



MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES
DEPARTAMENTO NACIONAL DE
INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES

DIRETORIA EXECUTIVA

INSTITUTO DE PESQUISAS
RODOVIÁRIAS

Rodovia Presidente Dutra, km 163
Centro Rodoviário – Vigário Geral
Rio de Janeiro – RJ – CEP 21240-330
Tel./fax: (21) 3545-4600

Outubro/2013

NORMA DNIT 056/2013-ES

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

Autor: Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR

Processo: 50607.002821/2012-71

Origem: Revisão da norma DNIT 056/2004-ES

Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na Reunião de: 21/10/2013.

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 Portland, concreto rolado

Total de páginas

11

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 rodovia. São também apresentados os requisitos concernentes às condições gerais e específicas, condicionantes ambientais, inspeção e critérios de medição.

Abstract

This document provides the method of executing a concrete sub-base 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 the measurement of services.

Sumário

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

8 Critérios de medição	9
------------------------------	---

Índice Geral.....	11
-------------------	----

Prefácio

A presente Norma foi preparada pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR/DIREX 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 001/2009-PRO e cancela e substitui a norma DNIT 056/2004-ES.

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 pavimento rígido de rodovia.

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) DNER-EM 034: Água para argamassa e concreto de cimento Portland – Especificação de material. Rio de Janeiro: IPR.
- b) DNER-EM 037: Agregado graúdo para concreto de cimento - Especificação de material. Rio de Janeiro: IPR.
- c) DNER-EM 038: Agregado miúdo para concreto de cimento - Especificação de material. Rio de Janeiro: IPR.
- d) DNER-ME 046: Concreto – moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- e) DNER-ME 083: Agregados – Análise granulométrica – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- f) DNER-ME 092: Solo – Determinação da massa específica aparente, “in situ”, com emprego do frasco de areia – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- g) DNER-ME 196: Agregados – Determinação do teor de umidade total, por secagem, em agregado graúdo – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- h) DNER-PRO 277: Metodologia para controle estatístico de obras e serviços – Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.
- i) DNIT 011-PRO: Gestão da qualidade em obras rodoviárias – Procedimento. Rio de Janeiro: IPR.
- j) DNIT 050-EM: Pavimento rígido – Cimento Portland – Especificação de material. Rio de Janeiro: IPR.
- k) DNIT 055-ME: Pavimento rígido – Prova de carga estática para determinação do coeficiente de recalque de subleito e sub-base em projeto e avaliação do pavimento – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- l) DNIT 070-PRO: Condicionantes ambientais das áreas de uso de obras – Procedimento – Rio de Janeiro: IPR.
- m) DNIT 137-ES: Pavimentação – Regularização do subleito – Especificação de serviço. Rio de Janeiro: IPR.
- n) DNIT 138-ES: Pavimentação – Reforço do subleito – Especificação de serviço. Rio de Janeiro: IPR.
- o) DNIT 156-ME: Emulsão asfáltica – Determinação da carga da partícula – Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR.
- p) DNIT 165-EM: Emulsões asfálticas para pavimentação – Especificação de material. Rio de Janeiro: IPR.
- q) NBR 5739: Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.
- r) NBR 6570: Emulsões asfálticas – Determinação da sedimentação.
- s) NBR 7680: Concreto – Extração, preparo e ensaio de testemunhos de concreto.
- t) NBR 14376: Emulsões asfálticas – Determinação do resíduo asfáltico por evaporação – Método expedito.
- u) NBR 14393: Emulsões asfálticas – Determinação da peneiração.
- v) NBR 14491: Emulsões asfálticas – Determinação da viscosidade Saybolt Furol.
- w) NBR 14950: Materiais betuminosos – Determinação da viscosidade Saybolt Furol.
- x) Resolução CONAMA 307/2002: Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil. Brasília. DF, 2002.

3 Definição

Para os fins desta Norma define-se que concreto rolado para sub-base de pavimento rígido é um concreto simples com baixo consumo de cimento e consistência seca, permitindo a compactação com rolos compressores ou equipamento similar.

4 Condições gerais

4.1 Sinalização da obra

Antes do início dos serviços deve ser implantada a adequada sinalização da obra, visando à segurança do tráfego no segmento rodoviário, e efetuada sua manutenção permanente durante a execução dos serviços.

4.2 Concreto da sub-base

O concreto de cimento Portland compactado por meio de rolos compressores (concreto rolado) se destina à execução da sub-base de pavimento rígido e deve apresentar a seguinte característica:

- Ser dosado por método racional, de modo a se obter 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.

4.3 Recebimento de materiais

O recebimento e o armazenamento do cimento Portland e de agregados na obra devem atender às normas DNIT 050/2004-EM, DNER-EM 037/97 e DNER-EM 038/97.

5. Condições específicas

5.1 Materiais

5.1.1 Cimento Portland

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

5.1.2 Agregados

Os agregados graúdo e miúdo devem atender, respectivamente, às exigências das normas DNER-EM 037/97 e DNER-EM 038/97.

Especial atenção deve ser dada aos finos nos agregados (material passando na peneira de abertura 0,075 mm), cujo teor deve estar dentro dos limites estabelecidos na granulometria da mistura de agregados indicada na alínea "d" da subseção 5.1.5. Para tanto é conveniente neste concreto o emprego de pó de pedra.

5.1.3 Água

A água destinada ao amassamento do concreto deve atender às exigências da norma DNER-EM 034/97.

5.1.4 Material para a cura

A cura da sub-base deve ser realizada com pintura asfáltica, utilizando-se emulsão asfáltica catiônica de

ruptura rápida ou média, em conformidade com a norma DNIT 165/2013 – EM.

Devem ser realizados os seguintes ensaios:

- a) Para todo carregamento de ligante asfáltico que chegar à obra:
 - Um ensaio de determinação do resíduo asfáltico por evaporação (NBR 14376:2007);
 - Um ensaio de peneiramento (NBR 14393:2012);
 - Um ensaio de viscosidade Saybolt Furol a 50°C. (NBR 14491:2007);
 - Um ensaio da carga da partícula (DNIT 156/2011-ME);
- b) Para cada 100 t de carregamento de ligante asfáltico que chegar à obra:
 - Um ensaio de viscosidade Saybolt Furol (NBR 14950:2003) a diferentes temperaturas, para o estabelecimento da relação viscosidade x temperatura.
 - Um ensaio de sedimentação (NBR 6570:2010).

5.1.5 Concreto

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

O teor de umidade deve ser determinado conforme a norma DNER-ME 196/98, admitindo-se desvio máximo de 1% em relação à umidade ótima determinada em laboratório.

O concreto deve apresentar as seguintes características:

- a) Resistência característica à compressão (f_{ck}) aos 7 dias, determinada em corpos de prova moldados e curados da maneira indicada na subseção 7.2.3 e ensaiados à compressão segundo a norma NBR-5739:2007:
 - $f_{ck} \geq 5,0$ MPa;
- b) Consumo de cimento:
 - 80 kg/m³ a 120 kg/m³, a ser definido durante os estudos de dosagem;

- c) A dimensão máxima característica do agregado no concreto não deve exceder 1/3 da espessura da sub-base ou 32 mm, obedecido o menor valor;
- d) A granulometria da mistura de agregados deverá atender à seguinte faixa:

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

onde:

y = porcentagem que passa na peneira de abertura 'd'.

d = abertura da peneira, em mm.

D_{max} = dimensão máxima característica do agregado no concreto, em mm.

Para o agregado de dimensão máxima característica de 32 mm, a faixa granulométrica da mistura deve ser a da Tabela 1 a seguir:

Tabela 1 – Faixa granulométrica da mistura

Abertura da peneira (mm)	Porcentagem que passa (%)
38	100
32	100 - 95
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

5.2 Equipamentos

Antes do início dos serviços todo equipamento deve ser examinado e aprovado pela Fiscalização. Para execução do concreto compactado com rolo (CCR) são indicados os seguintes equipamentos:

- a) Central de mistura para dosagem, umidificação e homogeneização do material, que pode ser contínua ou intermitente;
- b) Rolos compressores autopropelidos do tipo liso vibratório;
- c) Placa vibratória, ou sapo mecânico;

- d) Caminhão basculante;
- e) Pequenas ferramentas complementares, como pás, enxadas, e réguas;
- f) Marteleto pneumático, para execução de eventuais juntas de construção;
- g) Vibroacabadora de asfalto, com recurso eletrônico para nivelamento da camada;
- h) Caminhão pipa com barra espargidora (água);
- i) Caminhão tanque com barra espargidora (material para cura).

5.3 Execução

5.3.1 Plano da qualidade

Para perfeita execução e bom acompanhamento/fiscalização dos serviços deve ser definido, antes de iniciados os trabalhos, no Plano da Qualidade (ver norma DNIT 011/2004-PRO), os procedimentos a serem obedecidos pela executante relativos à execução prévia e obrigatória de trecho experimental.

O trecho experimental deve integrar o projeto de engenharia e sua execução deve ser acompanhada pelos responsáveis pela obra e elaboração do projeto.

No trecho experimental devem ser definidos todos os procedimentos referentes à construção da camada de CCR, visando atender todas as especificações contidas nesta Norma e no projeto, desde a mistura do CCR até seu acabamento final e cura, passando, portanto, por seu transporte, lançamento, espalhamento, compactação e controle dos insumos, da execução e do produto, trecho este que deverá ser aceito formalmente pelo DNIT, sem o que não se poderá dar prosseguimento aos serviços.

Se as verificações/controles realizados no trecho experimental comprovarem o atendimento a esta Norma e ao projeto deve ser emitido Relatório Específico pelo DNIT com as observações pertinentes, as quais devem ser obedecidas em toda a obra.

5.3.2 Subleito

O subleito deve ser regularizado segundo os procedimentos da norma DNIT 137/2010-ES e, se

necessário, reforçado como indicado na norma DNIT 138/2012-ES.

Concluída a operação de preparo do subleito, este deve ser testado por meio de provas de carga para determinação do coeficiente de recalque (k), conforme a norma DNIT 055/2004-ME, feitas aleatoriamente nas bordas e no eixo do futuro pavimento de concreto, no mínimo a cada 100 m ou, nos casos de solos homogêneos, a cada 200 m, e nos pontos onde for julgado necessário.

Pode ser admitido que o controle do coeficiente de recalque seja feito por meio de execução de ensaios de Índices de Suporte Califórnia (ISC), em número estatisticamente significativo, a partir dos quais deve ser avaliado o coeficiente de recalque (k) por meio de curvas de correlação apropriadas.

5.3.3 Largura da sub-base

A sub-base deve exceder 40 cm de cada lado, no mínimo, a largura do pavimento de concreto, devendo a sua superfície ser regular e nivelada de acordo com a especificação do projeto.

5.3.4 Mistura

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

A capacidade e o tipo de equipamento de produção de concreto devem ser determinados em função do volume de concreto da obra e da disponibilidade de máquinas.

Os agregados empregados no concreto normalmente possuem três graduações de dimensões máximas distintas e devem ser estocados convenientemente, de modo que cada um ocupe um silo (baia) da usina, não sendo permitida mistura prévia dos materiais. Quando estabelecida a dosagem, cada uma das frações deverá apresentar homogeneidade granulométrica.

As frações devem ser combinadas, enquadrando a mistura final na faixa granulométrica determinada na dosagem do concreto e estabelecida na subseção 5.1.5, alínea "d". A umidade dos agregados, principalmente a do agregado miúdo, deve ser medida, no máximo, a cada 2 horas.

5.3.5 Transporte e lançamento

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

O lançamento do concreto rolado deve ser efetuado diretamente na caçamba receptora da vibroacabadora, pelo caminhão basculante, sendo a velocidade de descarga compatível com a de operação do equipamento vibroacabador.

5.3.6 Espalhamento

O espalhamento do concreto deve ser executado por meio da vibroacabadora de asfalto, de forma a se obter adequados nivelamento e acabamento superficial da camada.

A sub-base de CCR deve exceder 40 cm de cada lado, no mínimo, a largura do pavimento de concreto, devendo a sua superfície ser regular e nivelada de acordo com a especificação do projeto. A espessura da camada antes da compactação deve ser tal que, após a sua compactação, seja atingida a espessura definida no projeto para a sub-base, devendo exceder, no máximo, 25% da espessura de projeto.

Imediatamente antes do espalhamento, a superfície da camada subjacente deve ser umedecida, sem excesso de água, para que não se formem poças.

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

Não é permitido o espalhamento do material com motoniveladora ou outro equipamento não apropriado.

5.3.7 Compactação

A compactação deve ser feita por meio de rolos lisos vibratórios, sendo utilizadas placas vibratórias na compactação somente em locais de difícil acesso aos rolos.

O tempo decorrido entre a adição de água à mistura e o término da compactação deve ser, no máximo, de duas horas.

A compactação deve ser iniciada nas bordas do pavimento, devendo as passagens seguintes do rolo recobrirem, pelo menos, 25% da largura da faixa anteriormente compactada, sendo as duas primeiras passadas sem vibração, para acomodar o material. As passadas seguintes devem ser feitas com vibração, num número tal de passadas que garanta o grau de compactação especificado nesta Norma.

Após a operação dos rolos lisos, caso se julgue necessário, poderão ser utilizados rolos pneumáticos para fechamento da superfície.

A espessura da camada compactada não deve ser inferior a três vezes a dimensão máxima do agregado no concreto, podendo ser admitida a espessura de até 20 cm, desde que os ensaios de determinação da massa específica demonstrem a homogeneidade do material em toda a espessura da camada.

O desvio máximo da umidade em relação à umidade ótima deve ser de um ponto percentual e o grau de compactação deve ser igual ou maior que 100%, em relação à massa específica aparente seca máxima obtida em laboratório, considerada a energia normal de compactação, segundo a norma DNER-ME 092/94.

5.3.8 Cura

A superfície do concreto rolado deve ser protegida contra evaporação de água por meio de uma pintura asfáltica. A película protetora deve ser aplicada em quantidade suficiente para construir uma membrana contínua (0,8 l/m² a 1,5 l/m²). Este procedimento deve ser executado imediatamente após o término da compactação.

Antes da aplicação da pintura asfáltica, no caso de retardamento desta, poderá ser realizada aspersão de água sobre a superfície do concreto compactado.

Deve ser interdito o tráfego de qualquer espécie, inclusive de equipamentos, até que a sub-base tenha resistência mecânica suficiente para resistir às solicitações atuantes, não sendo liberado, em qualquer hipótese, antes de decorridas 72 horas do término da execução.

5.3.9 Juntas de construção

Ao fim de cada jornada de trabalho deve ser executada uma junta transversal de construção, em local já compactado, com face vertical, por meio de corte no concreto recém compactado. As juntas transversais não

devem coincidir com drenos ou outros elementos que venham a enfraquecer a seção.

As juntas longitudinais devem ser evitadas; para tanto, deve-se executar simultaneamente as faixas longitudinais previstas em projeto, completando a totalidade da largura da plataforma composta por faixas contíguas.

Em casos excepcionais e com aprovação da Fiscalização, quando necessárias, as juntas longitudinais podem ser executadas por meio de corte no concreto recém compactado. Em todos os casos, a junta longitudinal não deve situar-se abaixo das trilhas de rodagem do tráfego.

Na ocasião do reinício dos serviços, as faces das juntas de construção (transversais ou eventualmente longitudinais) devem ser umedecidas antes da construção das camadas adjacentes.

6 Condicionantes ambientais

6.1 Condicionantes ambientais gerais

Devem ser adotadas as soluções e os procedimentos prescritos nas normas pertinentes do DNIT, especialmente a Norma DNIT 070/2006-PRO, e na documentação técnica/ambiental vinculada à execução e ao licenciamento do empreendimento (Projeto de Engenharia, Estudo Ambiental, Programas Ambientais pertinentes ao Plano Básico Ambiental – PBA e Licenças Ambientais LP e LI) e observadas as prescrições da legislação ambiental, em particular a Resolução CONAMA 307/2002.

6.2 Condicionantes ambientais específicos

Devem ser observados os procedimentos a seguir:

- a) A executante deve encaminhar à Fiscalização do DNIT cópia da licença para operação da pedreira e planejar sua exploração, visando à minimização dos impactos ambientais. Concluída a operação da pedreira, deve ser realizada a reabilitação da área, de modo a não gerar nenhum passivo ambiental;
- b) Evitar o tráfego de equipamentos além dos acostamentos;
- c) As operações nas instalações para britagem e de manuseio e transporte de materiais devem ser efetuadas em condições adequadas e de forma a não intervir com o

processo natural de escoamento de águas superficiais e com os dispositivos instalados de drenagem;

d) Controlar a emissão de poeira, ruído e vibração, principalmente em áreas urbanas.

7 Inspeção

7.1 Controle dos insumos

Os materiais utilizados devem ser rotineiramente examinados, mediante a execução dos ensaios/controles relacionados nas seções 4 e 5 desta Norma.

7.2 Controle da execução

Realizar no controle do concreto os ensaios especificados nos itens 7.2.1 a 7.2.4.

7.2.1 Teor de umidade do concreto fresco

O teor de umidade deve ser determinado cada vez que forem moldados corpos de prova para ensaio de resistência à compressão, segundo a norma DNER-ME 196/98.

No início da obra o teor de umidade deve ser verificado a cada 2 (dois) caminhões, no máximo, antes do lançamento à frente da vibroacabadora de asfalto, até a constância dos resultados (ver subitem 5.1.5). A partir daí, o teor de umidade pode ser medido a cada 4 (quatro) caminhões, no máximo.

7.2.2 Granulometria da mistura de agregados

Deve ser realizada em cada 2500 m² de sub-base, com o mínimo de uma determinação por dia, de acordo com a norma DNER-ME 083/98.

7.2.3 Resistência à compressão

A cada trecho de 2500 m² de sub-base devem ser moldados, de amassadas diferentes e aleatórias, no mínimo seis exemplares de corpos de prova. Cada exemplar é constituído por dois corpos de prova cilíndricos de uma mesma amassada, considerando-se como resistência do exemplar aquela de maior valor.

Os corpos de prova devem ter 15 cm de diâmetro e 30 cm de altura, moldados em cinco camadas de alturas aproximadamente iguais, compactadas com soquete de 4,5 kg, com altura de queda de 45 cm, recebendo cada camada 30 (trinta) golpes.

Logo após a moldagem, os corpos de prova devem receber cura química por um período mínimo de 24 horas; em seguida devem ser desmoldados e levados para a cura em câmara úmida ou imersão, de acordo com a norma DNER-ME 046/98, até a idade do ensaio à compressão, de acordo com a norma NBR 5739:2007.

7.2.4 Grau de compactação

A cada trecho de 2500 m² de sub-base devem ser executados, no mínimo, 6 (seis) ensaios para a medida do grau de compactação.

Tendo como referência cada faixa de tráfego separadamente, os furos devem obedecer à seguinte sequência: borda direita / eixo / borda esquerda da faixa, sendo os ensaios realizados a uma distância mínima de um metro das bordas externas da camada da sub-base.

O grau de compactação é expresso pela relação entre a massa específica *in situ* do material compactado, determinada pelo método do frasco de areia segundo a norma DNER-ME 092/94, e a massa específica aparente seca máxima obtida em laboratório.

7.3 Controle do produto

7.3.1 Controle geométrico

O controle geométrico da camada de sub-base de concreto compactado com rolo deve ser feito por meio de medidas topográficas altimétricas e planialtimétricas por nivelamento do eixo e bordas, em seções transversais definidas de 10 em 10 metros, com pontos de medição em cada seção distantes entre si, no máximo, de 3 metros no sentido da largura da plataforma, de modo que cada seção seja definida por, no mínimo, cinco pontos.

a) Controle da largura da camada

Após a execução da sub-base deve-se proceder à relocação e ao nivelamento do eixo e das bordas do pavimento, não se permitindo largura da camada de sub-base de concreto compactado com rolo, em qualquer seção, menor do que a especificada em projeto.

b) Controle da espessura da camada

A espessura média é determinada por:

$$h_m = \sum \frac{h_i}{N}$$

sendo:

h_m = espessura média

h_i = espessuras individuais;

N = número de verificações, no mínimo igual a 6.

Definindo-se lotes de inspeção a cada 2500 m², a verificação da espessura da sub-base pode ser feita através das medidas dos próprios furos feitos para o controle de compactação.

A espessura média h_m não deve ser menor que a espessura de projeto h menos um centímetro, e os valores individuais h_i não podem apresentar desvios superiores a um centímetro em relação à espessura de projeto.

c) Controle da cota final da camada

Uma vez procedidos a relocação e ao nivelamento do eixo e das bordas do pavimento, devem ser medidas, em cada seção e em cada ponto dela, as diferenças para mais ou para menos, admitindo-se uma tolerância máxima igual a 10 mm em relação às cotas finais definidas em projeto.

7.3.2 Resistência do concreto

7.3.2.1 Determinação da resistência característica

A resistência característica estimada do concreto à compressão axial de cada trecho inspecionado é 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, conforme a Tabela 2, em função da quantidade de exemplares do lote (n).

Tabela 2 – Coeficiente de distribuição de Student

n	6	7	8	9	10	12	15	18	20	25	30	32	> 32
k	0,920	0,906	0,896	0,889	0,883	0,876	0,868	0,863	0,861	0,857	0,854	0,842	0,842

7.3.2.2 Condição para aceitação

O trecho de sub-base deve ser aceito quando:

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

7.3.2.3 Verificações suplementares

Quando não for atendida a condição prescrita na subseção 7.3.2.2 devem ser extraídos do trecho, conforme indicação da Fiscalização, no mínimo seis corpos de prova de 15 cm ou 10 cm de diâmetro, conforme a norma NBR-7680:2007, e ensaiados à compressão, conforme a norma NBR-5739/2007, determinando-se a resistência característica estimada conforme o item 7.3.2.1 desta Norma. Caso se confirme a rejeição, de acordo com a Fiscalização, a parte rejeitada deve ser demolida e reconstruída.

7.3.3 Grau de compactação

7.3.3.1 Determinação do grau de compactação característico

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 característico estimado do grau de compactação;

\overline{GC} = grau de compactação médio;

s = desvio padrão dos resultados;

n = número de determinações no trecho inspecionado;

k = coeficiente de distribuição de Student, conforme a Tabela 2, em função do número de determinações no trecho inspecionado.

7.3.3.2 Condição para aceitação

O valor característico estimado do grau de compactação deve ser controlado adotando-se o procedimento seguinte:

$GC_{est} \geq 100\% \rightarrow$ aceita-se o serviço;

$GC_{est} < 100\% \rightarrow$ rejeita-se o serviço.

O serviço rejeitado deve ser refeito, de forma a se enquadrar nas especificações desta Norma.

7.3.4 Espessura

Quando não forem atendidas as prescrições contidas na alínea “b” da subseção 7.3.1 desta Norma, o lote deve ser subdividido em sublotes de, no máximo, 500 m² e o trecho novamente inspecionado.

Caso se confirme a rejeição, de acordo com a Fiscalização, a parte condenada deve ser demolida e reconstruída.

7.4 Controle interno da qualidade

7.4.1 Plano de amostragem

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

7.4.2 Condições de conformidade e não conformidade

Todos os ensaios de controle e determinações realizados de acordo com o Plano de Amostragem citado na subseção 7.4.1 devem cumprir as Condições Gerais e Específicas estabelecidas, respectivamente, nas seções 4 e 5 desta Norma e observados os critérios e disposições seguintes:

a) Quando especificado valor mínimo e/ou máximo a ser atingido devem ser verificadas as seguintes condições:

► Condições de conformidade:

$$\bar{X} - ks \geq \text{valor mínimo especificado};$$

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

► Condições de não conformidade:

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

$$\bar{X} + ks > \text{valor máximo especificado}.$$

Sendo:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

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

Onde:

X_i - valores individuais.

\bar{X} - média da amostra.

s - desvio padrão da amostra.

n – número de determinações (tamanho da amostra).

k - coeficiente tabelado em função do número de determinações, de acordo com a Tabela 3 a seguir (Tabela 1 da Norma DNER – PRO 277/97):

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

b) Os resultados do controle estatístico devem ser registrados em relatórios periódicos, na frequência previamente definida, de acordo com a Norma DNIT 011/2004-PRO, a qual prescreve que o executante da obra deve estabelecer e manter procedimentos documentados para implementar as ações corretivas e preventivas na execução da obra, com o objetivo de detectar e eliminar as causas das não conformidades.

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

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

8. Critérios de medição

Os serviços aceitos e considerados conformes devem ser medidos de acordo com os critérios estabelecidos no Edital de Licitação ou, na falta desses critérios, de acordo com as disposições a seguir:

a) A sub-base deve ser medida em metros cúbicos de concreto efetivamente executado. No cálculo dos

volumes devem ser consideradas as larguras e espessuras médias obtidas no controle geométrico;

- b) Não devem ser considerados quantitativos de serviço superiores aos indicados no projeto;
- c) Não devem ser motivo de medição o fornecimento e aplicação de materiais, transporte, mão de obra,

encargos sociais, custos com utilização de equipamentos, despesas fiscais e eventuais necessárias à execução e ao controle da qualidade da obra, devendo os mesmos estar incluídos na composição do preço unitário do serviço.

_____ /Índice Geral

Índice Geral

Abstract	.....	1	Execução	5.3.....	4
Agregados	5.1.2.....	3	Granulometria da mistura de agregados	7.2.2.....	7
Água	5.1.3.....	3	Grau de compactação	7.2.4;7.3.3.....	7;8
Cimento Portland	5.1.1.....	3	Índice Geral	.....	11
Compactação	5.3.7.....	5	Inspeção	7.....	7
Concreto	5.1.5.....	3	Juntas de construção	5.3.9.....	6
Concreto da sub-base	4.2.....	3	Largura da sub-base	5.3.3.....	5
Condição para aceitação	7.3.2.2, 7.3.3.2.....	8	Materiais	5.1.....	3
Condicionantes ambientais	6.....	6	Material para a cura	5.1.4.....	3
Condicionantes ambientais específicos	6.2.....	6	Mistura	5.3.4.....	5
Condicionantes ambientais gerais	6.1.....	6	Objetivo	1.....	1
Condições de conformidade e não conformidade	7.4.2.....	9	Plano da qualidade	5.3.1.....	4
Condições específicas	5.....	3	Plano de amostragem	7.4.1.....	9
Condições gerais	4.....	2	Prefácio	.....	1
Controle da execução	7.2.....	7	Recebimento de materiais	4.3.....	3
Controle dos insumos	7.1.....	7	Referências normativas	2.....	1
Controle interno da qualidade	7.4.....	9	Resistência à compressão	7.2.3.....	7
Controle do produto	7.3.....	7	Resistência do concreto	7.3.2.....	8
Controle geométrico	7.3.1.....	7	Resumo	.....	1
Crítérios de medição	8.....	9	Sinalização da obra	4.1.....	2
Cura	5.3.8.....	6	Subleito	5.3.2.....	4
Definição	3.....	2	Sumário	.....	1
Determinação da resistência característica	7.3.2.1.....	8	Tabela 1 – Faixa granulométrica da mistura	.....	4
Determinação do grau de compactação característico	7.3.3.1.....	8	Tabela 2 – Coeficiente de distribuição de Student	.....	8
Equipamentos	5.2.....	4	Tabela 3 – Amostragem variável	.....	9
Espalhamento	5.3.6.....	5	Teor de umidade do concreto fresco	7.2.1.....	7
Espessura	7.3.4.....	9	Transporte e lançamento	5.3.5.....	5
			Verificações suplementares	7.3.2.3.....	8