

Infra-estrutura	2
Pavimentação Rodoviária	2.03
Sub – Base com Solo Cimento	2.03.06

01. DEFINIÇÃO

Trata-se da camada de sub-base obtida pela mistura e compactação de solo, cimento e água em proporções previamente determinadas por processo próprio de dosagem em laboratório.

02. MÉTODO EXECUTIVO

Mistura na Pista

No caso de utilização do solo do próprio subleito ou de solos selecionados com mistura na pista deverão ser obedecidas as seguintes fases de execução:

- " Preparo da faixa;
- " Pulverização e homogeneização do solo local ou importado;
- " Distribuição de cimento;
- " Preparo da mistura de solo e cimento utilizando o equipamento de pulverização e homogeneização;
- " Umedecimento, enleiramento e cura por 72 horas;
- " Espalhamento, umedecimento e homogeneização da mistura curada;
- " Compactação e
- " Acabamento.

Mistura em Central ou Usina

A mistura de solo selecionado, cimento e água deverá ser preparada em centrais de mistura, empregando materiais de ocorrências, buscando a dosagem técnica e economicamente mais vantajosa;

Na central, o solo empregado deverá sofrer um processo de pulverização, exigindo-se que excluído o material graúdo, no mínimo 60 % em peso do material miúdo esteja reduzido a partículas de diâmetro inferior a 4,8 mm (peneira nº 4);

Todas as operações necessárias ao preparo da mistura final serão realizadas na central, restando apenas seu transporte, para o local da pavimentação, onde será enleirada e deixada para curar por 72 horas.

Em seguida, será espalhada, umedecida e homogeneizada.

A faixa para receber a mistura de solo melhorado com cimento deverá estar preparada no que se refere à drenagem, nivelamento e seção transversal conforme fixados no projeto.

A compactação de solos arenosos ou pouco argilosos deverá ser iniciada com o emprego de rolos pé-de-carneiro e terminada com rolos lisos ou, de preferência, com rolos pneumáticos, de forma que fique assegurada a obtenção da massa específica aparente indicada, em toda a espessura da camada compactada;

Quando houver necessidade de executar camadas de sub-base com espessura final superior a 20 cm, estas serão subdivididas em camadas parciais. A espessura mínima será 10 cm, após a compactação.

Após acabada a camada deverá apresentar espessura, greide longitudinal e seção transversal indicados no projeto.

Equipamento

Para a execução dos serviços de sub-base com solo-cimento 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;
- " Trator de esteiras ou de pneus.
- " Pulvimisturador
- " Central de Mistura

<i>Infra-estrutura</i>	<i>2</i>
<i>Pavimentação Rodoviária</i>	<i>2.03</i>
Sub – Base com Solo Cimento	2.03.06

As centrais de mistura deverão ser constituídas essencialmente de:

Silos

Geralmente para cimento e solo, providos de bocas de descarga e equipados com dispositivos que permitam graduar o escoamento;

Transportadores de Esteiras

Para transporte do solo e do cimento na proporção conveniente, até o equipamento misturador;

Equipamento Misturador (“Pug-Mill”)

Constituído normalmente de uma caixa metálica contendo em seu interior, como elementos misturadores, dois eixos que rodam em sentido contrário. Estes eixos são providos de chapa em espiral ou de pequenas chapas fixadas em hastes que, devido ao seu movimento, forçam a mistura íntima dos materiais, ao mesmo tempo que os faz avançar até a saída do equipamento;

Reservatório de Água e Canalizações

Para depósito e espargimento da água sobre o solo, no processo de mistura;

Equipamento de Carga de Caminhões

Constituído por um silo, abastecido por transportadores de correias ou elevadores de canecas colocados de forma que o caminhão transportador possa receber a mistura por gravidade.

03. CRITÉRIOS DE CONTROLE

Controle dos Materiais

Todos os materiais deverão ser examinados em laboratório obedecendo à metodologia indicada pela CEHOP e satisfazendo às especificações em vigor.

Verificação da Qualidade dos Materiais

Cimento Portland

Deverá obedecer às exigências da DNER-EM 036 juntamente com as da ABNT EB-1.

Todo carregamento de cimento que chegar à obra deverá vir acompanhado de certificado de fabricação com informações sobre a data de fabricação, origem, etc.

Antes de usado, tanto na central da mistura quanto no espalhamento na pista, deverão ser executados os ensaios de determinação da finura (ABNT MB-348 Blaine, peneiramento), a fim de verificar se o cimento não está empedrado. A frequência será de um ensaio por dia de trabalho ou sempre que houver dúvidas sobre a sanidade do cimento.

O resíduo retido na peneira nº 200 (malha de 0,075mm) não deverá exceder a:

" Cimento “Portland” de Alto forno.....10%

" Cimento Comum.....15%

Água

Deverá ser isenta de teores nocivos como sais, ácidos, álcalis ou matéria orgânica e outras substâncias prejudiciais.

Solo

Os solos empregados na execução de base de solo-cimento serão os provenientes de ocorrências de materiais, devendo apresentar as seguintes características quando submetidos aos ensaios de caracterização DNER-ME 080, DNER-ME 122 e DNER-ME 082:

Porcentagem passando na peneira nº 200, máximo.....50%
Limite de Liquidez, máximo.....40%
Índice de Plasticidade, máximo.....18%

Solo-Cimento

A mistura de solo cimento e água projetada depois de deixada solta para curar por um período mínimo de 72 horas deverá apresentar as seguintes características quando submetida aos ensaios de granulometria, limite de liquidez e limite de plasticidade:

" Índice de Grupo IG = 0

" Índice de Suporte Califórnia ISC $\geq$ 30 % e Expansão Máxima de 1 % obtido de acordo com a energia de compactação do DNER-ME 129 (Método B). O ensaio do Índice de Suporte

Infra-estrutura	2
Pavimentação Rodoviária	2.03
Sub – Base com Solo Cimento	2.03.06

Califórnia deverá ser realizado até a penetração de 12,7 mm (0,5 polegada), de modo ser possível o traçado com precisão da curva pressão / penetração. Na impossibilidade de atingir a penetração, o corpo-de-prova deverá ser destorroado, recomeçando o processo da determinação do Índice de Suporte Califórnia - ISC através da moldagem de novos corpos-de-prova.

Controle da Execução

Confecção da Mistura “Solo Melhorado com Cimento”

Tanto na mistura em usina quanto na mistura na pista deverão ser verificadas aleatoriamente:

" Antes da Aplicação do Cimento

Determinação do grau de pulverização do solo através de peneiramento na peneira nº 4 com exclusão do material graúdo (acima da peneira 3/8”).

" Depois da Adição do Cimento

Verificação da quantidade do cimento incorporada (por peso ou volume).

Ensaio de compactação após 72 horas de cura da mistura para determinação da massa específica aparente máxima (DNER-ME 129 - Método B).

Determinação do teor de umidade higroscópica depois da adição da água e homogeneização da mistura curada (DNER-ME 052, DNER-ME 088).
Compactação da Mistura de “Solo Melhorado com Cimento” na Pista

Tanto para a mistura fabricada transportada da usina, quanto para a mistura fabricada na pista deverão ser verificadas, de maneira aleatória:

" Imediatamente Antes da Compactação

Determinações adicionais da umidade higroscópica (DNER-ME 052, DNER-ME 088).

Ensaio de compactação e moldagem de corpos de prova (DNER-ME 129 - método B) para determinação do Índice de Suporte Califórnia após 4 dias de embebição (DNER-ME 049).

" Após a Compactação

Determinação da massa específica aparente “**in situ**” na pista compactada para o cálculo do GC - Grau de Compactação (DNER-ME 092 ou DNER-ME 036).

Para o controle da execução, o número de ensaios para determinação do grau de pulverização e o número de corpos de prova para os ensaios de Índice de Suporte Califórnia de massa específica aparente “**in situ**” e de Grau de Compactação, serão definidos pela Contratada em função do risco de se rejeitar um serviço de boa qualidade, conforme a tabela seguinte:

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 01

O valor do IG, calculado a partir dos ensaios de caracterização do material, deverá sempre apresentar o resultado IG = 0 (zero).

A expansão determinada no ensaio de ISC deverá sempre apresentar resultado inferior a 1 %.

A análise dos resultados de controle do material de execução deverá atender o seguinte (DNER-PRO/96):

" Para os ensaios de Grau de Compactação e ISC, em que são especificados um valor mínimo a atingir deve-se verificar o seguinte:

Infra-estrutura	2
Pavimentação Rodoviária	2.03
Sub – Base com Solo Cimento	2.03.06

$\bar{X} - k_s < \text{valor mínimo admitido} \Rightarrow \text{rejeita-se o serviço.}$

$\bar{X} - k_s \geq \text{valor mínimo admitido} \Rightarrow \text{aceita-se o serviço.}$

Sendo:

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

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

Onde:

$\bar{X}_i$ - 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.

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 sub-base 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;
- " ± 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 com solo-cimento, 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 recuperação ambiental,

<i>Infra-estrutura</i>	<i>2</i>
<i>Pavimentação Rodoviária</i>	<i>2.03</i>
Sub – Base com Solo Cimento	2.03.06

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 projeto.

Estão incluídos neste serviço o fornecimento dos materiais e todas as operações de mistura na usina ou na pista, cura, espalhamento, homogeneização, pulverização, umedecimento ou secagem, compactação e acabamento, proteção da base, 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 espalhado e 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 com Solo Cimento	2.03.06

05. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

FONTE	CÓDIGO	DESCRIÇÃO
DNER	ES 302/97	Sub-base de solo melhorado com cimento
DNER	ES 279/97	Caminhos de serviço
DNER	ES 281/97	Empréstimos
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
DNER	PRO 277/97	Metodologia para controle estatístico de obras e serviços
DNER	ME 036/95	Recebimento e aceitação de cimento “Portland” comum e cimento Portland de alto forno
DNER	ME 201/94	Solo – cimento – compressão axial de corpos de prova cilíndricos
AASHTO	MÉTODO T-180-57	Proctor Modificado
ABNT	EB 1	Cimento Portland
ABNT	EB 208	Cimento Portland
ABNT	MB 348	Cimento Portland – finura Blaine