



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 056/2004 - ES

Pavimento rígido – Sub-base de concreto de cimento Portland compactado com rolo - Especificação de serviço

Autor: Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR

Processo: 50.600.004.558/2003-24

Origem: Revisão da norma DNER-ES 322/97

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, concreto de cimento, concreto rolado, especificação

Nº total de páginas

08

Resumo

Este documento define a sistemática a ser adotada na execução de sub-base de concreto de cimento Portland compactado com rolo (concreto rolado) 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 concrete subbase made of 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.....	7
-----------------------------	---

Índice Geral.....	8
-------------------	---

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 de concreto de cimento Portland compactado com rolo (concreto rolado) para construção de pavimentos rígidos de estradas de rodagem. Está formatada de acordo com a norma DNIT 001/2002-PRO e cancela e substitui a norma DNER-ES 322/97.

1 Objetivo

Esta Norma estabelece os requisitos mínimos a serem adotados na execução de sub-base de concreto de cimento Portland compactado com rolo (concreto rolado) para construção de pavimentos rígidos de estradas de rodagem.

2 Referências normativas

Os documentos relacionados neste item serviram de base à elaboração desta Norma e contêm disposições que, ao serem citadas 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.

- a) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5739*: concreto - ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1994.
- b) _____. *NBR 7680*: extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto: procedimento. Rio de Janeiro, 1983.
- c) DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. *DNER-EM 034/97*: água para concreto : especificação de material. Rio de Janeiro: IPR, 1997.
- d) _____. *DNER-EM 037/97*: agregado graúdo para concreto de cimento: especificação de material. Rio de Janeiro: IPR, 1997.
- e) _____. *DNER-EM 038/97*: agregado miúdo para concreto: especificação de material. Rio de Janeiro: IPR, 1997.
- f) _____. *DNER-ES 279/97*: terraplenagem – caminhos de serviço: especificação de serviço. Rio de Janeiro: IPR, 1997.
- g) _____. *DNER-ISA 07*: impactos da fase de obras rodoviárias – causas/ mitigação/ eliminação. In: _____. *Corpo normativo ambiental para empreendimentos rodoviários*. Rio de Janeiro, 1996.
- h) _____. *DNER-ME 083/98*: agregados - análise granulométrica: método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1998.
- i) _____. *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.
- j) _____. *DNER-ME 196/98*: agregados - determinação do teor de umidade total, por secagem, em agregado graúdo: método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1998.
- k) DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. *DNIT 050/2004-EM*: pavimento rígido – cimento Portland: especificação de material. Rio de Janeiro: IPR, 2004.
- l) _____. *DNIT 064/2004-ME*: pavimento rígido - determinação da consistência pelo Consistômetro VeBe: método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 2004.

3 Definição

Concreto rolado para sub-base é um concreto simples para emprego em sub-base, com baixo consumo de cimento e consistência bastante seca, permitindo a compactação com rolos compressores ou equipamento similar.

4 Condições gerais

4.1 Concreto da sub-base

O concreto de cimento Portland compactado por meio de rolos compressores (concreto rolado) se destina à execução da sub-base e deverá apresentar as seguintes características:

- a) ser dosado por método racional, de modo a obter-se com os materiais disponíveis, uma mistura fresca, de trabalhabilidade adequada, para ser compactada com rolo liso vibratório, e resulte em produto endurecido com grau de compactação e resistência à compressão exigidos por esta Norma;
- b) a camada de concreto rolado, que atenda às exigências desta Norma, também poderá ser empregada como base de pavimento flexível.

4.2 Recebimento do material

O recebimento e o armazenamento do cimento Portland e de agregados na obra deverão ser como o recomendado nas DNIT 050/2004 - EM, DNER-EM-037 e DNER-EM-038.

5 Condições específicas

5.1 Material

5.1.1 Cimento Portland

O cimento Portland poderá ser de qualquer tipo, desde que satisfaça as exigências específicas da DNIT 050/2004 - EM, para o cimento a ser empregado.

5.1.2 Agregados

Os agregados miúdo e graúdo deverão atender respectivamente às exigências das DNER-EM 037 e DNER-EM 038.

Especial atenção deverá ser dada aos finos no agregados (material passandona peneira nº 200), cujo teor deverá estar dentro dos limites estabelecidos na granulometria da mistura de agregados indicada na alínea do item 5.1.5. Para tanto será conveniente neste concreto o emprego de areia artificial (pó-de-pedra).

5.1.3 Água

A água destinada ao amassamento do concreto deverá atender às exigências da DNIT 036/2004 - ME e DNIT 037/2004 - ME.

5.1.4 Materiais para a cura

A cura de superfície da sub-base deverá ser realizada com pintura betuminosa, utilizando-se emulsões asfálticas catiônicas de ruptura média.

5.1.5 Concreto

O concreto rolado deverá ser dosado em laboratório, com os materiais disponíveis na obra, determinando-se a umidade ótima que permita obter a massa específica aparente máxima para a energia compatível com os equipamentos de compactação a utilizar na execução da sub-base e resistência à compressão exigida nesta Norma.

O concreto deverá apresentar as seguintes características:

- a) resistência característica à compressão (f_{ck}) aos 7 dias, determinada em corpos-de-prova moldados de maneira indicada no

item 7.2.3 e rompidos segundo a ABNT NBR-5739:

$$- f_{ck} = 5,0 \text{ MPa}$$

- b) consumo de cimento:

$$- 80 \text{ kg/m}^3 \text{ a } 120 \text{ kg/m}^3$$

- c) a dimensão máxima característica do agregado no concreto não deverá exceder 1/3 da espessura da sub-base ou 50 mm, obedecido o menor valor;
- d) a granulometria da mistura de agregados deverá atender a seguinte faixa:

$$y = \left\{ \left(\frac{d}{D_{\max}} \right)^{1/3} \right\} \times 100$$

onde:

y = porcentagem que passa

d = abertura da peneira, em mm

D_{\max} = tamanho máximo característico do agregado no concreto, em mm.

Para o agregado de tamanho máximo de 38mm, a faixa granulométrica da mistura deverá ser a seguinte:

TABELA 1 – FAIXA GRANULOMETRICA DA MISTURA

Abertura da peneira (mm)	Porcentagem que passa (%)
38	100
25	92 – 82
19	84 – 74
12,5	74 – 64
9,5	68 – 58
6,3	60 – 50
4,8	55 – 45
2,4	45 – 35
1,2	37 – 27
0,6	30 – 20
0,3	25 – 15
0,15	21 – 11
0,075	18 – 8

- e) o grau de compactação, em relação a densidade máxima teórica do CCR deverá ter:

- GC ≥ 98%

A densidade máxima teórica do CCR (DMT) é a soma dos pesos dos materiais, inclusive água e aditivos, para a obtenção de 1m³ deste concreto. Neste cálculo deve-se considerar como nulo o índice de vazios no CCR, após compactado.

5.2 Equipamento

Além do equipamento necessário à exploração de pedreiras e britagem, são indicados os seguintes:

- central de mistura para dosagem, umidificação e homogeneização do material, que poderá ser contínua ou intermitente;
- equipamento mecânico para espalhamento do concreto;
- rolos compressores autopropulsionados do tipo liso vibratório;
- placa vibratória, ou sapo mecânico;
- caminhão-basculante;
- pequenas ferramentas complementares como pás, enxadas, réguas;
- chapas de aço ou formas para execução das juntas de construção.

5.3 Execução

5.3.1 Largura da sub-base

A sub-base deverá exceder 50 cm, no mínimo, a largura total do pavimento de concreto, devendo a sua superfície ser lisa e desempenada.

5.3.2 Mistura

O concreto poderá ser produzido em betoneiras estacionárias ou em centrais dosadoras e misturadoras, sendo os materiais medidos em peso.

A capacidade e o tipo de equipamento de produção de concreto serão determinados em função do volume de concreto da obra e das disponibilidades de máquinas e mão de obra.

Os agregados empregados no concreto, normalmente possuem três graduações de dimensões máximas distintas, e deverão ser estocados convenientemente,

de modo que cada uma ocupe um silo da usina, não sendo permitida mistura prévia dos materiais. Quando estabelecida a dosagem, cada uma das frações deverá apresentar homogeneidade granulométrica.

As frações serão combinadas enquadrando a mistura final na faixa granulométrica determinada, na dosagem do concreto e estabelecida no item 5.1.5.2(c). Os silos deverão conter dispositivos que os abriguem da chuva. A umidade dos agregados, principalmente, miúdo, deverá ser medida a cada 2 horas.

5.3.3 Transporte

O transporte do concreto deverá ser feito por meio de equipamentos que não provoquem a sua segregação. Os materiais misturados deverão ser protegidos por lonas, para evitar perda de umidade durante o transporte ao local de espalhamento.

5.3.4 Espalhamento

Poderá ser executado manualmente ou mecanicamente, empregando-se neste último, distribuidores comuns de agregados ou, tratores de lâmina que permitam obter melhor nivelamento e acabamento superficial da camada. A espessura da camada solta deverá ser tal que, após a sua compactação, seja atingida a espessura definida no projeto para a sub-base.

Imediatamente antes do espalhamento, a superfície do subleito deverá ser umedecida sem excesso de água, para que não se formem poças d'água.

A largura de cada pano de concretagem não deverá permitir que eventuais juntas longitudinais de construção fiquem situadas sob as futuras trilhas de tráfego do pavimento de concreto. O mesmo procedimento deve ser adotado nas juntas transversais de construção, que não deverão coincidir com bueiros, drenos ou outras interferências que venham a enfraquecer a seção.

5.3.5 Compactação

A compactação deverá ser feita preferencialmente por meio de rolos lisos vibratório, sendo utilizadas placas vibratórias na compactação de cantos e bordas. O tempo decorrido entre a adição de água à mistura e o término da compactação deverá ser, no máximo, de duas horas.

A compactação será iniciada nas bordas do pavimento, devendo as passagens seguintes do rolo recobrirem, pelo menos, 25% da largura da faixa anteriormente compactada.

A espessura da camada compactada nunca deverá ser inferior a três vezes a dimensão máxima do agregado no concreto, podendo ser admitida a espessura de até 30 cm desde que, os ensaios de densidade demonstrem a homogeneidade de toda a profundidade da camada.

A umidade do CCR, deverá ser tal que se obtenha o índice VeBe de 25 ± 5 seg no ensaio DNER-ME-094. O grau de compactação do concreto, medido na pista conforme o método DNER-Me-092, deverá ser igual ou superior a 98% da densidade máxima teórica do CCR, devendo os valores obtidos no campo por este método serem multiplicados por 0,97 para levar em consideração a imprecisão do método.

5.3.6 Cura

A superfície do concreto rolado deverá ser protegida contra evaporação de água por meio de uma pintura betuminosa. A película protetora será aplicada em quantidade suficiente para construir uma membrana continua ($0,8 \text{ l/m}^2$ a $1,5 \text{ l/m}^2$). Este procedimento deverá ser executado imediatamente após o término da compactação. Deverá ser interdito o tráfego ou a presença de qualquer equipamento, até que a sub-base tenha resistência compatível com sua solicitação de carga.

5.3.7 Juntas de construção

Ao fim de cada jornada de trabalho será executada uma junta transversal de construção, em local já compactado, com face vertical. Juntas longitudinais, caso necessárias, serão construídas por meio da colocação de chapas metálicas revestidas com lençol de plástico, que são retiradas após o término do espalhamento do CCR. A face da junta transversal de construção, deverá ser umedecida antes da alocação da camada adjacente.

6 Manejo ambiental

Os cuidados a serem observados, visando a preservação do meio ambiente, no decorrer das operações destinadas a execução do pavimento de concreto, são as seguintes:

6.1 Agregados

No decorrer do processo de obtenção de agregados de pedreiras e areais devem ser considerados os seguintes cuidados principais:

- a) Caso utilizado areal comercial, a brita e a areia somente serão aceitas após apresentação da licença ambiental de operação da pedreira/areal, cuja cópia deverá ser arquivada junto ao Livro de Ocorrências da obra.
- b) Não será permitido a localização da pedreira e das instalações de britagem em área de preservação ambiental.
- c) Planejar adequadamente a exploração da pedreira e do areal, de modo a minimizar os impactos decorrentes da exploração e facilitar a recuperação ambiental após o término das atividades exploratórias.
- d) Impedir queimadas como forma de supressão da vegetação.
- e) Seguir as recomendações constantes da DNER-ES 279/97 para os caminhos de serviço.
- f) 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.

6.2 Na execução

Os cuidados para a preservação ambiental referem-se a disciplina do tráfego local e em decorrência das obras.

- a) Deve ser proibido o tráfego dos equipamentos fora do corpo estradal, para evitar supressões desnecessárias à vegetação e interferências na drenagem natural.
- b) 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.

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.

7.2 Controle da execução

Realizar no controle do concreto os ensaios especificados nos itens 7.2.1 a 7.2.5.

7.2.1 Teor de umidade do concreto fresco

Deverá ser determinado cada vez que forem moldados corpos-de-prova para ensaio de resistência à compressão, segundo a DNER-ME 094.

7.2.2 Granulometria da mistura de agregados

Deverá ser realizada em cada 2500 m² de sub-base, com o mínimo de uma determinação por dia, de acordo com a DNER-ME 083.

7.2.3 Resistência à compressão

A cada trecho de 2500m² de sub-base, deverão ser moldados aleatoriamente, e de amassadas diferentes, no mínimo, seis exemplares de corpos-de-prova. Cada exemplar é constituído por dois corpos-de-prova cilíndricos, de uma mesma amassada.

Os corpos-de-prova terão 15 cm de diâmetro e de 30 cm de altura, sendo colocado no topo do molde um colarinho com 15cm de altura. Os corpos de prova serão moldados em 3 camadas de espessura aproximadamente iguais, compactando-se cada camada com o aparelho compactador tipo “perereca” ou compactador manual tipo “Hilti” ou similar. A base inferior do soquete deste compactador, que irá ter contato com o concreto no molde, deverá ter diâmetro de 12cm.

O tempo de compactação em cada camada irá depender do tipo de equipamento empregado, podendo variar de 30s a 1 minuto. Após o término da moldagem deverá ser retirado o colarinho e removido o concreto acima do topo do molde, tendo-se o cuidado para não prejudicar a compactação realizada no topo dos corpos-de-prova.

Logo após a moldagem, os corpos-de-prova deverão ser cobertos com um pano molhado por um período mínimo de 24h; a seguir desmoldados e levados para a cura em camara úmida ou imersão até a idade do ensaio à compressão, de acordo com a ABNT NBR-5739.

7.2.4 Grau de compactação

A determinação do grau de compactação deverá ser feita no mínimo, em 20 pontos da sub-base, igualmente espaçados ao longo do eixo, utilizando os valores obtidos para a massa específica aparente seca nestes pontos, segundo DNER-ME 092, e o valor obtido da massa específica teórica do traço do CCR empregado.

7.3 Verificação final da qualidade

Durante a execução de cada trecho de 2500m² de sub-base, procede-se à relocação e ao nivelamento do eixo e dos bordos, de 20m em 20m ao longo do eixo, para verificar se a largura e a espessura da sub-base.

Para a verificação da espessura, esta relocação e nivelamento deverão ser feitos nos mesmos pontos, antes da execução da sub-base, como após a sua execução.

7.4 Aceitação e rejeição

7.4.1 Resistência do concreto

7.4.1.1 Determinação da resistência característica

A resistência característica estimada do concreto à compressão axial, de cada trecho inspecionado, será dada por:

$$f_{ck,est} = f_{c7} - ks$$

sendo:

$f_{ck,est}$ = valor estimado da resistência característica do concreto à compressão axial;

f_{c7} = resistência média do concreto à compressão axial, na idade de 7 dias;

s = desvio padrão dos resultados;

k = coeficiente de distribuição de Student;

n = quantidade de exemplares do lote.

TABELA 2 – AMOSTRAGEM VARIÁVEL

n	6	7	8	9	10	12	15	18	20	25	30	32	>32
k	0,92	0,906	0,896	0,889	0,883	0,876	0,868	0,863	0,861	0,857	0,854	0,842	0,842

n = número de determinações no trecho inspecionado;

k = determinado em função do número de determinações no trecho inspecionado, conforme a Tabela a seguir:

Será controlado o valor característico estimado do grau de compactação, adotando-se o procedimento seguinte:

$GC_{est} \geq 98\%$ - aceita-se o serviço;

$GC_{est} < 98\%$ - rejeita-se o serviço.

7.4.1.2 Aceitação automática

O lote será automaticamente aceito se:

$$f_{ck,est} \geq 5,0MPa$$

7.4.1.3 Verificações suplementares

Quando não houver aceitação automática, deverão ser extraídos do trecho, no mínimo seis corpos-de-prova de 15cm de diâmetro, conforme a ABNT NBR-7680, e ensaiados à compressão conforme a ABNT NBR-5739, determinando-se a resistência característica estimada conforme o item 7.4.1.1 desta Norma. Caso contrário, de comum acordo entre as partes interessadas, pode ser tomada uma das seguintes decisões:

- a) a parte condenada será demolida e reconstruída, e
- b) a sub-base será reforçada.

7.4.2 Grau de compactação

O valor característico estimado do grau de compactação da sub-base no trecho inspecionado será dado por:

$$GC_{est} = \overline{GC} - KS$$

Sendo:

GC_{est} = valor estimado do grau de compactação característico;

GC = grau de compactação médio;

s = desvio padrão dos resultados;

7.4.3 Rejeição dos serviços

Os serviços rejeitados deverão ser corrigidos, complementados ou refeitos.

7.4.4 Resultados

Os resultados de controle serão registrados nos relatórios periódicos de acompanhamento.

8 Critérios de medição

Os serviços conformes serão medidos de acordo com os seguintes critérios:

A sub-base será medida em metros cúbicos de concreto, conforme a seção transversal do projeto. Não serão motivo de medição a mão-de-obra, materiais, equipamentos, transportes, lançamento da mistura, acabamento, cura e encargos.

No cálculo dos valores dos volumes serão consideradas as larguras e espessuras médias obtidas no controle geométrico.

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

TABELA 3 – 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
α	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; α = risco do executante

Índice Geral

Abstract	.....	1	Inspeção	7.....	6
Aceitação automática	7.4.1.2.....	7	Juntas de construção	5.3.7.....	5
Aceitação e rejeição	7.4.....	6	Largura da sub-base	5.3.1.....	4
Agregados	5.1.2.....	3	Manejo ambiental	6.....	5
Agregados	6.1.....	5	Materiais para a cura	5.1.4.....	3
Água	5.1.3.....	3	Material	5.1.....	3
Cimento Portland	5.1.1.....	3	Mistura	5.3.2.....	4
Compactação	5.3.5.....	4	Na execução	6.2.....	5
Concreto da sub-base	4.1.....	2	Objetivo	1.....	1
Concreto	5.1.5.....	3	Prefácio	.....	1
Condições específicas	5.....	3	Recebimento do material	4.2.....	2
Condições gerais	4.....	2	Referências normativas	2.....	1
Controle da execução	7.2.....	6	Rejeição dos serviços	7.4.3.....	7
Controle do material	7.1.....	6	Resistência à compressão	7.2.3.....	6
Critérios de medição	8.....	7	Resistência do concreto	7.4.1.....	6
Cura	5.3.6.....	5	Resultados	7.4.4.....	7
Definição	3.....	2	Resumo	.....	1
Determinação da resistência característica	7.4.1.1.....	6	Sumário	.....	1
Equipamento	5.2.....	4	Tabela 1 – Faixa granulométrica da mistura	.....	3
Espalhamento	5.3.4.....	4	Tabela 2 – Amostragem variável	.....	7
Execução	5.3.....	4	Tabela 3 – Amostragem variável	.....	7
Granulometria da mistura de agregados	7.2.2.....	6	Teor de umidade do concreto fresco	7.2.1.....	6
Grau de compactação	7.2.4.....	6	Transporte	5.3.3.....	4
Grau de compactação	7.4.2.....	7	Verificação final da qualidade	7.3.....	6
Índice Geral	.....	8	Verificações suplementares	7.4.1.3.....	7