um ensaio de sedimentação (NBR 6570:2010).

7.1.4 Água

Deve ser examinada sempre que houver dúvida sobre sua qualidade.

7.2 Controle da execução

7.2.1 Controle da mistura reciclada

Os controles de produção da mistura devem ser realizados no campo e no laboratório.

7.2.1.1 Controle da mistura no campo

Os ensaios de campo devem ser realizados a cada 250 metros de extensão por faixa de tráfego de cada segmento homogêneo, como a seguir:

- a) Coleta de material fresado para ensaio de granulometria (sem adição de cimento);
- b) Verificação da umidade do material fresado, antes da adição de materiais (DNER-ME 052/94);
- c) Verificação da taxa de aplicação de cimento;
- d) Verificação da taxa de aplicação de agregados (caso necessário);
- e) Moldagem de pelo menos três corpos de prova Ø 10 × 20 cm da mistura reciclada, para verificação da resistência à compressão simples, sendo a moldagem efetuada em 5 camadas de 4 cm, com 41 golpes uniformemente distribuídos por camada e soquete de 4,48 Kg;
- f) Moldagem de pelo menos três corpos de prova Ø 10 × 20 cm para ensaios de resistência à tração por

compressão diametral, moldados conforme descrito na alínea “e” desta subseção.

7.2.1.2 Controle da mistura no laboratório

O controle em laboratório consiste nos ensaios e procedimentos descritos a seguir:

- Análise granulométrica por peneiramento (material coletado na pista), conforme DNER-ME 080/94;
- Depois da moldagem no campo os corpos de prova devem permanecer por sete dias em câmara úmida, para a cura do cimento;
- Verificação das resistências à compressão simples e à tração por compressão diametral, em conformidade com os procedimentos prescritos nas normas DNER-ME 201/94 e DNER-ME 181/94, respectivamente.

7.2.2 Controle da compactação

- Moldagem de corpo de prova em molde CBR na energia Proctor Modificado (após adição de materiais), para determinação da densidade máxima aparente seca de referência a ser utilizada na aferição do Grau de Compactação (DNIT 164/2013 – ME);
- Verificação do Grau de Compactação, conforme a norma DNER-ME 092/94.

7.2.3 Verificação da taxa de aplicação da emulsão asfáltica

O controle da quantidade do ligante asfáltico aplicado deve ser efetuado aleatoriamente, mediante a colocação de bandejas de massa (P_1) e área (A) conhecidas na pista onde está sendo feita a aplicação.

O ligante asfáltico é coletado na bandeja na passagem do carro distribuidor.

Com a pesagem de bandeja depois da ruptura total (até massa constante) do ligante asfáltico coletado (P_2) se obtém a taxa de aplicação do resíduo TR com a seguinte forma:

$$TR = \frac{P_2 - P_1}{A}$$

A partir da taxa de aplicação do resíduo (TR) se obtém a Taxa de Aplicação (T) da emulsão RR-2C, em função da porcentagem de resíduo verificada no ensaio de laboratório, quando do recebimento do correspondente carregamento do ligante asfáltico.

7.3 Controle geométrico do produto

Devem ser procedidos à relocação e ao nivelamento do eixo e das bordas, permitindo-se as tolerâncias a seguir:

- Até 10 cm em excesso quanto à largura da plataforma, não sendo permitida largura da base reciclada inferior à indicada no projeto geométrico;
- Até 20% em excesso para a flecha de abaulamento, ou até 0,5% em excesso para a declividade transversal de cimento simples, não se tolerando falta nos dois casos;
- $\pm 10\%$ quanto à espessura de projeto.

NOTA: Em caráter complementar, pode ser realizado o controle deflectométrico, para garantia da qualidade na execução do serviço. Procede-se à determinação de deflexões sobre a superfície acabada e executa-se, pelo menos, uma medida da deflexão máxima a cada 20 metros, alternando-se, aleatoriamente, entre as bordas (direita e esquerda) e o centro da pista.

A deflexão obtida sobre cada camada deve ser inferior ao valor considerado no dimensionamento do pavimento constante do projeto. Os segmentos que apresentarem valores superiores aos considerados no projeto devem ser pesquisados individualmente, para se conhecer a causa do aumento nos valores da deformação elástica. Caso o aumento tenha sido causado por falha executiva, ou uso de material inadequado, ou presença de material com excesso de umidade, o serviço deve ser refeito e corrigido o problema, antes da execução da camada seguinte.

7.4 Controle da qualidade

7.4.1 Plano de amostragem

O número e a frequência de determinações correspondentes a diversos ensaios e verificações para o controle dos insumos, da execução e do produto devem ser estabelecidos segundo um Plano de Amostragem elaborado de acordo com os preceitos da Norma DNER-PRO 277/97 e previamente aprovado pela Fiscalização do DNIT.

7.4.2 Condições de conformidade e não conformidade

Todos os ensaios de controle e determinações realizados de acordo com o Plano de Amostragem citado na subseção 7.4.1 devem cumprir as condições estabeleci-

das nas seções 4 e 5 desta Norma e observados os critérios e disposições seguintes:

- a) Quando especificado valor(es) mínimo(s) e/ou máximo(s) a ser atingido(s) devem ser verificadas as seguintes condições:

– Condições de conformidade:

$$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo especificado};$$

$$\bar{X} + ks \leq \text{valor máximo especificado}.$$

– Condições de não conformidade:

$$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo especificado};$$

$$\bar{X} + ks > \text{valor máximo especificado}.$$

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, de acordo com a Tabela 1 da Norma DNER – PRO 277/97.

n - número de determinações (tamanho da amostra).

- b) Os resultados do controle estatístico devem ser registrados em relatórios periódicos, na frequência previa-

mente definida, de acordo com a Norma DNIT 011/2004-PRO, a qual prescreve que o executante da obra deve estabelecer e manter procedimentos documentados para implementar as ações corretivas e preventivas na execução da obra, com o objetivo de detectar e eliminar as causas das não conformidades.

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

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

8. Critérios de medição

Os serviços considerados conformes devem ser medidos de acordo com os critérios estabelecidos no edital de licitação, ou na falta desses critérios em conformidade com as disposições a seguir:

- a) O serviço deve ser medido em metros cúbicos de pavimento reciclado, considerando o volume efetivamente executado, de acordo com a espessura média e obedecidos os alinhamentos e cotas de projeto, admitidas as tolerâncias estabelecidas nesta Norma.
- b) Não devem ser motivo de medição em separado o fornecimento e aplicação de materiais, transporte, mão de obra, encargos sociais incidentes, custos com a utilização de equipamentos, despesas fiscais e eventuais necessárias à execução e ao controle da qualidade da obra, devendo os mesmos estar incluídos na composição do preço unitário do serviço.
- c) Volumes superiores aos indicados no projeto para os segmentos só devem ser medidos se previamente justificados pela Fiscalização do DNIT e após a competente aprovação e autorização.

Índice Geral

Abstract	1	Definição	3	2	
Acabamento	5.3.4	7	Emulsão asfáltica	5.1.4	3
Agregados adicionais	5.1.3, 7.1.2	3,8	Emulsão asfáltica RR-2C	7.1.3	8
Água	5.1.2, 7.1.4	3,8	Equipamentos	5.2	3
Caminhões tanque	5.2.2	4	Equipamentos para		
Cimento Portland	5.1.1, 7.1.1	3,8	compactação	5.2.8	4
Compactação	5.3.3	6	Equipamentos para		
Condicionantes ambientais	6	7	espalhamento de insumos	5.2.7	4
Condicionantes ambientais			Execução	5.3	5
específicos	6.2	7	Índice geral		11
Condicionantes ambientais			Inspecções	7	8
gerais	6.1	7	Insumos	5.1	3
Condições de conformidade			Liberação para o tráfego	5.3.6	7
e não conformidade	7.4.2	9	Mistura reciclada	5.3.1	5
Condições específicas	5	3	Objetivo	1	1
Condições gerais	4	3	Orientações para dosagem		
Controle da compactação	7.2.2	9	de mistura reciclada	5.3.1.3	5
Controle da execução	7.2	8	Pintura de proteção	5.3.5	7
Controle da mistura no campo	7.2.1.1	8	Plano de amostragem	7.4.1	9
Controle da mistura no			Prefácio		1
laboratório	7.2.1.2	9	Recicladora de pavimentos	5.2.1	3
Controle da mistura			Reciclagem do pavimento	5.3.2	6
reciclada	7.2.1	8	Referências normativas	2	2
Controle da qualidade	7.4	9	Resumo		1
Controle dos insumos	7.1	8	Sumário		1
Controle geométrico do			Tabela 1- Composição granulométrica		5
produto	7.3	9	Verificação da taxa de		
Critérios de medição	8	10	aplicação da emulsão asfáltica	7.2.3	9