



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 055/2004 - ME

Pavimento rígido - Prova de carga estática para determinação do coeficiente de recalque de subleito e sub-base em projeto e avaliação de pavimentos - Método de ensaio

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:

pavimento rígido, recalque, subleito, sub-base, ensaio

**Nº total de
páginas**
06

Resumo

Este documento define a sistemática a ser adotada para a execução do ensaio de prova de carga estática para a determinação do coeficiente de recalque de subleito e sub-base em projeto e avaliação de pavimentos rígidos de concreto de cimento Portland, para uso em estradas de rodagem. São também apresentados os requisitos concernentes a aparelhagem, montagem, execução e apresentação dos resultados dos ensaios.

Abstract

This document provides the method of performing the static loading test for the determination of the coefficient of subgrade and sub-base reaction for design and evaluation of road rigid pavements made of concrete with Portland cement. It includes the requirement concerning equipment, assembling, execution and presentation of the test results.

Sumário

Prefácio	1
1 Objetivo	1
2 Referências normativas e bibliográficas	2
3 Definições	2
4 Escolha dos pontos para realização do ensaio	2
5 Aparelhagem	2

6 Preparo do local do ensaio	3
7 Montagem	3
8 Execução	3
9 Anotações	3
10 Curva "pressão - deslocamento vertical e cálculo do coeficiente de recalque	4
Anexo A (normativo) Representação esquemática dos equipamentos do ensaio	5
Índice Geral	6

Prefácio

A presente Norma foi preparada pela Diretoria de Planejamento e Pesquisa, para servir como documento base na realização do ensaio de prova de carga estática para a determinação do coeficiente de recalque de subleito e sub-base em projeto e avaliação de pavimentos rígidos de concreto de cimento Portland para uso em estradas de rodagem. Está baseada na norma DNIT 001/2002-PRO.

1 Objetivo

Esta Norma fixa a sistemática a ser adotada na realização de ensaio para a determinação do coeficiente de recalque de subleito e sub-base de pavimentos de concreto de cimento Portland de estradas de rodagem,

de acordo com o método de prova de carga estática da ASTM D 1196.

2 Referências normativas e bibliográficas

O documento relacionado neste item serviu de base à elaboração desta Norma e contém disposições que, ao serem citadas no texto, se tornam parte integrante desta Norma. A edição apresentada é a que estava em vigor na data desta publicação, recomendando-se que sempre seja considerada a edição mais recente, se houver.

2.1 Referências normativas

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. D 1196-93: nonrepetitive static plate load tests of solids and flexible pavement components, for use in evaluation and design of airport and highway pavements In: _____. 1994 *Annual book of ASTM standards*. Philadelphia, 1994. V. 04.03.

2.2 Referências bibliográficas

SOUZA, Murillo Lopes de. Considerações sobre o coeficiente de recalque (K) e normas para sua determinação. São Paulo: ABCP, 1986

3 Definições

3.1 Coeficiente de Recalque, ou Módulo de Reação, ou Módulo de Westergard

$$K = \frac{P}{W}$$

Sendo:

P = pressão transmitida à fundação (subleito ou sub-base), MPa/m (kgf/cm² / cm);

w = deslocamento vertical da área carregada, m (cm).

3.2 Subleito

Terreno sobre o qual se assenta (m) a (s) camada (s) do pavimento.

3.3 Sub-base

Camada delgada construída sob a placa de concreto.

3.4 Fiscalização

Órgão ao qual cabe aplicar as medidas necessárias ao perfeito enquadramento dos serviços em todas as exigências decorrentes desta Norma.

4 Escolha dos pontos para realização do ensaio

Os pontos para determinação do coeficiente de recalque devem ser escolhidos com base nas informações geológicas e geotécnicas disponíveis, com uma distância em torno de 100m entre eles.

Para o caso de trechos aparentemente homogêneos, as determinações podem ser feitas, inicialmente, a cada 100m, obedecendo à ordem: borda direita, eixo, borda esquerda, eixo etc. Estes intervalos poderão ser modificados, a critério da fiscalização, em função da uniformidade observada nos resultados dos ensaios.

5 Aparelhagem

5.1 Sistema de reação

Pode ser utilizado qualquer sistema como carreta, caminhão etc que ofereça reação mínima de 78 a 98KN (8 a 10tf).

A distância entre os apoios do sistema de reação e a periferia da placa deve ser, no mínimo, de 2,40m.

5.2 Macaco hidráulico

Capacidade entre 98 e 196KN (10 e 20tf), que permita a aplicação de pequenos incrementos de carga. Deve ser dotado de manômetro com precisão da ordem de 0,010 MPa (0,1 kgf/cm², aproximadamente).

5.3 Placa de prova

Deve possuir diâmetro de, no mínimo, 76 cm. Recomenda-se a utilização de uma placa circular de aço com diâmetro de 79,9 cm (5000 cm²), com rigidez suficiente para o trabalho a ser executado, conforme Anexo A.

Alternativamente, pode-se utilizar um conjunto de placas superpostas, de rigidez suficiente e área de contato com o subleito ou sub-base de, no mínimo, 5000 cm².

5.4 Defletômetros

Três no mínimo, graduados em 0,01 mm, com curso mínimo de 10 mm.

5.5 Dispositivos de suporte dos defletômetros

- Duas hastes verticais de aço galvanizado com diâmetro $\frac{3}{4}$ " = 19mm e 1,50m de comprimento, fixadas em sapatas metálicas;
- Viga de sustentação das hastes de fixação dos defletômetros, com comprimento mínimo de 5,5m;
- Hastes de fixação deslocáveis nos sentidos horizontal e vertical, com os respectivos suportes.

5.6 Ferramentas

Nível de pedreiro; trena de aço de 2,00m; 1 enxada; 1 picareta; 1 alicate; 1 chave de grifo.

6 Preparo do local do ensaio

Quando a prova de carga for realizada sobre o subleito, deve ser executada uma escavação superficial até a cota desejada, que proporcione uma área com diâmetro em torno de 2,00m (nunca inferior ao dobro do diâmetro da placa).

As áreas de apoio da placa e das sapatas de suporte dos defletômetros devem ser niveladas, colocando-se, posteriormente, um colchão de areia com a menor espessura necessária para formar um apoio uniforme (2 a 5 cm).

7 Montagem

Colocar a placa sobre o colchão de areia, movimentando-a nos dois sentidos de rotação (horário e anti-horário), até que a placa fique convenientemente assentada sobre uma superfície lisa e nivelada.

Colocar o veículo de reação (carreta, caminhão etc) na posição de operação.

Montar o dispositivo de suporte dos defletômetros, colocando suas sapatas com o mesmo procedimento prescrito no primeiro parágrafo deste item.

Fixar os defletômetros na viga de sustentação, formando um triângulo equilátero sobre a placa.

Colocar o macaco hidráulico na posição de carregamento, de forma a permitir a utilização do seu curso máximo, com livre operação e fácil leitura do manômetro e dos defletômetros, que devem estar de frente para o operador.

8 Execução

Ajustar os defletômetros de forma a utilizar os seus cursos máximos.

Aplicar primeiro um carregamento para acomodação da placa, até se observar um deslocamento vertical entre 0,25mm e 0,50mm, descarregando-se em seguida. Esperar a estabilização dos defletômetros. A pressão correspondente a este carregamento denomina-se pressão de adensamento (Pad).

Reajustar a placa com metade do carregamento acima recomendado (correspondente a Pad/2) e registrar as leituras iniciais de referência, após a estabilização dos defletômetros - quando as deflexões registradas não acusarem oscilações maiores que 0,02mm durante 2 minutos consecutivos.

Iniciar o carregamento moderadamente, com oscilações uniformes da alavanca do macaco, até que o incremento da pressão transmitida pela placa seja de 0,015 a 0,020 MPa (0,15 a 0,20 kgf/cm², aproximadamente).

Após a estabilização dos defletômetros, conforme abaixo prescrito, registrar as leituras.

Prosseguir com carregamentos sucessivos até atingir 0,15 a 0,18 MPa (1,5 a 1,8 kgf/cm², aproximadamente), o que deverá proporcionar um número de incrementos suficiente para o traçado preciso da curva "pressão-deslocamento" (6 pontos, no mínimo).

Descarregar lentamente o macaco hidráulico, fazendo duas a três leituras intermediárias de retorno e uma leitura final, para a pressão correspondente às leituras iniciais de referência acima descritas. O recalque final, após a última leitura da fase de descarregamento é chamado recalque residual.

9 Anotações

Além das leituras do manômetro e dos defletômetros, devem ser registradas as seguintes informações:

- identificação da obra e do ponto de ensaio (estaca, km etc);
- tipo de fundação (sub-base, subleito);

- data;
- horário de início e fim das operações;
- condições climáticas;
- identificação dos equipamentos utilizados;
- pessoal empregado;
- quaisquer outras ocorrências que afetem o trabalho.

10 Curva “pressão-deslocamento vertical” e cálculo do coeficiente de recalque

10.1 Curva “pressão-deslocamento”

É obtida plotando-se, nas abscissas, os deslocamentos verticais após cada carregamento (média dos resultados dos três defletômetros) e, nas ordenadas, as pressões correspondentes, transmitidas pela placa.

10.2 Cálculo do coeficiente de recalque do subleito e sub-base não tratadas

Deve ser feito para a pressão correspondente ao deslocamento de 0,127cm (0,05”), exceto quando a

ruptura do terreno ocorrer antes de ser atingido este deslocamento, caso em que se adotará outro valor. Quando a prova de carga for realizada sobre sub-bases estabilizadas com cimento, o coeficiente de recalque deve ser calculado para a pressão de 68,9 kPa (= 0,703 kgf/cm²).

O coeficiente de recalque (k) deverá ser expresso em MPa/m, ou em outras unidades de medida previstas pelo Sistema Internacional de Unidades.

$$k = \frac{P}{w} = \frac{P_{0,127} - \frac{P_{ad}}{2}}{w}$$

onde:

k = coeficiente de recalque;

$P_{0,127}$ = pressão correspondente ao deslocamento de 0,127 cm;

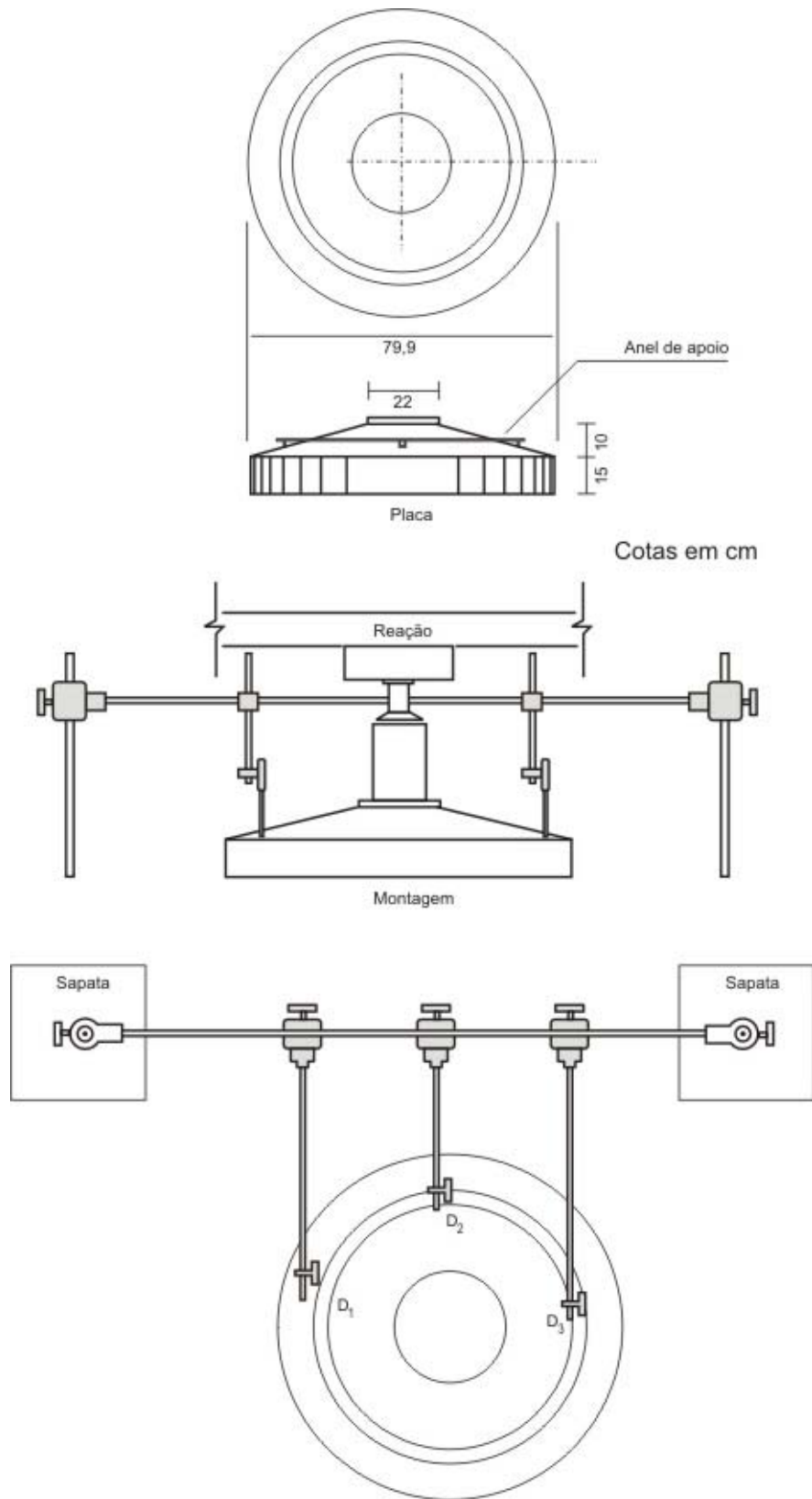
$P_{ad}/2$ = metade da pressão de adensamento (conforme item 8);

w = 0,127cm

_____/Anexo A

Anexo A (normativo)

Representação esquemática dos equipamentos do ensaio



Índice Geral

Abstract	.....	1	Ferramentas	5.6.....	3
Anexo A (normativo) - Representação esquemática dos equipamentos do ensaio	.....	5	Fiscalização	3.4.....	2
Anotações	9.....	3	Índice geral	.....	6
Aparelhagem	5.....	2	Macaco hidráulico	5.2.....	2
Cálculo do coeficiente de recalque do subleito e sub-base não tratadas	10.2.....	4	Montagem	7.....	3
Coeficiente de Recalque, ou Módulo de Reação, ou Módulo de Westergard	3.1.....	2	Objetivo	1.....	1
Curva "pressão-deslocamento"	10.1.....	4	Placa de prova	5.3.....	2
Curva "pressão-deslocamento vertical" e cálculo do coeficiente de recalque	10.....	4	Prefácio	.....	1
Defletômetros	5.4.....	2	Preparo do local de ensaio	6.....	3
Definições	3.....	2	Referências normativas e bibliográficas	2.....	2
Dispositivos de suporte dos defletômetros	5.5.....	3	Referências bibliográficas	2.2.....	2
Escolha dos pontos para realização do ensaio	4.....	2	Referências normativas	2.1.....	2
Execução	8.....	3	Resumo	.....	1
			Sistema de reação	5.1.....	2
			Subleito	3.2.....	2
			Sub-base	3.3.....	2
			Sumário	.....	1
