

Pavimentos flexíveis – Sub-base de solo melhorado com cimento – Especificação de serviço

Autor: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR

Processo: 50607.000138/2009-02

Origem: Revisão da norma DNER – ES 302/97 .

Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na reunião de / / .

Direitos autorais exclusivos do DNIT, sendo permitida reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte (DNIT), mantido o texto original e não acrescentado nenhum tipo de propaganda comercial.

Palavras-chave:

Pavimentação, Sub-base, Solo, Cimento

Nº total de páginas

9

Resumo

Este documento define a sistemática a ser empregada na execução da camada de sub-base do pavimento utilizando uma mistura de solo melhorado com cimento.

São também apresentados os requisitos concernentes a materiais, equipamentos, execução, inclusive plano de amostragem e ensaios, manejo ambiental, controle de qualidade, condições de conformidade e não-conformidade e os critérios de medição dos serviços.

Abstract

This document presents procedures for sub-base pavement layer construction, using soil improved with cement.

It includes the requirements for the materials, the equipment, the execution, includes a sampling plan and essays, the environmental management, the quality control, the conditions for conformity and non-conformity and the criteria for the measurement of the performed jobs.

Sumário

Prefácio.....	1
1 Objetivo.....	1
2 Referências normativas.....	1
3 Definições.....	2
4 Condições gerais.....	2

5 Condições específicas.....	3
6 Condicionantes ambientais.....	4
7 Inspeções.....	5
8 Critérios de medição.....	7
Anexo A (Informativo) Bibliografia.....	8
Índice geral.....	9

Prefácio

A presente Norma foi preparada pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR/DIREX, para servir como documento base, visando estabelecer a sistemática empregada na execução e controle da qualidade da camada de sub-base, quando utilizado solo melhorado com cimento. Está formatada de acordo com a Norma DNIT 001/2009 – PRO, cancela e substitui a Norma DNER-ES 302/97.

1 Objetivo

Esta Norma tem por objetivo estabelecer a sistemática a ser empregada na execução da camada de sub-base, quando empregado solo melhorado com cimento.

2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação desta norma. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

- a) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5732:1991* - Cimento Portland comum. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.
- b) _____. *NBR 5735:1991* - Cimento Portland de alto-forno. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.
- c) _____. *NBR NM76;1998* - Cimento Portland - Determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (Método de Blaine) Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
- d) BRASIL. Departamento Nacional de estradas de Rodagem. *DNER-EM 036/95* - Cimento Portland: recebimento e aceitação. Rio de Janeiro: IPR, 1995.
- e) _____. *DNER-ME 036/94* - Solo - Determinação da massa específica aparente do solo "in situ", com emprego do balão de borracha. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- f) _____. *DNER-ME 049/94* - Solos - Determinação do "índice de suporte califórnia" utilizando amostras não trabalhadas. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- g) _____. *DNER-ME 052/94* - Solos e agregados miúdos - Determinação da umidade com emprego do "speedy". Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- h) _____. *DNER-ME 080/94* - Solos - Análise granulométrica por peneiramento. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- i) _____. *DNER-ME 082/94* - Solos - Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- j) _____. *DNER-ME 088/94* - Solos - Determinação da umidade pelo método expedito do álcool. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- k) _____. *DNER-ME 092/94* - Solo - Determinação da massa específica aparente do solo "in situ", com o emprego do frasco de areia. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- l) _____. *DNER-ME 122/94* - Solos - Determinação do limite de liquidez - método de referência e método expedito. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- m) _____. *DNER-ME 129/94* - Solos - Compactação utilizando amostras não trabalhadas. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- n) _____. *DNER-ME 201/94* - Solo-cimento - Compressão axial de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- o) _____. *DNER-PRO 277/97* - Metodologia para controle estatístico de obras e serviços. Rio de Janeiro: IPR, 1997.
- p) BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. *DNIT 001/2009-PRO* - Elaboração e apresentação de normas do DNIT - procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2002.
- q) _____. *DNIT 011/2004-PRO* - Gestão de qualidade em obras rodoviárias - procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2004.
- r) _____. *DNIT 013/2004-PRO* - Gestão de qualidade em obras rodoviárias - procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2004.
- s) _____. *DNIT 070/2006-PRO* - Condicionantes ambientais das áreas de uso de obras - procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2006.
- t) _____. *DNIT _____-ES* - Terraplenagem - Caminhos de serviço. Rio de Janeiro: IPR, 2009.
- u) _____. *DNIT _____-ES* Terraplenagem - Empréstimos. Rio de Janeiro: IPR, 2009.

3 Definições

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se as seguintes definições:

3.1 Sub-base

Camada de pavimentação, complementar à base e com as mesmas funções desta, executada sobre o subleito ou reforço do subleito devidamente compactado e regularizado.

3.2 Solo melhorado com cimento

Material proveniente de mistura de solo, cimento e água em proporções previamente determinadas por processo próprio de dosagem em laboratório, de forma a apresentar determinadas características de resistência e durabilidade. Os teores usuais de cimento situam-se na faixa de 2 a 4% em peso, em relação ao total da mistura.

3.3 Sub-base de solo melhorado com cimento

Camada de sub-base obtida mediante a utilização de solo melhorado com cimento submetido a adequado processo de cura e devidamente compactado.

4 Condições gerais

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

4.2 Todo o carregamento de cimento que chegar à obra deverá vir acompanhado de certificado do fabricante/distribuidor com informações dos resultados de análise dos ensaios de caracterização exigidos nesta Norma, a data de fabricação, a indicação clara de sua procedência, do tipo e quantidade do seu conteúdo.

4.3 É responsabilidade da executante a proteção dos serviços e materiais contra a ação destrutiva das águas pluviais, do trânsito e de outros agentes que possam danificá-los.

5 Condições específicas

5.1 Material

5.1.1 Cimento Portland - Deverá obedecer às exigências da DNER-EM 036/95, juntamente com as da ABNT NBR 5732:1991.

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

5.1.3 Solo - Os solos empregados na execução de sub-base de solo melhorado com cimento serão os provenientes de ocorrências de materiais, devendo apresentar as seguintes características, quando submetidos aos ensaios DNER-ME 080/94, DNER-ME 082/94 e DNER-ME 122/94:

- a) Porcentagem passando na peneira nº 200, máximo.....50%
- b) Índice de plasticidade, máximo.....18%
- c) Limite de liquidez, máximo.....40%

5.1.4 A mistura projetada de solo-cimento e água é deixada solta para curar, por um período mínimo de 72 horas, após o qual deverá satisfazer às seguintes características:

- a) Índice de Grupo IG = 0, quando submetida aos ensaios de caracterização da subseção 5.1.3;
- b) Índice de Suporte Califórnia ISC \geq 30% e expansão máxima de 1% pelo método DNER ME 049/94, obtidos de acordo com a energia de compactação do DNER-ME 129/94 (Método B). O ensaio do Índice de Suporte Califórnia deverá ser realizado até a penetração de 12,7mm (0,5 polegada), de modo a ser possível o traçado, com precisão, da curva pressão - penetração. Na

impossibilidade de atingir a penetração, o corpo-de-prova deverá ser destorçado, recomeçando o processo através da moldagem de novos corpos-de-prova.

5.2 Equipamento

5.2.1 Para execução de sub-base de solo melhorado com cimento, são indicados os equipamentos seguintes:

- a) Motoniveladora com escarificador;
- b) Pulvimisturador;
- c) Trator de esteiras ou pneumático;
- d) Carro-tanque distribuidor de água;
- e) Rolos compactadores tipo pé-de-carneiro, liso, liso-vibratório e pneumático; e
- f) Central de mistura de capacidade adequada à obra.

5.2.2 A central de mistura deverá ser constituída essencialmente de:

- a) Silos - geralmente para cimento e solo, providos de bocas de descarga e equipados com dispositivos que permitam graduar o escoamento.
- b) Transportadores de esteiras, que transportam o solo e o cimento na proporção conveniente, até o equipamento misturador.
- c) Equipamento misturador "pug-mill", constituído, normalmente, de uma caixa metálica, contendo em seu interior, como elementos misturadores, dois eixos que rodam em sentido contrário, providos de chapa em espiral ou de pequenas chapas fixadas em hastes que, devido aos seus movimentos, forçam a mistura íntima dos materiais, ao mesmo tempo que os faz avançar até a saída do equipamento.
- d) Reservatório de água e canalizações que permitam depositar e espargir a água sobre o solo, no processo de mistura.
- e) Equipamento de carga de caminhões, constituído de um silo com transportadores de correias ou elevadores de canecas, colocado de modo que o caminhão transportador possa receber, por gravidade, a mistura.

5.3 Execução

5.3.1 Mistura em central

- a) A mistura de solo selecionado, cimento e água deverá ser preparada em centrais de mistura, empregando materiais de ocorrências, objetivando as vantagens técnicas e econômicas na dosagem e homogeneização da mistura solo, cimento e água;
- b) O solo empregado na mistura, na central, 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 n° 4);
- c) Todas as operações necessárias ao preparo da mistura final serão realizadas na central, restando apenas o transporte da mistura já pronta para a pista, onde será enleirada, deixada curar por 72 horas, espalhada, umedecida e homogeneizada com as devidas precauções, e de modo que, após a compactação, apresente espessura, greide longitudinal e seção transversal indicados no projeto;
- d) 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;

5.3.2 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:

- a) Preparo da faixa;
- b) Pulverização e homogeneização do solo local ou de empréstimo;
- c) Distribuição de cimento;
- d) Preparo da mistura de solo e cimento utilizando o equipamento de pulverização e homogeneização;
- e) Umedecimento, enleiramento e cura por 72 horas;

5.3.3 Espalhamento – Após a cura, o material é distribuído e homogeneizado mediante ação combinada de grade de discos e motoniveladora.

5.3.4 Correção e homogeneização da umidade - A variação do teor de umidade admitido para o material para início da compactação é de menos 2 pontos percentuais até mais 1 ponto percentual da umidade ótima de compactação. Caso o teor de umidade se apresente abaixo do limite mínimo especificado, deve-se proceder ao umedecimento da camada através de caminhão-tanque distribuidor de água, seguindo-se a homogeneização pela atuação de grade de discos e 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.

5.3.5 A espessura da camada compactada não deve ser inferior a 10 cm nem superior a 20 cm. Quando houver necessidade de se executar camadas de sub-base com espessura final superior a 20 cm, estas serão subdivididas em camadas parciais. A espessura mínima de qualquer camada de sub-base será de 10 cm, após a compactação. Nesta fase devem ser tomados os cuidados necessários para evitar a adição de material na fase de acabamento.

5.3.6 Compactação - Na fase inicial da obra devem ser executados segmentos experimentais, com formas diferentes de execução, na seqüência operacional de utilização dos equipamentos de modo a definir os procedimentos a serem obedecidos nos serviços de compactação. Deve-se estabelecer 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 pelos bordos. Nos trechos em tangente, a compactação deve prosseguir dos dois bordos para o centro, em percursos equidistantes da linha base, o 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 super-elevação, a compactação deve progredir do bordo mais baixo para o mais alto, com percursos análogos aos descritos para os trechos em tangente.

Nas partes adjacentes ao início e ao fim da sub-base em construção, a compactação deve ser executada transversalmente à linha base, o 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 portáteis 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 exigida sempre que o teor de umidade estiver abaixo do limite inferior do intervalo de umidade admitido para a compactação.

5.3.7 Acabamento - O acabamento deve ser executado pela ação conjunta de motoniveladora e de rolos de pneus e liso-vibratório. A motoniveladora deve atuar, quando necessário, exclusivamente em operação de corte, sendo vetada a correção de depressões por adição de material.

5.3.8 Abertura ao tráfego - A sub-base de solo melhorado com cimento não deve ser submetida à ação do tráfego. A extensão máxima a ser executada será aquela para a qual pode ser efetuado de imediato o espalhamento do material da camada seguinte, de forma que a sub-base já liberada não fique exposta à ação de intempéries que possam prejudicar sua qualidade.

6 Manejo ambiental

Objetivando a preservação ambiental, deverão ser devidamente observadas e adotadas as soluções e os respectivos procedimentos específicos atinentes ao tema ambiental definidos, e/ou instituídos, no instrumental técnico-normativo pertinente vigente no DNIT, especialmente a Norma DNIT 070/2006-PRO, e na documentação técnica vinculada à execução das obras, documentação esta que compreende o Projeto de

Engenharia – PE, o Plano Básico Ambiental – PBA e os Programas Ambientais.

7 Inspeções

7.1 Controle dos insumos

Os materiais utilizados na execução da sub-base devem ser rotineiramente examinados, mediante a execução dos seguintes procedimentos:

7.1.1 Cimento

- a) Todo cimento empregado na obra deverá estar em conformidade com o disposto na norma DNER-EM 036/95, de acordo com certificado do Fabricante.
- b) Antes de usado, tanto na central de mistura quanto no espalhamento na pista, deverão ser executados na obra ensaios de determinação de finura (ABNT NBR NM76/98 – Método de Blaine), a fim de verificar se o cimento não está empedrado. A frequência destes ensaios é de um ensaio por dia de trabalho, ou sempre que houver dúvidas sobre a sanidade do cimento.
- c) O resíduo retido na peneira n° 200 (malha de 0,075 mm) não deverá exceder a:
 - cimento Portland de alto forno - 10%;
 - cimento comum - 15%.

7.1.2 Solos

Os solos a serem empregados no preparo da mistura solo-cimento, tanto na mistura em usina quanto na pista, deverão ser examinados através dos ensaios de caracterização (DNER-ME 080/94, DNER-ME 082/94 e DNER-ME 122/94), a fim de verificar se estão de acordo com o projeto de mistura e as tolerâncias especificadas, quanto à granulometria, ao limite de liquidez e ao índice de plasticidade.

7.1.3 A frequência indicada para a execução de ensaios é a mínima aceitável, devendo ser compatibilizada com o Plano de Amostragem Variável (vide subseção 7.4).

Para pistas de extensão limitada, com área de até 4.000 m², deverão ser coletadas pelo menos 5 amostras, para execução do controle dos insumos.

7.2 Controle da produção

O controle da produção (Execução) da sub-base de solo melhorado com cimento deve ser exercido, através de

coleta de amostras, ensaios e determinações feitas de maneira aleatória, de acordo com o Plano de Amostragem Variável (vide subseção 7.4). Devem ser efetuadas as seguintes determinações e ensaios:

7.2.1 Preparo da mistura de solo melhorado com cimento.

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

- a) 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”).
- b) 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 129/94 – Método B);
 - determinação do teor de umidade higroscópica depois da adição da água e homogeneização da mistura curada (DNER-ME 052/94 e DNER-ME 088/94).

7.2.2 Compactação da mistura de solo melhorado com cimento na pista

Tanto para a mistura fabricada e transportada da usina, enleirada e espalhada na pista após cura de 72 horas, umedecida e homogeneizada, quanto para a mistura realizada na pista e manipulada nas mesmas condições, deverão ser verificadas de maneira aleatória:

- a) imediatamente antes da compactação:
 - determinações adicionais da umidade higroscópica (DNER-ME 052/94, DNER-ME 088/94);
 - ensaios de compactação e moldagem de corpos de prova (DNER-ME 129/94 – Método B), para determinação do Índice de Suporte Califórnia após 4 dias de embebição (DNER-ME 049/94).
- b) após a compactação:
 - determinação da massa específica aparente “in situ” na pista compactada, para o cálculo

do Grau de Compactação (GC) (DNER-ME 092/94 ou DNER-ME 036/94).

7.3 Verificação do produto

A verificação final da qualidade da camada de sub-base (Produto) deve ser exercida através das seguintes determinações, executadas de acordo com o Plano de Amostragem Variável (vide subseção 7.4).

Controle geométrico

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

- a) ± 10 cm, quanto à largura da plataforma;
- b) até 20%, em excesso, para a flecha de abaulamento, não se tolerando falta;
- c) ± 10%, quanto à espessura da camada indicada no projeto.

7.4 Plano de amostragem – Controle tecnológico

O número e a frequência de determinações correspondentes aos diversos ensaios para o controle tecnológico dos insumos, da produção e do produto serão estabelecidos segundo um Plano de Amostragem aprovado pela Fiscalização, elaborado de acordo com os preceitos da Norma DNER-PRO 277/97.

7.5 Condições de conformidade e não conformidade

Todos os ensaios de controle e determinações relativos aos insumos, à produção e ao produto, realizados de acordo com o Plano de Amostragem citado em 7.4, deverão cumprir as Condições Gerais e Específicas desta Norma, e estar de acordo com os seguintes critérios:

Quando especificado um valor mínimo a ser atingido devem ser verificadas as seguintes condições:

$\bar{X} - ks < \text{valor mínimo especificado} \Rightarrow$ Não Conformidade;

$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo especificado} \Rightarrow$ Conformidade.

Sendo:

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

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

Onde:

X_i -valores individuais.

- média da amostra.

s - desvio padrão da amostra.

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações.

n - número de determinações.

Quando especificado um valor máximo a ser atingido devem ser verificadas as seguintes condições:

$\bar{X} + ks > \text{valor máximo especificado} \Rightarrow$ Não conformidade;

$\bar{X} + ks \leq \text{valor máximo especificado} \Rightarrow$ Conformidade.

Os resultados do controle estatístico serão registrados em relatórios periódicos de acompanhamento de acordo com a norma DNIT 011/2004-PRO, a qual estabelece que sejam tomadas providências para tratamento das "Não-Conformidades" dos Insumos e do Produto.

Os serviços só devem ser aceitos se atenderem às prescrições desta Norma.

Todo detalhe incorreto ou mal executado deve ser corrigido.

Qualquer serviço só deve ser aceito se as correções executadas o colocarem em conformidade com o disposto nesta Norma; caso contrário será rejeitado.

8 Critérios de Medição

Os serviços conformes serão medidos de acordo com os critérios estabelecidos no Edital de Licitação dos serviços ou, na falta destes critérios, de acordo com as seguintes disposições gerais:

- a) A sub-base será medida em metros cúbicos, considerando o volume efetivamente executado. Não serão motivos de medição em separado: mão-de-obra, materiais (inclusive o cimento), transporte, equipamentos e encargos, devendo os mesmos ser incluídos na composição do preço unitário;
- b) no cálculo dos volumes da sub-base serão consideradas as larguras e espessuras médias da camada obtidas no controle geométrico;
- c) não serão considerados quantitativos de serviço superiores aos indicados no projeto;
- d) nenhuma medição será processada se a ela não estiver anexado um relatório de controle da qualidade, contendo os resultados dos ensaios e determinações devidamente interpretados, caracterizando a qualidade do serviço executado.

/Anexo A

Anexo A (Informativo)**Bibliografia**

- a) BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes: *Manual de pavimentação*. 3. ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006. (IPR. Publ. 719)
- b) _____. *Manual de restauração de pavimentos asfálticos*. 2. ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006. (IPR. Publ. 720)

_____/Índice geral

REVISÃO DE NORMA

Índice geral

Abstract		1	Inspeções	7	5
Água	5.1.2,	3	Material	5.1	3
Anexo A (Informativo)			Mistura em central	5.3.1	3
Bibliografia		1	Mistura na pista	5.3.2	3
Cimento	5.1.1, 7.1.1	3, 5	Objetivo	1	1
Condicionantes ambientais	6	4	Plano de amostragem –		
Compactação da mistura			Controle tecnológico	7.4	
de solo melhorado			Prefácio		1
com cimento na pista	7.2.2	6	Preparo da mistura de solo		
Condições de conformidade			melhorado com cimento	7.2.1	6
e não conformidade	7.5	6	Referências normativas	2	
Condições específicas	5	3	Resumo		
Condições gerais	4	2	Solo	5.1.3	3
Controle da produção	7.2	6	Solo melhorado com cimento	3.2	
Controle dos insumos	7.1	5	Solos	7.1.2	5
Critérios de medição	8	7	Sub-base	3.1	2
Definições	3	2	Sub-base de solo melhorado		
Equipamento	5.2	3	com cimento	3.3	2
Execução	5.3	3	Sumário		1
Índice geral		9	Verificação do produto	7.3	8

REVISÃO DE NORMA