



MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES  
DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES  
DIRETORIA GERAL  
DIRETORIA EXECUTIVA  
INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS  
Rodovia Presidente Dutra, km 163  
Centro Rodoviário – Vigário Geral  
Rio de Janeiro – RJ – CEP 21240-000  
Tel/fax: (0xx21) 3545-4600

Janeiro/2013

NORMA DNIT 164/2013-ME

## Solos – Compactação utilizando amostras não trabalhadas – Método de Ensaio

**Autor:** Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR

**Processo:** 50607.002805/2012-89

**Origem:** Revisão da norma DNER-ME 129/94

**Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na Reunião de 30/01/2013**

*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:

Solos, compactação, ensaio

Nº total de páginas

7

### Resumo

Esta Norma estabelece um método para determinar a correlação entre o teor de umidade e a massa específica aparente do solo seco, quando a fração do solo que passa pela peneira de 19 mm é compactada nas energias de compactação normal, intermediária e modificada, usando amostras não trabalhadas.

### Abstract

This document presents the procedure for determining the relationship between the moisture content and density of soil material passing a 19 mm sieve, when compacted on the normal, intermediate and modified energies and when using undisturbed samples. It describes the apparatus and the required calculations.

### Sumário

Prefácio.....	1
1 Objetivo.....	1
2 Referência normativa.....	1
3 Aparelhagem.....	2
4 Preparação da amostra.....	2
5 Execução do ensaio.....	2
6 Energias de compactação.....	3
7 Cálculos.....	3

8 Resultados.....	4
Anexo A (Normativo).....	5
Índice geral.....	7

### Prefácio

A presente Norma foi preparada pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias - IPR/DIREX para servir como documento base, visando estabelecer os procedimentos para a realização do ensaio de compactação utilizando amostras não trabalhadas de solos. Está formatada de acordo com a norma DNIT 001/2009-PRO e cancela e substitui a norma DNER-ME 129/94.

### 1 Objetivo

Esta Norma fixa um método de determinação da correlação entre o teor de umidade de solo e sua massa específica aparente seca, quando a fração de solo que passa na peneira de 19 mm é compactada nas energias normal, intermediária e modificada, utilizando amostras não trabalhadas.

### 2 Referência normativa

O documento relacionado a seguir é indispensável à aplicação desta Norma. Aplica-se a edição mais recente do referido documento (incluindo emendas).

NBR NM ISO 3310-1: Peneiras de ensaio – Requisitos técnicos e verificação – Parte 1. Peneiras de ensaio com tela de tecido metálico.

### 3 Aparelhagem

A aparelhagem necessária é a seguinte:

- a) molde cilíndrico metálico de 15,24 cm  $\pm$  0,05 cm de diâmetro interno e 17,78 cm  $\pm$  0,02 cm de altura, com entalhe superior externo em meia espessura; cilindro complementar com 6,08 cm de altura e com o mesmo diâmetro do molde, com entalhe inferior interno em meia espessura e na altura de 1 cm; e base metálica com dispositivo de fixação ao molde cilíndrico e ao cilindro complementar, tudo conforme a Figura 1 do Anexo A. O molde cilíndrico e o complementar devem ser constituídos do mesmo material;
- b) disco espaçador metálico de 15,00 cm  $\pm$  0,05 cm de diâmetro e de altura igual a 6,35 cm  $\pm$  0,02 cm, conforme Figura 2 do Anexo A;
- c) soquete metálico cilíndrico, de face interior plana de diâmetro igual a 5,08 cm  $\pm$  0,01 cm, massa de 4,536 kg  $\pm$  0,01 kg, e com a altura de queda igual a 45,72 cm  $\pm$  0,15 cm, conforme Figura 3 do Anexo A. A camisa cilíndrica do soquete deve possuir, pelo menos, 4 (quatro) orifícios de 1 cm de diâmetro, em cada extremidade, separados entre si de 90° e aproximadamente a 20 cm das extremidades. Instrumental mecanizado para desempenho das mesmas funções pode ser usado, devendo para esse fim ser sempre ajustada a altura de queda do soquete, por meio de dispositivo regulador próprio, para aplicação dos golpes;
- d) extrator de amostra do molde cilíndrico, para funcionamento por meio de macaco hidráulico, com movimentos verticais alternados de uma alavanca;
- e) balança com capacidade de 20 kg, com sensibilidade de 1 g;
- f) balança com capacidade de 1 kg, com sensibilidade de 0,1 g;
- g) estufa capaz de manter a temperatura a 110°C  $\pm$  5°C;
- h) almofariz e mão de gral recoberta de borracha, com capacidade para 5 kg de solo;
- i) régua de aço biselada, rija, de cerca de 30 cm de comprimento;
- j) repartidor de amostras de 5,0 cm de abertura;
- k) cápsulas de alumínio com tampa, ou de outro material adequado, capaz de impedir a perda de umidade durante a pesagem;
- l) peneiras de 50 mm, 19 mm e 4,8 mm, conforme NBR NM ISO 3310-1:2010;
- m) proveta graduada, com capacidade para 1 000 ml; ,
- n) papel de filtro circular com 15 cm de diâmetro;
- o) acessórios, tais como bandeja, espátula, colher de pedreiro etc. Pode ser utilizado dispositivo mecânico que permita realizar a mistura do solo para cada acréscimo de umidade.

### 4 Preparação da amostra

**4.1** A amostra de solo, como recebida, é seca ao ar, destorroada no almofariz pela mão de gral, homogeneizada e reduzida com o auxílio do repartidor de amostras ou por quartearamento, até se obter uma amostra representativa de, aproximadamente, 6 kg para solos siltosos ou argilosos e 7 kg para solos arenosos ou pedregulhosos. A secagem também pode ser realizada por aparelhagem apropriada, desde que a temperatura não exceda 60°C.

**4.2** A amostra representativa é passada, a seguir, na peneira de 19 mm. Havendo material retido nessa peneira, deve ser procedida a substituição do mesmo por igual quantidade em massa do material passando na peneira de 19 mm e retido na peneira de 4,8 mm, obtida de amostra representativa conforme subseção 4.1. A operação descrita nesta subseção 4.2 deve ser realizada após eliminação prévia do agregado retido na peneira de 50 mm, caso exista.

**4.3** Repetem-se as operações referidas nas subseções 4.1 e 4.2 tantas vezes quantos corpos de prova tiverem de ser moldados e, no mínimo, cinco vezes.

### 5 Execução do ensaio

**5.1** Fixar o molde à base metálica, ajustar o cilindro ou cubo de concreto com massa igual ou superior a 90 kg. Coletar duas cápsulas de solo úmido, quando siltosos ou argilosos, e uma cápsula para solos arenosos e/ou pedregulhosos, determinar a massa destas amostras úmidas e secar em estufa numa temperatura de 110°C  $\pm$  5°C, até constância de massa; fazer as determinações de massas com a aproximação de 0,01 g e tomar a média como umidade representativa do corpo

de prova compactado. Compactar o solo no molde com o disco espaçador especificado na alínea “b” da seção 3 desta Norma, como fundo falso, em cinco camadas iguais, de forma a se obter uma altura total do corpo de prova de cerca de 12,5 cm após a compactação.

**5.2** Aplicar em cada camada golpes com o soquete caindo de 45,72 cm, distribuídos uniformemente sobre a superfície da camada. Por ocasião da compactação deve ser assente, previamente, sobre o disco espaçador um papel de filtro circular de 15 cm de diâmetro.

**5.3** Remover o cilindro complementar, tomando-se o cuidado de destacar com a espátula o material a ele aderente. Com a régua de aço biselada rasar o excesso de material na altura exata do molde e determinar, com aproximação de 1 g, a massa do material úmido compactado mais a do molde. Por subtração da massa do molde se determina a massa do material úmido compactado ( $P'_h$ ).

**5.4** Repetir as operações referidas nas subseções 5.1, 5.2 e 5.3 para teores crescentes de umidade, utilizando amostras de solo não trabalhadas, tantas vezes quantas necessárias para concretizar a curva de compactação do material e, no mínimo, cinco vezes.

Nota: Os corpos de prova moldados (conjunto cilindro + solo úmido compactado) deverão ser utilizados nos ensaios de expansão e penetração, para determinação do Índice de Suporte Califórnia.

## 6 Energias de compactação

### 6.1 Método A - Normal

Realizar todas as operações indicadas nas seções 4 e 5 desta Norma, sendo que, para o especificado na subseção 5.2, quanto ao número de golpes, aplicar 12 golpes por camada.

### 6.2 Método B - Intermediária

Realizar todas as operações indicadas nas seções 4 e 5 desta Norma, sendo que, para o especificado na subseção 5.2 quanto ao número de golpes, aplicar 26 golpes por camada.

### 6.3 Método C - Modificada

Realizar todas as operações indicadas nas seções 4 e 5 desta Norma, sendo que, para o especificado nas subseções 5.2, referente a número de golpes, aplicar 55 golpes por camada.

## 7 Cálculos

### 7.1 Teor de umidade

A partir do ensaio descrito na subseção 5.1 calcular os teores de umidade ( $h$ ) referentes a cada compactação, pela fórmula:

$$h = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100$$

onde:

$h$  - teor de umidade em percentagem;

$P_h$  - massa da amostra úmida, como obtida em 5.1;

$P_s$  - massa da amostra seca em estufa na temperatura de  $110^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ , até constância de massa.

### 7.2 Massa específica aparente do solo seco compactado

a) Calcular primeiramente a massa específica aparente do solo úmido, após cada compactação, pela fórmula:

$$Y_h = \frac{P'_h}{V}$$

onde:

$Y_h$  - massa específica aparente do solo úmido, em  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;

$P'_h$  - massa do solo úmido compactado, obtida como indicado na subseção 5.3, em g;

$V$  - volume do solo compactado, em  $\text{cm}^3$  (capacidade do molde).

b) Determinar, a seguir, a massa específica aparente do solo seco, após cada compactação, pela fórmula:

$$Y_s = Y_h \times \frac{100}{100 + h}$$

onde:

$\gamma_s$  - massa específica aparente do solo seco, em g/cm<sup>3</sup>;

$\gamma_h$  - massa específica aparente do solo úmido, em g/cm<sup>3</sup>;

$h$  - teor de umidade do solo compactado, em percentagem, obtido conforme subseção 7.1.

## 8 Resultados

### 8.1 Curva de compactação

A curva de compactação deve ser desenhada marcando-se, em ordenadas, as massas específicas aparentes

do solo seco ( $\gamma_s$ ) e, em abscissas, os teores de umidade correspondentes ( $h$ ).

### 8.2 Massa específica aparente máxima do solo seco

Este valor é determinado pela ordenada máxima da curva de compactação.

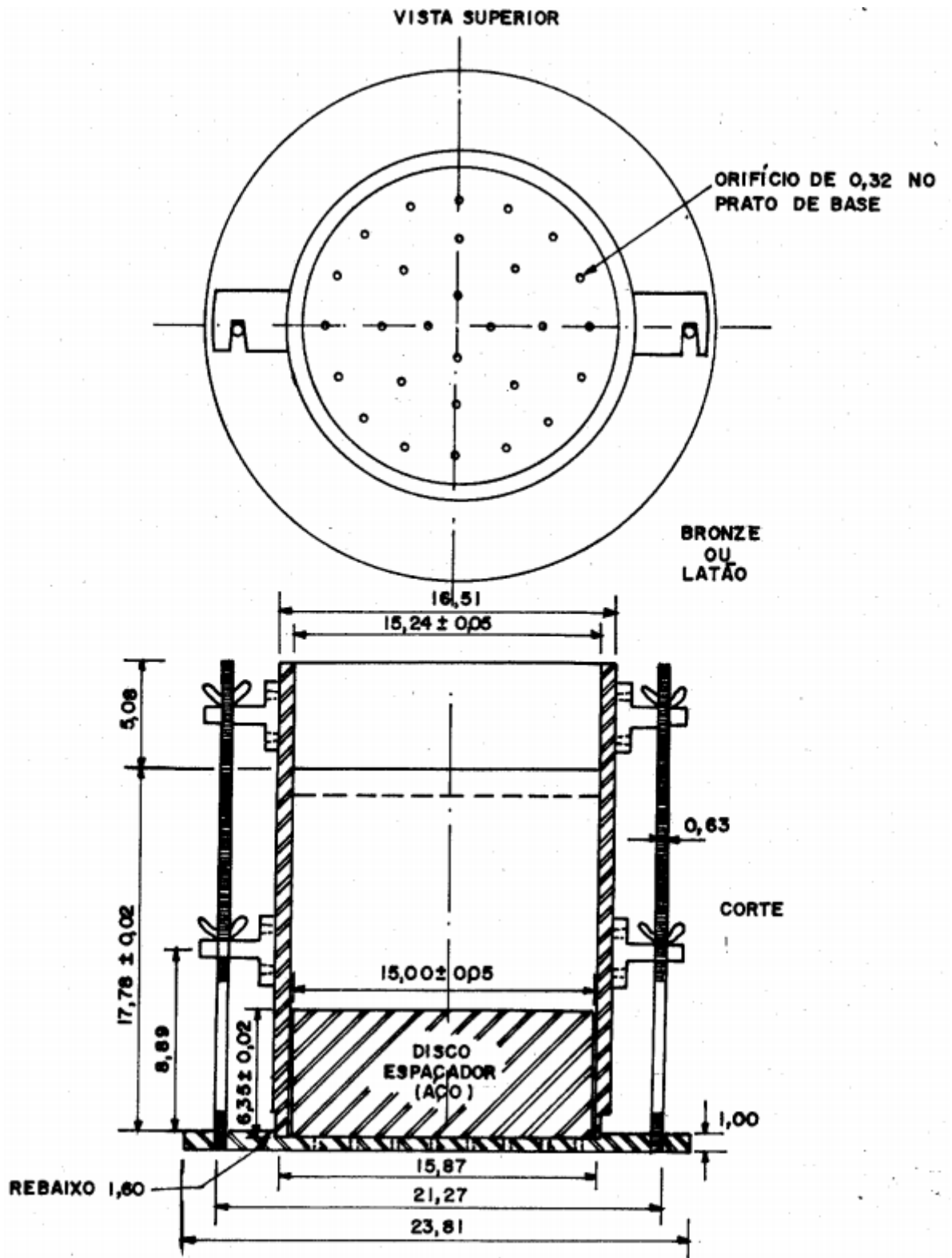
### 8.3 Umidade ótima

Valor da abscissa correspondente, na curva de compactação, ao ponto da massa específica aparente máxima do solo seco.

\_\_\_\_\_/Anexo A

Anexo A (normativo)

Figura 1 – Molde cilíndrico, cilindro complementar e base metálica



Dimensões em cm

FIGURA 2 - DISCO ESPAÇADOR

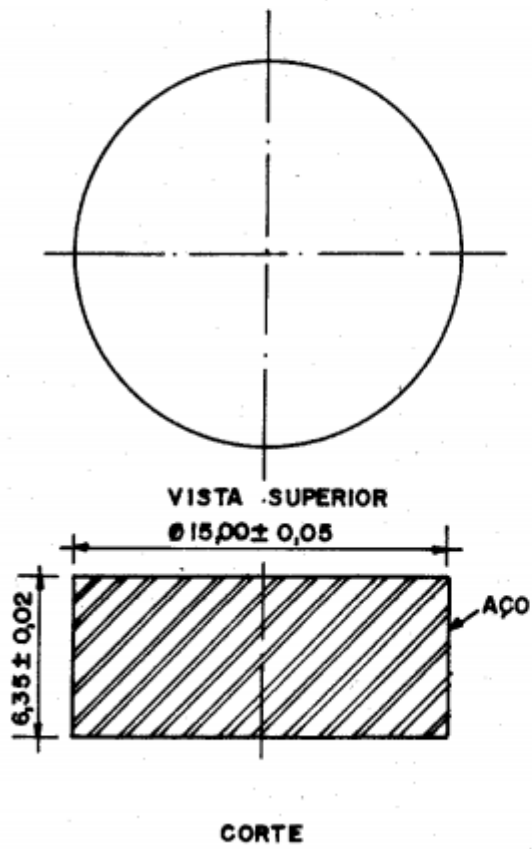
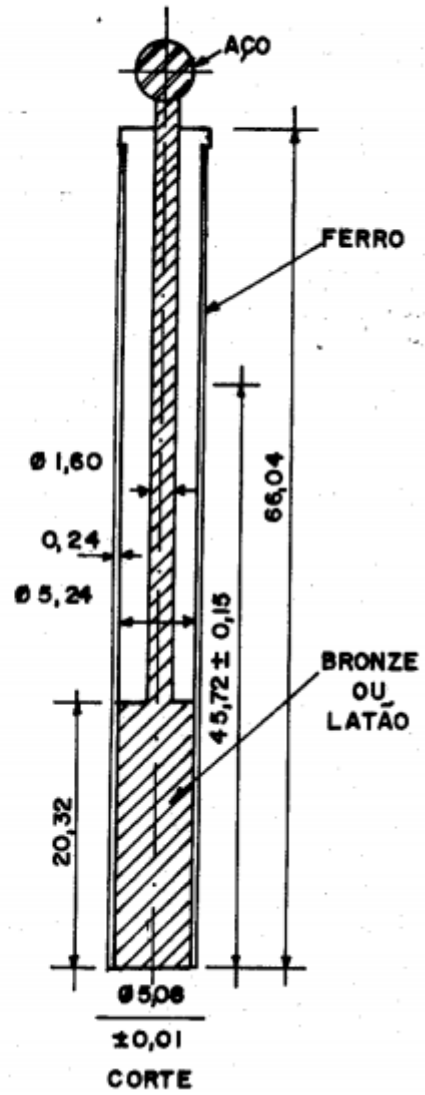


FIGURA 3 - SOQUETE



Dimensões em cm

## Índice Geral

Abstract	.....	1	Método B – Intermediária	6.2.....	3
Anexo A (normativo) Figuras	.....	5	Método C – Modificada	6.3.....	3
Aparelhagem	3.....	2	Objetivo	1.....	1
Cálculos	7.....	3	Prefácio	.....	1
Curva de compactação	8.1.....	4	Preparação da amostra	4.....	2
Energias de compactação	6.....	3	Referência normativa	2.....	1
Execução do ensaio	5.....	2	Resultados	8.....	4
Índice geral	.....	7	Resumo	.....	1
Massa específica aparente do solo seco compactado	7.2.....	3	Sumário	.....	1
Massa específica aparente máxima do solo seco	8.2.....	4	Teor de umidade	7.1.....	3
Método A – Normal	6.1.....	3	Umidade ótima	8.3.....	4

---