PREFEITURA DO RECIFE

	DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA	
SECRETARIA DE SERVIÇOS PÚBLICOS	EMITENTE **EMPRESA DE MANUTENÇÃO E LIMPEZA URBANA**	
REFERÊNCIA VOLUME 12 / ME-15	ASSUNTO: **MÉTODOS DE ENSAIOS PARA PAVIMENTAÇÃO** ENSAIO DE COMPACTAÇÃO DE SOLO-CIMENTO	DATA 2003

ME-15

MÉTODOS DE ENSAIO

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO DE SOLO-CIMENTO

DOCUMENTO DE CIRCULAÇÃO EXTERNA

	DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA	
SECRETARIA DE SERVIÇOS PÚBLICOS	EMITENTE **EMPRESA DE MANUTENÇÃO E LIMPEZA URBANA**	
REFERÊNCIA VOLUME 12 / ME-15	ASSUNTO: **MÉTODOS DE ENSAIOS PARA PAVIMENTAÇÃO** ENSAIO DE COMPACTAÇÃO DE SOLO-CIMENTO	DATA 2003

ÍNDICE **PÁG.**

1. INTRODUÇÃO 3

2. OBJETIVO 3

3. REFERÊNCIAS E NORMAS COMPLEMENTARES 3

4. APARELHAGEM 4

5. MÉTODO A 6

6. MÉTODO B 8

7. CÁLCULOS 10

8. RESULTADOS 12

1. INTRODUÇÃO

Este método de ensaio adotado pela PCR tem por base o método SC-1 descrito no documento ET-35 - Dosagem das misturas de solo-cimento, de 1986 da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland).

2. OBJETIVO

Este método fixa o modo pelo qual se determina a correlação entre o teor de umidade e a massa específica aparente seca de uma mistura de solo e cimento, com um teor de cimento determinado, quando compactada conforme o processo especificado.

Dependendo da granulometria do solo, dois métodos são empregados:

a) Método A – usando material que passe na peneira de 4,8 mm. Este método será usado quando toda a amostra original de solo passar na peneira de 4,8 mm;

b) Método B – usando material que passe na peneira de 19 mm. Este método será usado quando parte da amostra original de solo ficar retida na peneira de 4,8 mm.

3. REFERÊNCIAS E NORMAS COMPLEMENTARES

Para a utilização deste método de ensaio é necessário consultar:

- NBR-NM-ISO 2395:97 – Peneiras de Ensaio e Ensaio de Peneiramento – Vocabulário;

- NBR-NM-ISO 3310-1:97 – Peneiras de Ensaio – Requisitos Técnicos e Verificação – Parte 1 – Peneiras de Ensaio com Tela de Tecido Metálico;

- NBR-NM-ISO 3310-2:97 – Peneiras de Ensaio – Requisitos Técnicos e Verificação – Parte 2 – Peneiras de Ensaio com Chapa Metálica Perfurada.

- ME-06 – Método de Ensaio – Análise Granulométrica de Solos, da PCR.

- ME-16 – Método de Ensaio – Moldagem de Corpos de Prova de Solo-cimento, da PCR.

- ES-T04 – Diretrizes Executivas de Serviços – Aterros de Solo-cimento, da PCR.

- ES-P08 – Diretrizes Executivas de Serviços – Base de Solo-cimento, da PCR.

4. APARELHAGEM

Para a execução do ensaio é necessário dispor de:

a) Repartidor de amostras;

b) Balança que permita pesar nominalmente 10 kg, com precisão de 1 g;

c) Balança que permita pesar nominalmente 210 g, com precisão de 0,01 g;

d) Peneiras de 4,8 e 19 mm, de acordo com as seguintes normas: NBR-NM-ISO 2395:97, NBR-NM-ISO 3310-1:97 e NBR-NM-ISO 3310-2:97;

e) Recipientes de material adequado, que permitam guardar pequenas amostras sem perda de umidade;

f) Estufa capaz de manter a temperatura entre 105°C e 110°C;

g) Bandejas de folha de 750 mm x 500 mm x 50 mm;

h) Régua de aço biselada de 300 mm de comprimento;

i) espátulas;

j) Molde cilíndrico metálico com base e dispositivo complementar de mesmo diâmetro - colarinho (as dimensões a serem respeitadas estão indicadas na figura 1);

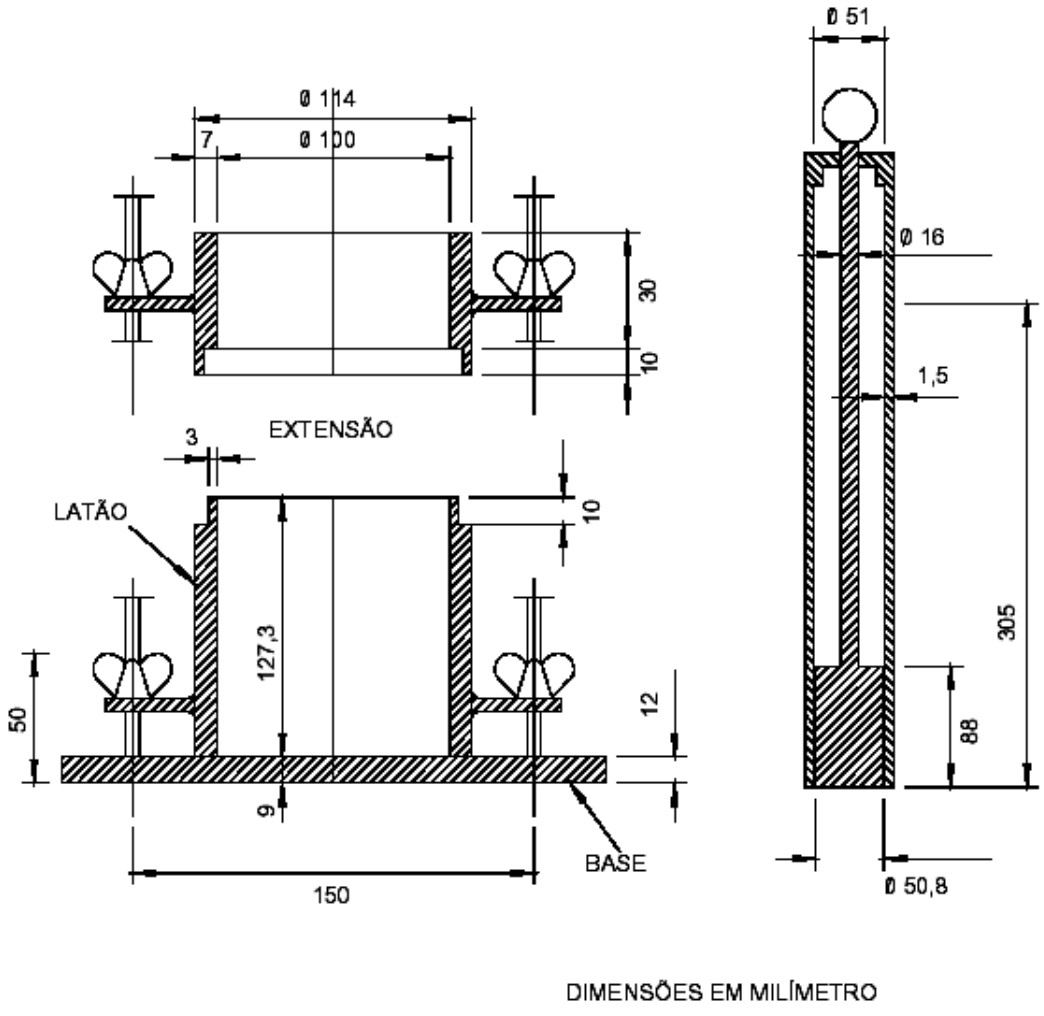

Figura 1
Dimensões do molde e do soquete metálico

k) Soquete cilíndrico metálico de 50 mm de diâmetro, de face inferior plana e massa de 2.500 g, equipado com dispositivo para controle de altura de queda de 305 mm.

5. MÉTODO A

5.1 AMOSTRA

a) Preparar a amostra de solo pulverizando-a e passando-a na peneira de 4,8 mm. Quando necessário, pode-se secar a amostra ao ar, até que se torne destorroável no almofariz sob a ação de mão-de-gral recoberta de borracha;

b) Separar, com o repartidor de amostras ou pelo quarteamento, cerca de 3 kg de material, cuja massa é determinada com precisão de 1 g. Desta massa é descontada a massa de água levada pela amostra, por determinação prévia do teor de umidade;

c) Pesar, com precisão de 1 g, uma quantidade de cimento Portland que, em relação à massa do solo separado, mantenha o teor de cimento em massa desejado.

O teor de cimento em massa é expresso, em porcentagem, pela relação entre a massa de cimento e a massa de solo seco.

5.2 ENSAIO

a) Adicionar o cimento ao solo e misturar até obter uma coloração uniforme. Quando necessário, adicionar água em quantidade suficiente para elevar o teor de umidade a, aproximadamente, 4 ou 6 pontos porcentuais abaixo da umidade ótima prevista;

b) Compactar a mistura no molde fixado na sua base metálica e com a extensão ajustada de modo a se ter uma altura total de cerca de 13 cm. A compactação deve ser feita em três camadas iguais, recebendo cada uma 25 golpes do soquete, caindo livremente de 305 mm, distribuídos uniformemente sobre a superfície da camada. Durante a compactação, o molde deve estar apoiado numa base plana e firme;

c) Remover a extensão, tendo antes o cuidado de destacar, com o auxílio de uma faca, o material a ela aderente. Com uma régua rígida, rasar o material na altura exata do molde;

d) Determinar a massa do conjunto, com precisão de 1 g e subtrair a massa do molde anteriormente determinada. A massa assim obtida será anotada como massa do corpo--de-prova úmido (M_h);

e) O material compactado é removido do molde e cortado verticalmente. Do seu interior é retirada uma amostra de cerca de 80 g para determinação da umidade. Determinar sua massa e secar em estufa, à temperatura entre 105°C - 110°C, até constância de massa; as determinações são feitas com precisão de 0,05 g;

f) Destorroar o corpo-de-prova de modo que todo o material possa passar na peneira de 4,8 mm e misturá-lo com o remanescente da amostra. Adicionar água em quantidade suficiente para aumentar o teor de umidade de 1 a 2 pontos porcentuais e homogeneizar a mistura;

g) Repetir as operações descritas nas alíneas b a f para cada incremento de água. Essas operações deverão ser repetidas, com teores crescentes de umidade, tantas vezes quantas necessárias para caracterizar a curva de compactação (figura 2).

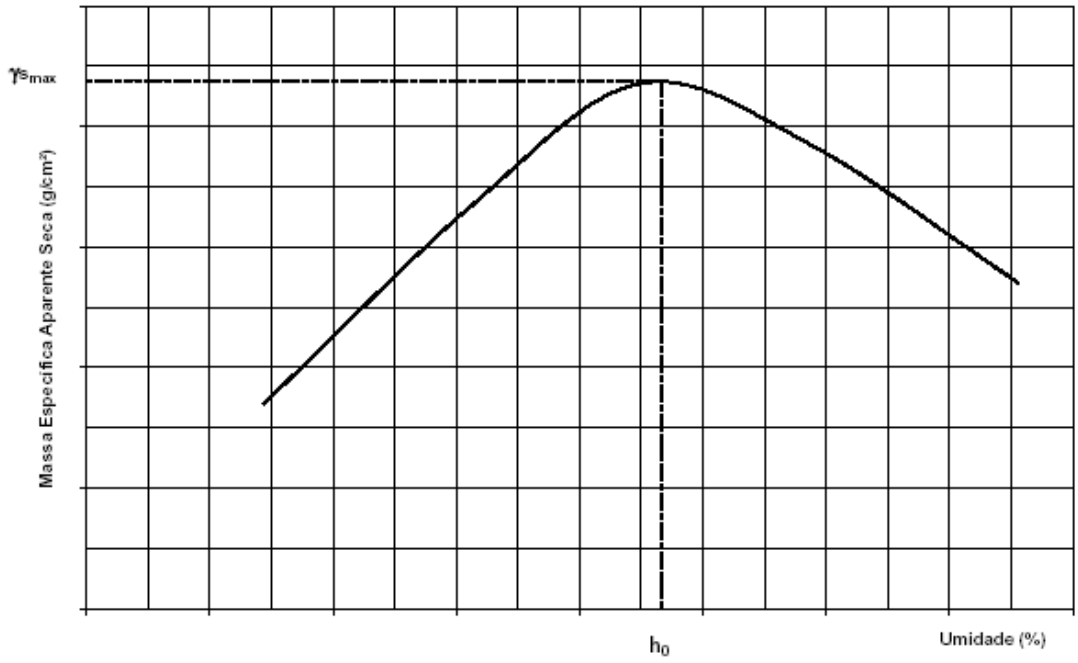

Figura 2

Curva de compactação

Este método tem-se mostrado satisfatório na maioria dos casos; entretanto, quando o solo é frágil e tem seus grãos reduzidos significativamente de tamanho em virtude da repetida compactação, deve-se usar uma mistura com amostra não trabalhada para cada ponto da curva de compactação.

6. MÉTODO B

6.1 AMOSTRA

a) Preparar a amostra de solo, separando os agregados retidos na peneira de 4,8 mm e pulverizando o material que passa nesta peneira. Quando necessário, pode-se secar a amostra ao ar, até que se torne destorroável no almofariz sob a ação da mão-de-gral recoberta de borracha;

b) Passar a amostra nas peneiras de 76 mm, 19 mm e 4,8 mm. Abandonar o material retido na peneira de 76 mm (a maioria das especificações para construção de solocimento limita o tamanho máximo característico do material em 76 mm);

c) Determinar as porcentagens de material retido nas peneiras de 19 mm e 4,8 mm, quando não for conhecida a granulometria da amostra. Saturar o agregado que passa na peneira de 19 mm e fica retido na peneira de 4,8 mm, colocando-o em imersão durante 24 horas;

d) Determinar a massa e manter separadas amostras representativas do solo que passa na peneira de 4,8 mm e de agregados saturados e superficialmente secos, que passam na peneira de 19 mm e ficam retidos na peneira de 4,8 mm, de maneira que a massa total das duas amostras seja de cerca de 5 kg. A porcentagem de agregados que passa na peneira de 19 mm e fica retida na de 4,8 mm deve ser igual à porcentagem do material que passa na peneira de 76 mm e fica retido na de 4,8 mm na amostra original.

Na determinação das massas, deve-se levar em consideração a umidade do solo e a absorção do pedregulho;

e) Pesar uma quantidade de cimento Portland, de maneira a ter-se, em relação à massa seca da amostra do solo, o teor de cimento em massa desejado.

6.2 ENSAIO

a) Adicionar o cimento na porção do solo que passa na peneira de 4,8 mm e misturar até obter uma coloração uniforme. Quando necessário, adicionar água em quantidade suficiente para elevar o teor de umidade a aproximadamente 4 ou 6 pontos porcentuais abaixo da umidade ótima prevista. Adicionar, a seguir, o agregado saturado e superficialmente seco e misturar até homogeneização;

b) Compactar a mistura conforme o descrito na alínea 5.2.b;

c) Ao remover a extensão, retirar todas as partículas que ficarem acima da superfície superior do molde, corrigindo as irregularidades desta com material fino, de modo a obtê-la lisa e nivelada;

d) Pesar o conjunto e anotar a massa do corpo-de-prova úmido (M_h);

e) Remover o material do molde conforme descrito na alínea 5.2.c, coletando em recipiente apropriado cerca de 500 g de material para determinação da umidade;

f) Destorroar o corpo-de-prova de modo que todo o material passe na peneira de 19 mm, e que pelo menos 90% das partículas menores que 4,8 mm passem nesta peneira.

Misturar o material destorroado com o remanescente da mistura, adicionar água em quantidade suficiente para aumentar o teor de umidade de 1 a 2 pontos porcentuais e homogeneizá-la;

g) Repetir as operações descritas nas alíneas b a f, para cada incremento de água. Essas operações deverão ser repetidas, com teores crescentes de umidade, tantas vezes quantas necessárias para caracterizar a curva de compactação (Figura 2).

7. CÁLCULOS

a) O teor de umidade de cada corpo-de-prova moldado é obtido pela fórmula:

$$h = \frac{M_{bh} - M_{bs}}{M_{bs} - M_c} x100$$

onde:

h = teor de umidade;

M_{bh} = massa da amostra úmida e da cápsula que a contém;

M_{bs} = massa da amostra seca em estufa à temperatura entre 105°C e 110°C e da cápsula que a contém;

M_c = massa da cápsula.

b) A massa seca de cada corpo-de-prova moldado é obtida pela fórmula:

$$M_s = \frac{M_h}{100 + h} x100$$

onde:

M_s = massa seca do corpo-de-prova;

M_h = massa úmida do corpo-de-prova.

c) A massa específica aparente seca do material, para cada umidade de compactação, é obtida pela fórmula:

$$ã_s = \frac{M_s}{V}$$

onde:

$ã_s$ = massa específica aparente seca do corpo-de-prova;

V = volume do corpo-de-prova compactado (volume do molde).

8. RESULTADOS

Calculados o teor de umidade e a massa específica aparente seca de cada corpo-de-prova moldado, marcar os resultados num gráfico, os teores de umidade em abscissas e as massas específicas aparentes secas em ordenadas. À curva determinada pelos diversos pontos dá-se o nome de curva de compactação (Figura 2).

Ao teor de umidade correspondente ao ponto máximo da curva de compactação dá-se o nome de umidade ótima.

À massa específica aparente seca correspondente à umidade ótima dá-se o nome de massa específica aparente seca máxima.