

MT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM**Solos compactados em equipamento miniatura - Mini-MCV**

Norma rodoviária

Método de Ensaio

DNER-ME 258/94

p. 01/14

RESUMO

Este documento, que é uma norma técnica, contém um procedimento de compactação dinâmica de solos passando na peneira de 2 mm de abertura, realizado em laboratório, com corpos-de-prova tipo miniatura, de 50 mm de diâmetro, denominado Mini-MCV. São determinados coeficientes empíricos utilizados na caracterização e classificação de solos tropicais. Prescreve a aparelhagem, cálculos e condições para a obtenção dos resultados.

ABSTRACT

This document presents the procedure for determination of the dynamic compaction of soils passing the sieve with 2 mm openings, molded in miniature cylinder, with 50 mm diameter, denominated Mini-MCV. Empirical coefficients are determined, used for characterization and classification of tropical soils. It prescribes the apparatus, calculations and condition for the obtention of results.

SUMÁRIO

- 0 Apresentação
 - 1 Objetivo
 - 2 Referências
 - 3 Definições
 - 4 Aparelhagem
 - 5 Aferição
 - 6 Amostragem
 - 7 Preparação da amostra
 - 8 Ensaio
 - 9 Cálculos
 - 10 Resultados
- Anexo normativo A-1, A-2, A-3, A-4, A-5
- Anexo normativo B-1, B-2

Reprodução permitida desde que citado o DNER como fonte

Macrodescriptores MT: ensaio, ensaio em laboratório, ensaio de solo, equipamento de ensaio**Microdescriptores DNER:** compactação, ensaio, ensaio de compactação, ensaio de laboratório, ensaio de solo, equipamento de compactação, solo (estado natural)**Palavras-chave IRRD/IPR:** compactação (3686), ensaio (6255), equipamento (3674), método de ensaio (6288), solo (4156)**Descriptores SINORTEC:** ensaio, ensaio de compactação, ensaio de laboratório, ensaio de solo, equipamento de ensaio do solo

Aprovada pelo Conselho de Administração em 09/02/90

Resolução nº -/- Sessão nº CA/ 6/90

Processo nº 51100013394/93-6

Autor : DNER/DrDTc (IPR)

Adaptação da DNER-ME 258/90 à DNER-PRO 101/93,
aprovada pela DrDTc em 13/04/94.

0 APRESENTAÇÃO

DNER-ME 258/94
p. 02/14

Esta Norma decorreu da necessidade de se adaptar, quanto à forma, a DNER-ME 258/90 à DNER-PRO 101/93, mantendo-se inalterável o seu conteúdo técnico.

1 OBJETIVO

Determinar coeficientes empíricos que são utilizados na caracterização e classificação de solos tropicais que passam na peneira de 2 mm de abertura.

2 REFERÊNCIAS

2.1 Normas complementares

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

- a) ABNT EB-22, de 1988, registrada no SINMETRO como NBR-5734, designada Peneiras para ensaio;
- b) DNER-PRO 007/94 - Coleta de amostras deformadas de solo;
- c) DNER-ME 228/94 - Compactação de solos em equipamento miniatura.

2.2 Referências bibliográficas

No preparo desta Norma foram consultados os seguintes documentos:

- a) DNER-ME 258/90, designado Mini MCV de solos compactados em equipamento miniatura;
- b) DNER-ME 129/89 - Compactação de solos;
- c) Nogami, J.S., Villibor, D.F. (1981). Caracterização e classificação gerais de solos para pavimentação. Limitação do método tradicional. Apresentação de uma nova sistemática. XV reunião anual de pavimentação. DER-MG, ABPv, Belo Horizonte;
- d) Parsons, A.W. (1976). The rapid measurement of the moisture condition of earthwork material. Report LR-750. Transport and Road Research Laboratory, U.K.

3 DEFINIÇÕES

Para os fins desta Norma são adotadas as seguintes definições:

3.1 Curva Mini-MCV

Aquela obtida representado-se num gráfico de eixos ortogonais, no eixo das abscissas, em escala logarítmica, o número de golpes; no eixo das ordenadas, em escala linear, o valor de an dado pela fórmula abaixo:

$$a_n = A_n - A_{4n}$$

onde A_n é a altura do corpo-de-prova após o número de golpes n , e A_{4n} a altura do corpo-de-prova após $4n$ golpes.

3.2 Mini-MCV

Valor obtido pela expressão:

$$\text{Mini-MCV} = 10 \log B_n$$

onde \log é o logaritmo de base decimal e B_n é o número de golpes que resulta da interseção da curva Mini-MCV com a reta de equação $a_n = 2 \text{ mm}$ (ver Anexo B-2).

3.3 Curva umidade de compactação = f (Mini-MCV)

Aquela obtida, representando em gráfico de eixos ortogonais, os valores de Mini-MCV, em abscissas, e as umidades de compactação em ordenadas (curva 1 do Anexo B-2).

4 APARELHAGEM

Aparelhagem e material necessários:

- 4.1 Compactador miniatura e acessórios constituídos de:
 - 4.1.1 Armação constituída de base, placa superior, placa inferior e hastes, conforme Anexo A-1.
 - 4.1.2 Soquetes cilíndricos de aço, tipos leve e pesado, ambos com altura de queda de 30,5 cm, respectivamente com 2 270 g e 4 540 g, com sapatas de 49,8 mm de diâmetro, conforme Anexo A-2.
 - 4.1.3 Dispositivo de alavanca para extração de corpos-de-prova, conforme Anexo A-3.
 - 4.1.4 Moldes cilíndricos de compactação, de aço inoxidável, latão ou bronze, conforme Anexo A-1.
 - 4.1.5 Dispositivo para prender o extensômetro, conforme Anexo A-4.
 - 4.1.6 Extensômetro com curso mínimo de 50 mm, graduado em 0,01 mm e provido de contagiros.
 - 4.1.7 Cilindro padrão de aço, com diâmetro de 49,8 mm, de faces perfeitamente paralelas e polidas, com altura de 50 mm.
 - 4.1.8 Base de concreto de cerca de 35 cm x 35 cm x 60 cm (altura).
 - 4.1.9 Funil, com o bocal maior de cerca de 15 cm de diâmetro; bocal menor com 4,5 cm de diâmetro e altura de cerca de 25 cm.
 - 4.1.10 Assentador cilíndrico, com 49 mm de diâmetro e comprimento de cerca de 90 mm, de preferência de madeira com elevada resistência.
 - 4.1.11 Espaçadores, de aço tipo meia-cana, com alturas de 70 mm e raio interno de 25 mm, para fixação inicial dos moldes de compactação, conforme anexo A-1.
 - 4.1.12 Anéis de vedação, de latão, bronze ou aço inoxidável, com 50 mm de diâmetro e seção triangular isosceles; catetos de 2,5 mm (um paralelo ao eixo do molde e outro perpendicular ao mesmo), com um corte transversal, conforme Anexo A-2.
- 4.2 Dispositivo para medida de altura do corpo-de-prova compactado, provido de extensômetro com curso mínimo de 10 mm, leitura direta de 0,01 mm, conforme Anexo A-5.
- 4.3 Balança com capacidade de 1 kg, com sensibilidade de 0,1 g.
- 4.4 Estufa capaz de manter a temperatura a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 4.5 Cápsula de alumínio com tampa, ou outro material adequado, capaz de impedir a perda de umidade durante a pesagem.
- 4.6 Peneira de 2 mm de abertura, conforme 2.1.a.
- 4.7 Tabuleiro de chapa de ferro galvanizado, com 50 cm x 30 cm x 6 cm.
- 4.8 Almofariz com capacidade de cerca de 5 litros e mão de gral recoberta de borracha.

- 4.9 Bacia plástica com capacidade de 3 litros.
- 4.10 Saco de polietileno, ou recipiente plástico com tampa, herméticamente vedado, com capacidade de cerca de 2 litros.
- 4.11 Recipiente para pesagem de solo, com cerca de 250 ml de capacidade.
- 4.12 Disco de polietileno de 0,2 mm de espessura e diâmetro de 50 mm.
- 4.13 Vaselina sólida.
- 4.14 Folha de ensaio, conforme modelo constante no Anexo B-1.

5 AFERIÇÃO

O aparelho de compactação miniatura deve ser aferido, para efeito da determinação da altura do corpo-de-prova do seguinte modo:

- 5.1 Colocar sobre o pistão do compactador os discos de polietileno e o cilindro padrão, de maneira que este fique muito bem centrado.
- 5.2 Colocar o soquete a ser utilizado sobre a superfície superior do cilindro padrão, centrando-o também da maneira mais perfeita possível.
- 5.3 Assentar o suporte do extensômetro sobre a placa superior da armação de compactação, de modo que a haste móvel do extensômetro fique perfeitamente centrada sobre a haste do soquete.
- 5.4 Calcular a constante de aferição K_a do conjunto compactador-soquete pela fórmula:

$$K_a = A_c \pm L_a$$

onde A_c é a altura do cilindro padrão em 0,01 mm, e L_a a leitura do extensômetro a que se refere o item 5.3 acima, em 0,01 mm. Utilizar o sinal positivo da fórmula quando o extensômetro for colocado de cabeça para baixo e o sinal negativo, no caso contrário.

- 5.5 Para facilitar cálculos e registros de dados, utilizar como unidade o centésimo de milímetro.

6 AMOSTRAGEM

A amostra deve ser coletada de acordo com a Norma DNER-PRO 007/78 - Coleta de amostras deformadas de solo, na quantidade mínima de 2 500 g de fração passando na peneira de 2 mm.

7 PREPARAÇÃO DA AMOSTRA

7.1 Acomodar a amostra recebida em um tabuleiro, destorroar, homogeneizá-la e secar ao ar, revolvendo-a periodicamente até que atinja um teor de umidade próximo à higroscópica. A secagem pode ser realizada por aparelhagem de secagem, desde que a temperatura não exceda a 60 °C.

7.2 Passar em seguida o solo na peneira de 2 mm, destorroando as frações retidas com uso de almofariz e mão de gral de porcelana revestida de borracha. Determinar a percentagem correspondente à fração retida e rejeitá-la.

7.3 Obter, no mínimo, a quantidade de material passando na peneira de 2 mm, conforme discriminado no item 6 e homogeneizá-la muito bem.

7.4 Pesar a porção obtida conforme item 7.3, e retirar uma fração para determinação do teor de umidade, para eventual uso nos cálculos da percentagem de fração retida na peneira de 2 mm, e para orientação das umidades a adicionar nas porções a compactar.

7.5 Obter em seguida 5 (cinco) porções com cerca de 500 g e adicionar, a cada uma delas, água em quantidade tal que se consiga obter porções que tenham umidades sucessivamente crescentes, de cerca de 1,5% a 2% nos solos arenosos, 3% a 4% nos solos argilosos lateríticos, e de 5% nas argilas não lateríticas e siltes micáceos e caulínicos. Essas porções devem abranger a faixa de umidade tal que permita o traçado completo da curva de compactação.

7.6 Homogeneizar, cada porção obtida conforme item 7.5 numa bacia apropriada, e acondicioná-la em saco de polietileno ou recipiente plástico com tampa, hermeticamente vedado. Deixar as porções assim acondicionadas em repouso, por um período de 24 horas.

8 ENSAIO

8.1 Passar vaselina nos moldes a serem usados, com auxílio de um pano e remover os excessos com uma flanela seca.

8.2 Colocar os espaçadores envolvendo o pistão do compactador. Colocar o molde sobre os mesmos de maneira que o pistão fique parcialmente dentro do molde. Colocar o disco de polietileno no molde de maneira que cubra perfeitamente o topo do pistão. Introduzir, se necessário, o anel de vedação dentro do cilindro, de maneira que cubra perfeitamente o topo do pistão.

Nota 1: Recomenda-se o uso do anel de vedação, quando a folga entre o diâmetro interno do molde e o pistão for superior de cerca de 0,2 mm, e quando se utilizam porções muito úmidas de argilas e siltes argilosos.

8.3 Homogeneizar novamente a porção de amostra preparada com menor teor de umidade, e pesar a quantidade de 200 g.

8.4 Despejar no molde a porção pesada, com auxílio do funil.

8.5 Nivelar o solo dentro do molde com auxílio do assentador, exercendo pequena pressão e efetuando movimento rotativo pequeno.

8.6 Colocar o disco de polietileno sobre o topo da porção de solo, introduzindo em seguida, se necessário, o anel de vedação, obedecendo as recomendações constantes na Nota 1.

8.7 Retirar uma parte da porção da amostra que restou no saco de polietileno ou recipiente plástico, para determinar o teor de umidade.

8.8 Efetuar a compactação obedecendo a seqüência:

8.8.1 Posicionar o soquete tipo leve, previamente aferido, sobre o solo do molde, com cilindro calçado com espaçador. Efetuar a primeira medida do extensômetro, movimentando previamente o seu braço de sustentação e encaixando-o de maneira apropriada na armação do compactador. O valor obtido é a leitura correspondente a golpe zero.

8.8.2 Dar o primeiro golpe, efetuando logo em seguida a leitura do extensômetro correspondente ao golpe um. Retirar o espaçador.

8.8.3 Dar golpes sucessivos e efetuar leituras no extensômetro correspondentes à seguinte série de golpes: 2, 3, 4, 6, 12, 16, 24, 32, 48, 64, 96, 128, 192 e 256 interrompendo o processo quando:

- a) a diferença entre a leitura obtida após 4n golpes e a obtida após n golpes for menor que 2 mm;
- b) houver intensa exsudação de água, no topo e na base do corpo-de-prova;
- c) o número de golpes atingir 256.

Nota 2: Para corpos de prova moldados com teores de umidade menores do que aquele que exigiu 256 golpes, pode-se interromper a compactação com 64 golpes.

8.8.4 Terminada a operação de compactação, retirar o soquete e deslocar o corpo-de-prova situado dentro do molde, com auxílio do extrator, de maneira que o seu topo fique um pouco abaixo do bordo superior do molde. Inverter o corpo-de-prova e colocá-lo sobre a parte plana da base do compactador.

8.8.5 Adaptar em seguida o soquete sobre o corpo-de-prova e dar um ou mais golpes, a fim de que o corpo-de-prova encoste na referida base. Isso deve ser verificado visualmente, se bem que com certa prática essa condição coincide com a maneira do soquete se comportar ao dar o golpe.

8.8.6 Efetuar a medida da altura deslocada do corpo-de-prova utilizando o dispositivo referido no item 4.2. Esta altura é uma medida do extensômetro ou de sua aferição.

8.8.7 Repetir as operações dos itens 8.8.1 e 8.8.6 utilizando porções da amostra com menores teores de umidade.

9 CÁLCULOS

9.1 Calcular o teor de umidade h , de cada porção utilizada na compactação, pela fórmula:

$$h = \frac{(M_h - M_s) \times 100}{M_s}$$

onde:

h - teor de umidade da amostra em percentagem, com aproximação de 0,1%;

M_h - massa de solo úmido;

M_s - massa de solo seco em estufa na temperatura de $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$, até constância de massa.

9.2 Calcular as diferenças de altura a_n pelas leituras do extensômetro correspondentes a cada porção de umidade determinada n , pela fórmula:

$$a_n = A_n - A_{4n}$$

onde:

a_n - diferença de altura, expressa em 0,01 mm,

A_n - leitura obtida após n golpes, expressa em 0,01 mm,

A_{4n} - leitura obtida após $4n$ golpes, expressa em 0,01 mm.

9.3 Calcular a altura-do-corpo pela fórmula:

$$A = (K_a - A_n) \times 0,001$$

onde:

A - altura do corpo-de-prova, expressa em cm, com aproximação de 0,001 cm;

K_a - constante de aferição do conjunto compactador - soquete utilizado, expressa em 0,01 mm;

A_n - leitura efetuada após n golpes.

9.4 Calcular a massa específica aparente seca do solo compactado MEAS, pela fórmula:

$$\text{MEAS} = \frac{100 \times M_h}{(100 + h) \times V}$$

onde:

MEAS - massa específica aparente seca do solo, expressa em g/cm³, com aproximação de 0,001 g/cm³;

M_h - massa de solo úmido da porção compactada;

h - teor de umidade da porção compactada;

V - volume do corpo-de-prova compactado, que é igual à área da seção interna do molde (geralmente 19,60 cm²) multiplicada pela altura do corpo-de-prova A, expressa em centímetro, com aproximação de 0,001 cm; quando forem utilizados anéis metálicos, deverão ser deduzidos os volumes desses anéis.

9.5 Traçar a família de curvas de compactação, representando em abscissas os valores de umidade de compactação e em ordenadas os valores de massa específica aparente seca. Unir os pontos de mesmo número de golpes, obedecendo a seguinte orientação:

- ligar os pontos de massa específica aparente seca máxima atingida pelos corpos-de-prova que obedeceram a condição da alínea a do item 8.8.3; esta linha é uma hipérbole de curvatura muito pouco acentuada, tornando-se reta se a escala da massa específica for proporcional ao seu inverso; além disso, ela é sensivelmente paralela à linha de saturação;
- traçar os ramos secos das curvas de compactação, que são também essencialmente retilíneos e paralelos; em alguns solos argilosos e argilas, para número de golpes muito pequenos, parte do ramo seco tem forma curva, de concavidade voltada para cima;
- finalmente, concordar o ramo seco com a linha traçada conforme indicado em 9.5.a, procurando manter quanto possível o paralelismo entre as curvas contínuas.

9.6 Traçar as curvas de Mini-MCV, representando em abscissas o número de golpes em escala logarítmica e em ordenadas os valores de a_n calculados segundo discriminado no item 9.5.b. Só têm significado as curvas correspondentes aos teores de umidade que na compactação tenham satisfeito a condição da alínea a do item 8.8.3. A interseção dessas curvas, com a linha horizontal correspondente a $a_n = 2,00$ mm, fornece o Mini-MCV diretamente em escala gráfica apropriada, ou pelo uso da fórmula:

$$\text{Mini-MCV} = 10 \log B$$

onde:

B - número de golpes que resulta da interseção da curva Mini-MCV com a reta de equação $a_n = 2\text{mm}$;

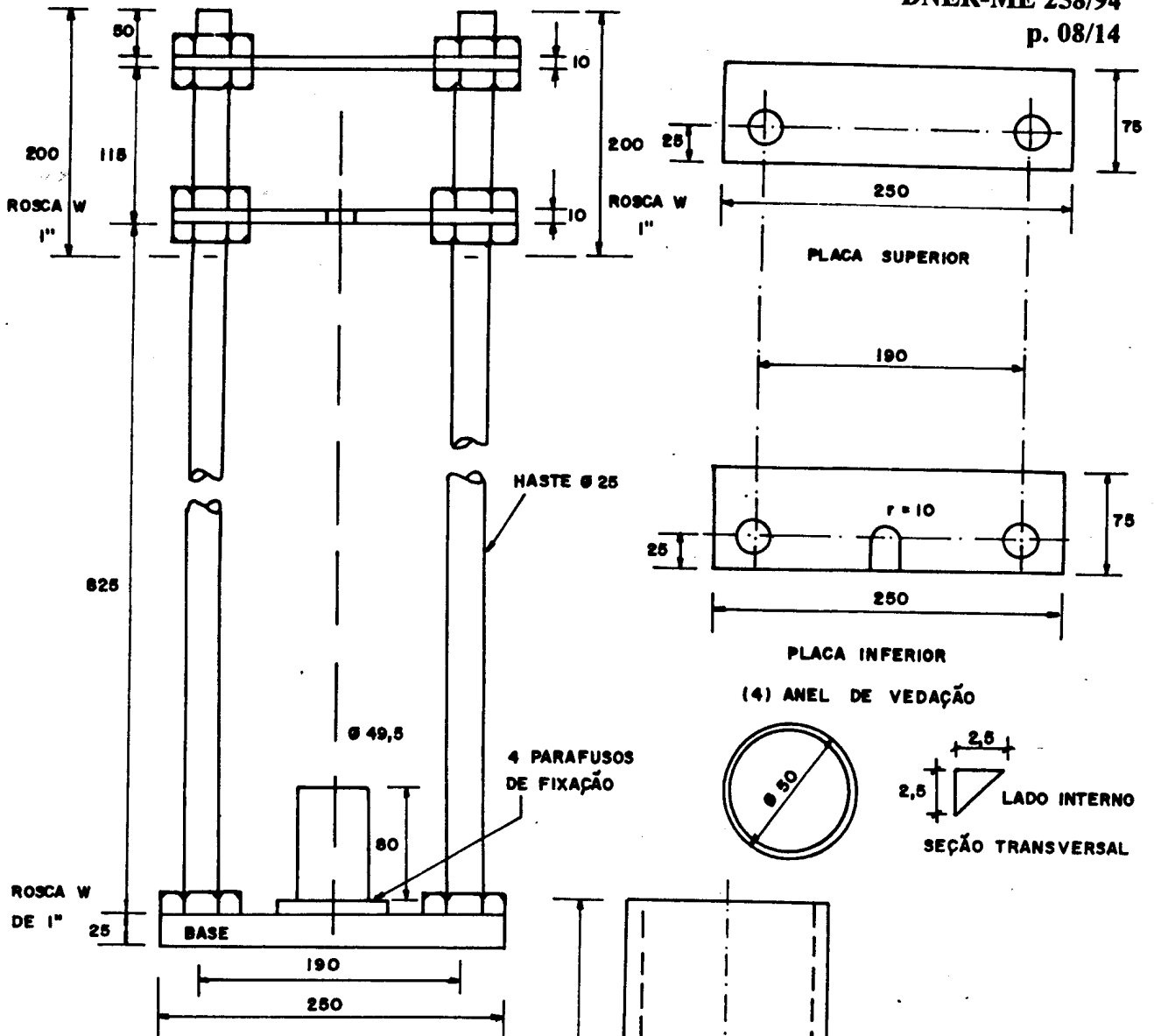
log - logaritmo de base decimal.

10 RESULTADOS

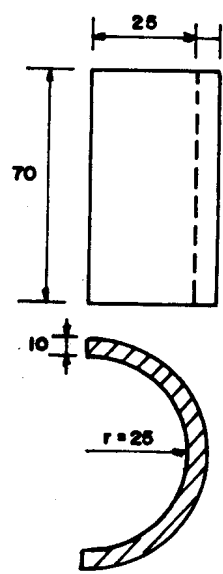
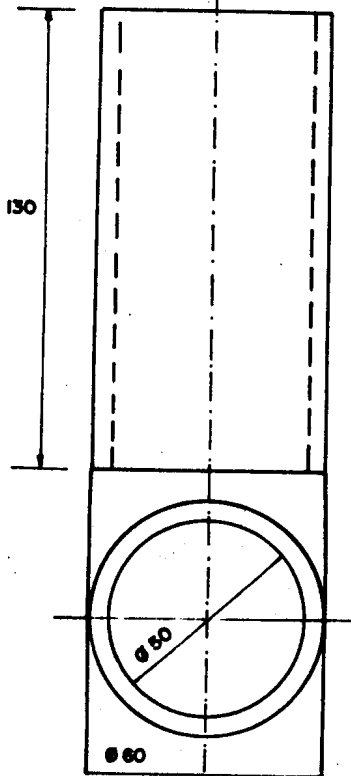
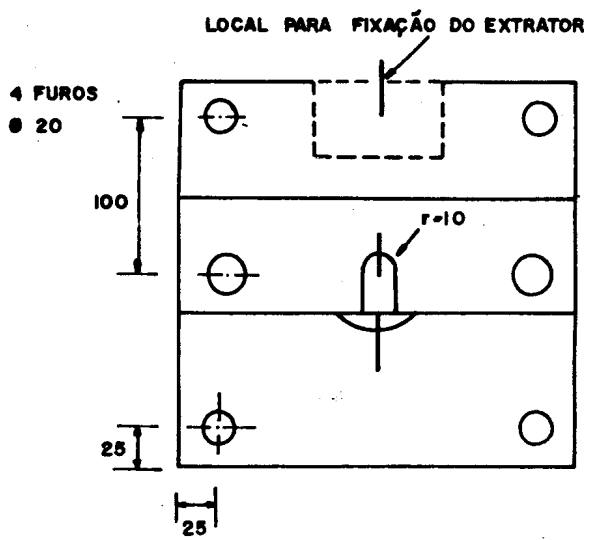
Este Método fornece os seguintes resultados:

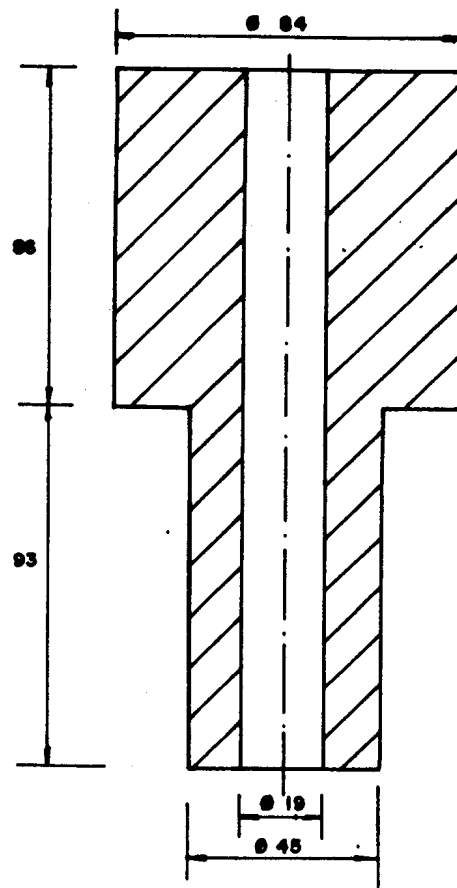
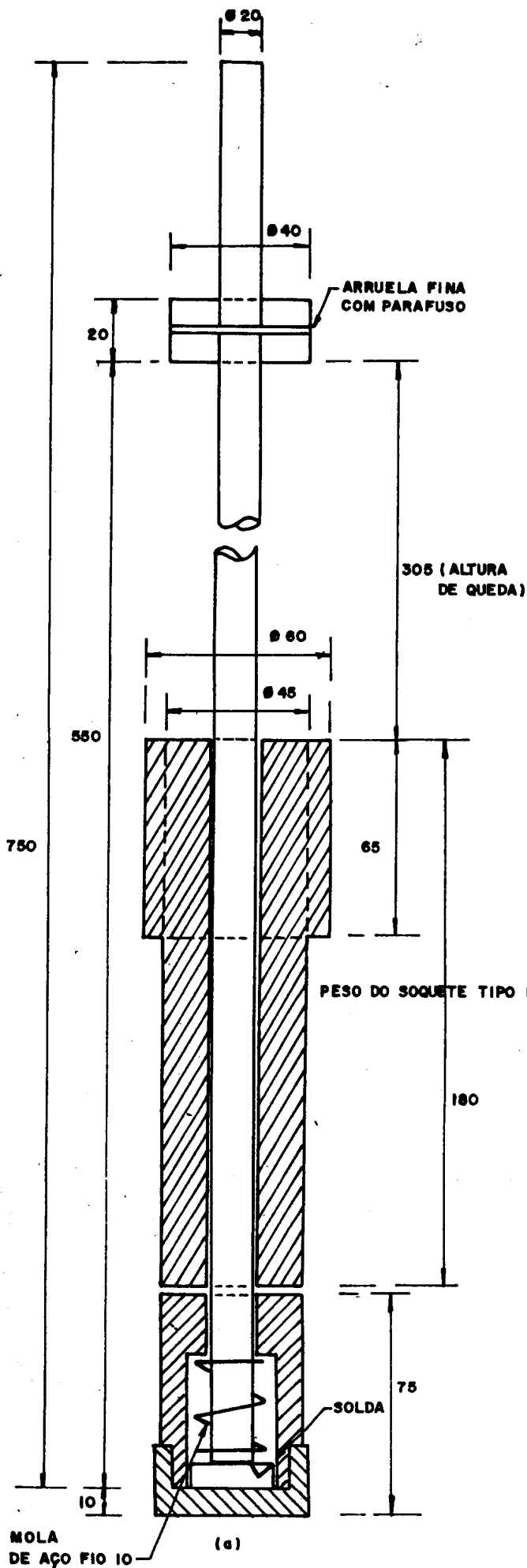
10.1 Ensaio Mini-MCV:

- curvas de Mini-MCV em folhas de gráfico de tipo similar ao apresentado no Anexo B-2;
- família de curvas de compactação, com o traçado da linha de massa específica aparente seca máxima;
- porcentagem de fração de solo retida na peneira de 2 mm.



UNIDADE DE MEDIDA : MILÍMETRO (mm)



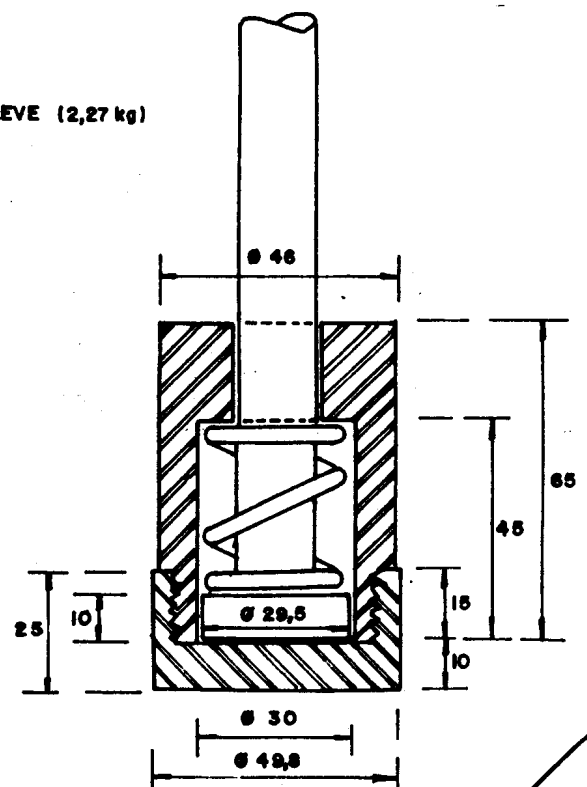


PESO DO SOQUETE TIPO PESADO (4,5 kg)

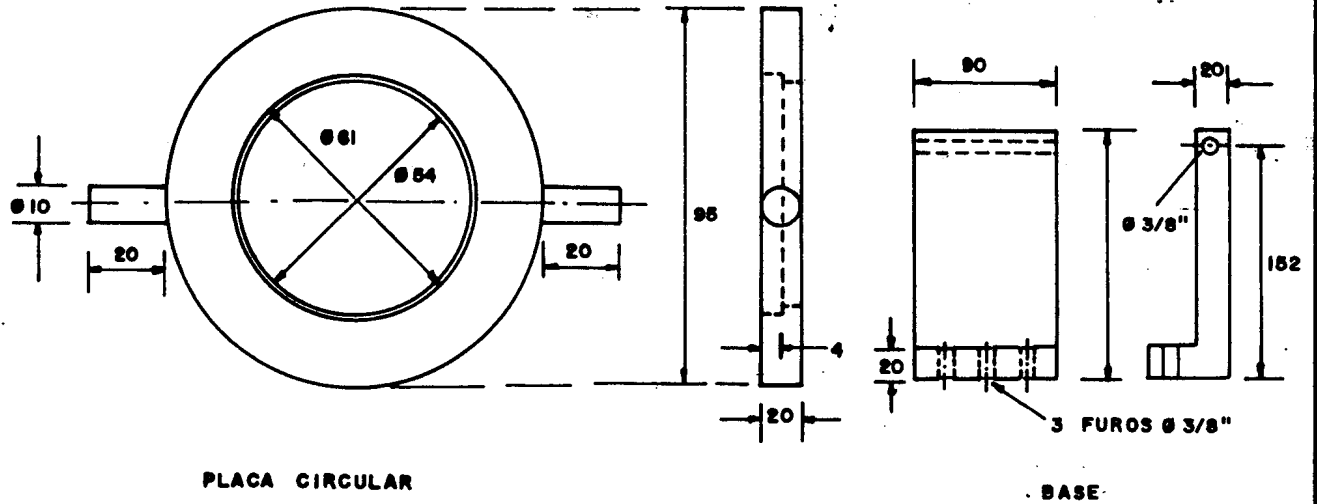
(b)

UNIDADE DE MEDIDA : MILÍMETRO (mm)

PESO DO SOQUETE TIPO LEVE (2,27 kg)



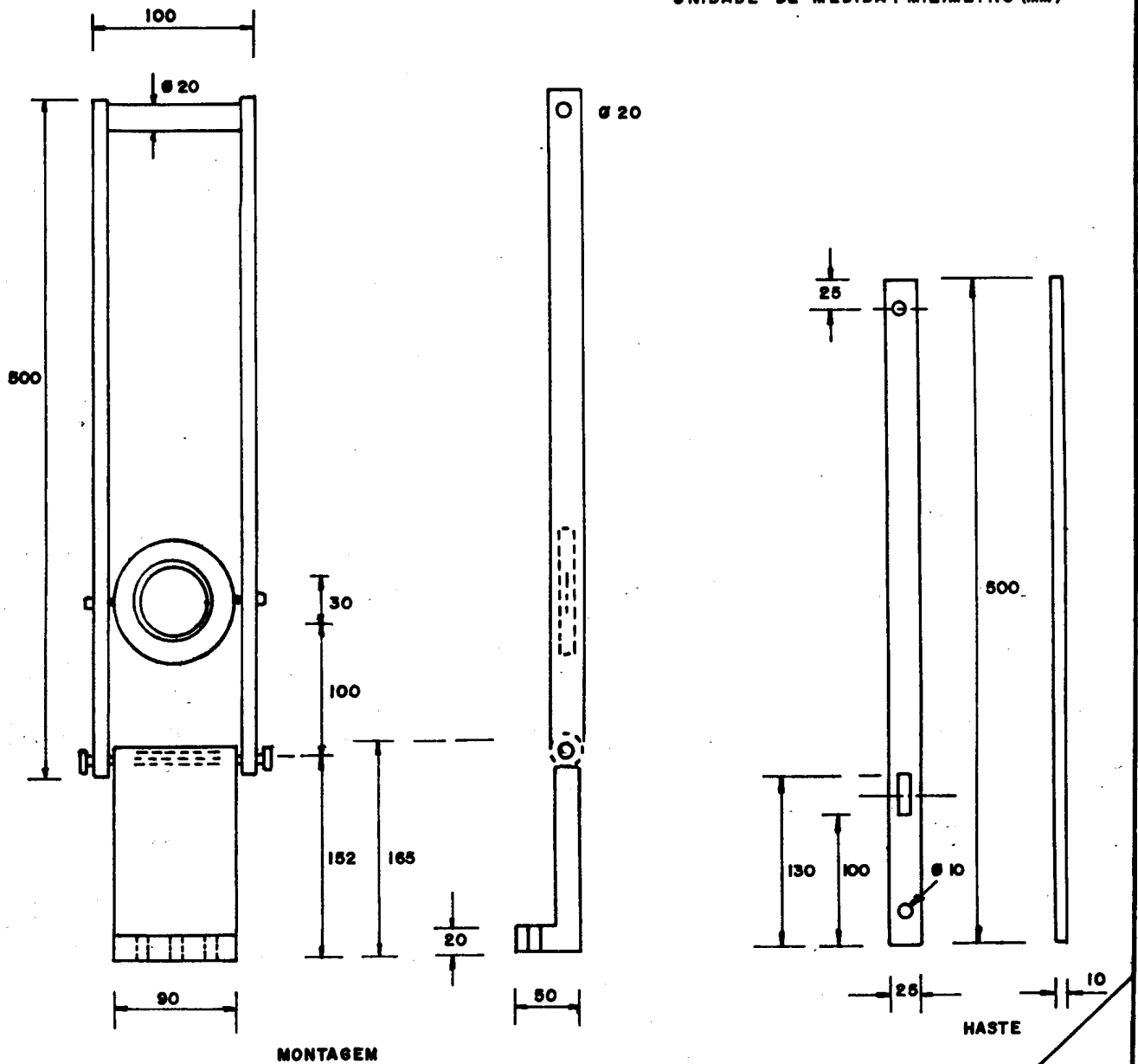
DETALHE DO PÉ DO SOQUETE



PLACA CIRCULAR

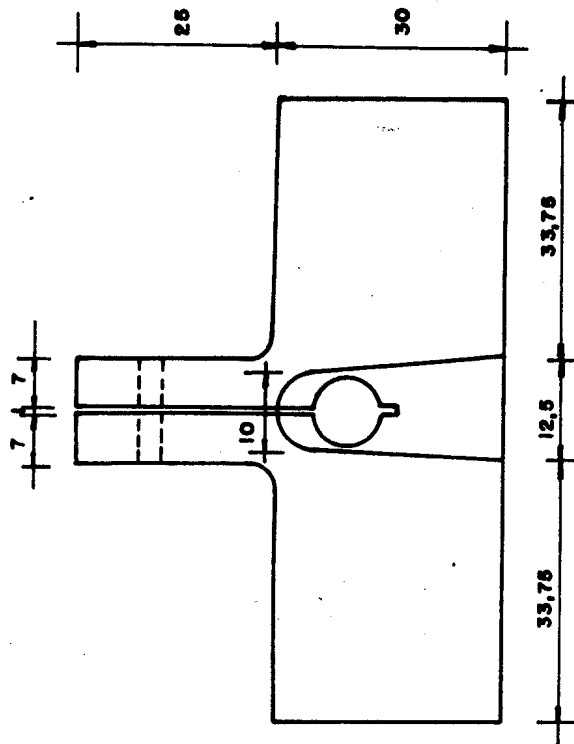
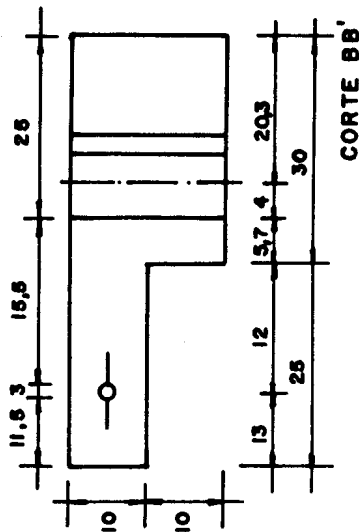
BASE

UNIDADE DE MEDIDA, MILÍMETRO (mm)



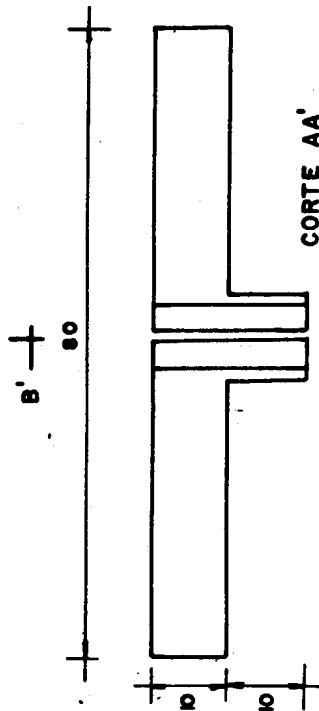
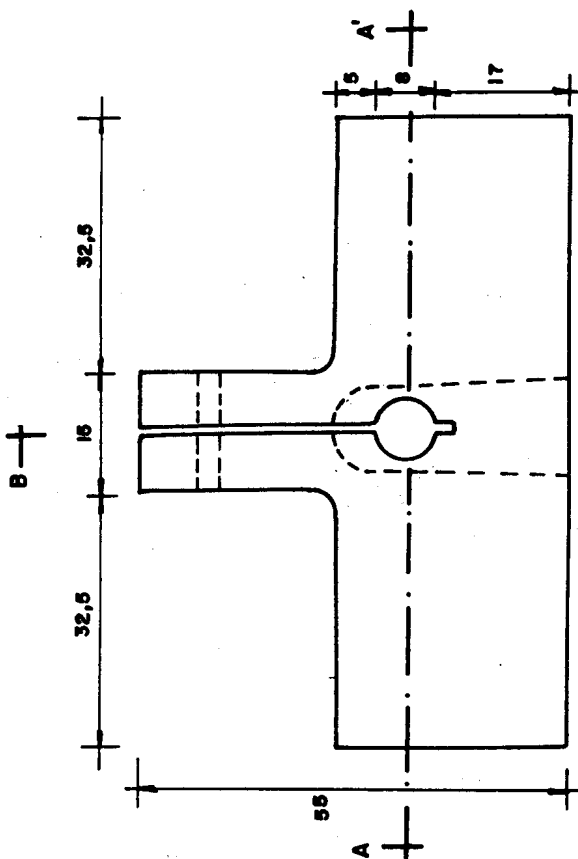
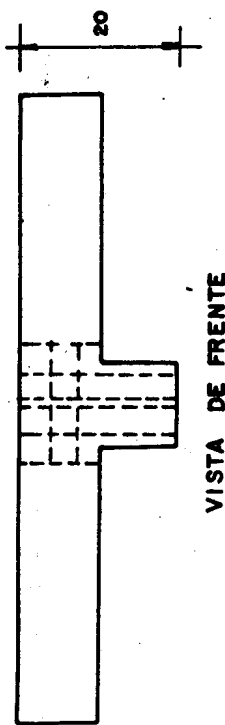
MONTAGEM

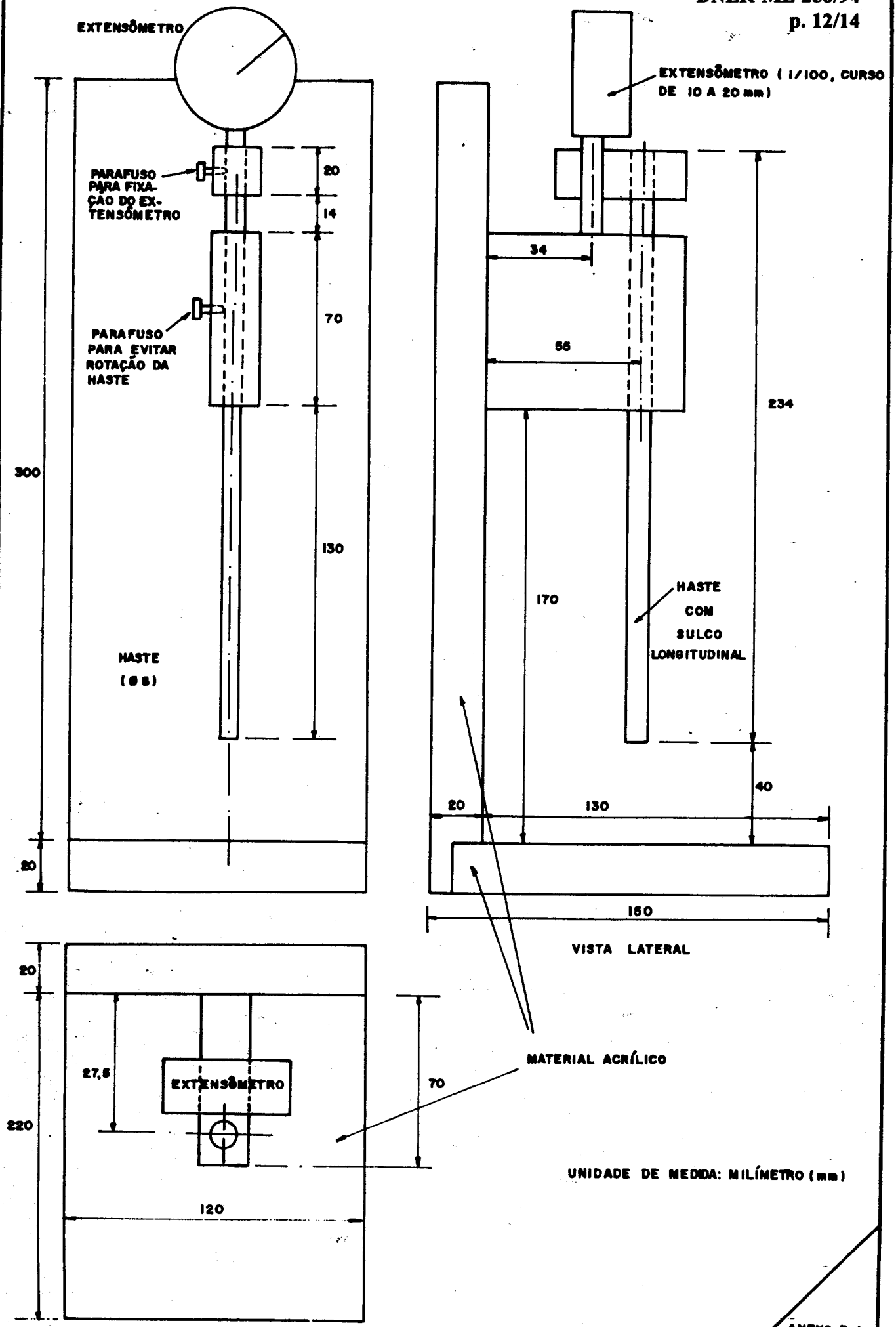
HASTE



SUPORTE PARA EXTENSÔMETRO

UNIDADE DE MEDIDA : MILÍMETRO (mm)





ANEXO NORMATIVO B-1 - FOLHA DE ENSAIO (EXEMPLO)

ENSAIO DE MINI - MCV

RODOVIA : BR-040 / RJ

OPERADOR :

TRECHO : Rio - Juiz de Fora

DATA :

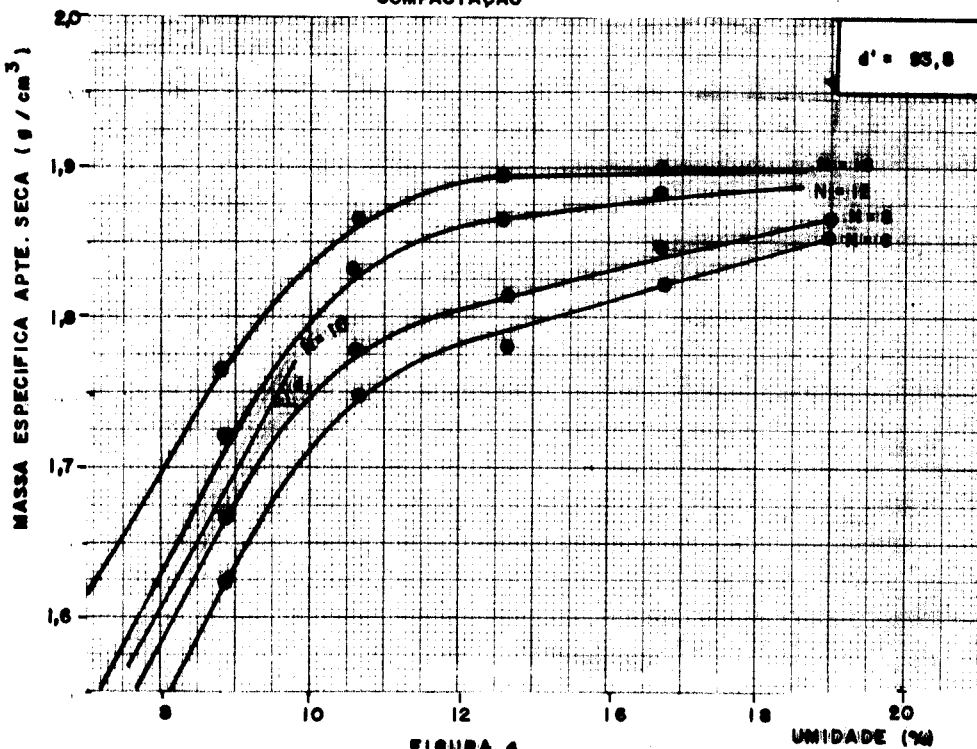
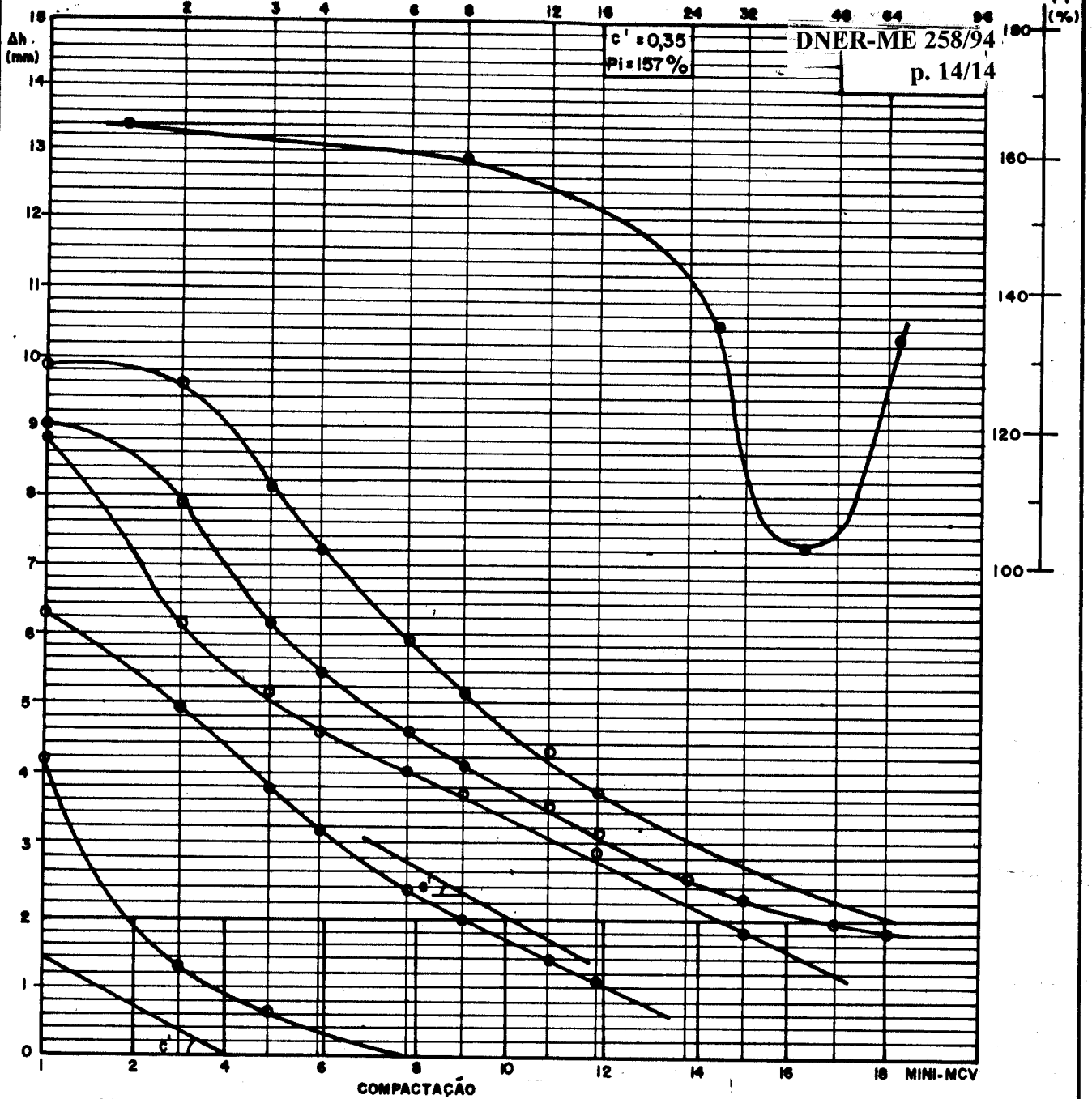
CILINDRO Nº	56		72		35		59	
	ALTURA (mm)	Δh (mm)	ALTURA (mm)	Δh (mm)	ALTURA (mm)	Δh (mm)	ALTURA (mm)	Δh (mm)
PESO SOLO UMIDO A COMPACTAR, g	200		200		200		200	
PESO SOLO SECO COMPACTADO, g	169,7		173,0		180,2		184,0	
UNIDADE, %	16,9		14,7		10,6		8,8	
Nº DE GOLPES								
1	51,00	4,13	56,01	6,36	61,08	8,84	63,67	9,01
2	47,79	3,17	62,72	4,97	55,92	6,11	59,50	7,92
3	47,09	0,62	50,66	3,81	53,68	5,21	56,37	6,16
4	46,87		49,65	3,13	52,24	4,47	54,66	5,36
6	46,76		48,81	2,36	50,74	3,95	52,64	4,52
8	46,52		47,76	1,95	49,81	3,72	51,58	4,14
12	46,47		46,84	1,41	48,47	3,20	50,21	3,52
16			46,52	1,09	47,77	2,99	49,30	3,07
24			46,15		46,79	2,45	48,12	2,49
32			45,80		46,09	1,75	47,44	2,26
48			45,43		45,27		46,69	1,94
64			45,43		44,78		46,23	1,80
96					44,34		45,63	
128					44,34	2034	45,18	
192							44,75	
256							44,43	2066

PERDA POR IMERSÃO

CÁPSULA Nº	38	156	136	85	114
COMP. SALIENTE, cm	1,0	1,0	1,0	1,2	1,3
VOLUME, cm ³	19,63	19,63	19,63	23,56	25,52
P.º g	36,51	32,08	39,93	48,67	48,28
PESO SOLO SECO + CÁPSULA, g	158,46	156,91	146,72	147,36	164,79
PESO DA CÁPSULA, g	97,95	96,64	92,60	96,85	100,45
PESO SOLO SECO, g	60,51	60,27	54,12	50,51	64,34
PERDA POR IMERSÃO %	166	158	136	104	133

DNER-ME 258/94

P. 13/14



$$\frac{1,75 - 1,60}{9,5 - 7,9} \times 10^3$$

$$e' = \sqrt[3]{\frac{PI}{100} + \frac{20}{d'}}$$

$$e' = \sqrt[3]{\frac{157}{100} + \frac{20}{93,8}}$$

$$e' = 1,22$$

CLASSIFICAÇÃO
LA

FIGURA 4

UNIDADE (%)