

Infra-estrutura	2
Pavimentação Rodoviária	2.03
Sub – Base Estabilizada Granulometricamente	2.03.05

01. DEFINIÇÃO

Trata-se da camada granular de pavimentação executada sobre o subleito natural regularizado e compactado ou subleito com reforço devidamente regularizado e compactado.

Pode ser constituída por camadas de solo cujos índices físicos satisfaçam aos especificados, demonstrados através dos ensaios de caracterização padrão DNER.

Poderão ser usados também canga ferruginosa, minério de ferro, escória siderúrgica, brita de bica corrida, ou material de fundo de pedreira, executados com ou sem mistura de materiais, sempre submetidos à aprovação da fiscalização.

Em alguns casos poderão ser utilizados outros materiais desde que sejam atendidas as exigências quanto às suas características e as disposições do projeto.

A procedência do material será indicada pelo projeto ou pela Fiscalização.

02. MÉTODO EXECUTIVO

A execução da sub-base envolve as seguintes operações:

- ✚ Escavação e carga no empréstimo ou na jazida;
- ✚ Transporte e descarga;
- ✚ Homogeneização, pulverização, umedecimento ou secagem (na pista ou em usina);
- ✚ Espalhamento;
- ✚ Compactação e
- ✚ Acabamento do material lançado na pista,

As operações de compactação e acabamento serão realizadas na pista ou área devidamente compactada e regularizada, na largura desejada e nas quantidades que permitam, após sua conclusão, atingir a espessura projetada.

Quando houver necessidade de serem executadas camadas de sub-base com espessura final superior a 20 cm, elas deverão ser subdivididas em camadas parciais, sempre com espessura máxima de 20 cm e mínima de 10 cm, após a compactação.

O grau de compactação deverá ser, conforme determinação do projeto:

- ✚ No mínimo, 100 % em relação à massa específica aparente, seca, máxima, obtida no ensaio do DNER para Proctor Intermediário; ou
- ✚ No mínimo, 100 % em relação à massa específica aparente seca, máxima, obtida no ensaio T-180-57 da AASHTO (Proctor Modificado).

A determinação do desvio máximo de umidade admissível será estabelecido pelo projeto ou pela Fiscalização, em função das características do material a ser empregado.

Equipamento

Para a execução dos serviços de sub-base poderão ser utilizados os seguintes equipamentos:

- ✚ Motoniveladora pesada com escarificador;
- ✚ Caminhão-pipa com barra distribuidora;
- ✚ Rolos compactadores tipos pé-de-carneiro, liso, liso-vibratório e de pneus, rebocados ou autopropelidos;
- ✚ Grade de discos;
- ✚ Trator agrícola de pneus.
- ✚ Pulvimisturador
- ✚ Central de Mistura

Além destes, poderão ser usados outros equipamentos, desde que aceitos pela Fiscalização.

Infra-estrutura	2
Pavimentação Rodoviária	2.03
Sub – Base Estabilizada Granulometricamente	2.03.05

03. CRITÉRIOS DE CONTROLE

Controle dos Materiais

Os materiais constituintes poderão ser solos, mistura de solos, mistura de solos e areia ou materiais britados, escória ou produtos totais de britagem.

Materiais Granulares Não Lateríticos

Os materiais destinados à confecção da sub-base, quando submetidos aos Ensaio de Caracterização (DNER-ME 080, DNER-ME 122, DNER-ME 082), deverão :

- ☞ Apresentar Índice do Grupo, IG, igual a zero.
- ☞ Apresentar a fração retida na peneira nº 10 no ensaio de granulometria constituída de partículas duras, isentas de fragmentos moles, material orgânico ou outras substâncias prejudiciais.
- ☞ Apresentar o Índice de Suporte Califórnia ISC 20% ou de acordo com indicações do projeto e expansão < 1,0% quando determinada através dos seguintes ensaios:
 - ☞ Compactação DNER-ME 129 (método A).
 - ☞ Índice Suporte Califórnia - ISC, método DNER-ME 049 com a energia de compactação definida no projeto.

Quando for utilizada a escória, esta deverá ser proveniente de alto-fornos e isenta de refratários, apresentando necessariamente estabilidade em contato com água. Para se adquirir esta estabilidade, é necessária a ação do intemperismo por períodos prolongados de estocagem. Dessa forma, exige-se que a escória de alto-forno a ser empregada se sujeite a depósito a céu aberto, pelo período mínimo de 2 anos, após sua formação.

No caso de utilização da brita de bica corrida, será utilizado o produto total de britagem produzido pelo britador primário ou secundário, sendo desnecessário o peneiramento. Para os fins da presente Especificação, não se exige que o material esteja isento de contaminação por solos residuais, recomendando-se que haja frações argilosas presentes, de modo a proporcionar-lhe certa plasticidade (IP da ordem de 4 %).

Cangas Ferruginosas, Minérios de Ferro e Solos Lateríticos

Serão considerados solos lateríticos aqueles em que a relação molecular S/R (sílica/ sesquióxidos) for menor que 2, apresentando expansão inferior a 0,2%, medida no ensaio DNER-ME 029-94, com 26 golpes por camada.

$$\frac{S}{R} = \frac{\frac{SiO_2}{60}}{\frac{Al_2O_3}{102} + \frac{Fe_2O_3}{160}}$$

Em se tratando de canga ferruginosa, minério de ferro ou outros solos lateríticos, o índice de grupo IG poderá ser diferente de zero e a expansão 0,5 %, desde que o ensaio da expansibilidade (DNER-ME- 029/94) apresente um valor inferior a 10 %.

A carga de minério de ferro a ser utilizada deverá ser preferencialmente de natureza limonítica, caracterizada pela cor avermelhada, sendo desejável que tenha índice de plasticidade mínimo de 5 % (IP ≥ 5 %).

O diâmetro máximo dos componentes da sub-base deverá ser, no máximo, igual a 5 cm (2").

Verificação da Qualidade dos Materiais

Deverão ser adotados os seguintes procedimentos para verificação:

- ☞ Realizar ensaios de caracterização do material espalhado na pista ou área (limite de liquidez, limite de plasticidade e granulometria), em locais determinados aleatoriamente. Deverá ser coletada uma amostra por camada para cada 300 m de pista (ou aproximadamente 2.000 m² de área), ou por jornada diária de trabalho. A frequência dos ensaios poderá ser reduzida para uma amostra por segmento de 1000 m de extensão (ou aproximadamente 7.000 m² de área), no caso de emprego de materiais homogêneos.
- ☞ Realizar ensaios de compactação pelo método DNER-ME 129 (método A) com material coletado na pista em locais determinados aleatoriamente. Deverá ser coletada uma amostra por camada para cada 300 m de pista

Infra-estrutura	2
Pavimentação Rodoviária	2.03
Sub – Base Estabilizada Granulometricamente	2.03.05

(ou aproximadamente 2.000 m² de área), ou por jornada diária de trabalho. A frequência destes ensaios poderá ser reduzida para uma amostra por segmento de 1000 m de extensão (ou aproximadamente 7.000 m² de área), no caso de emprego de materiais homogêneos.

- Realizar ensaios de Índice Suporte Califórnia - ISC e expansão pelo método DNER-ME 049, com energia de compactação conforme método DNER – ME 129, para o material coletado na pista, em locais determinados aleatoriamente. Deverão ser coletadas uma amostra por camada para cada 300 m de pista (ou aproximadamente 2.000 m² de área), ou

por jornada diária de trabalho. A frequência poderá ser reduzida para uma amostra por camada e por segmento de 1000 m de extensão (ou aproximadamente 7.000 m² de área), no caso de emprego de materiais homogêneos. Para o caso de solos lateríticos, o material deve ser moldado logo após a coleta da amostra, sem alteração da umidade da pista;

- O número de ensaios ou determinações, será definido em função do risco de rejeição de um serviço de boa qualidade a ser assumido pela Contratada, conforme a tabela seguinte:

TABELA DA 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 = n° de amostras					k = coeficiente multiplicador					= risco da Contratada				

Tabela 01.

O número mínimo de ensaios ou determinações por camada e por segmento (área inferior a 4000 m²) é de 5.

Controle da Execução

Para se verificar a qualidade dos serviços executados, poderão ser exigidos os seguintes ensaios, a critério da Fiscalização:

- Ensaio de umidade higroscópica do material, imediatamente antes da compactação, por camada, para cada 100 m de pista a ser compactada (ou aproximadamente 700 m² de área) em locais escolhidos aleatoriamente, (método DNER-ME 052 ou DNER-ME 088). As tolerâncias admitidas para a umidade higroscópica serão de $\pm 2\%$ em torno da umidade ótima.
- Ensaio de massa específica aparente seca “in situ” para cada 100 m de pista (ou aproximadamente 700 m²), em locais escolhidos aleatoriamente, por camada, pelo método DNER-ME 092 ou DNER-ME 036. Para pistas ou áreas de extensão limitada, com áreas de no máximo 4.000 m², deverão ser feitas pelo menos 5 determinações por camada para o cálculo do grau de compactação - GC.

- A amostragem deverá sempre ser recolhida numa camada constituída de materiais da mesma ocorrência (jazida).

- Os cálculos do grau de compactação GC $\geq 100\%$ serão realizados utilizando-se os valores da massa específica aparente seca máxima obtida no laboratório e da massa específica aparente seca “in situ” obtida na pista.

- O número de ensaios para verificação do Grau de Compactação - GC $\geq 100\%$ será definido em função do risco de se rejeitar um serviço de boa qualidade a ser assumido pela Contratada, conforme a Tabela de Amostragem Variável.

- valor do IG, calculado a partir dos ensaios de caracterização do material, deverá sempre apresentar o resultado IG = 0 (zero), exceto no caso de solos lateríticos.

- A expansão determinada no ensaio de ISC deverá sempre apresentar resultado inferior a 1%, e para os solos lateríticos inferior a 0,5 %.

Infra-estrutura	2
Pavimentação Rodoviária	2.03
Sub – Base Estabilizada Granulometricamente	2.03.05

- ☞ Será controlado o valor mínimo para os valores de ISC de projeto e grau de compactação - GC $\geq 100\%$, adotando-se o seguinte procedimento:

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

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

Sendo:

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

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

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.

No caso da não aceitação dos serviços pela análise estatística, o trecho considerado será subdividido em segmentos, fazendo-se um ensaio com material coletado em cada um deles.

Para os ensaios do Índice de Suporte Califórnia, cada um destes segmentos terá uma extensão máxima de 100 metros de pista (ou aproximadamente 700 m² de área) e, para os demais ensaios, uma extensão máxima de 50 metros de pista (ou aproximadamente 350 m² de área).

Os segmentos serão aceitos pela verificação dos resultados dos ensaios, desde que atinjam os valores exigidos.

No caso de se aceitar, dentro das tolerâncias estabelecidas, uma camada de subleito com espessura média inferior à do projeto, a diferença será acrescida à camada imediatamente superior. Ocorrendo o oposto, ou seja, uma camada com espessura superior à do projeto, a diferença **não será deduzida da espessura de projeto da camada imediatamente superior.**

Os resultados do controle estatístico da execução serão registrados em relatórios periódicos de acompanhamento.

Controle Geométrico

Após a execução da sub-base serão procedidos a relocação e o nivelamento do eixo e bordos, permitindo-se as seguintes tolerâncias:

- ☞ ± 10 cm, quanto a largura da plataforma;
- ☞ até 20%, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta;
- ☞ $\pm 10\%$, quanto à espessura da camada projetada.

Os serviços rejeitados deverão ser corrigidos, complementados ou refeitos.

Não será permitida a execução dos serviços, objeto desta Norma, em dias de chuva.

Manejo Ambiental

Os cuidados a serem observados visando a preservação do meio ambiente, no decorrer das operações destinadas à execução da camada de sub-base estabilizada granulometricamente, são:

Na Exploração das Ocorrências de Materiais

Atendimento às recomendações preconizadas na DNER-ES 281/97 e DNER-ISA 07 - Instrução de Serviço Ambiental.

Caso seja utilizado material pétreo, os seguintes cuidados deverão ser observados na sua exploração:

- ☞ O material somente será aceito após a Contratada apresentar a licença ambiental de operação da pedreira, para arquivamento da cópia junto ao Livro de Ocorrências da obra.
- ☞ Será evitada a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental.
- ☞ Será obrigatória a apresentação do planejamento adequado da exploração da pedreira, de modo a minimizar os danos inevitáveis durante a exploração e possibilitar a

<i>Infra-estrutura</i>	<i>2</i>
<i>Pavimentação Rodoviária</i>	<i>2.03</i>
Sub – Base Estabilizada Granulometricamente	2.03.05

recuperação ambiental, após a retirada de todos os materiais e equipamentos.

- ✚ Não serão aceitas queimadas como forma de desmatamento.
- ✚ As estradas de acesso deverão seguir as recomendações da especificação DNER-ES 279/97.
- ✚ 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 a brita seja fornecida por terceiros deverá ser exigida a documentação atestando a regularidade das instalações, assim como, sua operação junto ao órgão ambiental competente.

Na Execução

Os cuidados para a preservação ambiental referem-se à disciplina do tráfego e estacionamento dos equipamentos.

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

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

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

Não serão considerados quantitativos de serviço superiores aos indicados no projeto.

Estão incluídos neste serviço o fornecimento dos materiais e todas as operações de mistura na usina ou na pista, espalhamento, homogeneização, pulverização, umedecimento ou secagem, compactação e acabamento, bem como os custos de manutenção, drenagem e conservação dos caminhos de serviço.

Quando a mistura ocorrer em usina, os transportes do solo para a mesma e do material misturado, desta para a pista, serão pagos separadamente, conforme composições apropriadas.

Quando a mistura ocorrer na pista, o transporte do solo, da jazida para a pista, também será pago separadamente.

O pagamento será feito pelo preço unitário contratual, conforme medição aprovada pela Fiscalização, incluindo-se toda a mão-de-obra e encargos necessários à sua execução.

Serão de responsabilidade e custo da Contratada as eventuais indenizações para aquisição de materiais e liberação de áreas de jazidas.

04. CRITÉRIOS DE MEDIÇÃO E PAGAMENTO

A sub-base será medida em metros cúbicos de material compactado na pista, conforme a seção transversal do projeto.

No cálculo dos volumes serão consideradas as larguras e espessuras médias obtidas no Controle Geométrico, consideradas as tolerâncias especificadas.

Infra-estrutura	2
Pavimentação Rodoviária	2.03
Sub – Base Estabilizada Granulometricamente	2.03.05

05. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

FONTE	CÓDIGO	DESCRIÇÃO
DNER	ES 301/97	Sub-base estabilizada granulometricamente
DNER	ES 279/97	Caminhos de serviço
DNER	ES 281/97	Empréstimos
DNER	ME 030/94	Solos – determinação das relações sílica-alumina e sílica-sesquióxidos
DNER	ME 049/94	Solos – determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas
DNER	ME 052/94	Solos e agregados miúdos – determinação da umidade com emprego do “ Speedy ”
DNER	ME 080/94	Solos - análise granulométrica por peneiramento
DNER	ME 082/94	Solos – determinação do Limite de Plasticidade
DNER	ME 088/94	Solos - determinação da umidade pelo método expedito do álcool
DNER	ME 092/94	Solo - determinação da massa específica aparente do solo “ in situ ”, com o emprego do frasco de areia
DNER	ME 036/94	Solo - determinação da massa específica aparente do solo “ in situ ”, com o emprego do balão de borracha
DNER	ME122/94	Solos - determinação do Limite de Liquidez - método de referencia e método expedito
DNER	ME 129/94	Solos - compactação utilizando amostras não trabalhadas
DNER	ME 029/94	Solo – determinação de expansibilidade
DNER	PRO 277/97	Metodologia para controle estatístico de obras e serviços
DNER	ISA 07	Instrução de serviço ambiental
DNER		Manual de Pavimentação, 1996
AASHTO	MÉTODO T-180-57	Proctor Modificado