



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

Novembro/2010

NORMA DNIT 152/2010-ES

## Pavimentação – Macadame hidráulico – Especificação de serviço

**Autor:** Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR

**Processo:** 50607.000138/2009-02

**Origem:** Revisão da Norma DNER - ES 316/97.

**Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na reunião de 17/11/2010.**

*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, Macadame, Hidráulico

Nº total de  
páginas  
9

### Resumo

Este documento define a sistemática empregada na execução da camada de macadame hidráulico, utilizando materiais britados (pedra, seixo rolado, escória, etc.) e agregados para enchimento, adensados por molhagem ou compressão.

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

### Abstract

This document presents procedures for pavement hydraulic macadam layer construction.

It includes the requirements concerning materials, equipment, execution, includes also a sampling plan, and essays, environmental management, quality control, and the conditions for conformity and non-conformity and the criteria for the measurement of the performed services.

### Sumário

Prefácio .....	1
1 Objetivo.....	1
2 Referências normativas .....	2

3 Definição .....	2
4 Condições gerais .....	2
5 Condições específicas .....	2
6 Condicionantes ambientais .....	6
7 Inspeções.....	6
8 Critérios de medição .....	8
Índice geral.....	9

### 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 de camadas de macadame hidráulico de rodovias federais. Está formatada de acordo com a Norma DNIT 001/2009 – PRO, cancela e substitui a Norma DNER-ES 316/97.

### 1 Objetivo

Esta Norma tem por objetivo estabelecer os procedimentos a serem empregados na implantação de camadas de macadame hidráulico, como parte integrante do pavimento de uma rodovia.

## 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) DNER-ME 024: Pavimento - Determinação das deflexões pela Viga Benkelman - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- b) DNER-ME 035: Agregados - Determinação do "Abrasão Los Angeles" - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- c) DNER-ME 054: Equivalente de areia - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- d) DNER-ME 080: Solos – Análise granulométrica por peneiramento - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- e) DNER-ME 082: Solos – Determinação do limite de plasticidade - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- f) DNER-ME 083: Agregados - Análise granulométrica - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- g) DNER-ME 089: Agregados – Avaliação da durabilidade pelo emprego de solução de sulfato de sódio ou de magnésio - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- h) DNER-ME 122: Solos – Determinação do limite de liquidez – Método de referência e método expedito - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- i) DNER-PRO 277: Metodologia para controle estatístico de obras e serviços - Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.
- j) DNIT 001/2009 – PRO: Elaboração e apresentação de normas do DNIT - Procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2009.
- k) DNIT 011 – PRO: Gestão de qualidade em obras rodoviárias - Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.
- l) DNIT 070-PRO: Condicionantes ambientais das áreas de uso de obras - Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.

## 3 Definição

Para os efeitos desta Norma, é adotada a definição seguinte:

### Macadame hidráulico

Camada de pavimento constituída por uma ou mais camadas de agregados graúdos com diâmetro variável de 3 ½ pol a 1/2 pol (88,9 mm a 12,7 mm), compactadas, com as partículas firmemente entrosadas umas às outras, e os vazios preenchidos por agregado para enchimento, com ajuda lubrificante da água.

## 4 Condições gerais

- a) Não permitir a execução dos serviços, objeto desta Norma, em dias de chuva.
- b) É responsabilidade da executante a proteção dos serviços e materiais contra a ação destrutiva das águas pluviais, do tráfego e de outros agentes que possam danificá-los.

## 5 Condições específicas

### 5.1 Material

Os materiais constituintes da camada de macadame hidráulico são agregados minerais (agregado graúdo, agregado para enchimento, agregado para camada de bloqueio), e devem satisfazer às exigências desta Norma.

#### 5.1.1 Agregado graúdo

- a) O agregado graúdo, constituído por pedra britada, pedregulho ou cascalho, britados, deve ser submetido aos ensaios de:
  - Granulometria do agregado (DNER-ME 083/98);
  - Ensaio de durabilidade (DNER-ME 089/94);
  - Ensaio Los Angeles (DNER-ME 035/98).
- b) Deve apresentar as seguintes condições:

- A granulometria do agregado graúdo deve satisfazer a uma das faixas constantes da Tabela 1, com as respectivas tolerâncias.

**Tabela 1 – Granulometria do agregado graúdo**

Peneiras		% em peso, passando			
Malha	mm	A	B	C	Tolerâncias da faixa de projeto
4	101,6	100	-	-	± 7
3 1/2	88,9	90-100	-	-	± 7
3	76,2	-	100	-	± 7
2 1/2	63,5	25-60	90-100	100	± 7
2	50,8	-	35-70	90-100	± 7
1 1/2	38,1	0-15	0-15	35-70	± 7
1	25,4	-	-	0-15	± 7
3/4	19,1	0-5	0-5	-	± 7
1/2	12,7	-	-	0-5	± 7
Espessura máxima das camadas		25 cm	20 cm	20 cm	± 10%

- O agregado graúdo deve ter diâmetro máximo compreendido entre 1/2 e 2/3 da espessura final de cada camada executada, devendo ser constituído de fragmentos duros, limpos e duráveis, livres de excesso de partículas lamelares, macias ou de fácil desintegração, e de outras substâncias prejudiciais;
- Apresentar uma perda máxima de 20% no ensaio de durabilidade com sulfato de sódio e de 30% com sulfato de magnésio;
- Desgaste Los Angeles inferior a 50%, admitindo-se valores maiores no caso de em utilização anterior o agregado tiver comprovado desempenho satisfatório;
- O pedregulho ou o cascalho britados devem apresentar, no mínimo, 75% em peso de partículas com duas faces obtidas na britagem.

### 5.1.2 Agregado para enchimento

- a) O agregado para enchimento constituído pelos finos, resultados da britagem (pó de pedra) ou por

materiais naturais, beneficiados ou não, é submetido aos ensaios de:

- Granulometria de solos (DNER-ME 080/94);
- Ensaio de limite liquidez (DNER-ME 122/94);
- Ensaio de limite plasticidade (DNER-ME 082/94);
- Equivalente de areia (DNER-ME 054/97).

- b) Deve satisfazer as condições seguintes:

- A granulometria do agregado para enchimento deve satisfazer às faixas constantes da Tabela 2, com as respectivas tolerâncias.

**Tabela 2 – Granulometria do agregado para enchimento**

Peneiras		% em peso, passando		
Malha	mm	A	B	Tolerâncias da faixa de projeto
3/4	19,1	100	-	± 7
1/2	12,7	85-100	-	± 7
3/8	9,5	-	100	± 7
Nº 4	4,8	-	85-100	± 5
Nº 10	2,0	55-70	65-83	± 5
Nº 40	0,42	30-50	35-50	± 3

- A fração que passa na peneira nº 40 deve apresentar um limite de liquidez inferior ou igual a 25% e um índice de plasticidade inferior ou igual a 6%;
- O equivalente de areia mínimo deve ser de 55%.

### 5.1.3 Agregado para camada de bloqueio

- a) O agregado para camada de bloqueio é submetido aos ensaios de:
- Granulometria (DNER-ME 080/94);
  - Ensaio limite de liquidez (DNER-ME 122/94);
  - Ensaio limite de plasticidade (DNER-ME 082/94);

- Equivalente de areia (DNER-ME 054/97).

b) Deve satisfazer às seguintes condições:

- A granulometria do agregado da camada de bloqueio deve satisfazer às faixas constantes da Tabela 3, com as respectivas tolerâncias:

**Tabela 3 – Granulometria do agregado da camada de bloqueio**

Peneiras		% em peso, passando		
Malha	mm	A	B	Tolerâncias da faixa de projeto
3/4"	19,1	100	-	± 7
1/2"	12,7	80-100	-	± 7
3/8"	9,5	70-100	-	± 7
Nº 4	4,8	45-100	100	± 5
Nº 10	2,0	25-65	55-100	± 5
Nº 40	0,42	10-30	25-100	± 3
Nº 200	0,74	0-8	0-12	± 2
espessura mínima da camada		4cm	4cm	± 1cm

- O índice de plasticidade da fração que passa na peneira nº 40 deve ser inferior a 6%;
- O equivalente de areia mínimo deve ser de 55%.

## 5.2 Equipamento

São indicados os seguintes:

- Distribuidores de agregados rebocáveis ou autopropelidos possuindo dispositivos que permitam espalhamento homogêneo da quantidade de material desejado;
- Motoniveladora pesada;
- Rolo compressor do tipo liso de três rodas ou tandem de 10 t a 12 t, ou liso-vibratório, e rolos de pneus pesados de pressão variável;
- Carro tanque distribuidor de água com capacidade adequada, devidamente equipado;

- Equipamentos auxiliares compostos de vassouras mecânicas, soquetes mecânicos, pequenas ferramentas, vassourões, etc.

## 5.3 Execução

### 5.3.1 Camada de bloqueio

Sempre que o material da camada subjacente tiver mais de 35 % em peso passando na peneira nº 200, deve ser executada, antes do primeiro espalhamento do agregado graúdo, uma camada de bloqueio em toda a largura da plataforma, compreendendo pista e acostamento, com a espessura de 4 cm ± 1 cm.

### 5.3.2 Acostamentos

Quando a camada de macadame hidráulico não for construída em toda a largura da plataforma, deve ser prevista nos acostamentos a construção de uma camada com permeabilidade igual ou maior que a deste, ou então a construção de drenos sub-superficiais que assegurem a drenagem da mesma.

### 5.3.3 Camada de macadame hidráulico

Deve cumprir os seguintes requisitos:

- Não deve ser permitida a abertura de caixa no subleito para execução da camada de macadame hidráulico;
- O agregado graúdo deve ser espalhado em uma camada de espessura uniforme, solta e disposta de modo a obter-se a espessura comprimida especificada, atendendo aos alinhamentos e perfis projetados. O espalhamento deve ser feito evitando a segregação das partículas do agregado;
- No caso de construção de meia pista, deve ser obrigatório o uso de fôrmas ao longo do eixo da estrada, para contenção da camada de macadame hidráulico;
- No caso da construção em duas etapas, a linha de junção das duas meias-pistas inferiores não deve coincidir com a das duas meias-pistas superiores;
- Não deve ser permitida a descarga do agregado em pilhas ou cordões, devendo o

- espalhamento ser feito diretamente por meio do equipamento espalhador, em espessura a mais uniforme possível, seguido de acerto definitivo com a motoniveladora, quando necessário;
- f) Depois do espalhamento e acerto do agregado graúdo, deve ser feita a verificação do greide longitudinal e seção transversal com cordéis, gabarito etc., sendo, então, corrigidos os pontos com excesso ou deficiência de material; nesta operação deve ser usado agregado com a mesma granulometria da usada na camada em execução, sendo vedado o uso da brita miúda para tal fim;
- g) Os fragmentos alongados, lamelares, ou de tamanhos excessivos, visíveis na superfície do agregado espalhado, devem ser removidos;
- h) A compressão inicial deve ser feita de modo que a roda dos rolos se apoiem, igualmente, na pista e no acostamento, quando esta for construída junto com o acostamento. Em qualquer faixa, esta passagem deve ser feita em marcha-ré e a velocidade reduzida (1,8 km/h a 2,4 km/h), devendo, também, as manobras do rolo serem realizadas fora da camada em compressão. Nos trechos em tangente, a compressão deve partir sempre das bordas para o eixo e, nas curvas, da borda interna para a borda externa. No caso de fôrmas para contenção lateral da camada, estas devem ser fixadas, para superar os esforços do equipamento de compressão sem se deformarem;
- i) Em cada deslocamento do rolo compressor, a faixa anteriormente comprimida deve ser recoberta de, pelo menos, metade da largura da roda do rolo;
- j) Após obter-se a cobertura completa da área em compressão deve ser feita nova verificação do greide longitudinal e seção transversal, efetuando-se as correções necessárias;
- k) A operação de compressão deve prosseguir até que se consiga um bom entrosamento do agregado graúdo, o que pode ocorrer com duas ou três coberturas completas;
- l) O agregado para enchimento deve ser, a seguir, espalhado em camadas finas, em quantidade suficiente para encher os vazios do agregado já parcialmente comprimido;
- m) A aplicação do agregado para enchimento deve ser feita em camadas sucessivas, durante o que se deve continuar a compressão, e forçar a sua penetração nos vazios do agregado graúdo por meio de vassouras manuais ou mecânicas;
- n) Quando não for mais possível a penetração do agregado para enchimento a seco, deve ser dado o início à irrigação da camada, ao mesmo tempo que se espalha mais agregado para enchimento e se prossegue com as operações de compressão;
- o) A irrigação e aplicação do agregado para enchimento devem prosseguir até que se forme na frente do rolo uma pasta de agregado para enchimento e água;
- p) Deve ser dada como terminada a compressão quando desaparecem as ondulações na frente do rolo e a camada se apresentar completamente firme;
- q) Quando a construção da camada de macadame hidráulico for feita em duas etapas, a primeira camada deve estar completamente seca antes de se iniciar a execução da segunda;
- r) Terminada a construção da camada de macadame hidráulico deve-se deixá-la secar, antes de entregá-la ao tráfego, ocasião em que deve ser recoberta com um pouco de agregado para enchimento, recobrimento este que deve ser mantido durante todo o tempo em que a camada estiver exposta ao tráfego, com novos acréscimos quando necessários, durante um período de sete a 15 dias, antes da execução da camada seguinte. O período citado tem por finalidade revelar pontos fracos da camada que devem ser corrigidos

antes da continuação da execução do pavimento.

## 6 Condicionantes ambientais

Objetivando a preservação ambiental, devem ser devidamente observadas e adotadas as soluções e os respectivos procedimentos específicos atinentes ao tema ambiental definidos e/ou instituídos no instrumental técnico-normativo pertinente vigente no DNIT, especialmente a Norma DNIT 070/2006-PRO, e na documentação técnica vinculada à execução das obras, documentação esta que compreende o Projeto de Engenharia – PE, o Estudo Ambiental (EIA ou outro), os Programas Ambientais pertinentes ao Plano Básico Ambiental – PBA e as recomendações e exigências dos órgãos ambientais.

## 7 Inspeções

### 7.1 Controle dos insumos

Os materiais utilizados na execução da camada de macadame hidráulico devem ser rotineiramente examinados antes do seu espalhamento e/ou aplicação na pista. Assim sendo, devem ser realizadas as verificações indicadas para os materiais da camada de bloqueio, do agregado graúdo e do agregado para enchimento na sua origem, com amostras coletadas de uma maneira aleatória, mediante a execução dos seguintes procedimentos:

#### 7.1.1. Camada de bloqueio

Ensaio de caracterização e de equivalente de areia pelos métodos DNER-ME 054/97, DNER-ME 080/94, DNER-ME 082/94, DNER-ME 122/94.

Ensaio de equivalente de areia deve ser realizado 1 ensaio por jornada de 8 h e sempre que houver variação da natureza do material.

Ensaio de granulometria devem ser dois ensaios por jornada de 8 h de trabalho.

O limite de liquidez e o limite de plasticidade devem ser determinados a cada 200 m de pista.

#### 7.1.2 Agregado graúdo

Ensaio de granulometria, ensaio de durabilidade e ensaio de abrasão Los Angeles. Os ensaios de

durabilidade e de abrasão Los Angeles devem ser realizados no início da utilização do agregado na obra e quando houver variação aparente ou dúvidas verificadas no decorrer dos serviços, referentes aos valores adotados para definição da qualidade do agregado.

A frequência do ensaio de granulometria deve ser de dois ensaios por jornada de 8 h de trabalho.

#### 7.1.3 Agregado para enchimento

Ensaio de caracterização e de equivalente de areia pelos métodos DNER-ME 054/97, DNER-ME 080/94, DNER-ME 082/94, DNER-ME 122/94.

Ensaio de equivalente de areia: deve ser realizado 1 ensaio por jornada de 8 h e sempre que houver variação da natureza do material.

Ensaio de granulometria: devem ser dois ensaios por jornada de 8 h de trabalho.

O limite de liquidez e o limite de plasticidade: devem ser determinados a cada 200 m de pista.

7.1.4 A frequência indicada para a execução dos ensaios e determinações é a mínima aceitável, devendo ser compatibilizada com o Plano de Amostragem Variável (vide subseção 7.4).

## 7.2 Controle da execução

O controle da execução da camada de macadame hidráulico deve ser exercido por meio dos seguintes procedimentos:

#### 7.2.1 Verificações visuais da compressão

A compressão da base de macadame hidráulico deve ser verificada visualmente por meio dos seguintes expedientes:

- a) uma verificação após o término de cada compressão, antes da colocação do agregado para enchimento, por meio da passagem do rolo em cada faixa compactada, para constatar o aparecimento ou não de sulco ou ondulação antes da colocação do agregado para enchimento;
- b) uma verificação de enchimento dos vazios após concluída a irrigação, pela constatação de uma pequena onda de pasta de agregado e água à frente do rolo, quando este se deslocar sobre a base;

- c) uma verificação da compactação final, pela colocação à frente do rolo compressor de uma pedra de tamanho razoável, constatando o esmagamento da mesma pelo rolo, sem penetrar na camada.

#### 7.2.2 Verificação adicional da compressão por meio de medidas de deflexão

- a) Após o término da compressão podem, também, ser efetuadas medidas de deflexão sobre a base ainda úmida dos segmentos concluídos (DNER-ME 024/94), em locais aleatórios. Os valores medidos e analisados estatisticamente devem ser aqueles definidos pelo projeto, para o topo da camada.
- b) A frequência indicada para a execução das medidas de deflexão é de uma por estaca, alternando-se as medidas nas bordas e eixo, devendo, contudo ser compatibilizada com o Plano de Amostragem Variável (vide subseção 7.4).

### 7.3 Verificação do produto

A verificação final da qualidade da camada de macadame hidráulico (Produto) deve ser exercida por meio das determinações, executadas de acordo com o Plano de Amostragem Variável (vide subseção 7.4)..

Após a execução da base deve ser procedido o controle geométrico mediante a relocação e nivelamento do eixo e bordas, com as seguintes tolerâncias:

- a)  $\pm 10$  cm, quanto à largura da plataforma;
- b) até 20%, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta;
- c)  $\pm 10\%$ , quanto à espessura indicada no projeto.

### 7.4 Plano de amostragem – Controle tecnológico

O número e a frequência de determinações correspondentes aos diversos ensaios para o controle tecnológico dos insumos, 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.

O tamanho das amostras deve ser documentado e previamente informado à Fiscalização.

### 7.5 Condições de conformidade e não-conformidade

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

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

- a) Condições de conformidade:

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

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

- b) 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

n - número de determinações (tamanho da amostra).

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.

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

Todo detalhe incorreto ou mal executado deve ser corrigido.

Qualquer serviço corrigido só deve ser aceito se as correções executadas 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 dos serviços ou, na falta destes critérios, de acordo com as seguintes disposições gerais:

a) A camada de macadame hidráulico deve ser medida em metros cúbicos, considerando o volume

efetivamente executado. Não devem ser motivos de medição em separado: mão-de-obra, materiais, transporte, equipamentos e encargos, devendo os mesmos ser incluídos na composição do preço unitário;

- b) no cálculo dos volumes da camada devem ser consideradas as larguras e espessuras médias da camada obtidas no controle geométrico;
- c) não devem ser considerados quantitativos de serviço superiores aos indicados no projeto;
- 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.

			<b>Índice geral</b>		
Abstract		1	Inspeções	7	6
Acostamentos	5.3.2	4	Material	5.1	2
Agregado para camada de bloqueio	5.1.3	3	Objetivo	1	1
Agregado graúdo	5.1.1, 7.1.2	2, 6	Plano de amostragem – Controle tecnológico	7.4	7
Agregado para enchimento	5.1.2, 7.1.3	3, 6	Prefácio		1
Camada de bloqueio	5.3.1, 7.1.1	4, 6	Referências normativas	2	2
Camada de macadame Hidráulico	5.3.3	4	Resumo		1
Condicionantes ambientais	6	6	Sumário		1
Condições de conformidade e não-conformidade	7.5	7	Tabela 1 – Granulometria do agregado graúdo		3
Condições específicas	5	2	Tabela 2 – Granulometria do agregado para enchimento		3
Condições gerais	4	2	Tabela 3 – Granulometria do agregado para camada de bloqueio		4
Controle da execução	7.2	6	Verificação adicional da compressão por meio de medidas de deflexão	7.2.2	6
Controle dos insumos	7.1	6	Verificação do Produto	7.3	7
Critérios de medição	8	8	Verificações visuais da compressão	7.2.1	6
Definição	3	2			
Equipamento	5.2	4			
Execução	5.3	4			
Índice geral		9			