TÍTULO

SUB-BASE OU BASE ESTABILIZADA GRANULOMETRICAMENTE

ÓRGÃO

DIRETORIA DE ENGENHARIA

PALAVRAS-CHAVE

Sub-Base. Base. Estabilizada Granulometricamente.

APROVAÇÃO	PROCESSO

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **DER/SP**. Manual de Normas – Pavimentação. **Seção 3.04**. Sub-base e bases estabilizadas granulometricamente. São Paulo, 1991.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 139/2010 – ES**. Pavimentação – Sub-base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 141/2010 – ES**. Pavimentação – Base estabilizada granulometricamente - Especificação de serviço. Rio de Janeiro, 2010.

MINUTA

OBSERVAÇÕES

REVISÃO	DATA	DISCRIMINAÇÃO

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

ÍNDICE

1 OBJETIVO 3
2 DEFINIÇÃO 3
3 MATERIAIS 3
3.1 Solos 3
3.2 Agregados 3
3.3 Mistura 3
3.4 Requisitos dos Materiais 3
4 EQUIPAMENTOS 6
5 EXECUÇÃO 6
5.1 Segmento Experimental 6
5.2 Condições Gerais 7
5.3 Produção da Mistura 8
5.4 Compactação 9
5.5 Acabamento 10
5.6 Abertura ao Tráfego 10
6 CONTROLE 10
6.1 Controle dos Materiais 10
6.2 Controle de Execução 11
6.3 Controle Geométrico e de Acabamento 12
6.4 Deflexões 12
7 ACEITAÇÃO 12
7.1 Materiais 12
7.2 Execução 13
7.3 Deflexões 14
8 CONTROLE AMBIENTAL 14
8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais 14
8.2 Execução 15
9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO 16
10 REFERÊNCIAS 16
ANEXO A - TABELAS DE CONTROLE 18
ANEXO B - CONTROLE ESTATÍSTICO 24

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

1 OBJETIVO

Definir os critérios que orientam a produção, execução, aceitação e medição de sub-base e base estabilizada granulometricamente em obras rodoviárias sob a jurisdição do Departamento de Estradas e Rodagem de Estado de São Paulo – DER/SP.

2 DEFINIÇÃO

A sub-base e base estabilizada granulometricamente são camadas constituídas por solos naturais que possuem em sua composição pedregulhos de cava, rochas alteradas, misturas artificiais de solos, de rochas alteradas, britadas ou não, misturas de diferentes tipos agregados tais como: pedra britada, pedrisco, pó de pedra, areia, ou ainda quaisquer combinação desses materiais ou de demais materiais granulares que apresentem estabilidade e durabilidade adequadas e capazes de resistirem às cargas previstas, e à ação dos agentes climáticos quando corretamente compactadas.

3 MATERIAIS

3.1 Solos

São os materiais naturais provenientes de jazidas, cascalheiras, constituídos de pedregulhos ou areias de cava, rochas alteradas, britadas ou não, seixos, escórias, cangas de minério etc.

3.2 Agregados

São os materiais provenientes de pedreira tais como: pedra britada com ou sem classificação por peneiras, rejeitos de pedreiras, pedrisco, pó de pedra e areias.

3.3 Mistura

São os materiais provenientes da mistura artificial entre os solos, entre agregados ou dos solos com os agregados.

3.4 Requisitos dos Materiais

Os materiais para execução das camadas de sub-base e base estabilizada granulometricamente devem satisfazer as seguintes exigências:

a) devem ser isentos de matéria orgânica e outras substâncias estranhas ou nocivas. A fração retida na peneira de 2,0 mm deve ser constituída de partículas duras e resistentes, isentas de fragmentos moles ou achatados;

b) a porcentagem em peso passando na peneira de 25 mm deve ser 100%;

c) abrasão Los Angeles, conforme NBR 16974(1), inferior a 50%;

d) durabilidade, conforme DNER ME 089(2), em cinco ciclos com solução de sulfato de sódio e sulfato de magnésio, inferior a 20% e 30%; respectivamente, somente quando tratar-se de pedra britada;

e) CBR $\geq$ 80%, para N > 5 x 10^6, e expansão $\leq$ 0,5%, na energia modificada, conforme com NBR 9895(3), para bases;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

f) CBR ≥ 70%, para N < 5 x 10^6, e expansão ≤ 0,5%, na energia modificada, conforme com NBR 9895(3), para bases;

g) CBR ≥ 30% e expansão ≤ 1,0%, na energia intermediária, conforme com NBR 9895(3), para sub-bases;

h) Para sub-base, a mistura deve atender aos seguintes coeficientes de curvatura (Cc) e uniformidade (Cu), sendo 3 ≥ Cc ≥1 e Cu ≥10, calculados pelas seguintes equações:

$$Cc = \frac{D30^2}{D10 \times D60}$$

- Onde:
- D10 = Diâmetro da partícula correspondente a 10%, em peso, passando na curva de distribuição granulométrica.
- D30 = Diâmetro da partícula correspondente a 30%, em peso, passando na curva de distribuição granulométrica.
- D60 = Diâmetro da partícula correspondente a 60%, em peso, passando na curva de distribuição granulométrica.

$$Cu = D60/D10$$

- Onde:
- D10= Diâmetro da partícula correspondente a 10%, em peso, passando na curva de distribuição granulométrica.
- D60= Diâmetro da partícula correspondente a 60%, em peso, passando na curva de distribuição granulométrica.

i) Para sub-base não há necessidade de a mistura atender as faixas granulométricas especificadas na Tabela 1;

j) a curva granulométrica do material ou mistura de materiais para a camada de base deve ser contínua e deve enquadrar-se em uma das faixas da Tabela 1;

k) a faixa de trabalho, definida a partir da curva granulométrica de projeto, deve obedecer à tolerância indicada para cada peneira na Tabela 1, porém, sempre respeitando os limites da faixa granulométrica;

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Tabela 1 – Faixas Granulométricas para Base

Peneira de Malha Quadrada		% em Massa, Passando						Tolerância
ASTM	mm	I	II	III	IV	V	VI	
2”	50,8	100	100					-
1”	25,4	-	75 – 95	100	100	100	100	± 7%
3/8”	9,5	30 – 65	40 – 75	55 – 85	60 – 100	-	-	± 7%
nº 4	4,8	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85	55 – 100	70 – 100	± 5%
nº 10	2,0	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70	40 – 100	55 – 100	± 5%
nº 40	0,42	8 – 20	15 – 30	15 – 30	20 – 50	20 – 55	30 – 70	± 5%
n° 200	0,075	2 – 8	5 – 15	5 – 20	5 – 20	8 – 25	10 - 25	± 2%

l) a porcentagem que passa pela peneira de 0,075 mm deve ser inferior a 2/3 da porcentagem que passa pela peneira de 0,42 mm;

m) os materiais finos dos solos não lateríticos ou materiais das misturas de diâmetro máximo inferior a 0,42 mm devem satisfazer as seguintes condições

- limite de liquidez, LL, determinado conforme NBR 6459[(4)]; inferior a 25%;
- índice “IP”, inferior a 6%.

n) podem ser utilizados materiais com LL e IP maiores do que os acima especificados, desde que sejam satisfeitas uma das seguintes a condições abaixo:

<u>Condição A:</u>

- sejam satisfeitas as seguintes inequações:

$$\frac{X}{100} \cdot IP \leq \frac{100}{\gamma s} - (X \cdot \frac{LP}{100} + \frac{100}{\gamma g});$$

$$\frac{X}{100} \cdot LL \leq \frac{100}{\gamma s} - \frac{100}{\gamma g});$$

Onde:

X – porcentagem em peso de material que passa na peneira de abertura 0,42 mm (n.º 40);

LL – limite de liquidez;

LP – limite de plasticidade;

IP – índice de plasticidade;

γs – massa específica aparente máxima seca após a compactação na intermediária;

γg – massa específica real das partículas sólidas.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Condição B:

O equivalente areia equivalente determinado, conforme NBR 12052[(5)], deve ser superior a 30%;

a) para tráfego com N, número de solicitações do eixo padrão simples, de 8,2 toneladas, igual ou superior a 10^7, não devem ser utilizadas misturas com granulometrias correspondentes às faixas V e VI.

4 EQUIPAMENTOS

Antes do início dos serviços todo equipamento deve ser examinado e aprovado pelo DER/SP.

O equipamento básico para a execução da sub-base ou base estabilizada granulometricamente compreende as seguintes unidades:

a) caminhões para transporte dos materiais, com caçamba basculante;
b) pá-carregadeira;
c) motoniveladora equipada com escarificador, com dispositivos para controle de profundidade;
d) caminhão tanque irrigador de água, com no mínimo 6.000 litros de capacidade, equipado com motobomba capaz de distribuir água sob pressão regulável e de forma uniforme;
e) trator agrícola com arados e grade de discos;
f) compactador vibratório portátil ou sapo mecânico;
g) duas réguas de madeira ou metal, uma de 1,20 e outra de 3,00 m de comprimento;
h) compactador vibratório portátil ou sapos mecânicos, uso eventual;
i) rolo de pneus de pressão variável;
j) rolo vibratório liso, ou corrugado;
k) pequenas ferramentas, tais como pás, enxadas, garfos, rastelos etc.;

5 EXECUÇÃO

5.1 Segmento Experimental

A execução do primeiro segmento de sub-base ou base estabilizada granulometricamente, que deverá ter o mínimo de 200 metros de extensão, será considerado experimental, para obtenção dos objetivos:

a) Verificar se o material que chega ao campo apresenta características que atendam as indicadas no projeto. Caso isso não ocorra, realizar um novo estudo para este fim.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

b) Definir o processo construtivo da camada (distribuição do material, equipamentos de compactação e número de passadas de cada um deles) para obter uma camada integra de material estabilizado granulometricamente, assim como seu grau de compactação de projeto.

As diretrizes estabelecidas no segmento experimental, desde que homologadas pelos engenheiros responsáveis da contratada e contratante, serão utilizadas na execução dos novos segmentos de sub-base ou base estabilizada granulometricamente, que tenham o mesmo projeto.

A execução do segmento experimental deverá atender aos itens 5.2 ao 5.6 da especificação.

5.2 Condições Gerais

Não é permitida a execução dos serviços em dia de chuva.

A camada de sub-base e base estabilizada granulometricamente só pode ser executada quando a camada subjacente estiver liberada quanto aos requisitos de aceitação de materiais e execução.

A superfície a receber a camada de sub-base ou base estabilizada granulometricamente deve estar perfeitamente limpa, isenta de lama e demais agentes prejudiciais, desempenada e sem excessos de umidade, além de ter recebido prévia aprovação por parte da fiscalização.

Os eventuais defeitos da superfície da camada subjacente devem ser necessariamente reparados antes da execução da sub-base ou base.

Caso a execução da sub-base ou base estabilizada granulometricamente não seja realizada logo após a camada de apoio subjacente e ela tenha sido exposta a chuvas, para sua execução é necessária uma nova avaliação de suas características, a saber:

a) O teor de umidade da camada subjacente deverá estar no máximo 3% acima do teor ótimo de compactação preconizado em seu projeto. Caso o teor de umidade seja superior a camada deverá secar ou ser retrabalhada, até que sua condição de umidade atenda ao limite;

b) Após o teor de umidade estar dentro do limite, efetuar a compactação se a camada for retrabalhada e, posteriormente, o controle do grau de compactação, tanto na camada seca ao ar quanto na camada retrabalhada, que deverá atender ao projeto da camada subjacente;

c) Nas regiões que não atendam o grau de compactação por terem sido danificadas pelas chuvas, a camada subjacente deverá ser retrabalhada para atender seu projeto, antes da distribuição da camada de material estabilizado granulometricamente.

Durante todo o tempo de execução da sub-base ou base estabilizada granulometricamente, os materiais e os serviços devem ser protegidos contra a ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los. É obrigação da executante a responsabilidade desta conservação.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

5.3 Produção da Mistura

5.3.1 Mistura Prévia

A mistura prévia é executada com base nos pesos secos dos materiais que a compõe. A medida-padrão pode ser a concha da pá carregadeira utilizada no carregamento do material.

Conhecidos os números da medida-padrão de cada material que melhor reproduza a dosagem projetada, é iniciado o processo de mistura em local próximo a uma das jazidas.

Depositam-se alternadamente os materiais, em lugar apropriado e na proporção desejada. A mistura é então processada, revolvendo-se o monte formado com evoluções da concha da pá carregadeira.

Para evitar erros na contagem do número de medidas-padrão dos materiais, recomenda-se que a etapa descrita anteriormente, seja executada dosando-se um ciclo da mistura por vez.

Após a mistura prévia, o material é transportado, através de caminhões basculantes, depositando-se sobre a pista em montes adequadamente espaçados.

Segue-se o espalhamento pela ação da motoniveladora.

5.3.2 Mistura na Pista

Inicialmente deve ser distribuído na pista o material que entra na composição da mistura em maior quantidade.

Segue-se o espalhamento do segundo material, em quantidade que assegure o atendimento à dosagem e a espessura pretendidas.

O material espalhado deve receber adequada conformação, de forma que a camada apresente espessura constante.

No caso de estradas vicinais em que o material do subleito for um dos materiais integrantes da mistura, deve-se inicialmente proceder a escarificação na espessura necessária para atender sua proporção na composição em massa da mistura. Em seguida o material deve misturado antes do espalhamento dos demais materiais componentes da mistura.

A mistura somente pode ser processada em usina quando não for possível obter as faixas granulométricas propostas no item 3.3 com misturas executadas na pista.

5.3.3 Espalhamento

O material distribuído é homogeneizado mediante ação combinada de grade de discos e motoniveladora.

No decorrer desta etapa, devem ser removidos materiais estranhos ou fragmentos de tamanho excessivo.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

O espalhamento deve ser executado 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 do pavimento.

5.3.4 Correção e Homogeneização da Umidade

A variação do teor de umidade admitido para o material para início da compactação é de ± 1,0 % da umidade ótima de compactação.

Caso o teor de umidade se apresente abaixo do limite mínimo especificado, deve-se proceder o umedecimento da camada através de caminhão-tanque irrigador, seguindo-se a homogeneização pela atuação de grade de discos, motoniveladora.

Se o teor de umidade de campo exceder ao limite superior especificado, deve-se aerar o material mediante ação conjunta da grade de discos e da motoniveladora, para que o material atinja o intervalo da umidade especificada

Concluída a correção e homogeneização da umidade, o material deve ser conformado de maneira a se obter a espessura desejada após a compactação. A espessura da camada compactada não dever ser inferior a 10 cm nem superior a 20 cm.

Nesta fase devem ser tomados os cuidados necessários para evitar a adição de material na fase de acabamento.

5.4 Compactação

Na fase inicial da obra devem ser executados segmentos experimentais, conforme indicado no item 5.1, de modo a definir os procedimentos a serem obedecidos nos serviços de compactação. Deve-se estabelecer a o número de passadas necessárias dos equipamentos de compactação para atingir o grau de compactação especificado.

Deve ser realizada nova determinação sempre que houver variação no material ou do equipamento empregado.

A compactação deve evoluir longitudinalmente, iniciando pelas bordas, tomando-se o cuidado de que nas primeiras passadas o rolo compactador se apoie metade nos acostamentos e metade na sub-base ou na base em construção.

Nos trechos em tangente, a compactação deve prosseguir das duas bordas para o centro, em percursos equidistantes da linha base, eixo. Os percursos ou passadas do equipamento utilizado devem distar entre si de forma tal que, em cada percurso, seja coberta metade da faixa coberta no percurso anterior.

Nos trechos em curva, havendo sobrelevação, a compactação deve progredir da borda mais baixa para a mais alta, com percursos análogos aos descritos para os trechos em tangente.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Nas partes adjacentes ao início e ao fim da sub-base ou base em construção, a compactação deve ser executada transversalmente à linha base, eixo. Nas partes inacessíveis aos rolos compactadores, assim como nas partes em que seu uso não for desejável, tais como cabeceira de obras de arte, a compactação deve ser executada com rolos vibratórios portátil ou sapos mecânicos.

Durante a compactação, se necessário, pode ser promovido o umedecimento da superfície da camada mediante emprego de carro-tanque distribuidor de água. Esta operação é recomendada sempre que o teor de umidade estiver abaixo do limite inferior do intervalo de umidade admitido para a compactação.

As operações de compactação devem prosseguir em toda a espessura da sub-base ou base, até que se atinja grau de compactação mínimo de 95% em relação à massa específica aparente seca máxima, determinada no ensaio de compactação, conforme NBR 7182(6), na energia modificada para as bases, ou na energia intermediária para as sub-bases.

5.5 Acabamento

O acabamento deve ser executado pela ação conjunta de motoniveladora e de rolos de pneus de rodas lisa.

A motoniveladora deve atuar, quando necessário, exclusivamente em operação de corte, sendo vetada a correção de depressões por adição de material.

5.6 Abertura ao Tráfego

A sub-base ou base estabilizada granulometricamente não deve ser submetida à ação do tráfego.

6 CONTROLE

6.1 Controle dos Materiais

6.1.1 Solos

Quando se utilizar pedregulhos ou areia de cava, devem ser executados os ensaios abaixo discriminados, com materiais coletados na pista ou nas jazidas. Os lotes para coleta de material deverão corresponder a 1.500 m² de camada acabada. Os fragmentos de rocha e pedregulhos das areias de cava, dos solos ou da mistura devem ser submetidos aos seguintes ensaios:

a) abrasão Los Angeles nos fragmentos de rocha e pedregulhos, conforme NBR 16974(1);

b) na fração com diâmetro menor que 2,00 mm deve-se classificá-la de acordo com a metodologia MCT, conforme ME-DE-P00/006(7)

c) análise granulométrica, conforme NBR 17054(10);

d) CBR e expansão, conforme NBR 9895(3), na energia modificada para as bases, e na energia intermediária, para sub-bases;

e) no material que passa na peneira de abertura 0,42 mm determinar o limite de liquidez

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

e plasticidade, conforme NBR 6459(4) e NBR 7180(11), respectivamente.

6.1.2 Agregados Britados

Devem ser executadas as seguintes determinações na pedra britada, sendo uma determinação a cada 1.500 m² de pista:

a) abrasão Los Angeles, conforme NBR 16974(1);

b) durabilidade com ao sulfato de sódio e sulfato de magnésio, em cinco ciclos, conforme DNER ME 089(2)

c) análise granulométrica, conforme NBR 17054(10);

d) CBR e expansão, conforme NBR 9895(3), na energia modificada para as bases, e na energia intermediária, para sub-bases;

e) no material que passa na peneira de abertura 0,42 mm determinar o limite de liquidez e plasticidade, conforme NBR 6459(4) e NBR 7180(11), respectivamente.

6.1.3 Mistura de Solos com Agregados Britados

Devem ser executadas as mesmas determinações e na mesma frequência dos estabelecida no item 6.1.1.

O agregado britado deve ser submetido ao ensaio de durabilidade com ao sulfato de sódio e sulfato de magnésio, em cinco ciclos, conforme DNER ME 089(2), a cada 1.500 m².

6.2 Controle de Execução

O controle da execução da camada deve ser realizado através dos seguintes procedimentos:

a) determinação da massa específica aparente seca máxima e umidade ótima de compactação, conforme NBR 7182(6), na energia intermediária para as sub-bases, e na energia modificada para as bases, com amostras coletadas na pista; 1 ensaio a cada 350 m² de pista;

b) determinação do teor de umidade com método expedito da frigideira, conforme NBR 16097(15), a cada 350 m² de pista, imediatamente antes do início da compactação; se a umidade estiver compreendida no intervalo de variação de -2,0 % a +1,0% da umidade ótima, o material pode ser liberado para compactação;

c) determinação da umidade e da massa específica aparente seca *in situ*, de acordo com NBR 7185(12) utilizando o funil com diâmetro de 10,2 cm, imediatamente após a compactação, e o respectivo grau de compactação a partir dos valores obtidos na alínea a, em amostras retiradas na profundidade de no mínimo 75% da espessura da camada; 1 determinação a cada 150 m² de pista compactada.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

6.3 Controle Geométrico e de Acabamento

6.3.1 Controle de Espessura e Cotas

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

6.3.2 Controle da Largura e Alinhamentos

A verificação do eixo e das bordas deve ser feita durante os trabalhos de locação e nivelamento, nas diversas seções correspondentes às estacas da locação. A largura da plataforma acabada deve ser determinada por medidas à trena, executadas pelo menos a cada 20 m.

6.3.3 Controle do Acabamento da Superfície

O acabamento da superfície dos diversos segmentos concluídos é verificado com duas réguas, uma de 1,20 m e outra 3,00 m de comprimento, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada, nas diversas seções correspondentes às estacas da locação.

6.4 Deflexões

Deve-se verificar as deflexões recuperáveis máximas (D_0) da camada a cada 20 m por faixa alternada e 40 m na mesma faixa, através da viga *Benkelman*, conforme DNER ME 024[(13)], ou FWD, *Falling Weight Deflectometer*, de acordo com DNER PRO 273[(14)].

7 ACEITAÇÃO

Os serviços são aceitos e passíveis de medição desde que atendam simultaneamente as exigências de materiais e de execução, estabelecidas nesta especificação e discriminadas as seguir:

7.1 Materiais

7.1.1 Solos

Quando forem utilizados apenas os fragmentos de rocha alterada, pedregulhos ou areias de cava naturais na constituição da sub-base ou base estabilizada, os materiais são aceitos desde:

a) resultados individuais de abrasão Los Angeles sejam inferiores a 50%;

b) os resultados de CBR, calculados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através da equação 3 do anexo B, apresentem:

- CBR $\geq$ 80%, para bases e $N > 5 \times 10^6$;
- CBR $\geq$ 70%, para bases e $N < 5 \times 10^6$;
- CBR $\geq$ 30% para sub-bases.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

b) a fração dos solos não lateríticos inferiores a 0,42 mm, apresente LL inferior a 25% e a IP inferior a 6%; quando os valores de LL e IP forem maiores do que os especificados, deve ser atendida uma das condições estabelecidas no item 3.4 da alínea j;

c) os resultados da granulometria do material analisada estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através do controle bilateral, conforme anexo B; apresentem variação granulométrica dentro de uma das faixas granulométricas estabelecidas nesta especificação e dentro da faixa de pela faixa de trabalho estabelecida para o material;

d) caso o solo seja laterítico, confirmar se o solo se enquadra no grupo da classificação MCT obtido no projeto da mistura.

Quando material constituir apenas um dos materiais da mistura da sub-base e base estabilizada os fragmentos de rocha devem atender a alínea a.

7.1.2 Agregados Britados

Quando forem utilizados apenas agregados britados na constituição da sub-base ou base estabilizada, o material é aceito desde que:

e) atenda os limites e condições do item 7.1.1;

f) os resultados individuais de perda de durabilidade dos agregados britados, com sulfato de sódio seja inferior a 20%, e com sulfato de magnésio seja inferior a 30%.;

Quando material constituir apenas um dos materiais da mistura da sub-base e base estabilizada os agregados britados devem:

a) atender a alínea a do item 7.1.1;

b) os resultados individuais da granulometria sejam mantidos constantes e os agregados devem possuir diâmetro inferior a 25,0 mm.;

c) os resultados individuais da perda de durabilidade com sulfato de sódio sejam inferiores a 20% e com sulfato de magnésio seja inferior a 30%;

7.1.3 Mistura de Solos com Pedra

A mistura de solos com pedra é aceita desde;

a) a mistura atenda os limites e condições do item 7.1.1;

b) os resultados individuais de perda de durabilidade dos agregados britados, com sulfato de sódio seja inferior a 20%, e com sulfato de magnésio seja inferior a 30%.;

7.2 Execução

7.2.1 Compactação

O grau de compactação é aceito desde que não sejam obtidos valores individuais inferiores a 95%, ou os valores de grau de compactação, analisados estatisticamente para conjuntos de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras, através da equação 3 do anexo B, sejam iguais ou superiores a 95%.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

7.2.2 Geometria

Os serviços executados são aceitos, quanto à geometria, desde que:

a) as variações individuais das cotas obtidas estejam compreendidas no intervalo de - 2 cm a + 1 cm em relação à de projeto;

b) não se obtenham diferenças nas espessuras superiores a 10% em relação a espessura de projeto, em qualquer ponto da camada;

c) não se obtenham valores individuais da semilargura da plataforma inferiores as de projeto;

d) o abaulamento transversal esteja compreendido na faixa de ± 0,5 % em relação ao valor de projeto, não se admitindo depressões que propiciem o acúmulo de água.

O acabamento da superfície será aceito desde que a variação máxima entre dois pontos de contato de qualquer uma das réguas e a superfície da camada seja inferior a 0,5 cm.

7.3 Deflexões

A deflexão característica de cada subtrecho determinada de acordo com a equação 4 do anexo B, para número mínimo 15 determinações, deve ser a estabelecida em projeto.

8 CONTROLE AMBIENTAL

Os procedimentos de controle ambiental referem-se à proteção de corpos d'água, da vegetação lindeira e à segurança viária. A seguir são apresentados os cuidados e providências para proteção do meio ambiente, a serem observados no decorrer da execução da sub-base e base estabilizada granulometricamente.

8.1 Exploração de Ocorrência de Materiais

Devem ser observados os seguintes procedimentos na exploração das ocorrências de materiais.

Na exploração de materiais terrosos:

a) para as áreas de apoio necessárias à execução dos serviços devem ser observadas as normas ambientais vigentes no DER/SP;

b) na exploração de áreas de empréstimo, a executante só poderá executar escavações nas áreas previstas no projeto ou naquelas que tiverem sido projetadas e especialmente aprovadas pela fiscalização durante a construção. A exploração da área de empréstimo somente pode ser iniciada após a obtenção da autorização ambiental, qualquer alteração deve ser objeto de complementação;

c) os serviços de desmatamento, destocamento e limpeza devem ser feitos dentro do limite da área autorizada; o material retirado deve ser estocado de forma que, após sua exploração, o solo orgânico possa ser reutilizado na recuperação da área;

d) caso seja necessário promover o corte de árvores, para instalação das atividades, deverá ser obtida autorização dos órgãos ambientais competentes, sendo que os serviços

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

deverão considerar os critérios impostos pelos órgãos. Em hipótese alguma será admitida a queima da vegetação como forma de supressão ou mesmo a queima dos resíduos do corte: troncos e ramos;

e) deve ser evitada a localização de áreas de apoio em áreas com restrições ambientais como: reservas ecológicas ou florestais, áreas de preservação permanente, de preservação cultural etc., ou mesmo em suas proximidades;

f) durante sua exploração, as áreas devem ser mantidas com drenagem adequada, de modo a evitar o acúmulo de águas bem como processos erosivos;

g) deve-se planejar adequadamente a exploração da área, de modo a minimizar os impactos decorrentes e a facilitar a recuperação ambiental da área, que deve ser executada tão logo esteja concluída a exploração.

Na exploração de pedreiras e areais:

a) o material somente será aceito após a executante apresentar a licença ambiental de operação da pedreira e areal;

b) não é permitida a localização da pedreira, e das instalações de britagem em área de preservação permanente ou de proteção ambiental;

c) deve-se evitar a exploração de areal em área de preservação permanente ou de proteção ambiental;

d) deve-se planejar adequadamente a exploração dos materiais, de modo a minimizar os impactos decorrentes da exploração e facilitar a recuperação ambiental após o término das atividades exploratórias;

e) caso seja necessário promover o corte de árvores para instalação das atividades, deve ser obtida autorização dos órgãos ambientais competentes, os serviços devem ser executados em concordância com os critérios estipulados pelos órgãos ambientais constante nos documentos de autorização. Em hipótese alguma, será admitida a queima de vegetação ou mesmo dos resíduos do corte;

f) deve-se construir 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 carregamento para cursos d'água;

g) caso os agregados britados sejam fornecidos por terceiros, deve-se exigir documentação que ateste a regularidade das instalações, assim como sua operação, junto ao órgão ambiental competente;

h) caso os agregados sejam fornecidos por terceiros para serem britados pela executante, devem ser atendidas as alíneas anteriores e tomados os seguintes cuidados: instalar sistemas de controle de poluição do ar, dotar os depósitos de estocagem de agregados de proteção lateral e cobertura para evitar dispersão de partículas, dotar o misturador de sistema de proteção para evitar emissões de partículas para a atmosfera.

8.2 Execução

Durante a execução devem ser conduzidos os seguintes procedimentos:

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

a) deve ser implantada a sinalização de alerta e de segurança de acordo com as normas pertinentes aos serviços;

b) deve ser proibido o tráfego dos equipamentos fora do corpo da estrada para evitar danos desnecessários à vegetação e interferências na drenagem natural;

c) caso haja necessidade de estradas de serviço fora da faixa de domínio, deve-se proceder o cadastro de acordo com a legislação vigente;

d) as áreas destinadas ao estacionamento e manutenção dos veículos devem ser devidamente sinalizadas, localizadas e operadas de forma que os resíduos de lubrificantes ou combustíveis não sejam carreados para os cursos d'água. As áreas devem ser recuperadas ao final das atividades;

e) todos os resíduos de lubrificantes ou combustíveis utilizados pelos equipamentos, seja na manutenção ou operação dos equipamentos, devem ser recolhidos em recipientes adequados e dada a destinação apropriada;

f) é proibida a disposição de materiais provenientes da escarificação nas bordas da pista de forma causar soterramento da vegetação lindeira. A remoção de materiais quando necessária deve obedecer a especificação técnica depósito de materiais excedentes;

g) deve-se providenciar a execução de barreiras de proteção, tipo leiras de solo, quando as obras estiverem próximas a cursos d'água ou mesmo sistema de drenagem que descarregue em cursos d'água, para evitar o carreamento de solo ou queda, de blocos ou fragmentos de rocha em corpos d´água próximos a rodovia;

h) é obrigatório o uso de EPI, equipamentos de proteção individual, pelos funcionários.

9 CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

O serviço deve ser medido em metros cúbicos de camada acabada, cujo volume é calculado multiplicando-se as extensões obtidas a partir do estaqueamento pela área da seção transversal de projeto.

Os serviços recebidos e medidos da forma descrita são pagos conforme os respectivos preços unitários contratuais, nos quais estão inclusos: o fornecimento de materiais, mistura prévia dos materiais ou na pista, perdas, homogeneização, umedecimento, compactação e acabamento. Além de outras operações abrangendo inclusive a escavação, carga, transporte do solo e demais insumos a serem utilizados na mistura, mão-de-obra com encargos sociais, BDI e equipamentos necessários aos serviços, executados de forma a atender ao projeto e às especificações técnicas.

DESIGNAÇÃO	UNIDADE
23.04.05.01 – Sub-base ou base estabilizada granulometricamente	m^3

10 REFERÊNCIAS

1 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16974**. Agregados – Ensaio de resistência ao impacto e à abrasão *Los Angeles*. Rio de Janeiro, 2022.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

2 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER ME 089**. Agregados – avaliação da durabilidade pelo emprego de soluções de sulfato de sódio ou de magnésio. Rio de Janeiro, 1994.

3 ____. **NBR 9895**. Solo – Índice de suporte Califórnia (ISC) - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2016.

4 ____. **NBR 6459**. Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 2016.

5 ____. **NBR 12052**. Solo ou agregado miúdo - Determinação do equivalente de areia – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 1992.

6 ____. **NBR 7182**. Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 2016.

7 DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO ESTADO DE SÃO PAULO. **DER/SP DE-ME-P00/006** – Método de classificação de solos tropicais, segundo a metodologia MCT. São Paulo, 2021.

8 ____. **NBR 17054**. Agregados – Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2022.

9 ____. **NBR 7180**. Solo - Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 2016.

10 ____. **NBR 7185** – Determinação da massa específica aparente, in situ, com emprego do frasco de areia. Rio de Janeiro, 2016.

11 DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER ME 024**. Pavimento – determinação das deflexões pela Viga Benkelman. Rio de Janeiro, 1994.

12 ____. **DNER PRO 273**. Determinação das deflexões utilizando o deflectômetro de impacto tipo “falling weight deflectometer – FWD”. Rio de Janeiro, 1996.

13 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 16097**. Solo - Determinação do teor de umidade — Métodos expeditos de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

_____

/ANEXO A

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

MINUTA

ANEXO A - TABELAS DE CONTROLE

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
1. CONTROLE DOS MATERIAIS				
1.1 Solos				
Abrasão *Los Angeles*	NBR 16974(1)	1 ensaio a cada 1.500m² de pista	Resultados individuais	< 50%
Classificação MCT – na fração com diâmetro menor que 2,0 mm	ME-DE-P00/006(7)		Resultados individuais	Parâmetro de controle
Granulometria	NBR 17054(10)		Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Apresentem variação granulométrica dentro de uma das faixas granulométricas estabelecidas nesta especificação e dentro da faixa de pela faixa de trabalho estabelecida para o material
CBR na energia modificada para bases CBR na energia intermediária para subbases	NBR 9895(3)		Controle Estatístico Unilateral $X = \bar{X} - KS \geq LIE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	CBR ≥ 80%, para bases e N > 5 x 10^6; CBR ≥ 70%, para bases e N < 5 x 10^6, CBR ≥ 30% para sub-bases
Material não laterítico que passa na peneira 0,42mm Limite de liquidez Limite de plasticidade	NBR 6459(4) NBR 7180(11)	1 ensaio a cada 1.500m² de pista	Resultados individuais	LL < 25% IP < 6% Valores superiores aos estabelecidos serão aceitos desde que o material satisfaça a uma das condições da alínea h, item 3.3
Quando material constituir apenas um dos materiais da mistura da sub-base e base estabilizada os fragmentos de rocha devem atender a apenas abrasão Los Angeles e perda de durabilidade.				

/continua

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/continuação

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
1.2 Agregados Britados				
Abrasão Los Angeles	NBR 16974(1)	1 ensaio a cada 1.500m² de pista	Resultados individuais	< 50%
Durabilidade	DNER ME 089(2)		Resultados individuais	Sulfato de sódio < 20% Sulfato de magnésio < 30%.
Granulometria	NBR 17054(10)		Controle Bilateral $X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Apresentem variação granulométrica dentro de uma das faixas granulométricas estabelecidas nesta especificação e dentro da faixa de pela faixa de trabalho estabelecida para o material
CBR na energia modificada para bases CBR na energia intermediária para sub-bases	NBR 9895(3)		Controle Estatístico Unilateral $X = \bar{X} - KS \geq LIE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	CBR ≥ 80%, para bases e N > 5 x 10^6; CBR ≥ 70%, para bases e N < 5 x 10^6, CBR ≥ 30% para sub-bases
Material não laterítico que passa na peneira 0,42mm Limite de liquidez Limite de plasticidade	NBR 6459(4) NBR 7180(11)		Resultados individuais	LL < 25% IP < 6% Valores superiores aos estabelecidos serão aceitos desde que o material satisfaça a uma das condições da alínea h, item 3.3
Quando material constituir apenas um dos materiais da mistura da sub-base e base estabilizada os agregados britados devem atender a apenas abrasão Los Angeles e perda de durabilidade e possuir diâmetro 25,0 mm				

/continua

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/continuação

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
1.3 Misturas de Solos com Pedra				
Abrasão Los Angeles	NBR16974(1)	1 ensaio a cada 1.500m² de pista	Resultados individuais	< 50%
Durabilidade, dos agregados britados	DNER ME 089(2)		Resultados individuais	Sulfato de sódio < 20% Sulfato de magnésio < 30%.
Granulometria	NBR 17054(10)		Controle Bilateral $X = \overline{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \overline{X} + K_1 S \leq LSE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Apresentem variação granulométrica dentro de uma das faixas granulométricas estabelecidas nesta especificação e dentro da faixa de pela faixa de trabalho estabelecida para o material
CBR na energia modificada para bases CBR na energia intermediária para sub-bases	NBR 9895(3)		Controle Estatístico Unilateral $X = \overline{X} - KS \geq LIE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	CBR ≥ 80%, para bases e N > 5 x 10^6; CBR ≥ 70%, para bases e N < 5 x 10^6, CBR ≥ 30% para sub-bases
Material não laterítico que passa na peneira 0,42mm Limite de liquidez Limite de plasticidade	NBR 6459(4) NBR 7180(11)		Resultados individuais	LL < 25% IP < 6% Valores superiores aos estabelecidos serão aceitos desde que o material satisfaça a uma das condições da alínea h, item 3.3

/continua

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/continuação

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
2. CONTROLE DA EXECUÇÃO				
Massa especifica aparente seca máxima e umidade ótima	NBR 7182[6]	1 ensaio a cada 350m² de pista	Resultados individuais	Parâmetro de controle
Teor de umidade	Método expedito da frigideira NBR 16097[15]	1 ensaio a cada 150m² de pista, imediatamente antes a compactação	Resultados individuais	Deve estar compreendida entre - 1% a + 1% pontos percentuais da umidade ótima
Umidade e massa específica aparente seca, in situ, e o respectivo grau de compactação	NBR 7185[12]	1 ensaio a cada 150m² de pista imediatamente após a compactada	Resultados Individuais ou Controle Estatístico Unilateral $X = \bar{X} - KS \geq LIE$ Análise de no mínimo 4 e no máximo 10 amostras	Resultados Individuais GC ≥ 95% ou GCest ≥ 95%.

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

/conclusão

ENSAIO	MÉTODO	FREQUÊNCIA	CÁLCULOS ESTATÍSTICOS OU VALORES INDIVIDUAIS	ACEITAÇÃO
3. CONTROLE GEOMÉTRICO E ACABAMENTO				
Espessuras e cotas	Relocação e nivelamento topográfico Medidas de trena	A cada 20m, no eixo, bordas e dois pontos intermediários.	Resultados individuais	Variação no eixo longitudinal e das cotas das bordas, nas seções transversais não devem ser superiores a - 2,0 à + 1,0 cm das cotas de projeto. Variação máxima admitida na espessura é de 10% da espessura de projeto, em qualquer ponto da camada;
Largura e alinhamentos da plataforma		A cada 20 m	Resultados individuais	Não se admite valores para semilargura inferiores aos previstos em projeto
Acabamento da superfície	Duas réguas, uma de 1,20m e outra 3,0m de comprimento, colocadas em ângulo reto e paralelamente ao eixo da estrada.	A cada 20 m	Resultados individuais	A variação máxima admitida, entre dois pontos de contado, de qualquer uma das réguas e a superfície da camada é de 0,5cm.
4. DEFLEXÕES				
Determinação das deflexões	Viga Benkelman DNER ME 024[13] ou FWD DNER PRO 273[14]	A cada 20 m por faixa alternada, a cada 40 m na mesma faixa, determinar D_0;	Controle Unilateral $X = \overline{X} + KS \leq LSE$ Análise de no mínimo 15 determinações	A deflexão característica de cada subtrecho deve ser menor ou igual ao valor admitido em projeto

/ANEXO B

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

MINUTA

MINUTA

ANEXO B - CONTROLE ESTATÍSTICO

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.

Tabela B-1 – Controle Estatístico

Parâmetro		
1 - Média aritmética da amostra ($\bar{X}$)	$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$	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)	$S = \sqrt{\frac{\sum(\bar{X} - X_i)^2}{N-1}}$	
Controle Unilateral		
3 – Controle pelo limite inferior 4- Controle pelo limite superior	$X = \bar{X} - KS \geq LIE$ ou $X = \bar{X} + KS \leq LSE$	
Controle Bilateral		
5 – Controle pelo limite inferior e superior	$X = \bar{X} - K_1 S \geq LIE$ e $X = \bar{X} + K_1 S \leq LSE$	

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

N	K	K_1	N	K	K_1	N	K	K_1
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

MINUTA

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte – DER/SP – mantido o texto original e não acrescentando qualquer tipo de propaganda comercial.