



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/cm<sup>2</sup> / 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/cm<sup>2</sup>, 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 cm<sup>2</sup>), 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 cm<sup>2</sup>.

#### 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/cm<sup>2</sup>, 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/cm<sup>2</sup>, 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/cm<sup>2</sup>).

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;

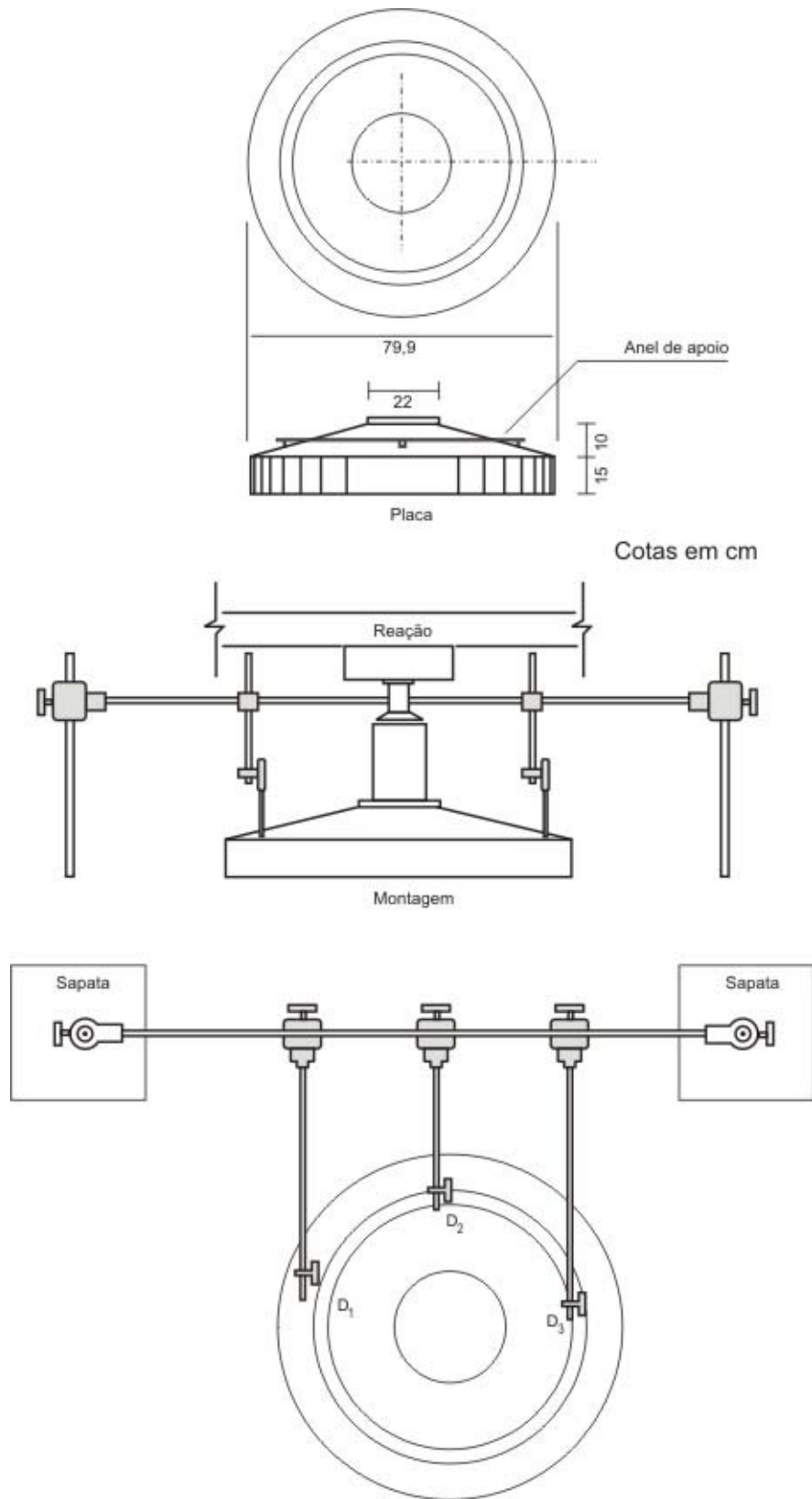
$P_{ad}/2$  = metade da pressão de adensamento (conforme item 8);

$w$  = 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

---