CÓPIA NÃO CONTROLADA

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

EXECUÇÃO DE SUB-BASE E BASE DE MACADAME SECO

Identificação: ET-ENG-EPR-006	**Revisão:** 00
Área: Engenharia de Qualidade	

1. ÍNDICE

2. OBJETIVO 3
3. ÁREA DE APLICAÇÃO 3
4. DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA 3
5. DEFINIÇÕES E SIGLAS 4
6. MATERIAIS 4
6.1. AGREGADOS 4
6.1.1. AGREGADO GRAÚDO 4
6.1.2. AGREGADO PARA ENCHIMENTO E CAMADA DE ISOLAMENTO OU BLOQUEIO 5
7. EXECUÇÃO DE ATIVIDADES 6
7.1. DIRETRIZES GERAIS DE EXECUÇÃO 6
7.2. EQUIPAMENTOS 6
7.3. EXECUÇÃO 6
7.3.1. SERVIÇOS PRÉVIOS 6
7.3.2. LOCAÇÃO E NIVELAMENTO 6
7.3.3. ESPALHAMENTO E COMPACTAÇÃO 7
7.3.4. LIBERAÇÃO DO TRÁFEGO SOBRE DA CAMADA EXECUTADA 8
8. CONTROLE GEOMÉTRICO E DE QUALIDADE 9
8.1. CONTROLE GEOMÉTRICO 9
9. REVISÕES 10

CÓPIA NÃO CONTROLADA

2. OBJETIVO

Definir a sistemática de execução de sub-base ou base de macadame seco estabelecendo os critérios desde os materiais empregados, como as etapas de execução do serviço e o controle de qualidade, além de definir os critérios de aceitação e medição.

O macadame seco é o agregado proveniente da britagem primária de rocha sã (rachão), cuja estabilização é realizada através do preenchimento dos vazios com agregado miúdo e pela ação da energia de compactação. A camada de bloqueio e enchimento corresponde a parte inferior da camada de macadame seco, apresentando espessura compactada entre 3 cm e 5 cm. Ela é composta por materiais finos provenientes de britagem de rocha, sendo utilizada quando a camada subjacente ao macadame seco é formada por solos que possuem mais de 35% de material passante na peneira nº 200.

3. ÁREA DE APLICAÇÃO

O macadame seco ou pedra rachão pode ser empregado em camadas estruturais de pavimento como sub-base e base, ou em vitude de uma definição estratégica, poderá ser aplicada em outras camadas ou etapas, desde que seu uso seja aprovado.

Esta especificação técnica aplica-se a todas as unidades de negócio do Grupo EPR.

4. DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação desta Norma. Devem ser consultadas sempre as mais recentes versões das normas em vigor.

- ABNT NBR 12052 – Solo ou agregado miúdo - Determinação do equivalente de Areia.
- ABNT NBR 16974 – Agregado graúdo – Ensaio de abrasão Los Angeles.
- ABNT NBR 6459 – Determinação do Limite de Liquidez.
- ABNT NBR 7180 – Determinação do Limite de Plasticidade.
- DNIT 133 – ME – Determinação das deflexões pela Viga Benkelman.
- DNIT 412 – ME – Agregados – Análise granulométrica de agregados graúdos e miúdos e misturas de agregados por peneiramento.
- DNIT 424 – ME – Pavimentação- Agregado - Determinação do índice de forma.
- DNIT 446 – ME – Agregados – Avaliação da Durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou magnésio.
- ET-DE-P00/11 – DER SP – Sub-base ou Base de Macadame Seco.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

- DER-ES-PA-03-23 – Macadame Seco.
- Norma ABNT NBR ISO 9001 – Sistema de Gestão da Qualidade
- Norma ABNT NBR ISO 14001 – Sistema de Gestão Ambiental
- Norma ABNT NBR ISO 39001 – Sistemas de Gestão da Segurança Viária
- Norma ABNT NBR ISO 45001 – Sistema de Gestão de Saúde e Segurança do Trabalho
- Norma ABNT NBR ISO 55001 – Sistema de Gestão de Ativos

5. DEFINIÇÕES E SIGLAS

Pano – Segmento ou trecho. Compreende uma extensão em metro linear que compõe um subtrecho do total a ser executado, sua largura será de acordo com o especificado em projeto.

Fecha – Número de passadas do rolo compactador referente ao percurso de “ida” e “volta”.

Contratada – Empresa contratada pela EPR para execução dos serviços de obras compreendidos no escopo dessa Especificação.

Rachão – Macadame seco.

6. MATERIAIS

6.1. AGREGADOS

Tanto o macadame como o material de enchimento e de bloqueio devem ser isentos de material orgânico e outras substâncias ou contaminações prejudiciais.

6.1.1. AGREGADO GRAÚDO

O agregado graúdo deve constituir-se por pedra britada tipo rachão, produto total da britagem primária, constituído de fragmentos duros duráveis, livres de excesso de partículas lamelares, alongadas e de fácil desintegração. O agregado graúdo deve atender aos parâmetros a seguir:

a) diâmetro máximo do agregado deve estar compreendido entre 1/2 e 2/3 da espessura final da camada. No entanto devido ao processo de obtenção da pedra rachão, admite-se um percentual de até 10% de agregado com granulometria entre 4" e 6". O agregado graúdo deve satisfazer a faixa granulométrica da Tabela 1;

b) Desgaste por abrasão, método Los Angeles menor ou igual a 45% conforme ABNT NBR 16974.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

c) Índice de perda obtido no ensaio de durabilidade conforme a norma DNIT 446 ME, em cinco ciclos, com solução de sulfato de sódio inferior a 12%.

Tabela 1 – Faixa granulométrica do agregado graúdo

Peneira de malha quadrada		% em massa, passando
ASTM	mm	Faixa I
6”	152,4	100
4”	101,6	90 – 100
3”	76,2	65 – 80
2”	50,8	15 – 55
1”	25,4	5 – 30
½”	12,7	2 – 18
nº 4	4,8	0 - 15

6.1.2. AGREGADO PARA ENCHIMENTO E CAMADA DE ISOLAMENTO OU BLOQUEIO

O material de enchimento e da camada de isolamento deve constituir-se por produto de britagem com 50% do material com granulometria entre $^{3}/_{4}$” (19,1 mm) e $^{3}/_{8}$” (9,5 mm) e 50% do material com granulometria inferior a $^{3}/_{8}$” (9,5mm), de forma a permitir o travamento da camada de pedra rachão e evitar a penetração no material do subleito.

Adicionalmente, o material que não se enquadrar na descrição estabelecida no parágrafo anterior, deve atender a granulometria especificada na tabela 2.

Tabela 2 – Faixa granulométrica do material de enchimento

Peneira ASTM	Abertura (mm)	Faixa I	Faixa II
1 pol.	25,4	-	-
3/4 pol.	19,1	-	100
3/8 pol.	9,5	100	50
nº 4	4,8	60 - 80	-
nº 10	2,0	-	-
nº 40	0,42	15 - 25	-
nº 200	0,074	0 - 12	-

O material também deve atender aos parâmetros a seguir:

a) Índice de perda obtido no ensaio de durabilidade conforme a norma DNIT 446 ME, em cinco ciclos, com solução de sulfato de sódio inferior a 15%.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

b) O equivalente de areia deve ser igual ou superior a 55%

c) a fração que passa na peneira de abertura 0,42 mm (nº 40), deve apresentar limite de liquidez, igual ou inferior a 25% e índice de plasticidade inferior ou igual a 6%, conforme as Normas ABNT NBR 6459 e 7180

7. EXECUÇÃO DE ATIVIDADES

7.1. DIRETRIZES GERAIS DE EXECUÇÃO

O processo executivo deve ser realizado de modo a garantir a conformidade com as etapas estabelecidas nesta Especificação de Serviço.

7.2. EQUIPAMENTOS

- Pá-carregadeira;
- Caminhão caçamba basculante para transporte da mistura;
- Trator de lâmina, para espalhamento e travamento da camada;
- Motoniveladora com sistema de GPS de nivelamento, para espalhamento das camadas de bloqueio e enchimento;
- Rolo compactador tipo liso-vibratório com frequência regulável, com as seguintes características: largura do rasto maior que 1,40 m; peso estático maior que 35 kN.

7.3. EXECUÇÃO

A execução dos serviços compreende as etapas de preparo da superfície de aplicação da mistura, locação e nivelamento, produção da mistura, espalhamento, nivelamento, compactação, acabamento, cura e proteção.

7.3.1. Serviços Prévios

A superfície a receber a camada de sub-base ou base de macadame seco deve estar totalmente concluída, limpa, isenta de materiais soltos, lama e demais agentes prejudiciais, além de ter sido liberada pela EPR.

Eventuais defeitos existentes devem ser adequadamente reparados antes da distribuição do material.

7.3.2. Locação e nivelamento

Os serviços de locação e nivelamento devem ser executados previamente pela Contratada, sendo verificado sempre que necessário, pela empresa de Supervisão. Nas posições correspondentes às

CÓPIA NÃO CONTROLADA

estacas de locação, dos dois lados da pista e a distância constante da linha base (eixo), serão assentados e nivelados piquetes para controle de cotas e de alinhamento, os quais serão transportados para um fio de aço devidamente tensionado e mantido suspenso por barras de aço com dispositivo para regular a cota que compreenderá o dispositivo eletrônico do distribuidor de agregados, sendo obrigatório a apresentação do relatório de Levantamento Topográfico.

As motoniveladoras devem possuir lâminas equipadas com aletas laterais, para evitar a segregação durante o espalhamento. Será obrigatório o uso de equipamentos com controle de nivelamento a laser.

7.3.3. Espalhamento e compactação

A espessura máxima da camada acabada de 20cm. Em casos de espessuras superiores, o serviço deve ser executado em mais de uma camada, garantindo a compactação do material.

O equipamento utilizado na distribuição e espalhamento deve dispor de sistema de controle de nivelamento que permita a obtenção da superfície final acabada de acordo com as condições geométricas fixadas em projeto e dentro das tolerâncias desta especificação.

7.3.3.1. Execução da camada de bloqueio

Deve ser executada antes do espalhamento do agregado graúdo. O material de bloqueio deve ser espalhado com uso da motoniveladora, em toda a largura da pista. A camada de bloqueio deve apresentar espessura entre 3 cm e 5 cm. A camada deve ser compactada com rolo liso vibratório em no máximo duas passadas do rolo, o equivalente a um “fecha”.

7.3.3.2. Execução da camada de agregado graúdo

O agregado graúdo deve ser espalhado obedecendo aos alinhamentos e cotas de projeto. A espessura solta deve ser suficiente para se obter a espessura final.

O espalhamento do material deve ser executado com trator de lâmina, de forma que as juntas longitudinais não fiquem situadas abaixo de trilhas de rodas e as juntas transversais não fiquem no mesmo alinhamento entre as diferentes camadas de pavimento.

Após o espalhamento, deve ser realizada a primeira operação de compactação com rolo liso vibratório, verificando se houve a degradação do agregado graúdo e se a espessura está de acordo com a cota de projeto. Se necessário, para correção do greide, deve ser realizada a remoção ou adição de material graúdo (pedra rachão), sendo vedado o uso de agregado miúdo nesta etapa.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

7.3.3.3. Material de enchimento e acabamento

O material de enchimento deve estar o mais seco possível, sendo 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 compactação deve ser realizada até que não hajam as ondulações na pista e o material esteja completamente firme e travado.

Após a completa compactação da camada, deve se realizar a verificação da superfície, e na ocorrência de excesso ou deficiência de material de enchimento, devem ser tomadas as correções necessárias, conforme a seguir:

a) se houver deficiência de finos, deve-se processar o espalhamento de uma segunda camada de material de enchimento;

b) se houver excesso de finos, deve-se processar a remoção do material excedente por meios manuais ou mecânicos, utilizando-se ferramentas auxiliares, tais como: pá, enxada, rastelo ou vassoura mecânica.

Após a conclusão da camada, pode ser realizada a umectação da superfície. A camada concluída deve ser verificada e liberada pela Qualidade da EPR.

A camada executada deve atender as deflexões recuperáveis máximas (D0) medidas a cada 20 m por faixa alternada e 40 m na mesma faixa, através da viga *Benkelman*, conforme DNER ME 133, ou FWD, *Falling Weight Deflectometer*, de acordo com DNER PRO 273.

Recomenda-se que a camada não permaneça exposta a intempéries que possam causar a perda do material fino presente na camada de enchimento.

7.3.4. Liberação do tráfego sobre da camada executada

A camada executada pode ser liberada ao tráfego desde que sejam preservadas as condições de conformidade, sendo verificadas visualmente.

Mesmo após a liberação da camada acabada, sendo verificado pela EPR que houve danos após a execução, poderá ser solicitada remoção da camada e nova execução do trecho.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

8. CONTROLE GEOMÉTRICO E DE QUALIDADE

8.1. CONTROLE GEOMÉTRICO

A relocação e o nivelamento do eixo e das bordas devem ser executados a cada 20m e, devem ser nivelados os pontos no eixo, bordas e dois pontos intermediários.

A espessura da camada e as diferenças de cotas devem ser determinadas pelo nivelamento da seção transversal a cada 20 m, conforme nota de serviço. A variação máxima admitida na espessura é de 10% da espessura de projeto, em qualquer ponto da camada. A espessura determinada estatisticamente deve estar compreendida no intervalo de ± 5% em relação a espessura prevista em projeto.

A verificação do eixo e bordas deve ser feita durante os trabalhos de locação e nivelamento nas diversas seções correspondentes às estacas da locação. A variação das cotas no eixo longitudinal e das bordas, nas seções transversais devem ser na ordem de - 2,0 a +1,0 cm das cotas de projeto, não se admitindo depressões que propiciem acúmulo de água.

Em relação a largura e o alinhamento da Plataforma, não se admite valores para semi-plataforma inferiores aos previstos em projeto, tolerando-se no máximo +15 cm na semi-largura.

CONTROLE DE QUALIDADE

O controle tecnológico e de Qualidade na execução de sub-base e base de macadame seco é estabelecido no item 6. (Materiais) e no Anexo A – Relação de Ensaios. Todos os ensaios especificados, bem como das características geométricas de forma individual, devem atender aos requisitos desta especificação e do projeto.

Os trechos executados, além de serem avaliados individualmente quanto à deflexão conforme a seguir.

a) Deflexão caracteristica do trecho:

Controle unilateral onde, $X = \bar{X} + K.S \geq LIE$

CÓPIA NÃO CONTROLADA

Os valores de deflexão característica de cada subtrecho devem atender a deflexão de projeto.

Tabela B-1 – Controle Estatístico

Parâmetro		
1 - Média aritmética da amostra ($\overline{X}$)	$\overline{X} = \frac{\sum X_i}{N}$	Onde: **X_i =** valor individual da amostra **N =** nº de determinações efetuadas **K =** coeficiente unilateral tabelado em função do número de amostras **K_1 =** coeficiente bilateral tabelado em função do número de determinações **LSE** = limite superior especificado **LIE** = limite inferior especificado
2 - Desvio-padrão da amostra (S)	$S = \sqrt{\frac{\sum(\overline{X} - X_i)^2}{N-1}}$	
Controle Unilateral		
3 - Controle pelo limite inferior 4 - Controle pelo limite superior	$X = \overline{X} - KS \geq LIE$ Ou $X = \overline{X} + KS \leq LSE$	
Controle Bilateral		
5 - Controle pelo limite inferior e superior	$X = \overline{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \overline{X} + K_1 S \leq LSE$	

Tabela B-2 – Valores K – Tolerância Unilateral e K1 Tolerância Bilateral

N	K	K1	N	K	K1	N	K	K1
4	0,95	1,34	10	0,77	1,12	25	0,67	1,00
5	0,89	1,27	12	0,75	1,09	30	0,66	0,99
6	0,85	1,22	14	0,73	1,07	40	0,64	0,97
7	0,82	1,19	16	0,71	1,05	50	0,63	0,96
8	0,80	1,16	18	0,70	1,04	100	0,60	0,92
9	0,78	1,14	20	0,69	1,03	∞	0,52	0,84

9. REVISÕES

Rev.	Descrição	Elaborado por	Revisado por	Aprovado por
00	Emissão inicial da especificação de serviço de macadame seco.	Mariana dos Santos Marques	Eduardo Ferreira de Melo Javerson Goulart Filho	Anderson Batista Miranda

Anexo A – Relação de Ensaios

SERVIÇO	ETAPA	INSPEÇÕES E ENSAIOS	CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO EPR	MÉTODO / PROCEDIMENTO	FREQUÊNCIA CONTRATADA (mínima)
CAMADA DE REFORÇO, SUB-BASE E BASE DE MACADAME SECO	Materiais - agregado graúdo	Durabilidade com sulfato de sódio em 5 ciclos	Sulfato de sódio ≤ 12%	DNIT 446 ME	1 no início para caracterização ou quando houver mudança no material
CAMADA DE REFORÇO, SUB-BASE E BASE DE MACADAME SECO	Materiais - agregado graúdo	Abrasão Los Angeles	índice de perda por abrasão ≤ 45%	ABNT NBR 16974	1 no início para caracterização ou quando houver mudança no material
CAMADA DE REFORÇO, SUB-BASE E BASE DE MACADAME SECO	Materiais - agregado graúdo	Análise granulométrica	Atender a Especificação Técnica do Grupo EPR	ABNT NBR 17054	A cada 300m de pista e no mínimo 1 por jornada de 8h de trabalho
CAMADA DE REFORÇO, SUB-BASE E BASE DE MACADAME SECO	Materiais - camada de enchimento e bloqueio	Equivalente de areia	≥ 55%	ABNT NBR 12052	A cada 300m de pista e no mínimo 1 por jornada de 8h de trabalho
CAMADA DE REFORÇO, SUB-BASE E BASE DE MACADAME SECO	Materiais - camada de bloqueio	Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade	LL≤ 25% IP ≤ 6%	ABNT NBR 6459; ABNT NBR 7180	A cada 300m de pista e no mínimo 1 por jornada de 8h de trabalho
CAMADA DE REFORÇO, SUB-BASE E BASE DE MACADAME SECO	Materiais - camada de bloqueio	Durabilidade com sulfato de sódio em 5 ciclos	Sulfato de sódio ≤ 15%	DNIT 446 ME	1 no início para caracterização ou quando houver mudança no material
CAMADA DE REFORÇO, SUB-BASE E BASE DE MACADAME SECO	Materiais - camada de bloqueio	Verificação da uniformidade e espessura da camada de bloqueio conforme projeto	verifique se uniformidade e espessura da camada de bloqueio em conformidade com o projeto	Visual e topográfico	Em cada faixa compactada
CAMADA DE REFORÇO, SUB-BASE E BASE DE MACADAME SECO	Materiais - camada de bloqueio	Verificação das condições de compacatção	Quando não existirem sulcos ou ondulações a frente do rolo compactador , a compactação será considerada finalizada	Visual	Em cada faixa compactada
CAMADA DE REFORÇO, SUB-BASE E BASE DE MACADAME SECO	Controle topográfico	Cotas	Variação das cotas no eixo longitudinal e das bordas, nas seções transversais não devem ser na ordem de - 2,0 a +1,0 cm das cotas de projeto, não se admitindo depressões que propiciem acúmulo de água.	Relocação e nivelamento topográfico;	A cada 20m, no eixo, bordas e dois pontos intermediários.

CÓPIA NÃO CONTROLADA

SERVIÇO	ETAPA	INSPEÇÕES E ENSAIOS	CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO EPR	MÉTODO / PROCEDIMENTO	FREQUÊNCIA CONTRATADA (mínima)
CAMADA DE REFORÇO, SUB-BASE E BASE DE MACADAME SECO	Controle topográfico	Espessura	Variação máxima admitida na espessura é de 10% da espessura de projeto, em qualquer ponto da camada. A espessura determinada estatisticamente deve estar compreendida no intervalo de ± 5% em relação a espessura prevista em projeto	Verificação topográfica	A cada 20m
CAMADA DE REFORÇO, SUB-BASE E BASE DE MACADAME SECO	Controle topográfico	Largura e alinhamentos da plataforma	Não se admite valores para semi-plataforma inferiores aos previstos em projeto, tolerando-se no máximo +15 cm na semi-largura	Verificação topográfica	A cada 20m
CAMADA DE REFORÇO, SUB-BASE E BASE DE MACADAME SECO	Acabamento	Inspeção na superfície	Não ocorram finos na superfície, e acabamento seja julgado satisfatório.	Visual	Em toda superfície
CAMADA DE REFORÇO, SUB-BASE E BASE DE MACADAME SECO	Deflexão	Deflexões	Deflexão de cada trecho conforme definido em projeto, sendo determinado a deflexão característica do segmento.	DNIT 133 - ME	Pontos a cada 20m por faixa (bordo esq/bordo dir)

CÓPIA NÃO CONTROLADA