



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 054/2004 - PRO

Pavimento rígido – Estudos de traços de concreto e ensaios de caracterização de materiais – Procedimento

Autor: Diretoria de Planejamento e Pesquisa / IPR

Processo:

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:

Pavimento rígido, concreto, traços, procedimento

Nº total de
páginas
08

Resumo

Este documento define a sistemática a ser adotada para realização de estudos de traços de concreto e de ensaios de caracterização de materiais destinados à execução de concreto de cimento Portland para pavimentos rígidos de estradas de rodagem.

Abstract

This document provides the method of performing studies of concrete batches and tests for the characterization of materials for concrete with Portland cement to be used in rigid road pavements.

Sumário

Prefácio	1
1 Objetivo	1
2 Referências normativas.....	1
3 Materiais constituintes do concreto	3
4 Requisitos para o concreto destinado a pavimento	4
5 Roteiro básico para o estudo de traço e caracterização do concreto	5
6 Certificado do traço	6
Índice Geral.....	8

Prefácio

A presente Norma foi preparada pela Diretoria de Planejamento e Pesquisa, para servir como documento base na realização de estudos de traços de concreto e de ensaios de caracterização dos materiais destinados a execução de concreto de cimento Portland para pavimentos rígidos e está baseada na Norma DNIT 001/2002-PRO.

1 Objetivo

Esta Norma tem por objetivo estabelecer a rotina a ser adotada para o estudo de traços de concreto de cimento Portland, destinados à execução de pavimentos rígidos.

Os materiais constituintes do concreto (cimento, agregados, água e aditivos) empregados no estudo deverão ser aqueles que efetivamente serão usados na obra.

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 7215*: cimento Portland – determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro, 1996.
- c) _____. *NBR 7217*: agregados - determinação da composição granulométrica: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1987.
- d) _____. *NBR 7218*: agregados - determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1987.
- e) _____. *NBR 7219*: agregados - determinação do teor de materiais pulverulentos: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1987.
- f) _____. *NBR 7251*: agregado em estado solto – determinação da massa unitária: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1982.
- g) _____. *NBR 7809*: agregado graúdo – determinação do índice de forma pelo método do paquímetro: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1983.
- h) _____. *NBR 9203*: cimento Portland comum e clínquer – análise química por complexometria: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1985.
- i) _____. *NBR 9776*: agregados - determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco Chapman. Rio de Janeiro, 1987.
- j) _____. *NBR 9832*: concreto e argamassa - determinação dos tempos de pega por meio da resistência à penetração: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1992.
- k) _____. *NBR 9917*: agregados para concreto - determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1987.
- l) _____. *NBR 9937*: agregados - determinação da absorção e da massa específica de agregado graúdo: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1987.
- m) _____. *NBR 10908*: aditivos para argamassa e concretos – ensaios de uniformidade: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1990.
- n) _____. *NBR 11579*: cimento Portland - determinação da finura por meio da peneira 75micrômetros (número 200): método de ensaio. Rio de Janeiro, 1991.
- o) _____. *NBR 11581*: cimento Portland - determinação dos tempos de pega: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1991.
- p) _____. *NBR 11582*: cimento Portland – determinação da expansibilidade de Le Chatelier: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1991.
- q) _____. *NBR 11768*: aditivos para concreto de cimento Portland: especificação. Rio de Janeiro, 1992.
- r) _____. *NBR 12142*: concreto – determinação da resistência à tração na flexão em corpos-de-prova prismáticos: método de ensaio. Rio de Janeiro, 1991.
- s) _____. *NBR 12317*: verificação de desempenho de aditivos para concreto: procedimento. Rio de Janeiro, 1992.
- t) _____. *NBR 12655*: concreto - preparo, controle e recebimento: procedimento. Rio de Janeiro, 1996.
- u) _____. *NBR 12821*: preparação de concreto em laboratório: procedimento. Rio de Janeiro, 1993.
- v) _____. *NBR NM 30*: agregado miúdo - determinação da absorção de água. Rio de Janeiro, 2001.
- w) _____. *NBR NM 47*: concreto - determinação do teor de ar em concreto fresco - método pressométrico. Rio de Janeiro, 2002.

- x) _____. *NBR NM 49*: agregado fino - determinação de impurezas orgânicas. Rio de Janeiro, 2001.
- y) _____. *NBR NM 51*: agregado graúdo – ensaio de abrasão Los Angeles. Rio de Janeiro, 2001.
- z) _____. *NBR NM 67*: concreto - determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 1998.
- aa) _____. *NBR NM 76*: cimento Portland – determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (Método de Blaine). Rio de Janeiro, 1998.
- bb) _____. *NBR NM 102*: concreto – determinação da exsudação. Rio de Janeiro, 1996.
- cc) DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. *DNIT 036/2004 – ME*: pavimento rígido – água para amassamento do concreto de cimento Portland – ensaios químicos: método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 2004.
- dd) _____. *DNIT 037/2004 – ME*: pavimento rígido – água para amassamento do concreto de cimento Portland – ensaios comparativos: método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 2004.
- ee) _____. *DNIT 053/2004 – ME*: pavimento rígido – determinação da retração do concreto por secagem: método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 2004.
- ff) _____. *DNIT 064/2004 – ME*: pavimento rígido – determinação da consistência do concreto pelo consistômetro VeBe: método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 2004.

3 Materiais constituintes do concreto

Os materiais constituintes do concreto, destinados aos estudos dos traços, devem ser submetidos aos seguintes ensaios:

3.1 Ensaio de caracterização dos materiais que serão empregados na obra

Estes ensaios devem ser realizados preliminarmente e têm a finalidade de identificar as fontes cujos materiais são adequados à fabricação de concreto de cimento Portland destinado a pavimentos, a saber:

- DNIT 036/2004-ME – Água para amassamento de concreto – ensaios químicos;
- DNIT 037/2004-ME – Água para amassamento de concreto – ensaios físicos comparativos;
- NBR 11768 - Aditivos para concretos - Especificação.

3.2 Ensaios de caracterização das amostras dos materiais destinados aos estudos de traço

Estes ensaios devem ser realizados em amostras representativas extraídas dos materiais destinados ao estudo dos traços de concreto. Pressupõe que estas amostras são oriundas de fontes preliminarmente caracterizadas, cujos materiais já foram submetidos aos ensaios de caracterização (ver 3.1), e considerados adequados.

Nesta fase, devem ser realizados os seguintes ensaios:

3.2.1 Cimento Portland

- Finura na peneira nº 200 - NBR 11579;
- Área Blaine - NBR NM 76;
- Tempos de pega - NBR 11581;
- Resistência à compressão - NBR 7215.

3.2.2 Agregado graúdo

- Análise granulométrica e módulo de finura – NBR 7217;
- Teor de argila em torrões e materiais friáveis - NBR 7218;
- Teor de materiais pulverulentos - NBR 7219;
- Massa unitária solta seca - NBR 7251;
- Absorção de água e massa específica - NBR 9937;
- Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro - NBR 7809;

- Determinação da abrasão Los Angeles - NBR NM 51.

3.2.3 Agregado miúdo

- Análise granulométrica e módulo de finura – NBR 7217;
- Teor de argila em torrões e materiais friáveis - NBR 7218;
- Teor de materiais pulverulentos - NBR 7219;
- Impurezas orgânicas húmicas - NBR NM 49;
- Massa unitária solta seca - NBR 7251;
- Massa específica por meio do frasco de Chapman - NBR 9776;
- Absorção de água - NBR NM 30;
- Determinação do teor de partículas leves - NBR 9937;
- Determinação do teor de cloretos e sulfatos solúveis - NBR 9917.

3.2.4 Água

- DNIT 037/2004-ME – Água para amassamento de concreto – ensaios comparativos;
- DNIT 036/2004-ME – Água para amassamento de concreto – ensaios químicos.

3.2.5 Aditivos

- NBR 10908 - Aditivos - ensaio de verificação da uniformidade e equivalência;
- NBR 12317 - Aditivos para concreto - verificação do desempenho.

Nota: Na fase de caracterização dos aditivos, os ensaios de verificação do desempenho devem ser realizados utilizando-se os demais materiais constituintes, já caracterizados e considerados adequados.

4 Requisitos para o concreto destinado a pavimento

O estudo da dosagem deve ser efetuado visando obter concreto que apresente características que atendam aos seguintes requisitos:

4.1 Resistências características

- $f_{ctM,k}$ - Resistência característica do concreto à tração por flexão
- f_{ck} - Resistência característica à compressão (somente deverá ser adotada quando se dispuser de uma correlação confiável desta resistência com a resistência à tração na flexão, obtida com materiais semelhantes aos que serão empregados na obra).

4.2 Consistência (Trabalhabilidade)

Em função do método executivo adotado para a construção do pavimento, deve ser fixada a consistência do concreto. Esta consistência deve ser compatível com as diversas fases a que é submetido o concreto: mistura, transporte, lançamento e adensamento. Os métodos de ensaio para medir a consistência do concreto, devem ser:

4.2.1 Abatimento no tronco de cone (NBR NM 67)

- concretos plásticos com abatimento ≥ 20 mm.

4.2.2 Índice VeBe (DNIT 064/2004-ME)

- concretos secos com abatimento < 20 mm.

4.3 Outros Requisitos

- Consumo mínimo de cimento - 320 kg/m^3 .
- Relação água/cimento entre 0,40 e 0,56.
- Dimensão máxima do agregado graúdo: 1/5 a 1/4 da espessura da placa, e nunca superior a 50mm.
- Teor de ar incorporado máximo – NBR NM 47 – 0,5%.
- Exsudação: NBR NM 102 – 1,5% máximo

Outros requisitos devem ser impostos quando o pavimento estiver sujeito à ação de agentes agressivos, presentes no solo ou atuando na superfície em decorrência do tipo de material transportado.

5 Roteiro básico para o estudo de traço e caracterização do concreto

O estudo de traço e caracterização do concreto envolve o cálculo analítico do traço, o preparo do concreto em laboratório e finalmente a determinação do traço definitivo para uso na obra, em função dos dados obtidos.

O roteiro básico para o estudo dos traços e caracterização do concreto, compreende as seguintes etapas:

5.1 Cálculo analítico

O cálculo analítico dos traços experimentais que serão preparados em laboratório, deve ser efetuado em função das características dos materiais existentes, por qualquer método experimental, visando atender os requisitos especificados no item 4, conforme segue:

- a) Calcular a dimensão máxima do agregado graúdo em função da espessura da placa do pavimento (item 4.3) e definir a maior graduação do agregado a ser utilizada.
- b) Determinar as porcentagens de cada graduação de agregado graúdo, conforme o método de dosagem adotado. Caso necessário, em função do método, efetuar os ensaios adicionais nos agregados que se fizerem necessários.

Nota: Nesta etapa será determinada a porcentagem de agregado miúdo, caso o método adotado assim prescreva.

- c) Especificar a consistência do concreto, conforme item 4.2, e indicar o método de ensaio que será empregado para medi-la.
- d) Calcular analiticamente, segundo o método adotado, no mínimo 3 (três) traços de concreto a serem preparados em laboratório. Estes traços devem apresentar relações água/cimento compreendidas no intervalo especificado em 4.3, o consumo de cimento e o teor de ar incorporado que atendam ao previsto neste mesmo item e a consistência estabelecida anteriormente.

5.2 Preparo em laboratório

Os traços experimentais que forem determinados devem ser preparados em laboratório conforme a norma NBR 12821, de forma a permitir a caracterização do concreto no estado fresco e endurecido.

5.2.1 Caracterização do concreto fresco

Preparar os traços em laboratório, efetuando os ajustes necessários à obtenção dos requisitos especificados.

Nesta fase devem ser realizados os seguintes ensaios no concreto fresco:

- Consistência - NBR NM 67 ou DNIT 064/2004-ME.
- Teor de ar incorporado - NBR NM 47

Recomenda-se, ainda, que sejam realizados os seguintes ensaios adicionais, que poderão fornecer dados importantes para a análise do prazo necessário ao corte das juntas e condições da superfície da placa:

- Tempos de pega do concreto - NBR 9832.
- Exsudação do concreto – NBR NM 102

Nota: No caso de emprego de formas deslizantes, poderão ser necessários ainda testes adicionais no campo, com o equipamento em funcionamento, para que se possa proceder aos ajustes finais das propriedades do concreto fresco.

5.2.2 Caracterização do concreto endurecido

Após o ajuste dos traços experimentais em função dos requisitos necessários para o concreto no estado fresco, estes devem ser novamente preparados em laboratório para a obtenção de corpos-de-prova destinados aos seguintes ensaios no concreto endurecido:

- resistência à tração na flexão - NBR 12142
- resistência à compressão - NBR 5739

Nota: Os seguintes ensaios poderão fornecer subsídios para o julgamento de materiais de diversas origens, principalmente em se tratando de cimento:

- retração por secagem - DNIT 053/2004-ME.

5.3 Determinação do traço final

Atendidos os requisitos especificados para o concreto no estado fresco, devem ser estabelecidas, em função dos resultados dos ensaios de resistência, as seguintes correlações:

- Resistência à tração por flexão em função da relação água/cimento;
- Resistência à compressão em função da relação água/cimento;
- correlação entre a resistência à compressão diametral e a relação água/cimento (optativa);
- correlação entre a resistência à tração na flexão e a resistência à compressão.

Utilizando-se estas correlações, deve ser determinada a relação água/cimento referente à resistência característica à tração na flexão ($f_{ctM,k}$) e a resistência à compressão (f_{ck}) correspondente, obtida por correlação.

A resistência média do concreto do traço será calculada a partir das expressões:

$$f_{ctM,j} = f_{ctM,k} + 0,84 S_d$$

ou

$$f_{c,j} = f_{ck} + 0,84 S_d$$

onde:

$f_{ctM,j}$ = resistência média do concreto à tração na flexão, na idade de j dias;

$f_{ctM,k}$ = resistência característica do concreto à tração na flexão;

$f_{c,j}$ = resistência média do concreto à compressão, na idade de j dias;

f_{ck} = resistência característica do concreto à compressão;

S_d = desvio padrão, que deve assumir os seguintes valores :

Quando forem conhecidos pelo menos 20 resultados de ensaio de uma mesma dosagem da obra considerada ou de outra cujo concreto tenha sido executado com o mesmo equipamento e iguais organização e controle de qualidade. Neste caso, adotar para S_d , o valor do desvio padrão dos resultados dos ensaios à compressão ou à tração na flexão dos corpos-de-prova moldados na obra.

Quando não for conhecido o desvio padrão ou o número de resultados for inferior a 20 (conforme critério da norma NBR 12655), a resistência média do concreto do traço deve ser estabelecida em função da resistência à compressão (f_c) ou à tração na flexão (f_{ctM}), adotando para desvio padrão valores relacionados com o padrão de qualidade com o qual se pretenda conduzir a execução.

Padrão rigoroso - Quando houver assistência de profissional legalmente habilitado, especializado em tecnologia do concreto, todos os materiais forem medidos em massa e houver medidor de água, corrigindo-se as quantidades de agregado miúdo e de água em função de determinações freqüentes e precisas do teor de umidade dos agregados, e houver garantia de manutenção, no decorrer da obra, da homogeneidade dos materiais a serem empregados.

$S_d = 4,0$ MPa (compressão) ou

$S_d = 0,6$ MPa (tração na flexão).

Padrão razoável - quando houver assistência de profissional legalmente habilitado, especializado em tecnologia do concreto, o cimento for medido em massa e os agregados em volume, e houver medidor de água, com correção do volume do agregado miúdo e da quantidade de água em função de determinações freqüentes e precisas do teor de umidade dos agregados.

$S_d = 5,5$ MPa (compressão) ou

$S_d = 0,9$ MPa (tração na flexão).

6 Certificado do traço

No certificado do traço para emprego na obra devem constar os seguintes dados:

6.1 Materiais constituintes do concreto

Devem constar a data da amostragem e os resultados dos ensaios de rotina, além de:

- cimento-marca, tipo e classe;
- agregados-origem e fornecedor;
- água-origem;
- aditivos-marca, tipo e dosagem.

6.2 Requisitos para o concreto

Devem constar todos os requisitos conforme item 4 desta Norma.

6.3 Traços estudados

Devem constar os traços estudados para uso na obra e os resultados dos ensaios correspondentes, efetuados no concreto fresco e endurecido, bem como as

correlações obtidas entre as resistências à tração na flexão e à compressão e a correlação destas resistências com a relação água/cimento.

6.4 Traços finais

Estes traços serão aqueles enviados para uso na obra, que poderão sofrer ajustes no campo em função dos equipamentos disponíveis para a produção do concreto e execução do pavimento, ou alterações nos materiais.

_____ /Índice Geral

Índice Geral

Abatimento no tronco de cone (NBR NM 67)	4.2.1	4	Índice Geral	.....	7
Abstract	.....	1	Índice VeBe (DNIT 064/2004-ME)	4.2.2.....	4
Aditivos	3.2.5	4	Materiais Constituintes do Concreto	3;6.1.....	3;6
Agregado graúdo	3.2.2	3	Objetivo	1.....	1
Agregado miúdo	3.2.3	4	Outros Requisitos	4.3.....	4
Água	3.2.4	4	Prefácio	.....	1
Cálculo analítico	5.1	5	Preparo em laboratório	5.2.....	5
Caracterização do concreto endurecido	5.2.2	5	Referências normativas	2.....	1
Caracterização do concreto fresco	5.2.1	5	Requisitos para o concreto	6.2.....	7
Certificado do traço	6	6	Requisitos para o concreto destinado a pavimento	4.....	4
Cimento Portland	3.2.1	3	Resistências características	4.1.....	4
Consistência (trabalhabilidade)	4.2	4	Resumo	.....	1
Determinação do traço final	5.3	6	Roteiro básico para o estudo de traço e caracterização do concreto	5.....	4
Ensaio de caracterização dos materiais que serão empregados na obra	3.1	3	Sumário	.....	1
Ensaio de caracterização das amostras dos materiais destinados aos estudos de traço	3.2	3	Traços estudados	6.3.....	7
			Traços finais	6.4.....	7