



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: (21) 3545-4756

Out/2009

NORMA DNIT 113/2009 - ME

**Pavimentação rodoviária – Agregado artificial –  
Avaliação do potencial de expansão de escória de  
aciaria - Método de ensaio**

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

**Processo:** 50607.000.513/2009-14

**Aprovação pela Diretoria Colegiada do DNIT na reunião de 20/10/2009.**

*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:**

Agregado artificial, escória, expansão

**Nº total de  
páginas**

12

**Resumo**

Este método de ensaio descreve a determinação do potencial de expansão da escória de aciaria, quando compactada e testada em laboratório.

**Abstract**

This test method describes the determination of the potential for expansion of the steelmaking slag when compacted and tested in the laboratory.

**Sumário**

Prefácio .....	1
1. Objetivo .....	1
2. Referências Normativas .....	1
3. Aparelhagem .....	1
4. Amostra .....	2
5. Ensaio.....	3
6. Procedimentos.....	3
7. Cálculos.....	3
Anexo A (Normativo).....	5
Anexo B (Informativo).....	11
Índice geral.....	12

**Prefácio**

Esta Norma foi preparada pelo Instituto de Pesquisas Rodoviárias – IPR/DIREX para estabelecer a sistemática a ser empregada no controle da qualidade de escória de aciaria.

Está formatada em conformidade com a Norma DNIT 001/2009-PRO - Elaboração e apresentação de normas

do DNIT- Procedimento.

**1. Objetivo**

Estabelecer a sistemática a ser empregada na determinação do potencial de expansão para escória de aciaria.

**2. Referências normativas**

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação desta norma. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

- a) BRASIL. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. *DNER 049/94 - ME* – Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas - Método de ensaio. Rio de Janeiro: IPR, 1994.
- b) BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. *DNIT 001/2009 – PRO* - Elaboração e apresentação de normas do DNIT - Procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2009.

**3. Aparelhagem**

A aparelhagem necessária é a seguinte:

- a) conjunto de bronze ou latão, constituído de molde cilíndrico com 15,20 cm de diâmetro interno e 17,80 cm de altura, com entalhe superior externo em meia espessura; cilindro complementar com 5,00 cm de altura, com entalhe inferior interno em meia espessura, e prato de base perfurado com 24,00 cm de diâmetro, com

- dispositivo para fixação do molde cilíndrico antes referido (Figura 1, do Anexo A);
- b) disco espaçador maciço, de aço, com 15,00 cm de diâmetro e 6,40 cm de altura (Figura 2, do Anexo A);
- c) soquete cilíndrico de bronze ou latão, para compactação, face inferior plana, de altura de queda de 45,70 cm, com 4,50 kg de peso e 5,00 cm de diâmetro de face inferior (Figura 3, do Anexo A);
- d) prato perfurado de bronze ou latão, com 14,90 cm de diâmetro e 0,50 cm de espessura, com haste central de bronze ou latão, ajustável, constituída de uma parte fixa rosqueada e de uma camisa rosqueada internamente e recartilhada externamente, com a face superior plana para contato com o extensômetro (Figura 4, do Anexo A);
- e) tripé porta-extensômetro, de bronze ou latão, com dispositivo para fixação do extensômetro (Figura 5, do Anexo A);
- f) disco anelar de aço, para sobrecarga, dividido diametralmente em duas partes, com 2,27 kg de peso total, com diâmetro externo de 14,90 cm e diâmetro interno de 5,40 cm (Figura 6, do Anexo A);
- g) extensômetro, com curso mínimo de 10 mm, com graduações de 0,01 mm, ou digital;
- h) prensa, para determinação do Índice de Suporte Califórnia (Anexo A - Figura 7) composta de:
- quadro formado por base e travessa de ferro fundido e 4 (quatro) tirantes de aço, apresentando a travessa um entalhe inferior para suspensão de um conjunto dinamométrico;
  - macaco de engrenagem, de operação manual, por movimento giratório de uma manivela, com duas velocidades, acompanhado de um prato reforçado ajustável ao macaco, com 24 cm de diâmetro, para suportar o molde;
  - conjunto dinamométrico com capacidade para 4 000 kg, sensível a 2,5 kg, constituído por: anel de aço com dimensões compatíveis com a carga acima apresentada, com dispositivo para se fixar ao entalhe da travessa; extensômetro com graduações de 0,001 mm, fixado ao centro do anel, para medir encurtamento diametrais; pistão de penetração (Figura 8 do Anexo A), de aço, com 4,96 cm de diâmetro e com uma altura de cerca de 19 cm, variável conforme as condições de ensaio, fixo à parte inferior do anel; e extensômetro com graduações em 0,01 mm, com curso maior que 12,70 mm, fixo lateralmente ao pistão, de maneira que seu pino se apoie na borda superior do molde;
- i) extrator de amostras do molde cilíndrico, para funcionamento por meio de macaco hidráulico, com movimento alternativo de uma alavanca;
- j) balde de chapa de ferro galvanizado, com capacidade de cerca de 20 litros, com fundo de diâmetro mínimo de 25 cm;
- l) papel de filtro, circular, de cerca de 15 cm de diâmetro;
- m) balança, com capacidade para 20 kg, sensível a 5 g;
- n) estufa, capaz de manter a temperatura entre 105 e 110 °C, com circulação interna de ar;
- o) repartidor de amostras, de 1,3 a 2,5 cm de abertura;
- p) peneiras metálicas de malhas quadradas, de caixilho circular, diâmetro de 205 mm, com aberturas nominais de 19 mm e 4,8 mm;
- q) almofariz e mão de gral, recobertas por borracha, com capacidade de 5,0 kg de solo;
- r) pá de mão, com lâmina metálica, arredondada e cabo de madeira;
- s) bandeja metálica, com capacidade para mistura de 7000 g de material.

#### 4. Amostra

- 4.1 A amostra recebida deve ser seca ao ar, destorroada no almofariz pela mão de gral, homogeneizada e reduzida com o auxílio do repartidor de amostras ou por quarteamento, até obtenção de amostra representativa de 6 000 g, para solos siltosos ou argilosos e 7 000 g, para os arenosos ou pedregulhosos.

**4.2** Passar esta amostra representativa na peneira de 19 mm; havendo material retido nesta peneira, proceder a substituição do mesmo por igual quantidade, em peso, do material passando na peneira de 19 mm e retido na peneira de 4,8 mm, obtido de outra amostra representativa, conforme a subseção 4.1.

**4.3** Repetir as operações referidas nas subseções 4.1 e 4.2 tantas vezes quantos corpos-de-prova tiverem de ser moldados, geralmente cinco.

## **5. Ensaio**

**5.1** Determinar a curva de umidade ótima e densidade máxima, de acordo com a Norma DNIT 049/94-ME, observando, entretanto, que a escória deve ser compactada em três camadas iguais com 56 golpes por camada, com molde, soquete e disco espaçador, como especificado anteriormente na seção 3, e que as amostras só podem ser usadas para teste de expansão.

**5.2** Moldar três corpos de prova, sendo um no ramo seco, outro no ramo úmido e o terceiro na umidade ótima ou próxima, que devem ser usados no teste de potencial de expansão.

**5.3** Colocar um disco de papel de filtro grosso na placa de base perfurada, inverter o molde com a escória compactada, como obtida na subseção 5.2, fixando-o na placa de base perfurada, de maneira que o papel de filtro fique em contato com a escória.

**5.4** Colocar a haste ajustável e a placa perfurada na amostra de escória compactada. Aplicar pesos para produzir sobrecarga de 10 lb (4,542 kg). Submergir o molde e os pesos em água pré-aquecida a 100 °F (38 °C), permitindo livre acesso da água por cima e por baixo da amostra.

**5.5** Colocar a amostra submersa numa posição nivelada na estufa, à temperatura de  $71 \pm 3$  °C.

**5.6** Ajustar o tripé no colar de extensão e colocar o dial do extensômetro na leitura zero. O dial do extensômetro deve ser estabelecido de forma que seu pistão não seja muito estendido. Isto deve permitir medidas de assentamento ou consolidação inicial da amostra.

## **6. Procedimentos**

**6.1** Anotar a medida inicial, tomada 30 minutos após

a colocação da amostra na estufa à temperatura de  $160 \pm 5$  °F ( $71 \pm 3$  °C). Esta medida é a leitura básica e permite a expansão térmica dos aparelhos de teste.

**6.2** As medidas devem ser anotadas, no mínimo, uma vez por dia (preferência à mesma hora do dia), por um período de 7 dias.

**6.3** Adicionar água suficiente para que a amostra de teste permaneça completamente submersa. Esta água deve ser adicionada duas horas antes da leitura do dia.

**6.4** Após o período de sete dias, a água deve ser parcialmente removida do recipiente, mantendo a amostra na estufa à temperatura de  $71 \pm 3$  °C. A condição de saturação (não submersa) deve ser mantida por mais sete dias.

**6.5** As medidas da expansão devem continuar, como descrito na subseção 6.2, e não devem ser anotadas antes de 2 horas após adição de água na amostra.

**6.6** Um mínimo de 500 cc de água deve ser adicionado à parte de cima da amostra todos os dias, de modo que esta se mantenha completamente saturada.

**6.7** Após estas duas semanas de expansão, desmanchar cuidadosamente a amostra de teste, verificando se houve alguma formação cristalina na superfície das partículas da escória.

## **7. Cálculos**

### **7.1 Porcentagem de Expansão Volumétrica**

A porcentagem de expansão volumétrica deve ser calculada dividindo-se a diferença entre a leitura do extensômetro após 14 dias da condição de submersão ( $L_f$ ) e a leitura inicial ( $L_i$ ), pela altura inicial da amostra de 116,4 mm.

$$\% \text{Exp.} = \frac{(L_f - L_i)}{116,4} \times 100$$

### **7.2 Taxa de Expansão**

A taxa de expansão é a curva do tempo em dias (eixo x) versus a porcentagem de expansão (eixo y) mostrada na figura 9 do Anexo A.

Os ramos da curva desenvolvida durante as

condições de submersão e não submersão devem ser claramente indicados e as taxas de expansão devem ser calculadas em separado, para cada ramo da curva.

### **7.3 Porcentagem de expansão volumétrica total**

É calculada pela leitura do extensômetro após 14 dias da condição de submersão menos a leitura de base do extensômetro, dividida pela leitura inicial da amostra de 116,4 mm.

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

Anexo A (Normativo) – Figuras 1 a 9

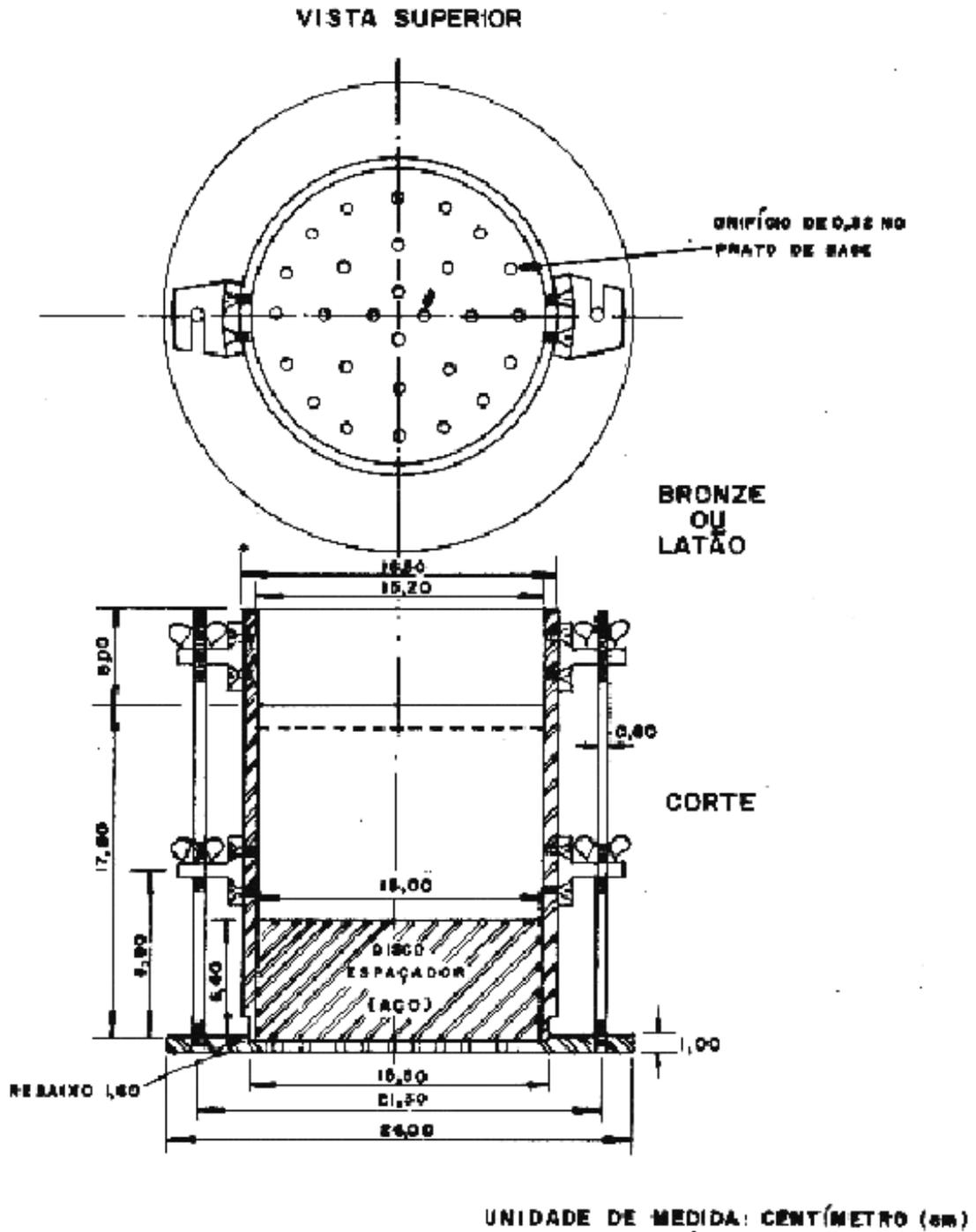


Figura 1 – Molde cilíndrico, cilíndrico complementar e base metálica

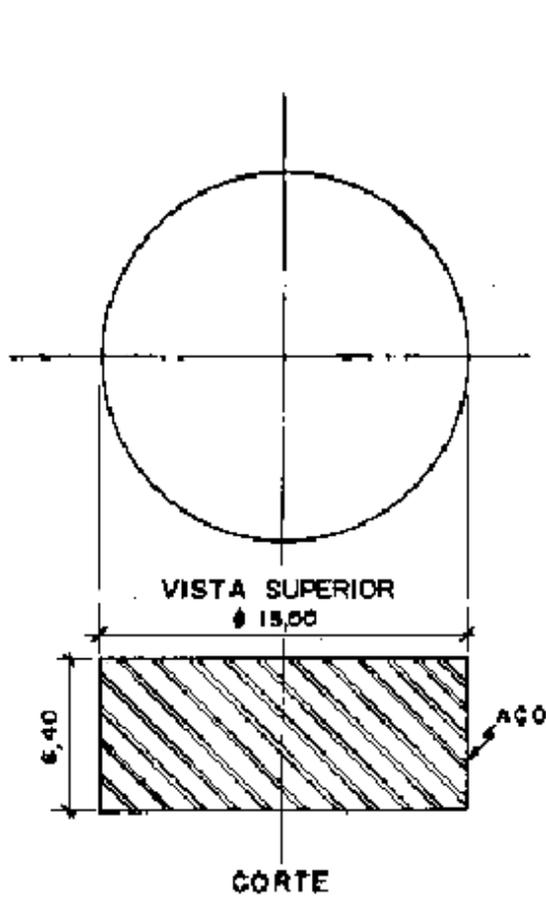


Figura 2 – Disco espaçador

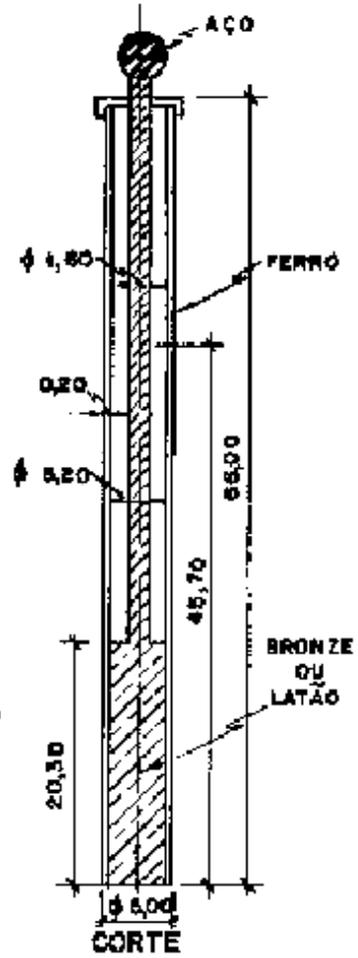


Figura 3 – Soquete

UNIDADE DE MEDIDA - CENTÍMETRO (cm)

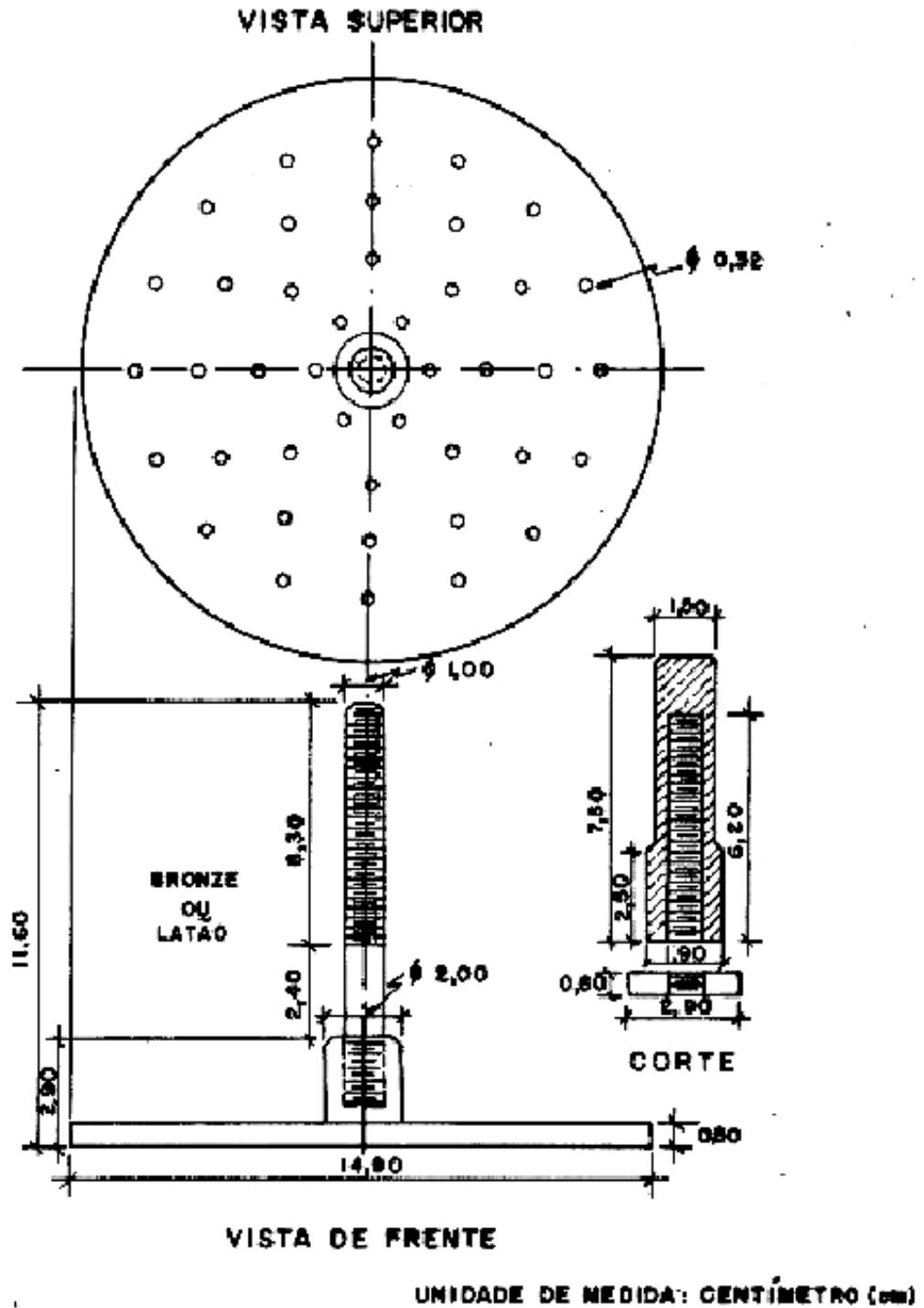


Figura 4 – Prato perfurado com haste ajustável

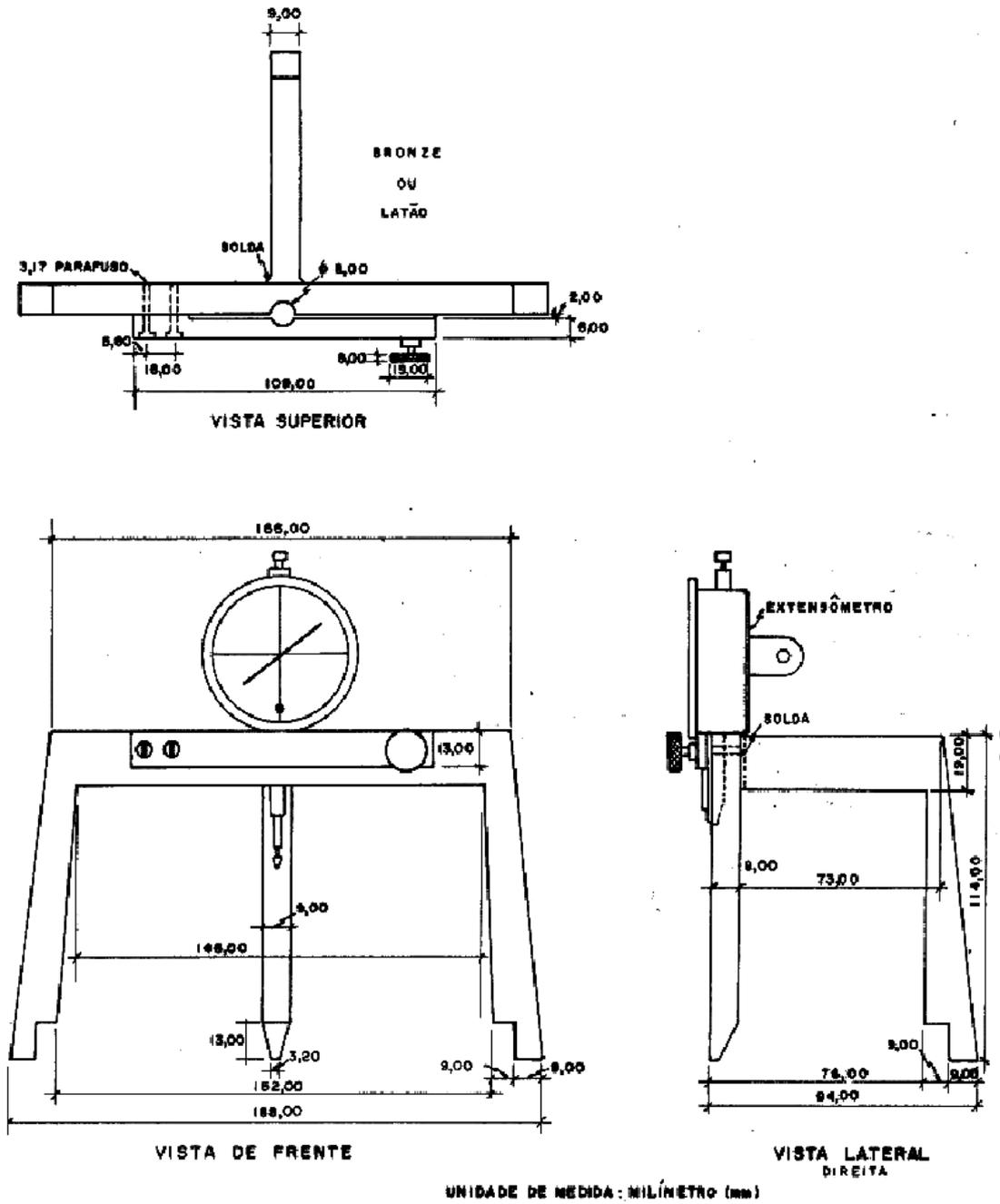


Figura 5 – Tripé porta – extensômetro

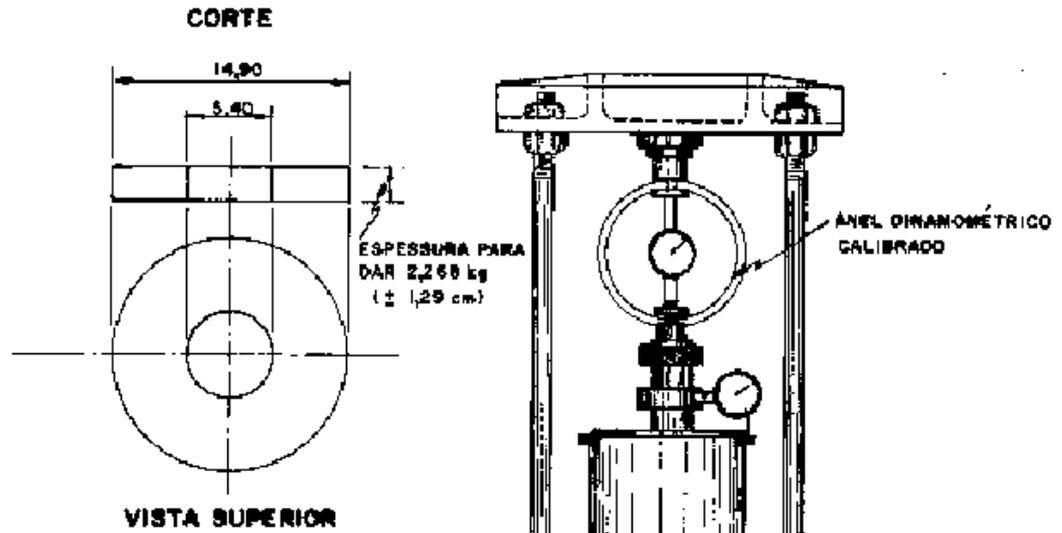


Figura 6 – Disco anelar

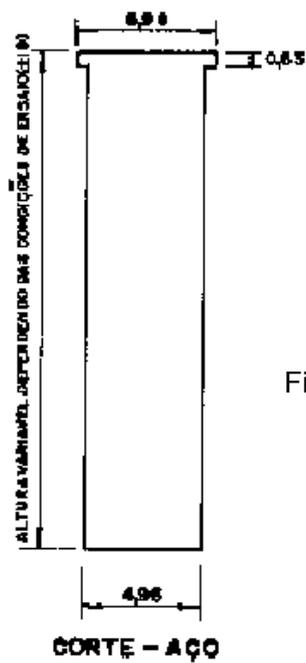


Figura 8 – Pistão de penetração

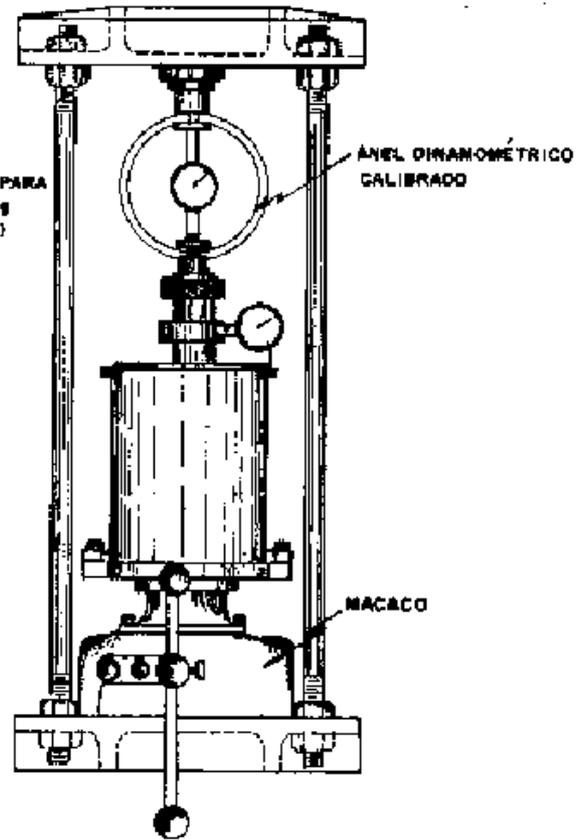


Figura 7 – Prensa para determinação do I.S.C

UNIDADE DE MEDIDA : CENTÍMETRO (cm)

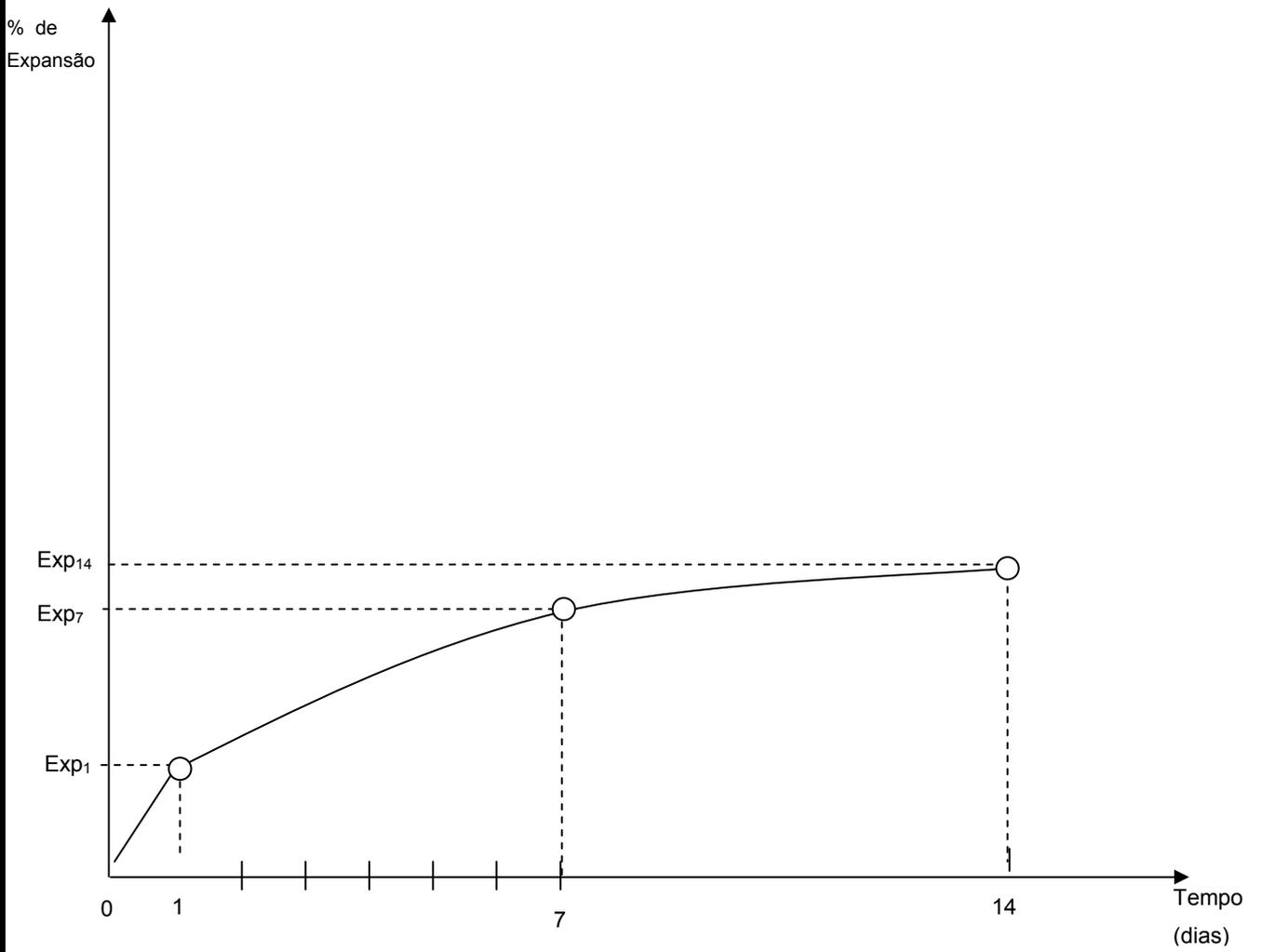


Figura 9 – Taxa de Expansão

**Anexo B (Informativo)****Bibliografia**

MINAS GERAIS. Departamento de Estradas de Rodagem. *Método de ensaio para avaliação do potencial de expansão de escória de aciaria: método de ensaio*. Belo Horizonte, 1982. (DER-MG. Recomendação técnica, 01.70).

\_\_\_\_\_ /Índice geral

## Índice geral

Abstract		1	Porcentagem de Expansão		
Amostra	4	2	Volumétrica	7.1	3
Anexo A (Normativo)			Porcentagem de Expansão		
Figuras 1 a 9		5	Volumétrica Total	7.3	4
Anexo B (Informativo) Bibliografia		11	Prefácio		1
Aparelhagem	3	1	Procedimentos	6	3
Cálculos	7	3	Referências Normativas	2	1
Ensaio	5	3	Resumo		1
Índice geral		12	Sumário		1
Objetivo	1	1	Taxa de Expansão	7.2	3

---