



MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-  
ESTRUTURA DE TRANSPORTES

DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E  
PESQUISA

INSTITUTO DE PESQUISAS  
RODOVIÁRIAS

Rodovia Presidente Dutra, km 163  
Centro Rodoviário – Vigário Geral  
Rio de Janeiro – RJ – CEP 21240-330  
Tel/fax: (0xx21) 3371-5888

## NORMA DNIT 057/2004 - ES

# Pavimento rígido – Execução de sub-base melhorada com cimento – Especificação de serviço

**Autor:** Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR

**Processo:** 50.600.004.558/2003-24

**Aprovação pela Diretoria Executiva do DNIT na reunião de: 25 / 11 / 2004**

*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:

Sub-base, solo melhorado com cimento, especificação

**Nº total de  
páginas**  
09

### Resumo

Este documento define a sistemática a ser adotada na execução de sub-base melhorada com cimento Portland compactado para construção de pavimentos rígidos de estradas de rodagem. São também apresentados os requisitos concernentes às condições gerais e específicas, manejo ambiental, inspeção e critérios de aceitação e rejeição.

### Abstract

This document provides the method of executing a subbase enhanced with Portland cement compacted by roller for road rigid pavements. It includes the requirements concerned with general and specific conditions, environmental management, inspection, and the criteria for acceptance and rejection.

### Sumário

Prefácio.....	1
1 Objetivo.....	1
2 Referências normativas.....	1
3 Definição.....	2
4 Condições gerais.....	2
5 Condições específicas.....	3
6 Manejo ambiental.....	5
7 Inspeção.....	6

8 Critérios de medição.....	8
-----------------------------	---

Índice Geral.....	9
-------------------	---

### Prefácio

A presente Norma foi preparada pela Diretoria de Planejamento e Pesquisa, para servir como documento base na sistemática a ser empregada na execução de sub-base melhorada com cimento Portland para construção de pavimentos rígidos de estradas de rodagem. Está formatada de acordo com a norma DNIT 001/2002-PRO.

### 1 Objetivo

Esta norma tem por objetivo estabelecer as exigências para a construção de sub-base de pavimentos rígidos, utilizando-se solo melhorado com cimento Portland.

### 2 Referências

Os documentos relacionados neste item serviram de subsídios à elaboração desta Norma e contêm disposições que, ao serem citados no texto, se tornam parte integrante desta Norma. As edições apresentadas são as que estavam em vigor na data desta publicação, recomendando-se que sempre sejam consideradas as edições mais recentes, se houver.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5732: Cimento Portland*

- comum: especificação. Rio de Janeiro, 1991.
- b) \_\_\_\_\_. *NBR 5735*: Cimento Portland de alto forno: especificação. Rio de Janeiro, 1991.
- c) \_\_\_\_\_. *NBR 5736*: Cimento Portland pozolânico: especificação. Rio de Janeiro, 1991.
- d) \_\_\_\_\_. *NBR 7182*: solo - ensaio de compactação: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1986.
- e) \_\_\_\_\_. *NBR 9895*: solo - índice de suporte califórnia: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1987.
- f) \_\_\_\_\_. *NBR 11578*: Cimento Portland composto: especificação. Rio de Janeiro, 1991.
- g) \_\_\_\_\_. *NBR 12023*: solo-cimento - ensaio de compactação: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1992.
- h) \_\_\_\_\_. *NBR 12024*: solo-cimento - moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1992.
- i) \_\_\_\_\_. *NBR 12025*: solo-cimento - ensaio de compressão simples de corpos-de-prova cilíndricos: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1990.
- j) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. *DNER-ES 279/97*: terraplanagem - caminhos de serviço: especificação de serviço. Rio de Janeiro: IPR, 1997.
- k) \_\_\_\_\_. *DNER-ES 281/97*: terraplanagem – empréstimos: especificação de serviço. Rio de Janeiro: IPR, 1997.
- l) \_\_\_\_\_. *DNER-ME 052/94*: solos e agregados miúdos - determinação da umidade pelo método expedito "Speedy": método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- m) \_\_\_\_\_. *DNER-ME 082/94*: solos - determinação do limite de plasticidade: método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- n) \_\_\_\_\_. *DNER-ME 088/94*: solos - determinação da umidade pelo método expedito do álcool: método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- o) \_\_\_\_\_. *DNER-ME 092/94*: solo - determinação da massa específica aparente "in situ", com emprego de frasco de areia: método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- p) \_\_\_\_\_. *DNER-ME 122/94*: solos - determinação do limite de liquidez - método de referência e método expedito: método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- q) EPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. *DNIT 050/2004-EM*: pavimento rígido - cimento Portland: especificação de material. Rio de Janeiro: IPR, 2004.

### 3 Definições

#### 3.1 Sub-base

É a camada construída subjacente à placa de concreto.

#### 3.2 Solo melhorado com cimento

É o produto endurecido resultante da mistura íntima compactada de solo, cimento e água, em proporções estabelecidas por dosagem experimental.

### 4 Condições gerais

#### 4.1 Sub-base

A sub-base de pavimentos de concreto de cimento Portland deverá eliminar a possibilidade de ocorrência do fenômeno de bombeamento, evitar os efeitos prejudiciais devidos às mudanças excessivas de volume nos solos da fundação e finalmente, uniformizar e tornar razoavelmente constante o suporte da fundação.

#### 4.2 Solo melhorado com cimento

O solo melhorado com cimento aplicado na sub-base de pavimentos de concreto de cimento Portland deverá reduzir o índice de plasticidade e a variação volumétrica

do solo original, além de melhorar seu índice de suporte Califórnia.

#### 4.3 Recebimento de cimento

O recebimento de cimento deverá ser feito de acordo com a norma DNIT 050/2004 - EM.

### 5 Condições específicas

#### 5.1 Materiais

##### 5.1.1 Cimento Portland

O cimento Portland empregado deverá obedecer as seguintes normas:

PH	Entre 5 e 8
Matéria orgânica, expressa em oxigênio consumido	3 mg/l
Resíduo sólido	5000 mg/l
Sulfatos, expressos em íons SO <sub>4</sub>	600 mg/l
Cloretos, expressos em íons Cl	1000 mg/l
Açúcar	5 mg/l

##### 5.1.3 Solo

Os solos empregados serão os provenientes de ocorrências de materiais definidas na investigação, devendo preferencialmente, apresentar as seguintes características:

- passando na peneira ABNT n° 200 50%
- limite liquidez, máximo 40%
- índice de plasticidade, máximo 18%

##### 5.1.4 Solo melhorado com cimento

O solo melhorado com cimento deverá apresentar um índice de suporte Califórnia mínimo de 30% e uma expansão máxima de 1%, obtidos em corpos de prova preparados do seguinte modo:

- a) o cimento deve ser incorporado e misturado ao solo úmido, deixando-se a mistura solta por um período mínimo de 72 horas ;
- b) com a mistura preparada conforme (a) moldam-se os corpos de prova para o ensaio do Índice de suporte Califórnia;
- c) os corpos de prova do ensaio são deixados em embebição durante um período de 4 dias, antes de serem penetrados;

- NBR 5732/80 - Cimento Portland Comum;
- NBR 11578 - Cimento Portland Composto
- NBR 5735/87 - Cimento Portland de Alto Forno;
- NBR 5736/86 - Cimento Portland Pozolânico.

##### 5.1.2 Água

A água devesa estar isenta de matéria orgânica ou outras substancias prejudiciais a hidratação do cimento, devendo atender os limites indicados a seguir:

- d) o ensaio do índice de suporte Califórnia deverá ser realizado até a penetração de 12,7mm (0,5 pol.), de modo a ser possível o traçado, com precisão, da curva pressão-penetração. No caso de não ser possível atingir a penetração de 12,7mm, o corpo de prova deverá ser destorroadado, realizando-se novamente a determinação do índice de suporte Califórnia;
- e) o teor de cimento a ser adotado na mistura será o menor valor que conferir ao solo um índice de suporte Califórnia maior ou igual a 30%, não devendo ser usados teores do cimento superiores a 5% em relação à massa do solo seco.

#### 5.2 Equipamento

São indicados os seguintes equipamentos para execução de sub-base de solo melhorado com cimento:

- motoniveladora com escarificador;
- pulvimisturador;
- trator de esteiras ou pneumáticos;
- carro-tanque distribuidor de água;

- rolos compactadores tipos pé-de-carneiro, liso, liso-vibratório e pneumático,
- central de mistura.

As centrais de mistura deverão ter capacidade de produção de 150 a 500 t/h e ser constituídas essencialmente do seguinte:

- Silos - geralmente para cimento e solo, providos de bocas de descarga e equipados com dispositivo que permita graduar o fluxo;
- Transportadores de esteiras - que transportam o solo e o cimento, já na proporção conveniente, até o equipamento misturador;
- Equipamento pulverizador e misturador ("pug-mill") - constituído, normalmente, de uma caixa metálica tendo no seu interior, como elementos misturadores, dois eixos que giram em sentido contrário, provido de chapa em espiral ou de pequenas chapas fixadas em hastes e que, devido ao seu movimento, forçam a mistura íntima dos materiais, ao mesmo tempo que os faz avançar até a saída do equipamento;
- Reservatórios de águas e canalizações - que permitam depositar e espargir a água sobre o solo no processo de mistura;
- Equipamento de carga de caminhões - constituído de um silo, abastecido por transportadores de correias ou elevadores de canecas e colocado de modo que o caminhão transportador possa receber a mistura por gravidade.

### 5.3 Execução

As áreas de subleito instáveis ou de qualidade suspeita devem ser substituídas ou corrigidas, de maneira a permitir uma compactação adequada das camadas superiores que conduzam a um comportamento correto do pavimento quanto às deformações de sua fundação.

#### 5.3.1 Mistura em central

O uso de tal equipamento exige que se proporcione o cimento e o solo antes de entrarem na câmara de mistura. Assim, faz-se necessário calibrar a usina, objetivando as vantagens técnicas e econômicas da

precisão na dosagem e da homogeneização da mistura solo, cimento e água.

Todas as operações necessárias ao preparo da mistura final serão realizadas na central, restando apenas o transporte da mistura já pronta para a rodovia, onde será espalhada com as devidas precauções quanto à espessura, greide longitudinal e seção transversal. Ao final do processo de pulverização do solo, exigir-se-á que, no mínimo, 60% em peso do material miúdo esteja reduzido a partículas de diâmetro inferior a 4,8mm.

O transporte da mistura pronta deve ser feito em caminhões-basculantes ou outro veículo apropriado, tomando-se a precaução para que não perca umidade, nem receba água de chuva.

A superfície deverá estar preparada, no que se refere à drenagem, nivelamento e seção transversal fixado no projeto, para receber a mistura.

Todo material impróprio devesse ter sido removido e substituído por outro adequado, previamente aprovado pela fiscalização.

O tempo decorrido entre a mistura pronta na central e o início da compactação não deve ser superior a 1 hora, a menos que seja verificada a inexistência de inconveniente na adoção de tempo maior, comprovado por ensaio.

O equipamento de compactação deverá ter dimensões, forma e peso adequados, de modo a se obter as massas específicas aparentes máximas previstas para a mistura. O andamento das operações devesse ser estabelecido de modo que a faixa em execução seja uniformemente compactada em toda a largura.

A compactação de solos arenosos ou pouco argilosos devesse ser feita de preferência com o emprego de rolos pneumáticos, que assegurem a obtenção da massa específica aparente seca especificada, em toda a espessura da camada compactada.

O grau de compactação devesse ser, no mínimo, 100%, em relação à massa específica aparente seca máxima, obtida no ensaio de compactação com energia intermediária, segundo a norma NBR 7182 e o teor de umidade devesse ser a umidade ótima do ensaio citado, tolerando-se variações de  $\pm 1$  ponto percentual.

### 5.3.2 Mistura na pista

No caso da utilização de material do subleito, realizando-se a mistura na pista, deverão ser obedecidas as seguintes fases da execução:

- a) preparo da faixa
- b) pulverização e homogeneização do solo  
No processo de pulverização e homogeneização exigir-se-á que, no mínimo, 80% em massa do material miúdo seja reduzido a partículas de diâmetro inferior a 4,8mm.  
Salvo determinação em contrário, a extensão da faixa escarificada e pulverizada não deve exceder à que possa ser tratada com cimento em 2 dias de trabalho.
- c) Distribuição do cimento  
Regularizado o solo pulverizado, o cimento será distribuído uniformemente na superfície, nas quantidades especificadas  
Essa operação poderá ser realizada pela distribuição dos sacos transversalmente e longitudinalmente, de modo a assegurar que o posterior espalhamento do cimento na superfície do solo seja uniforme, na área correspondente a cada sub-trecho, ou a granel, por processo mecânico aprovado pela fiscalização.  
Nenhum equipamento, exceto o usado para espalhamento e mistura, poderá transitar sobre o cimento espalhado antes que ele seja misturado ao solo.
- d) Mistura seca  
Imediatamente após a distribuição do cimento deverá este ser misturado com o solo pulverizado, em toda a espessura da camada.  
Esta mistura deverá ser repetida continuamente pelo tempo necessário para assegurar que ela seja completa, uniforme e íntima do solo com o cimento, até ser conseguida tonalidade uniforme em toda a espessura.

Em seguida a mistura, será nivelada na conformação da seção transversal de projeto.

- e) Umedecimento  
A adição de água deverá ser feita progressivamente, não sendo aconselhável que em cada passada do carro-tanque o teor de umidade do solo aumente mais de 2 pontos percentuais.  
A cada aplicação de água, seguir-se-ão operações de revolvimento, para evitar o acúmulo desta água na superfície.  
Esta operação deverá ser feita sem interrupção e a incorporação completa da quantidade total de água deverá estar terminada, no máximo, dentro de 3 horas.
- f) Mistura úmida  
Terminada a incorporação de água, o teor de umidade da mistura deve ser tal que permita se atingir, após a compactação, a umidade determinada para o trecho, dentro do limite de tolerância indicado no item 7.3.3.
- g) Compactação, proteção e cura  
As fases de compactação, proteção e cura, para a mistura na pista, são idênticas as exigidas para o caso de mistura em central, já referidas no item 5.3.1.

## 6 Manejo ambiental

Os cuidados a serem observados visando a preservação do meio ambiente, no decorrer das operações destinadas à execução da sub-base de solo melhorado com cimento estão especificadas nos itens 6.1 e 6.2:

### 6.1 Na exploração das ocorrências de materiais

Atendimento às recomendações preconizadas na especificação DNER-ES-281.

Deverão ser observados os cuidados na exploração das ocorrências de materiais terrosos, conforme indicado nos itens seguintes:

O material somente será aceito após a Executante apresentar a licença ambiental de operação da

ocorrência, para arquivamento da cópia da licença junto ao Livro de Ocorrências da obra.

Evitar a exploração de ocorrências e das instalações de beneficiamento em área de preservação ambiental.

Planejar adequadamente a exploração da ocorrência, de modo a minimizar os danos inevitáveis durante esta exploração e a possibilitar a recuperação ambiental, após a retirada de todos os materiais e equipamentos.

Não provocar queimadas como forma de desmatamento.

As estradas de acesso deverão seguir as recomendações da especificação DNER-ES-279 - Caminhos de Serviço.

Deverão ser construídas junto as instalações de beneficiamento, dispositivos que evitem o carreamento de materiais para os cursos d'água.

Caso seja fornecida por terceiros, exigir documentação atestando a regularidade das instalações, assim como sua operação, junto ao órgão ambiental competente.

## 6.2 Na execução

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

Deve ser proibido o tráfego desordenado dos equipamentos fora do corpo estradal, para se evitar danos desnecessário à vegetação e interferências na drenagem natural.

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

## 7 Inspeção

### 7.1 Controle do material

No controle de recebimento dos materiais deverão ser adotados os procedimentos recomendados no item 5.1 desta Norma.

Os resultados dos ensaios de caracterização do material terroso deverão ser confrontados com aqueles especificados quando da dosagem do solo melhorado com cimento, para aprovação ou rejeição do solo a ser utilizado, a critério da fiscalização.

## 7.2 Controle da execução

Deverão ser realizados no solo misturado com o cimento os seguintes ensaios:

### 7.2.1 Mistura proveniente de central

#### a) Massa específica aparente seca "in situ"

Deverá ser determinada à cada 10m de pista, após a compactação, de acordo com o método DNER-ME 092/64, em pontos obedecendo sempre a ordem: borda direita, eixo, borda esquerda, eixo, borda direita, etc. A determinação nas bordas deve ser feita a 60cm delas;

#### b) Grau de compactação na energia intermediária

Deverá ser determinado à cada 2500m<sup>2</sup> de pista, de acordo com o método NBR 12023, a partir da massa específica aparente seca máxima.

#### c) Teor de umidade

Deverá ser determinado à cada 10m de pista, imediatamente antes da compactação, de acordo com o método DNER-ME 052/64 ou DNER-ME 088/64.

#### d) Ensaios de caracterização do material terroso

Deverão ser determinados os limites de liquidez e de plasticidade, para uma quantidade de material correspondente a 2500m<sup>2</sup> de pista, com no mínimo 1 (um) ensaio por dia, segundo os métodos DNER 122/82 e DNER 082/63.

#### e) Material passante na peneira de 4,8mm

Deverá ser determinado por peneiramento, conforme a norma NBR 7217, à cada 2500m<sup>2</sup> de pista, com no mínimo 1(uma) determinação por dia.

#### f) Índice de suporte Califórnia

Deverá ser determinado, conforme a norma NBR 9895, com a energia de compactação intermediária, conforme a norma NBR 7182, à cada 2500m<sup>2</sup> de pista.

**7.2.2 Mistura realizada na pista**

No caso de utilização de material de subleito, com mistura na pista, deverão ser realizados, além dos descritos no item 7.2.1, os seguintes ensaios:

- a) Grau de pulverização  
Determinado à cada 1.000m<sup>2</sup> com no mínimo, 2 (dois) ensaios por dia;
- b) Teor de cimento  
Deverá ser feita 1 (uma) determinação por dia.

**7.3 Aceitação e rejeição**

**7.3.1 Grau de Compactação e Índice de suporte Califórnia**

O grau de compactação e Índice de suporte Califórnia (ISC) do trecho inspecionado, a ser confrontado com os valores especificados, será calculado pela fórmula:

$$GC = GC_{\text{médio}} - Ks$$

$$ISC = ISC_{\text{médio}} - Ks$$

onde

GC, ISC = valores mínimos estatísticos do grau de compactação e índice de suporte Califórnia,

GC<sub>médio</sub>, ISC<sub>médio</sub> = grau de compactação e índice de suporte Califórnia médios obtidos no trecho inspecionado,

s = desvio padrão dos resultados.

k = coeficiente que é função da quantidade de exemplares do trecho, obtido na Tabela 1.

**TABELA 1 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

A decisão sobre o trecho será a seguinte :

**7.3.1.1 Aceitação automática**

A aceitação do trecho inspecionado será automática quando se tiver:

- GC ≥ 100%
- ISC ≥ 30%
- ISC ≥ ISC de projeto

**7.3.1.2 Verificações suplementares**

- Quando se tiver GC < 100%
- ISC < 30%
- ISC < ISC de projeto

deverão ser adotadas as seguintes providências :

- No caso de todos os valores obtidos no trecho inspecionado para o GC forem superiores a 100%, o trecho deverá ser reensaiado, fazendo-se no mínimo 6 determinações em pontos bem espaçados

do trecho, sendo feita uma nova análise estatística. O trecho será dado como aceito, quando no reensaio se tiver GC ≥ 100%, ou então todos os valores individuais forem iguais ou superiores a 100%.

- Se no reensaio tiver-se GC < 100% ou então existirem valores individuais inferiores a 100%, o trecho deverá ser rebatido até que se consiga as condições de aceitação anteriormente citadas.
- Quando não houver aceitação automática do ensaio de índice de suporte Califórnia pela análise estatística, o material será rejeitado.

**7.3.2 Grau de pulverização (GP)**

O grau de pulverização (GP) deverá ser maior ou igual a 80%. Caso contrário, os trabalhos de pulverização deverão prosseguir até que se atinja esse limite mínimo.

### 7.3.3 Umidade da mistura

A umidade da mistura determinada imediatamente antes da compactação, deverá apresentar desvio em relação a umidade ótima, de no máximo 1 ponto percentual.

### 7.3.4 Teor de cimento

O teor de cimento poderá diferir de no máximo 5% em relação ao teor prescrito na dosagem.

## 7.4 Controle geométrico

Após a execução da sub-base, proceder-se-á a relocação e o nivelamento do eixo e das bordas, permitindo-se a tolerância de 10cm quanto à largura da plataforma.

Na determinação de espessura deverão ser feitas pelo menos 6 determinações, distanciadas entre si de no máximo 20 metros.

A espessura média do trecho inspecionado da sub-base deve ser igual ou maior que a espessura de projeto e a diferença entre o maior e o menor valor obtido para as espessuras deve ser no máximo de 1 cm.

Caso a espessura média da sub-base seja inferior à de projeto, as partes interessadas definirão a decisão a ser tomada.

## 8 Medição

A sub-base de solo melhorado com cimento será medida por metro cúbico de material compactado na pista, segundo a seção transversal de projeto.

No cálculo dos volumes, será considerada a espessura média obtida através de nivelamento de 20 em 20 metros, depois das operações de espalhamento e compactação.

Quando a espessura média for inferior à espessura de projeto, será considerada esta espessura média.

Quando esta média for superior à espessura de projeto, será considerada a espessura de projeto.

**Índice Geral**

Abstract	.....	1	Mistura em central	5.3.1.....	4
Aceitação automática	7.3.1.1.....	7	Mistura na pista	5.3.2.....	5
Aceitação e rejeição	7.3.....	7	Mistura proveniente de central	7.2.1.....	6
Água	5.1.2.....	3	Mistura realizada na pista	7.2.2.....	7
Cimento Portland	5.1.1.....	3	Na execução	6.2.....	5
Condições específicas	5.....	3	Na exploração das ocorrências de materiais	6.1.....	5
Condições gerais	4.....	2	Objetivo	1.....	1
Controle da execução	7.2.....	6	Prefácio	.....	1
Controle do material	7.1.....	6	Recebimento de cimento	4.3.....	3
Controle geométrico	7.4.....	8	Referências	2.....	1
Definições	3.....	2	Resumo	.....	1
Equipamento	5.2.....	3	Solo melhorado com cimento	3.2, 4.2, 5.1.4.....	2,2,3
Execução	5.3.....	4	Solo	5.1.3.....	3
Grau de compactação e Índice de suporte Califórnia	7.3.1.....	7	Sub-base	3.1, 4.1.....	2, 2
Grau de pulverização (GP)	7.3.2.....	7	Sumário	.....	1
Índice Geral	.....	9	Tabela 1 - Amostragem variável	.....	7
Inspeção	7.....	6	Teor de cimento	7.3.4.....	8
Manejo ambiental	6.....	5	Umidade da mistura	7.3.3.....	8
Materiais	5.1.....	3	Verificações suplementares	7.3.1.2.....	7
Medição	8.....	8			

---