

MT - DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM

Mistura betuminosa a frio, com emulsão asfáltica - ensaio Marshall

Norma rodoviária

Método de Ensaio

DNER-ME 107/94

p. 01/09

RESUMO

Este documento, que é uma norma técnica, apresenta o procedimento para a determinação da estabilidade e fluência de mistura betuminosa, usinada a frio, com emulsão asfáltica catiônica, com emprego do equipamento Marshall. É empregado agregado com diâmetro máximo menor ou igual a 38,1 mm. Considera requisitos concernentes a aparelhagem e para confecção de corpos-de-prova e para obtenção dos resultados.

ABSTRACT

This document presents the procedure for determination of the resistance to plastic flow of cylindrical specimens of bituminous paving mixture, with cationic emulsion, containing aggregate up to 38,1 mm, by means of the Marshall apparatus. It considers requirements concerning apparatus and test specimens and for obtaining results.

SUMÁRIO

- 0 Apresentação
- 1 Objetivo
- 2 Referências
- 3 Aparelhagem
- 4 Confecção de corpo-de-prova
- 5 Estabilidade e fluência

Anexo normativo

0 APRESENTAÇÃO

Esta Norma decorreu da necessidade de se adaptar, quanto à forma, a DNER-ME 107/80 à DNER-PRO 101/93, mantendo-se inalterável o seu conteúdo técnico.

Macrodescriptores MT: norma, ensaio, ensaio em laboratório, método de ensaio, material betuminoso

Microdescriptores DNER: ensaio, ensaio de laboratório, mistura betuminosa, emulsão asfáltica catiônica

Palavras-chave IRRD/IPR: material revestido a frio (4988), emulsão (4993), Marshall (6290), granulometria (6200), corpo-de-prova (5700), compressão (5532) método de ensaio (6288)

Descriptores SINORTEC: normas, emulsões, granulometria, betumes, asfaltos

Aprovada pelo Conselho de Administração em 06/10/80

Resolução nº * Sessão nº CA/ 38/80

Processo nº 5110000893/94-7

* dado não disponível

Autor : DNER/DrDTc (IPR)

Adaptação da DNER-ME 107/80 à DNER-PRO 101/93,
aprovada pela DrDTc em 05/04/94.

1 OBJETIVO

Esta Norma fixa o modo pelo qual se determina a estabilidade e a fluência de mistura betuminosa usinada a frio, com emulsão asfáltica, utilizando o equipamento Marshall. Esta Norma é usada em mistura contendo emulsão asfáltica catiônica e agregado cujo diâmetro máximo seja menor ou igual a 38,1 mm (1 1/2").

2 REFERÊNCIAS

2.1 Norma complementar

Na aplicação desta Norma é necessário consultar:

DNER-ME 117/94, designada Mistura betuminosa - determinação da densidade aparente.

2.2 Referência bibliográfica

No preparo desta Norma foi consultado o seguinte documento:

DNER-ME 107/80, designada Ensaio Marshall para mistura betuminosa a frio, com emulsão asfáltica.

3 APARELHAGEM

A aparelhagem necessária é a seguinte:

- a) prensa capaz de aplicar cargas até 39 240 N (4 000 kgf), com erro inferior a 24,5 N (2,5 kgf), mecânica ou manual, com êmbolo movimentando-se a uma velocidade de 50 mm por minuto;
- b) medidor de fluência, podendo ter divisões de 0,0254 cm (1/100") ou 0,0794 cm (1/32"), ou extensômetro mecânico sensível a 0,01 mm;
- c) repartidores de amostras de 25 mm e de 38 mm de abertura;
- d) estufa capaz de manter temperatura entre 40 °C e 100 °C;
- e) balança com capacidade de cerca de 5 kg, sensível a 0,1 g, capaz de permitir pesagem hidrostática;
- f) molde de compactação de aço, constituído de anéis superior e inferior e uma placa base. A placa base e o anel superior devem encaixar-se perfeitamente nas extremidades do anel inferior (Figura 1 em anexo);
- g) peneiras de 50,8 mm, 38,1 mm, 25,4 mm, 19,1 mm, 12,7 mm, 9,5 mm, 4,8 mm e de 2,0 mm, inclusive tampa e fundo conforme ABNT EB-22, de 1988, registrada no SINMETRO como NBR-5734, designada Peneiras para ensaio;
- h) colher de metal, com capacidade de 30 a 50 ml. Cabo com cerca de 250 mm;
- i) aparelhagem para mistura preferencialmente mecânica, que produza uma ação homogênea de mistura, e que a retirada da mistura seja simples, sem perda de material. Em caso de mistura manual, devem ser utilizados recipientes em aço estampado, em forma de calota esférica, fundo chato e munido de duas alças laterais com capacidade de cerca de 5 litros;
- j) recipiente em aço estampado, cilíndrico, munido de alça lateral e bico vertedor. Capacidade de cerca de meio litro;
- l) espátula de aço, com ponta arredondada, com lâmina de 200 mm de comprimento e 30 mm de largura;

- m) base de compactação de acordo com a Figura 2 em anexo. Deverá ser instalada em nível, perfeitamente estável, livre de vibração ou trepidação;
- n) soquete de compactação de aço, com 4 540 g de peso e uma altura de queda livre de 457,2 mm. A face de compactação do pé do soquete é plana e circular, Figura 3 em anexo;

Nota: O soquete de compactação deve possuir um "protetor de dedo", de acordo com Figura 3 em anexo.

- o) extrator de corpo-de-prova, Figura 1 em anexo;
- p) paquímetro com precisão de 0,1 mm;
- q) molde de compressão, de aço Figura 4 em anexo;
- r) relógio de alarma para intervalos de tempo até 60 minutos, com precisão de 1 minuto;
- s) pinça de aço inoxidável ou de alumínio, para colocar e retirar os corpos-de-prova da estufa;
- t) parafina, fita adesiva, pincel e papel de filtro de diâmetro de 101,6 mm.

4 CONFECCÃO DE CORPO-DE-PROVA

- a) preparar no mínimo 3 (três) corpos-de-prova para cada dosagem. Conhecidas as porcentagens, em peso, em que os materiais serão misturados, calcula-se a quantidade de cada um deles para um corpo-de-prova pesando cerca de 1 200 g, com altura de 63,5 mm + 1,3 mm;
- b) secar os agregados até peso constante em estufa a 105 °C - 110 °C e separá-los nas seguintes frações:
 - 38,1 a 25,4 mm
 - 25,4 a 19,1 mm
 - 19,1 a 9,5 mm
 - 9,5 a 4,8 mm
 - 4,8 a 2,0 mm
 - passando na peneira de 2,0 mm
- c) a viscosidade da emulsão asfáltica no início da mistura estar compreendida entre 150 mm²/s (cSt) e 300 mm²/s (cSt) (75 e 150 sSF), preferencialmente entre 150 mm²/s (cSt) e 190 mm²/s (cSt) (75 e 95 sSF);
- d) pesar os agregados para um corpo-de-prova de cada vez, em recipientes separados, nas quantidades de cada fração obtida na alínea b. Misturar os agregados e abrir uma cratera para receber o ligante que deve ser aí pesado. Efetuar a mistura rapidamente até completa cobertura dos agregados, preferencialmente através de mistura mecânica. Caso necessário, os agregados poderão ser levemente umedecidos, para propiciar um melhor recobrimento pela emulsão asfáltica;
- e) após execução das misturas com os vários teores de emulsão, deixar curar à temperatura ambiente de 4 (quatro) a 6 (seis) horas, após o que será iniciada a compactação. No caso de adoção de emulsão de ruptura lenta o período de cura será no máximo de 60 minutos;

- f) a base do soquete e o molde de compactação devem estar limpos. Colocar o molde em posição no suporte de compactação e introduzir nele uma folha de papel de filtro. Colocar no molde a mistura de uma só vez. Acomodar a mistura com 15 (quinze) golpes vigorosos de espátula ao redor do molde e 10 (dez) no centro da massa. Nestas condições molda-se o corpo, aplicando com o soquete determinado número de golpes. Inverter o anel inferior, forçar com o soquete a mistura até atingir a placa base e aplicar o mesmo número de golpes. O número de golpes deverá ser 50 ou 75 de cada lado do corpo-de-prova e deverá constar o relatório do ensaio;
- g) após a compactação, o corpo-de-prova com o molde serão colocados em estufas a 60 °C por 24 horas. Retira-se da estufa e deixa-se esfriar à temperatura ambiente por cerca de 2 horas, no mínimo;
- h) extrair o corpo-de-prova do molde colocando-o sobre uma superfície limpa, lisa e plana, tomando-se o cuidado no manuseio para evitar fratura ou deformação. A altura do corpo-de-prova deverá ser de $63,5 \text{ mm} \pm 1,3 \text{ mm}$, medida com o paquímetro em 4 (quatro) posições diametralmente opostas. Anota-se como altura o valor da média aritmética das quatro leituras;
- i) pesar os corpos-de-prova ao ar e adotar a sistemática para determinação da densidade aparente conforme a Norma DNER-ME 117/94 (ver item 2.1).

5 ESTABILIDADE E FLUÊNCIA

Os corpos-de-prova serão colocados em estufa a 40 °C pelo período de 2 horas. No item 4.3. da Norma DNER-ME 117/94 (ver item 2.1) os corpos-de-prova deverão ser desparafinados previamente.

Em seguida, é colocado no molde de compressão, que deverá estar convenientemente limpo e com os pinos-guia lubrificados.

O molde de compressão, contendo o corpo-de-prova, será levado à prensa e o medidor de fluência ou extensômetro colocado na posição de ensaio. O espaço de tempo entre retirar o corpo-de-prova da estufa e o seu rompimento não deverá exceder a 30 segundos.

A prensa será operada de tal modo que seu êmbolo se eleve com uma velocidade de 50 mm por minutos, até o rompimento do corpo-de-prova, o que é observado no defletômetro do anel dinamométrico da prensa, pela indicação de um valor máximo. A leitura desse máximo será anotada e convertida em kgf, pelo gráfico de calibração do anel dinamométrico.

A carga, em kgf, necessária para produzir o rompimento do corpo-de-prova será anotada como "Estabilidade Lida". Este valor deverá ser corrigido para a espessura do corpo-de-prova ensaiado, multiplicando-o por um fator que é função da espessura do corpo-de-prova, conforme a Tabela Anexa ou fórmula a seguir:

$$f = 927,23 h^{-1,64}$$

onde:

h - espessura do corpo-de-prova

f - fator de correção

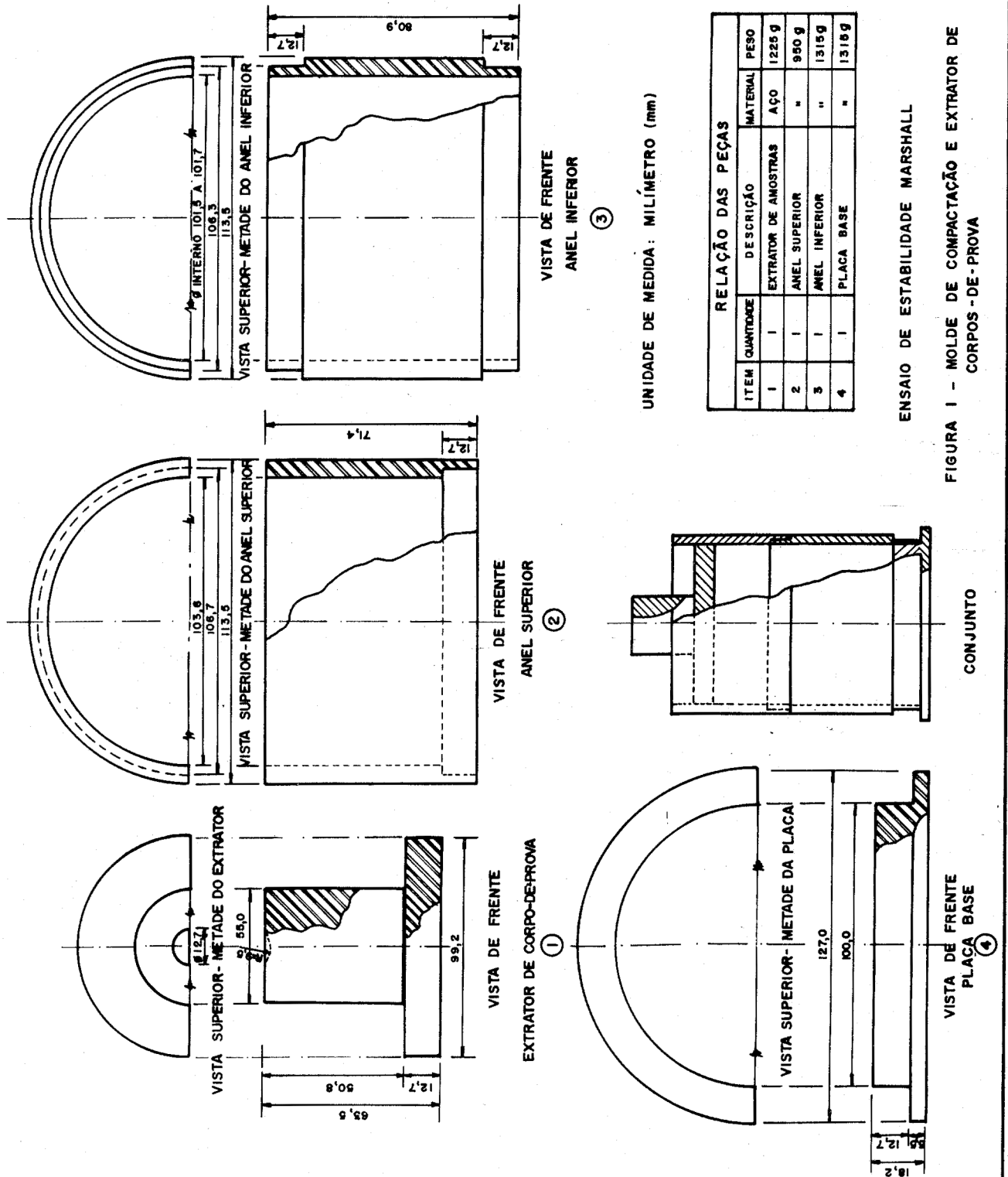
O resultado assim obtido é o valor da estabilidade Marshall.

O valor da fluência será obtido simultaneamente ao da estabilidade. Durante a aplicação da carga, no caso de utilização do medidor de fluência, a luva-guia do medidor será fixada, com a mão, contra o topo do segmento superior do molde de compressão, diretamente sobre um dos pinos guia. A pressão da mão sobre a luva do medidor será relaxada, no momento em que se der o rompimento do corpo-de-prova.

O valor da fluência será lido e anotado.

TABELA - CORREÇÃO DA ESTABILIDADE, EM FUNÇÃO DA ESPESSURA DO CORPO-DE-PROVA

| ESPESSURA (mm) | FATOR | ESPESSURA (mm) | FATOR | ESPESSURA (mm) | FATOR |
|-------------------|-------|-------------------|-------|-------------------|-------|
| 50,8 | 1,46 | 56,3 | 1,22 | 64,3 | 0,98 |
| 51,0 | 1,45 | 56,6 | 1,21 | 64,7 | 0,97 |
| 51,2 | 1,44 | 56,8 | 1,20 | 65,1 | 0,96 |
| 51,6 | 1,43 | 57,1 | 1,19 | 65,6 | 0,95 |
| 51,8 | 1,42 | 57,4 | 1,18 | 66,1 | 0,94 |
| 52,0 | 1,41 | 57,7 | 1,17 | 66,7 | 0,93 |
| 52,2 | 1,40 | 58,1 | 1,16 | 67,1 | 0,92 |
| 52,4 | 1,39 | 58,4 | 1,15 | 67,5 | 0,91 |
| 52,6 | 1,38 | 58,7 | 1,14 | 67,9 | 0,90 |
| 52,9 | 1,37 | 59,0 | 1,13 | 68,3 | 0,89 |
| 53,1 | 1,36 | 59,3 | 1,12 | 68,8 | 0,88 |
| 53,3 | 1,35 | 59,7 | 1,11 | 69,3 | 0,87 |
| 53,5 | 1,34 | 60,0 | 1,10 | 69,8 | 0,86 |
| 53,8 | 1,33 | 60,3 | 1,09 | 70,3 | 0,85 |
| 54,0 | 1,32 | 60,6 | 1,08 | 70,8 | 0,84 |
| 54,2 | 1,31 | 60,9 | 1,07 | 71,4 | 0,83 |
| 54,5 | 1,30 | 61,1 | 1,06 | 72,2 | 0,82 |
| 54,7 | 1,29 | 61,4 | 1,05 | 73,0 | 0,81 |
| 54,9 | 1,28 | 61,9 | 1,04 | 73,5 | 0,80 |
| 55,1 | 1,27 | 62,3 | 1,03 | 74,0 | 0,79 |
| 55,4 | 1,26 | 62,7 | 1,02 | 74,6 | 0,78 |
| 55,6 | 1,25 | 63,1 | 1,01 | 75,4 | 0,77 |
| 55,8 | 1,24 | 63,5 | 1,00 | 76,2 | 0,76 |
| 56,1 | 1,23 | 63,9 | 0,99 | | |



ENSAIO DE ESTABILIDADE MARSHALL

FIGURA 1 - MOLDE DE COMPACTAÇÃO E EXTRATOR DE CORPOS-DE-PROVA

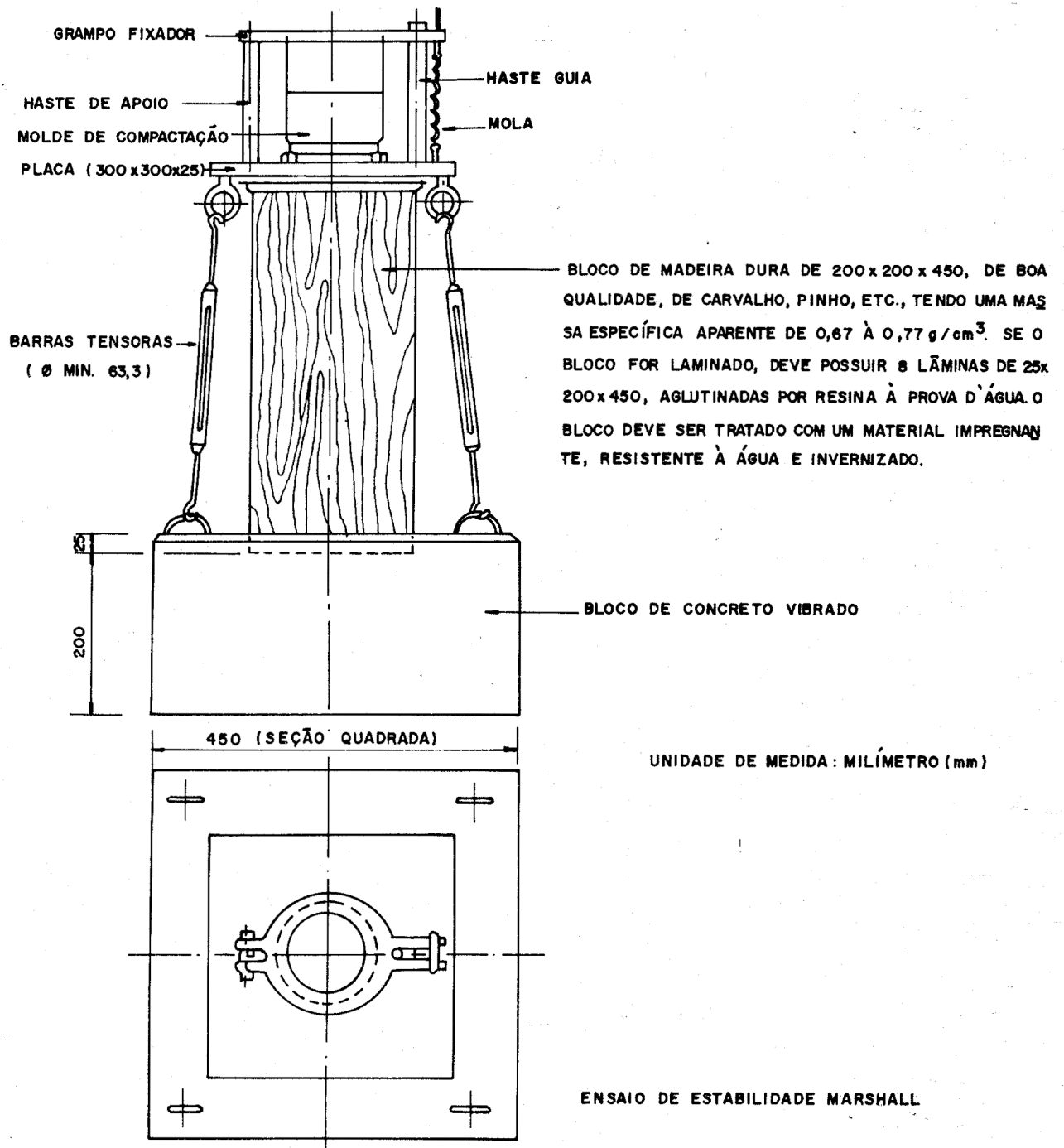


FIGURA 2 - BASE DE COMPACTAÇÃO

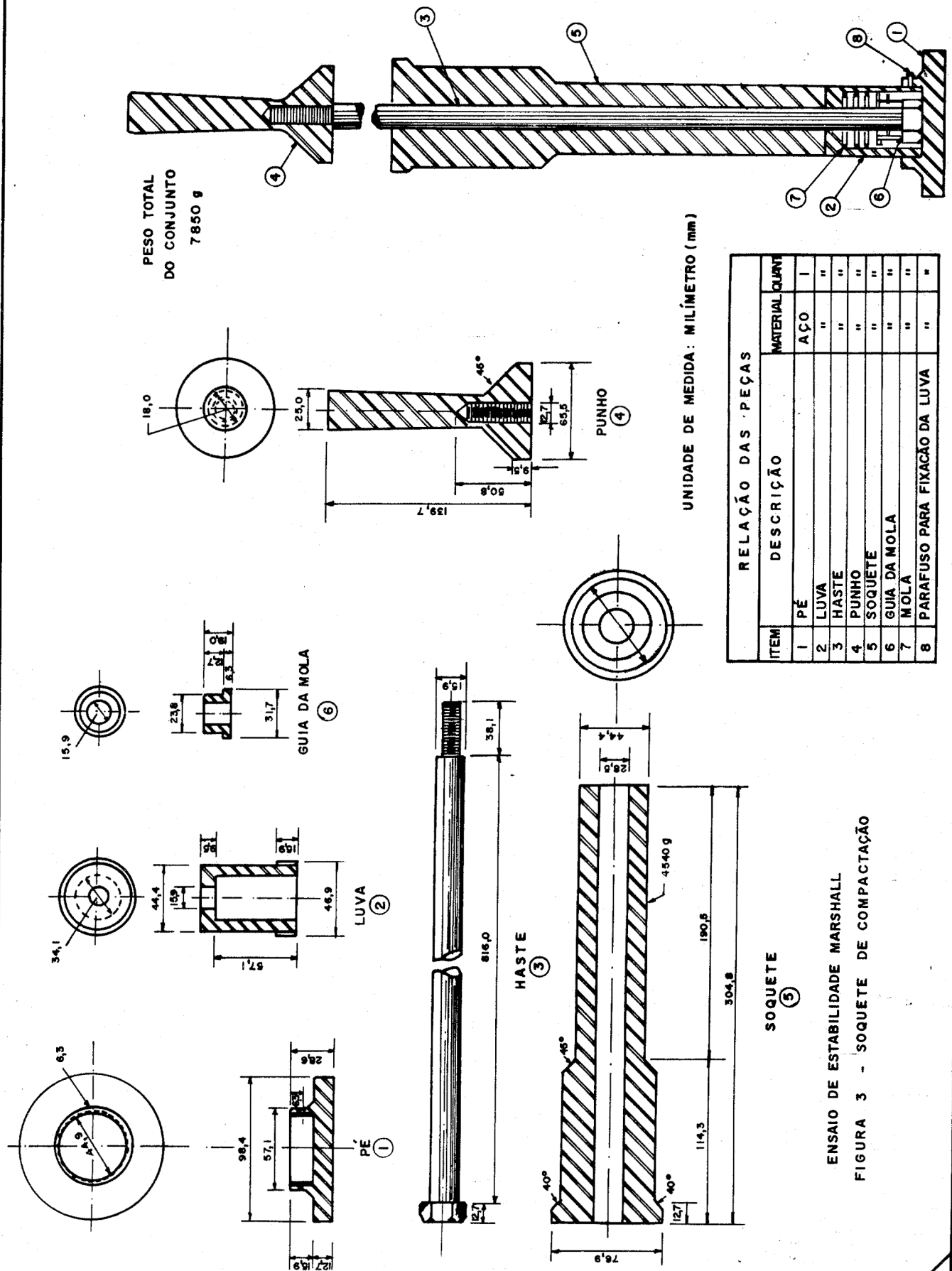
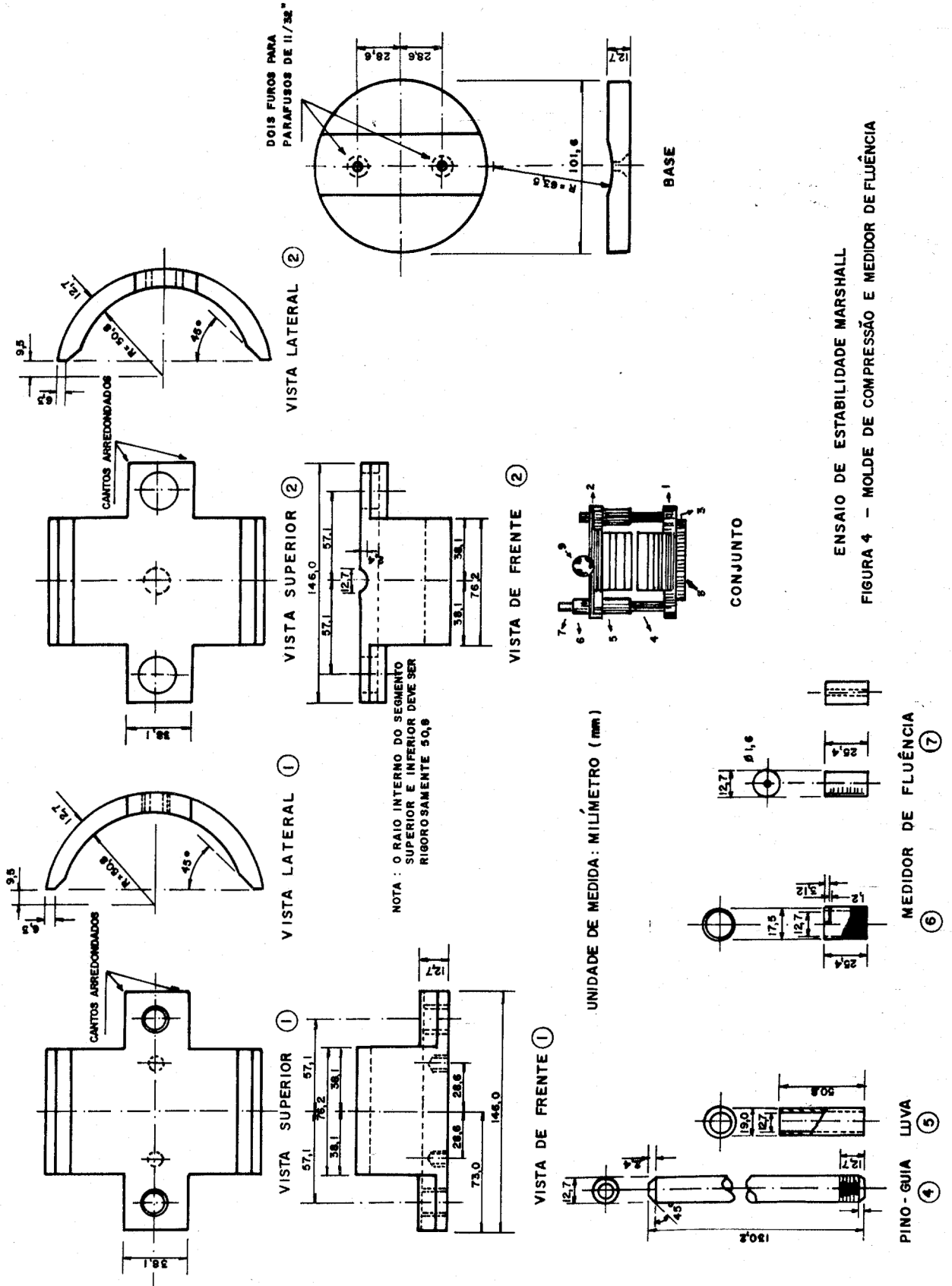


FIGURA 4



ENSAIO DE ESTABILIDADE MARSHALL
 FIGURA 4 - MOLDE DE COMPRESSÃO E MEDIDOR DE FLUÊNCIA