

Infra-estrutura	2
Pavimentação Rodoviária	2.03
Base de Macadame Hidráulico	2.03.17

01. DEFINIÇÃO

Trata-se da execução de base de macadame hidráulico empregando-se uma ou mais camadas de agregados graúdos (pedra, seixo rolado, cascalho, material britado) com diâmetro variável de 1/2" a 4" (12,7 mm a 101,6 mm) compactadas, com suas partículas firmemente entrosadas umas às outras e com os vazios preenchidos por material de enchimento aglutinado com água.

As camadas são submetidas à compressão e construídas sobre o subleito preparado ou sub-base, de acordo com os alinhamentos, greide e seção transversal do projeto.

Terminologia

Camada de Bloqueio

Camada executada antes do primeiro espalhamento do agregado graúdo, sempre que o material subjacente tiver mais de 35 %, em peso, passando na peneira nº 200.

02. MÉTODO EXECUTIVO

Camada de Bloqueio

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

Acostamentos

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

Base

Não será permitida a abertura de caixa no subleito para a execução da base de macadame hidráulico.

O agregado graúdo será 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 deverá ser feito evitando-se a segregação das partículas de agregado.

No caso de construção em meia pista ou em pontos não contínuos da área a ser pavimentada, será obrigatório o uso de fôrmas ao longo do eixo da estrada, para a contenção da camada de base.

No caso da construção em rodovias, em duas etapas, a linha de junção das duas meias-pistas inferiores não deverá coincidir com a das duas meias-pistas superiores.

O espalhamento do agregado será feito diretamente através do equipamento espalhador, em espessura, a mais uniforme possível, seguido de acerto definitivo com a motoniveladora, quando necessário. Não será permitida a descarga do agregado em pilhas ou cordões.

Depois do espalhamento e acerto do agregado graúdo, será feita a verificação do greide longitudinal e seção transversal com cordéis, gabarito etc. Serão, então, corrigidos os pontos com excesso ou deficiência de material. Nesta operação deverá ser usada brita com a mesma granulometria daquela utilizada na camada em execução, sendo vedado o uso da brita miúda para tal fim.

Os fragmentos alongados, lamelares, ou de tamanhos excessivos, visíveis na superfície do agregado espalhado, deverão ser removidos.

A compressão inicial deverá ser feita de modo que a roda dos rolos se apoiem igualmente na base e no acostamento, quando este for construído. Em qualquer faixa, esta passagem deverá ser feita em marcha a ré e a velocidade reduzida (1,8 a 2,4 km/h). As manobras do rolo deverão ser realizadas fora da base em compressão.

Nos trechos em tangente, a compressão deverá partir, sempre dos bordos para o eixo e, nas curvas, do bordo interno para o bordo externo. No caso de fôrmas para contenção lateral da camada de base, estas deverão ser fixadas para superar os esforços do equipamento de compressão sem se deformarem.

<i>Infra-estrutura</i>	2
<i>Pavimentação Rodoviária</i>	2.03
Base de Macadame Hidráulico	2.03.17

Em cada deslocamento do rolo compressor, a faixa anteriormente comprimida deverá ser recoberta de, pelo menos, metade da largura de sua roda.

Após obter-se a cobertura completa da área em compressão deverá ser feita nova verificação do greide longitudinal e da seção transversal, efetuando-se as correções necessárias.

A operação de compressão deverá prosseguir até que se consiga um bom engrossamento do agregado graúdo, o que poderá ocorrer com duas ou três coberturas completas.

O material de enchimento deverá ser, a seguir, espalhado em camadas finas, em quantidade suficiente para encher os vazios do agregado já parcialmente comprimido.

A aplicação do material de enchimento deverá ser feita em camadas sucessivas. A compressão deverá ser mantida durante o processo e o material deverá ser forçado a penetrar nos vazios do agregado graúdo por meio de vassouras manuais ou mecânicas.

Quando não for mais possível a penetração do material de enchimento a seco, deverá ser iniciada a irrigação da base. O espalhamento deverá ser mantido, assim como a operação de compressão.

A irrigação e a aplicação do material deverão prosseguir até que se forme, na frente do rolo, uma pasta de material de enchimento e água.

Será dada como terminada a compressão quando desaparecem as ondulações na frente do rolo e a base se apresentar completamente firme.

Quando a construção da base de macadame hidráulico for feita em duas etapas, a primeira camada deverá estar completamente seca antes de se iniciar a execução da segunda.

Terminada a construção da base de macadame hidráulico, a mesma deverá ser mantida sem tráfego até sua completa secagem. Na ocasião da liberação, deverá ser recoberta com um pouco de material de enchimento. Este recobrimento deverá ser mantido durante todo o tempo em que a base estiver exposta ao tráfego, com novos acréscimos, quando necessários, durante um período de 7 a 15 dias, antes da execução do revestimento. O período citado terá por finalidade revelar pontos fracos da

base, que deverão ser corrigidos, antes da execução do revestimento.

Equipamentos

São indicados os seguintes:

- " Distribuidores de agregados rebocáveis ou automáticos possuindo dispositivos que permitam um espalhamento homogêneo da quantidade de material desejado;
- " Motoniveladora pesada;
- " Rolos compressores 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.

03. CRITÉRIOS DE CONTROLE

Não será permitida a execução dos serviços em dias de chuva.

Controle da Qualidade do Material

Todo o material utilizado na confecção do macadame hidráulico deverá ser verificado antes do seu espalhamento e ou a aplicação. Assim sendo, deverão ser realizadas verificações de qualidade para os materiais da camada de bloqueio, do agregado graúdo e do material de enchimento na sua origem, com amostras coletadas de uma maneira aleatória.

Características dos materiais

Os materiais constituintes da camada de base de macadame hidráulico (agregado graúdo, agregado de enchimento, agregado da camada de bloqueio) serão agregados minerais, e deverão satisfazer as condições que se seguem.

Agregado Graúdo

O agregado graúdo será constituído por pedra britada, pedregulho ou cascalho, britados.

Infra-estrutura	2
Pavimentação Rodoviária	2.03
Base de Macadame Hidráulico	2.03.17

Deverá apresentar as seguintes características, quando submetido aos ensaios de Granulometria do Agregado (DNER-ME 083), Durabilidade (DNER-ME 089) e Los Angeles (DNER-ME 035) :

- " Granulometria satisfazendo às seguintes faixas com as respectivas tolerâncias:

PENEIRAS		% EM PESO, PASSANDO			
Pol.	mm	A	B	C	Tolerâncias da Faixa de Projeto
4	101,6	100	-	-	± 7
3	88,9	90-100	-	-	± 7
1/2	76,2	-	100	-	± 7
3	63,5	25-60	90-100	100	± 7
2	50,8	-	35-70	90-	± 7
1/2	38,1	0-15	0-15	100	± 7
2	25,4	-	-	35-70	± 7
1	19,1	0-5	0-5	0-15	± 7
1/2	12,7	-	-	-	± 7
1				0-5	± 7
3/4					
1/2					
Espessura Máxima das Camadas		25cm	20cm	20cm	± 10%

Tabela 01.

O agregado graúdo deverá 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;
- " Apresentar desgaste Los Angeles inferior a 50 %, admitindo-se valores maiores no caso de, em utilização anterior, terem apresentado desempenho satisfatório;
- " Se for pedregulho ou cascalho britado, apresentar, no mínimo, 75% em peso de partículas com duas faces obtidas na britagem.

Os ensaios de durabilidade e de abrasão Los Angeles só serão realizados quando houver variação aparente ou dúvidas verificadas no decorrer dos serviços, sobre os valores adotados para definição da qualidade do agregado.

Agregado para Enchimento

Será constituído pelos finos, resultados da britagem (pó de pedra) ou por materiais naturais beneficiados ou não.

Deverá apresentar as seguintes características, quando submetido aos ensaios de Granulometria Solos (DNER-ME 080), Limite Liquidez (DNER-ME 122), Limite de Plasticidade (DNER-ME 082) e Equivalente de Areia (DNER-ME 054):

- " Granulometria satisfazendo às seguintes faixas com as respectivas tolerâncias:

PENEIRAS		% EM PESO, PASSANDO		
Pol.	mm	A	B	Tolerâncias da Faixa de Projeto
3/4	19,1	100	-	± 7
1/2	12,7	85-100	-	± 7
3/4	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

Tabela 02.

- " Fração que passa na peneira nº 40 apresentando um limite de liquidez inferior ou igual a 25 % e um índice de plasticidade inferior ou igual a 6 %;
- " Equivalente de areia mínimo de 55 %.

Agregado da Camada de Bloqueio

Deverá apresentar as seguintes características, quando submetido aos ensaios de Granulometria de Solos (DNER-ME 080), Limite de Liquidez (DNER-ME 122), Limite de Plasticidade (DNER-ME 082) e Equivalente de Areia (DNER-ME 054) :

- " Granulometria satisfazendo às seguintes faixas com as respectivas tolerâncias:

Infra-estrutura	2
Pavimentação Rodoviária	2.03
Base de Macadame Hidráulico	2.03.17

PENEIRAS		% EM PESO, PASSANDO		
Pol.	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

Tabela 03.

" índice de plasticidade da fração que passa na peneira nº 40 inferior a 6%;

" Equivalente de areia mínimo de 55%.

Controle da Execução

Verificações Visuais da Compressão

A compressão da base de macadame hidráulico será verificada visualmente através dos seguintes expedientes:

- " Uma verificação após o término de cada compressão, antes da colocação do material de enchimento, por meio da passagem do rolo em cada faixa compactada, para se constatar o aparecimento de sulco ou ondulação;
- " Uma verificação do preenchimento dos vazios, após concluídos os serviços de enchimento com material seco seguido de irrigação, pela constatação de uma pequena onda à frente do rolo, quando este se deslocar sobre a base;
- " Uma verificação da compactação final, pela colocação, à frente do rolo compressor, de uma pedra de tamanho razoável, que deverá ser esmagada na passagem do equipamento, sem penetrar na base.

Verificação Adicional da Compressão Através de Medidas de Deflexão

Após o término da compressão poderão também ser efetuadas medidas de deflexão dos segmentos concluídos, sobre a base ainda úmida, em locais aleatórios (DNER-ME 24). Os valores medidos e analisados estatisticamente deverão ser aqueles definidos pelo projeto para o topo da camada.

Controle Estatístico dos Ensaios e da Execução

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
	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 = nº de amostras					k = Coeficiente multiplicador					= risco da Contratada				

Tabela 04.

Ensaios

A análise dos resultados de controle do material de execução deverá atender ao seguinte:

" Para os ensaios de Granulometria de agregado graúdo, camada de bloqueio e agregado de enchimento em que forem especificadas uma faixa de valores mínimos e máximos com as

respectivas tolerâncias, deverá ser verificado o seguinte:

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

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

Infra-estrutura	2
Pavimentação Rodoviária	2.03
Base de Macadame Hidráulico	2.03.17

Sendo:

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

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

Onde:

$\bar{X} i$ - 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 ensaios de equivalente de areia, e de determinação em que for especificado um valor mínimo a ser atingido deverá ser verificado:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo de projeto} \Rightarrow \text{rejeita-se o serviço};$

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo de projeto} \Rightarrow \text{aceita-se o serviço}.$

" Para os ensaios de Limite de Liquidez, Índice de Plasticidade em que for especificado um valor máximo a ser atingido deverá ser verificado:

$\bar{X} - ks > \text{valor mínimo de projeto} \Rightarrow \text{rejeita-se o serviço};$

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo de projeto} \Rightarrow \text{aceita-se o serviço}.$

Execução

Para a verificação da compressão através de medidas de deflexão, o número mínimo das medidas nos segmentos compactados será definido pela Contratada em função de risco de se rejeitar um serviço de boa qualidade, conforme a "Tabela de Amostragem Variável".

Os resultados do controle estatístico deverão ser registrados em relatórios periódicos de acompanhamento.

Controle Geométrico

Após a execução da base de macadame hidráulico, será procedida a relocação e o nivelamento do eixo

e dos bordos, permitindo-se as seguintes tolerâncias:

" ± 10 cm, quanto à largura da plataforma;

" até 20 %, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta;

" ± 10 %, quanto a espessura do projeto da camada.

Os serviços rejeitados deverão ser corrigidos, complementados ou refeitos.

Manejo Ambiental

Deverão ser observados os seguintes cuidados visando a preservação do meio ambiente no decorrer das operações destinadas à execução da camada de base de macadame hidráulico:

Na Exploração das Ocorrências de Materiais

Deverão ser adotados os seguintes cuidados na exploração das ocorrências de materiais:

Deverá ser apresentada a licença ambiental de operação da pedreira, para arquivamento da cópia junto ao Livro de Ocorrências da obra.

Deverá ser evitada a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental.

A exploração da pedreira deverá ser planejada adequadamente, de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e a possibilitar a recuperação ambiental, após a retirada de todos os materiais e equipamentos.

Deverão ser impedidas queimadas como forma de desmatamento.

Deverão ser construídas, 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.

Caso o agregado seja fornecido por terceiros, será exigida documentação atestando à regularidade das instalações, assim como sua operação, junto ao órgão ambiental competente.

<i>Infra-estrutura</i>	<i>2</i>
<i>Pavimentação Rodoviária</i>	<i>2.03</i>
Base de Macadame Hidráulico	2.03.17

Na Execução

Deverá ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do canteiro, para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências na drenagem natural.

As áreas destinadas ao estacionamento e aos serviços de manutenção dos equipamentos, deverão ser localizadas de forma que resíduos de lubrificantes e/ou combustíveis, não sejam levados até cursos d'água.

04. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

A camada de base de macadame hidráulico será medida em metro cúbico de material compactado na pista e segundo a seção transversal do projeto.

Estão incluídos nos preços as operações de limpeza e expurgo das ocorrências de materiais, a escavação, o transporte, a aquisição de materiais, o espalhamento, umedecimento, compressão e acabamento na pista.

No cálculo dos volumes, serão verificadas as tolerâncias e consideradas a espessura e largura médias calculadas conforme o item "Controle Geométrico" desta especificação.

Quando a espessura e largura médias de campo forem inferiores àquelas do projeto, serão considerados os valores das mesmas; quando forem superiores, serão consideradas a espessura e a largura do projeto.

O pagamento será efetuado pelo preço unitário contratual incluindo toda a mão-de-obra, equipamentos e encargos necessários à aplicação do material.

Infra-estrutura	2
Pavimentação Rodoviária	2.03
Base de Macadame Hidráulico	2.03.17

05. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

FONTE	CÓDIGO	DESCRIÇÃO
DNER	ES 316/97	Base de Macadame Hidráulico
DNER	ME 024/94	Pavimento - determinação das deflexões pela viga Benkelman
DNER	ME 035/94	Agregados - determinação da abrasão " Los Angeles "
DNER	ME 054/94	Equivalente de areia
DNER	ME 080/94	Solos - análise granulométrica por peneiramento
DNER	ME 082/94	Solos - determinação do Limite de Plasticidade
DNER	ME 083/94	Agregados - análise granulométrica
DNER	ME 089/94	Agregados - avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio
DNER	ME 122/94	Solos - determinação do Limite de Liquidez (método de referencia e método expedito)
DNER	PRO 277/97	Metodologia para controle estatístico de obras e serviços
DNER	ISA 07	Instrução de Serviço Ambiental.
DNER		Manual de Pavimentação, 1996