

MACADAME SECO - MS

Especificação Particular

C D T - CENTRO DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO

Junho de 2021



DESIGNAÇÃO - ARTERIS ES – 011 Rev.09

Macadame Seco - MS

Designação ARTERIS ES 011- Rev. 09 (junho/2021)



Descrição resumida das revisões desta edição:

- i. Inclusão de parâmetros para camadas com espessura entre 15 cm 20 cm.*
- ii. Inclusão de novas faixas granulométricas para os agregados miúdos, utilizados nas camadas de bloqueio e enchimento.*
- iii. Exigência da realização de medidas de deflexão em condições de tempo seco (sem chuva).*

1. RESUMO

Esta especificação particular estabelece a sistemática a ser empregada para a execução de sub-base de Macadame Seco, constituída de pedra obtida diretamente da britagem primária (rachão), tendo os seus vazios preenchidos por agregados miúdos tipo bica corrida (brita 1, pedrisco e pó de pedra). A sub-base será executada, resumidamente, nas seguintes etapas:

- Espalhamento e rolagem de uma camada de bloqueio, com 3 a 5 cm de espessura, constituída de agregado miúdo, diretamente sobre o subleito compactado.
- Espalhamento e rolagem inicial do agregado graúdo sobre a camada de bloqueio.
- Preenchimento dos vazios do agregado graúdo através do espalhamento e rolagem de uma camada de enchimento, constituída de agregados miúdos.
- Compactação final da camada.

2. ENSAIOS NECESSÁRIOS

- ABNT-NBR 6465 - Agregados – Determinação da Abrasão Los Angeles.
- ARTERIS T-104 - Agregados – Avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de Sulfato de Sódio e Magnésio - AASHTO T-104.
- ARTERIS T – 27 - Agregados – Análise Granulométrica de Agregados Finos e Graúdos - AASHTO T-27.
- DNIT – ME 024 – Pavimento – Determinação das Deflexões pela Viga Benkelmen

3. MATERIAS

3.1 – AGREGADO GRAÚDO

O agregado graúdo deve ser constituído por pedra britada tipo rachão, produto total da britagem primária, devendo ser constituído de fragmentos duros, limpos e duráveis, livres de excessos de partículas lamelares ou alongadas, ou de fácil desintegração, e de outras substâncias prejudiciais. Devem atender ainda os seguintes parâmetros:

- Durabilidade ao sulfato de sódio: perda máxima de 20%
- Desgaste no ensaio Los Angeles inferior a 55%.

Para execução de camadas com espessura da camada acabada entre 20cm e 30cm, a granulometria do agregado graúdo deve atender aos limites especificados na tabela abaixo.

Peneiras		% em massa, passando
ASTM	Abertura, mm	
6"	152,4	100
5"	127,0	75-95
4"	101,6	70-90
3"	76,2	60-80
2"	50,8	15-55
1"	25,4	5-30
½"	12,7	2-18
Nº 4	4,8	0-15

Nota 1: O diâmetro máximo do agregado deve estar compreendido entre 1/2 e 2/3 da espessura final de cada camada executada, não devendo ser superior a 6" (152,4mm).

No caso de utilização de camadas com espessuras entre 15,0 cm e 20,0 cm, deve ser dada preferência para utilização de agregado graúdo de um só tamanho, admitindo-se no máximo o emprego de agregado graúdo separado na peneira classificadora vibratória de 2" (material passante na peneira de diâmetro máximo e retido na peneira de 2").

Nota 2: Diâmetro máximo do agregado graúdo deve estar compreendido entre ½ e 2/3 da espessura final de cada camada executada, não devendo ser superior a 5" (127 mm) e nem inferior a 3" (88,9 mm).

3.2 - AGREGADO MIUDO

3.2.1 - Camada de Bloqueio e de Enchimento

Estas camadas devem ser constituídas por produto de britagem, de acordo com uma das faixas granulométricas descritas na tabela abaixo, de forma a permitir o travamento do agregado graúdo.

Peneiras		Porcentagem passando, em peso				
ASTM	Abertura, mm	Faixa I	Faixa II	Faixa III	Faixa IV	Faixa V
1”	25,4	100	-	-	-	-
¾”	19,1	-	100	100	-	-
⅜”	9,5	50 – 85	69-100	-	100	100
n.º 4	4,8	-	-	55-100	70-100	60-80
n.º 10	2	25 – 50	40-70	-	-	-
n.º 40	0,42	-	-	20-50	30-60	15-25
n.º 200	0,074	5 – 15	5-20	6-20	8-25	0-12

- Equivalente de areia do material deve ser superior a 55% (ABNT-NBR 12052).

4. EQUIPAMENTOS

São indicados os seguintes equipamentos:

- Trator de lâmina, para espalhamento do agregado graúdo e travamento da camada;
- Compactador pesado tipo vibratório corrugado ou similar, para a acomodação e travamento da camada de agregado graúdo;
- Motoniveladora para espalhamento das camadas de bloqueio e enchimento;
- Rolo vibratório liso autopropelido CA-35, CC-43 ou similar para compactação das camadas de bloqueio e de enchimento.

Outros processos podem ser empregados desde que se garanta o travamento do agregado graúdo.

5. EXECUÇÃO

Compreendem as operações de execução da camada de bloqueio, agregado graúdo e material de enchimento, realizadas na pista devidamente preparada na largura desejada e nas quantidades que permitam após a compressão, atingir a espessura projetada.

A sub-base de agregado graúdo deverá ser executada em uma ou mais camadas (de agregado graúdo + enchimento) de, no máximo 30 cm de espessura acabada, até atingir a espessura total de projeto.

5.1 - CAMADA DE BLOQUEIO

Deve ser executada antes do espalhamento do agregado graúdo de forma que cubra toda a largura da plataforma, tendo espessura de 3 e 5 cm, devendo ser rolada com rolo liso vibratório.

5.2 - AGREGADO GRAÚDO

O agregado graúdo deve ser espalhado em uma camada de espessura constante, uniformemente solta, e disposta de modo que seja obtida a espessura comprimida especificada, atendendo aos alinhamentos e perfis projetados.

Este espalhamento deverá ser feito com trator de lâmina, executando-se a seguir, a primeira operação de compressão com equipamento pesado, observando-se a não degradação do agregado graúdo, até que consiga um bom entrosamento do agregado graúdo e a conformação transversal necessária.

5.3 - MATERIAL DE ENCHIMENTO E ACABAMENTO

O material de enchimento deve ser espalhado com motoniveladora sobre a camada de agregado graúdo, de modo a preencher os vazios da camada já parcialmente comprimida.

Deve ser feita a seguir a compressão com rolo vibratório corrugado para forçar a penetração do material de enchimento nos vazios da camada de rachão. Se necessário, deve ser adicionado mais agregados finos para preencher as falhas e vazios no agregado graúdo.

A camada de enchimento deve penetrar totalmente na camada de agregado graúdo, regularizando-a.

A compressão deve estar concluída quando desaparecerem as ondulações na frente do rolo e a sub-base se apresente completamente firme e travada. Para o acabamento final algumas passadas de rolo vibratório liso até que a superfície esteja desempenada, sem depressões. Caso haja locais com depressão ou segregação de agregado graúdo os mesmos devem ser preenchidos com material de enchimento e compactadas até que toda a área se apresente desempenada, sem segregação ou depressão.

6. CONTROLE

6.1 - CONTROLE TECNOLÓGICO

Devem ser executados os seguintes controles:

- 1 Ensaio de abrasão Los Angeles e de durabilidade do agregado graúdo no início dos trabalhos e sempre que houver variações da natureza ou origem do material;
- 1 Ensaio de granulometria dos agregados miúdos no início dos trabalhos e sempre que houver variações da natureza ou origem do material.
- 1 Ensaio de equivalente de areia dos agregados miúdos no início dos trabalhos e sempre que houver variações da natureza ou origem do material.
- Medidas das deflexões recuperáveis em quantidade suficiente para caracterizar a uniformidade do segmento. A deflexão característica do segmento executado deve ser menor que a deflexão admissível de projeto. Estas medidas devem ser efetuadas através da Viga Benkelman ou FWD (Falling Weight Deflectometer), em dias secos (sem chuva).

6.2 - VERIFICAÇÃO DE CAMPO

- Uma verificação após o término da compactação e antes da colocação do material de enchimento, por meio da passagem do rolo em cada faixa compactada, para constatar o aparecimento ou não de sulco ou ondulação, a fim de liberar a colocação do material de enchimento;
- Uma verificação do enchimento dos vazios, pela constatação de que a camada se encontra completamente firme;
- Os eventuais pontos fracos devem ser corrigidos.

7. - ACEITAÇÃO

A aceitação do segmento deve ser visual durante a execução dos trabalhos, e após deve ser efetuada a verificação da deflexão. Conforme o modelo estatístico, deflexão característica (D_c) \leq deflexão máxima admissível (D_{ma}).

O cálculo da (D_c) será conforme descrito abaixo:

$$D_c = \bar{X} + (d \times k), \quad \bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}, \quad d = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n-1}}, \text{ e } K \text{ é dado em função do número}$$

“N” de amostras, pela Tabela abaixo:

Tabela - Amostragem Variável

Número N de amostras																			
N	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	>21

A frequência de leituras é definida abaixo conforme a tabela.

ENSAIO		FREQUÊNCIA ESPECIFICAÇÃO	ACEITAÇÃO	OBSERVAÇÕES/MÉTODO DE ENSAIO
AGREGADOS	DURABILIDADE	1 ensaio no início dos trabalhos e sempre que houver variações	$\leq 20 \%$	ARTERIS ME-104
	EQUIVALENTE DE AREIA	1 ensaio no início dos trabalhos e sempre que houver variações	$> 55\%$	ABNT NBR-12052
	ABRASÃO LOS ANGELES	1 ensaio no início dos trabalhos e sempre que houver variações	$< 55 \%$	ABNT NBR-6465
USINA / PISTA	GRANULOMETRIA DO MATERIAL DE ENCHIMENTO	1 ensaio no início dos trabalhos e sempre que houver variações	Faixa de trabalho do Projeto	ARTERIS ME-27
	MEDIDAS DE DEFLEXÃO (VIGA BENKELMAN)	no mínimo a cada 20 metros de faixa	$D_c = X + \sigma_x K \leq D_{proj.}$	ARTERIS ME-024
TOPOGRAFIA	ESPESSURA	a cada 100 metros de pista	$> 95\%$ do Projeto	CONTROLE TOPOGRÁFICO