



**ABNT-Associação  
Brasileira de  
Normas Técnicas**

Sede:  
Rio de Janeiro  
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar  
CEP 20003 - Caixa Postal 1680  
Rio de Janeiro - RJ  
Tel.: PABX (021) 210-3122  
Telex: (021) 34333 ABNT - BR  
Endereço Telegráfico:  
NORMATECNICA

Copyright © 1990,  
ABNT-Associação Brasileira  
de Normas Técnicas  
Printed in Brazil/  
Impresso no Brasil  
Todos os direitos reservados

CDU: 624:131.37/8

OUT./1989

NBR 10905

# Solo - Ensaios de palheta *in situ*

Método de ensaio

Registrada no INMETRO como NBR 10905  
NBR 3 - Norma Brasileira Registrada

Origem: Projeto 02:004.18-001/89  
CB-02 - Comitê Brasileiro de Construção Civil  
CE-02:004.18 - Comissão de Estudo de Ensaios de Palheta *in Situ*  
MB-3122 - Soil - Field vane shear test - Method of test

Palavras-chave: Solo. Ensaio de palheta

9 páginas

## SUMÁRIO

- 1 Objetivo
- 2 Aparelhagem
- 3 Execução do ensaio
- 4 Resultados
- ANEXO - Figuras

### 1 Objetivo

1.1 Esta Norma prescreve o método para a determinação da resistência não drenada ( $c_u$ ) do solo *in situ*, através de uma palheta de seção cruciforme nele inserida e submetida a um torque capaz de cisalhá-lo por rotação.

1.2 Esta Norma se aplica a solos argilosos moles a rijos, saturados, permitindo determinar-lhes a resistência em condições de drenagem impedida. O conhecimento da natureza do solo ensaiado é necessário para avaliar a aplicabilidade do ensaio e interpretar adequadamente os resultados.

Nota: Os ensaios de palheta *in situ* são designados por EP.

### 2 Aparelhagem

Dois tipos básicos de equipamentos são empregados:

- a) tipo A: os que realizam ensaios sem necessidade de perfuração prévia (ver Figura 1, do Anexo);
- b) tipo B: os que realizam ensaios com perfuração prévia (ver Figura 2, do Anexo).

### 2.1 Características comuns aos tipos de equipamento A e B

2.1.1 Palheta, com quatro pás, preferencialmente de aço de alta resistência, com diâmetro de 65 mm e altura de 130 mm e demais dimensões constantes da Figura 3, do Anexo. Quando o ensaio é executado em argila rija com resistência não drenada superior a 50 kPa, tolera-se o uso de palheta retangular com diâmetro de 50 mm e altura de 100 mm.

2.1.2 Haste fina, com diâmetro de  $(13 \pm 1)$  mm, conforme Figura 3, do Anexo, e comprimento capaz de cravar a palheta 0,5 m no solo. É constituída de aço capaz de suportar os torques aplicados à palheta.

2.1.3 Tubo de proteção da haste fina, com diâmetro externo de  $(20 \pm 1)$  mm, para eliminar o atrito solo-haste fina, sendo mantido estacionário durante o ensaio. O espaço entre a haste fina e a parede do tubo de proteção deve ser preenchido com graxa para evitar o ingresso de solo e atritos mecânicos.

2.1.4 Hastes de extensão, de aço capaz de transmitir sem romper o torque à palheta, compostas de segmentos acopláveis com 1 m de comprimento. Devem ser capazes de suportar o peso próprio, durante o ensaio, sem desalinhamento significativo. O acoplamento entre segmentos de hastes não deve permitir deslizamento ou rotação entre hastes durante o ensaio.

2.1.5 Equipamento de unidade de torque e medição, que imprima através de engrenagens uma rotação às hastes

de  $(6 \pm 0,6)^\circ/\text{min}$  e que permita medição do torque aplicada às hastes. O mecanismo deve ser dotado de coroa e pinhão e acionado por manivela. A relação de redução deve ser tal que permita o acionamento manual e o controle da velocidade de rotação da palheta dentro da tolerância especificada. As partes deslizantes são montadas sobre rolamentos, de forma a reduzir o atrito a valores aceitáveis. Durante a execução de um ensaio são desejáveis leituras de rotação a cada  $2^\circ$  para construção da curva torque x rotação.

## 2.2 Características adicionais do equipamento tipo A

**2.2.1** O equipamento tipo A permite sua cravação estática em solos moles a partir do nível do terreno. Durante esta cravação, a palheta é protegida, permanecendo no interior de uma sapata, conforme mostrado na Figura 1, do Anexo.

**2.2.2** A parte inferior do equipamento deve conter rolamentos axiais e laterais vedados e lubrificados, de forma a centralizar as hastes de extensão e apoiá-las sobre rolamentos. O tubo de proteção da haste fina é mantido estacionário durante o ensaio. Tais dispositivos devem evitar o atrito solo-haste e reduzir os atritos mecânicos a valores desprezíveis.

**2.2.3** Além destas características, uma vez atingida a profundidade desejada, a parte inferior do equipamento permite cravar a palheta 0,5 m no solo.

**2.2.4** As hastes de extensão são protegidas por um tubo ao longo de todo o seu comprimento.

**2.2.5** A haste superior é provida de um rolamento centralizador, as demais são centralizadas por espaçadores, que não provoquem atritos significativos, instalados em intervalos não superiores a 3 m ao longo das hastes.

**2.2.6** O dispositivo de medição e leituras se apóia diretamente no tubo de proteção da haste e reage contra este.

**2.2.7** Com este tipo de equipamento, obtém-se melhor qualidade de resultados.

## 2.3 Características adicionais do equipamento tipo B

**2.3.1** Com o equipamento tipo B, o ensaio é realizado no interior de uma perfuração prévia, conforme mostra a Figura 2, do Anexo.

**2.3.2** Este equipamento é mais suscetível a erros, devido a atritos mecânicos e translação da palheta, e todo esforço deve ser feito no sentido de minimizá-los, conforme as recomendações a seguir:

**2.3.2.1** São utilizados espaçadores com rolamentos em intervalos não superiores a 3 m ao longo das hastes de extensão. O conjunto das hastes se apóia em um dispositivo com rolamentos instalado na extremidade inferior das hastes, que, por sua vez, está conectado ao tubo de proteção da haste fina. Este dispositivo permite que a rotação das hastes não seja transmitida ao tubo de proteção da haste fina, que permanece estacionário durante o ensaio. Com isso, tanto o atrito solo-haste, como os atritos mecânicos, desalinhamento das hastes e translação da palheta são evitados ou reduzidos a valores desprezíveis.

**2.3.2.2** Todos os rolamentos devem ser bem lubrificados e vedados para evitar o ingresso de solo.

**2.3.2.3** A unidade de torque e medição se apóia e reage no tubo de revestimento ou dispositivo auxiliar que, por sua vez, reage contra o solo.

## 3 Execução do ensaio

### 3.1 Ensaio com os equipamentos tipos A e B

**3.1.1** Os ensaios com o equipamento tipo A são realizados da seguinte maneira:

- a) o equipamento com a palheta na posição recolhida dentro da sapata é cravado estaticamente no terreno com auxílio de macaco ou tripé de sondagem;
- b) atingida a profundidade desejada, as hastes de extensão são forçadas cravando-se a palheta no solo 0,5 m a frente da sapata de proteção, sem rodá-la;
- c) a unidade de torque e medição é então posicionada, e os instrumentos zerados;
- d) aplica-se imediatamente o torque, realizando-se leituras conforme explicado em 2.1.5 e registrando-se o torque máximo ou, preferencialmente, a curva torque-rotação aplicada. O tempo decorrido entre o fim da cravação da palheta e o início da rotação aplicada não deve ser superior a 5 min;
- e) imediatamente após a determinação do torque máximo, aplicam-se dez revoluções completas à palheta e refaz-se o ensaio para determinação da resistência amolgada ( $c_{gr}$ ). O intervalo de tempo entre os dois ensaios deve ser inferior a 5 min.

**3.1.2** Os ensaios com o equipamento tipo B são realizados como segue:

- a) o conjunto palheta-espaçadores-hastes é introduzido em uma perfuração previamente executada com diâmetro 75 mm, preferencialmente. Sempre que necessário, a perfuração é revestida em toda a sua extensão para evitar desmoronamentos;
- b) quando este conjunto tocar o fundo do furo, crava-se a palheta rapidamente no solo, sem rodá-la, num comprimento maior que 0,5 m e não inferior a quatro vezes o diâmetro do furo de sondagem;
- c) as demais operações são realizadas conforme o procedimento descrito em 3.1.1-c) e 3.1.1-e).

### 3.2 Calibração, inspeção e ensaio de atrito

Os cuidados com o equipamento envolvem calibração, inspeção e ensaio, conforme descrito a seguir:

#### 3.2.1 Calibração

A calibração da unidade de torque e medição deve ser realizada com frequência mínima anual e por instituição oficial ou credenciada pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Deve ser feita na faixa de torques de 0 a 60 Nm com, pelo menos, três ci-

elos de torque, e apresentar uma acurácia melhor ou igual a 2%. Uma calibração especial para torques superiores a 60 Nm deve ser realizada para ensaios em solos muito resistentes, mantendo-se o critério de acurácia de 2%.

### 3.2.2 Inspeção

A inspeção deve ser realizada antes de toda campanha de ensaios e a cada 6 meses de uso continuado do equipamento. Consiste na verificação do estado das hastes quanto a desalinhamentos, dos rolamentos e espaçadores quanto à lubrificação e atritos e das dimensões da palheta e demais componentes do instrumento. Envolve também uma verificação na calibração da unidade de torque e medição, a ser realizada pelo próprio executor dos ensaios, utilizando-se o equipamento de calibração esquematizado nas Figuras 4 e 5, do Anexo.

### 3.2.3 Ensaio de atrito

Este ensaio é realizado antes de toda a campanha de ensaios, no mesmo local e profundidade máxima de ensaio da campanha programada, a cada seis meses de uso continuado do equipamento. Consiste na execução de um ensaio sem a palheta, medindo-se o torque durante uma rotação completa aplicada às hastes. Todo o ensaio deve ser realizado com a presença do engenheiro ou geólogo responsável pelos ensaios e do engenheiro ou geólogo representante do cliente, que atestarão em relatório:

- a) a conformidade do equipamento empregado a esta Norma;
- b) o torque máximo medido neste ensaio, em Nm.

Nota: O equipamento é considerado aceitável se o torque máximo observado for inferior a 1,5 Nm.

### 3.3 Interpretação do ensaio

3.3.1 A resistência não drenada  $c_u$ , em kPa, fornecida pelo ensaio de palheta é obtida pela equação:

$$c_u = 0,86 \frac{T}{\pi D^3} \quad (1)$$

Onde:

T = torque máximo medido (kNm)

D = diâmetro da palheta (m)

$\pi = 3,1416$

3.3.1.1 Esta equação é deduzida para palhetas retangulares com altura igual ao dobro do diâmetro, considerando uniforme a distribuição de resistência ao longo das superfícies de ruptura circunscrita à palheta.

3.3.2 O valor da resistência não drenada amolgada,  $c_{ur}$ , é obtido pela equação (1), utilizando-se porém o valor do torque referente à condição amolgada.

3.3.3 O valor da sensibilidade  $S_t$  da argila é dado por:

$$S_t = \frac{c_u}{c_{ur}} \quad (2)$$

Notas: a) A interpretação realizada através de (1) e (2) só tem validade em solos argilosos, saturados, em que se possam admitir condições não drenadas de cisalhamento durante o ensaio. Isto implica materiais com baixa permeabilidade, i. e., inferior a  $10^{-7}$  m/s, e coeficiente de adensamento  $c_v$  menor que 100 m<sup>2</sup>/ano, aproximadamente.

b) Os ensaios de palheta não devem ser realizados em areias, turfas e em solos contendo pedregulhos e conchas.

## 4 Resultados

Os resultados devem ser apresentados em relatório no qual devem constar as seguintes informações:

- a) descrição do equipamento utilizado, dimensões da palheta e diâmetro das hastes e tubos de proteção;
- b) declaração de conformidade do equipamento a esta Norma;
- c) resultados da inspeção e do ensaio do equipamento conforme descrição de 3.2.2 e 3.2.3;
- d) resultados e data da última calibração da unidade de torque e medição (ver 3.2.1);
- e) local da obra;
- f) locação e diâmetro dos furos de sondagem em que foram realizados os ensaios;
- g) profundidade do ensaio;
- h) método de avanço do furo de sondagem;
- i) data do ensaio;
- j) curvas torque-rotação da palheta nas condições amolgada e indeformada;

Nota: A locação deve ser indicada em planta através da sigla EP-x, onde x é o número de ordem do furo dos ensaios;

- l) valores de  $c_u$  e  $c_{ur}$  expressos em kPa;
- m) valor da sensibilidade  $S_t$ ;
- n) eventuais danos à palheta.



## ANEXO - Figuras

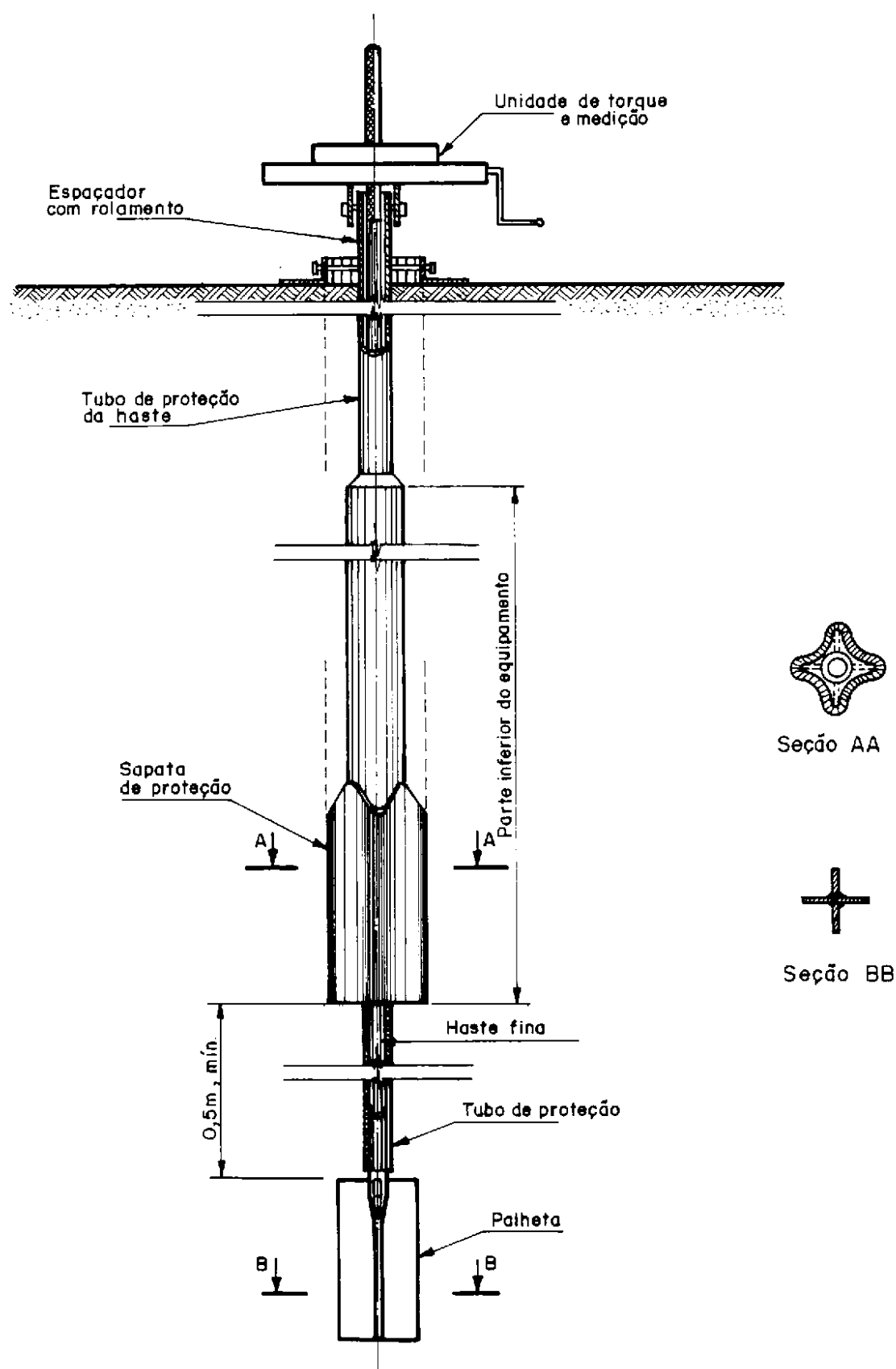


Figura 1 - Equipamento tipo A - Sem perfuração prévia

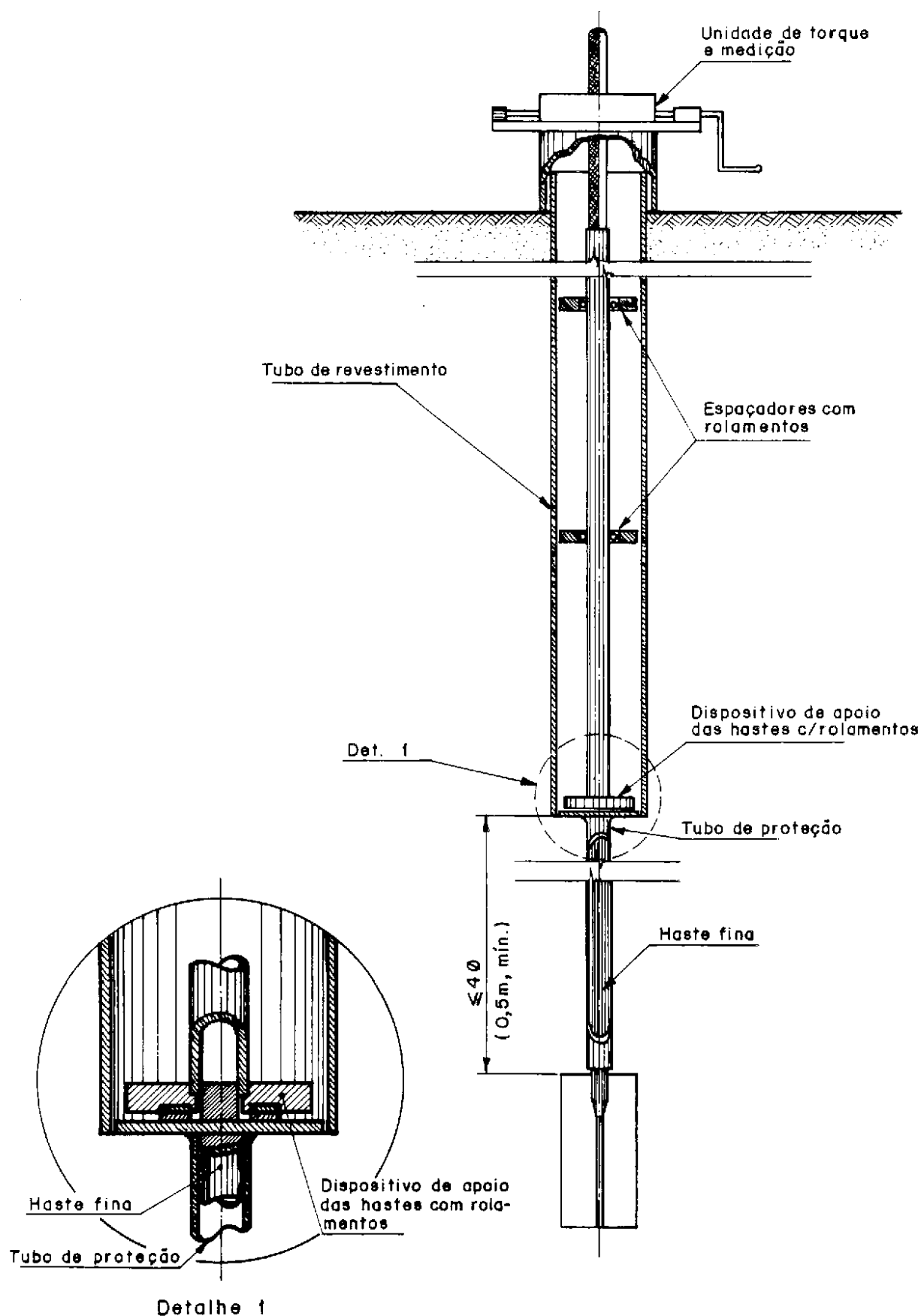


Figura 2 - Equipamento tipo B - Em furos de sondagens

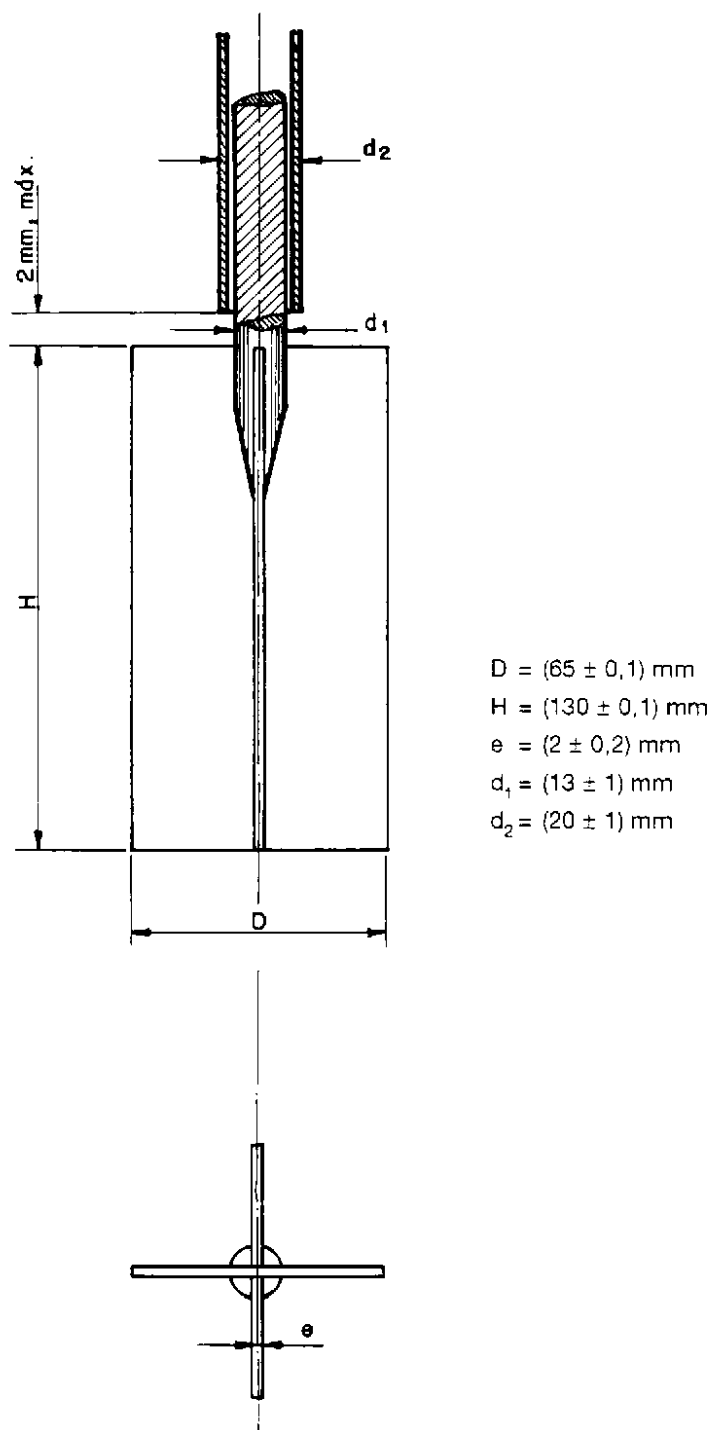
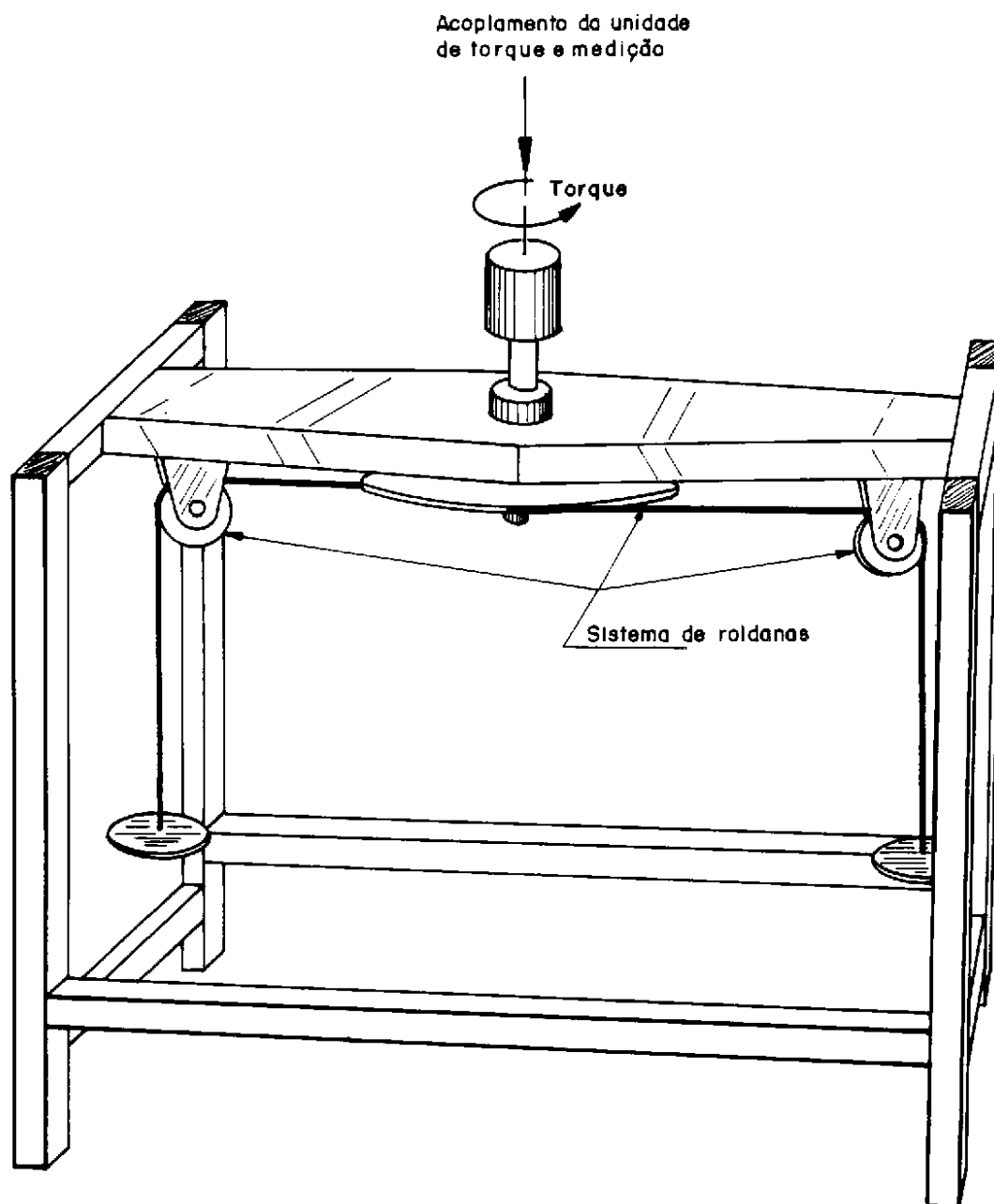


Figura 3 - Palheta-padrão



Perspectiva

Figura 4 - Equipamento de calibração



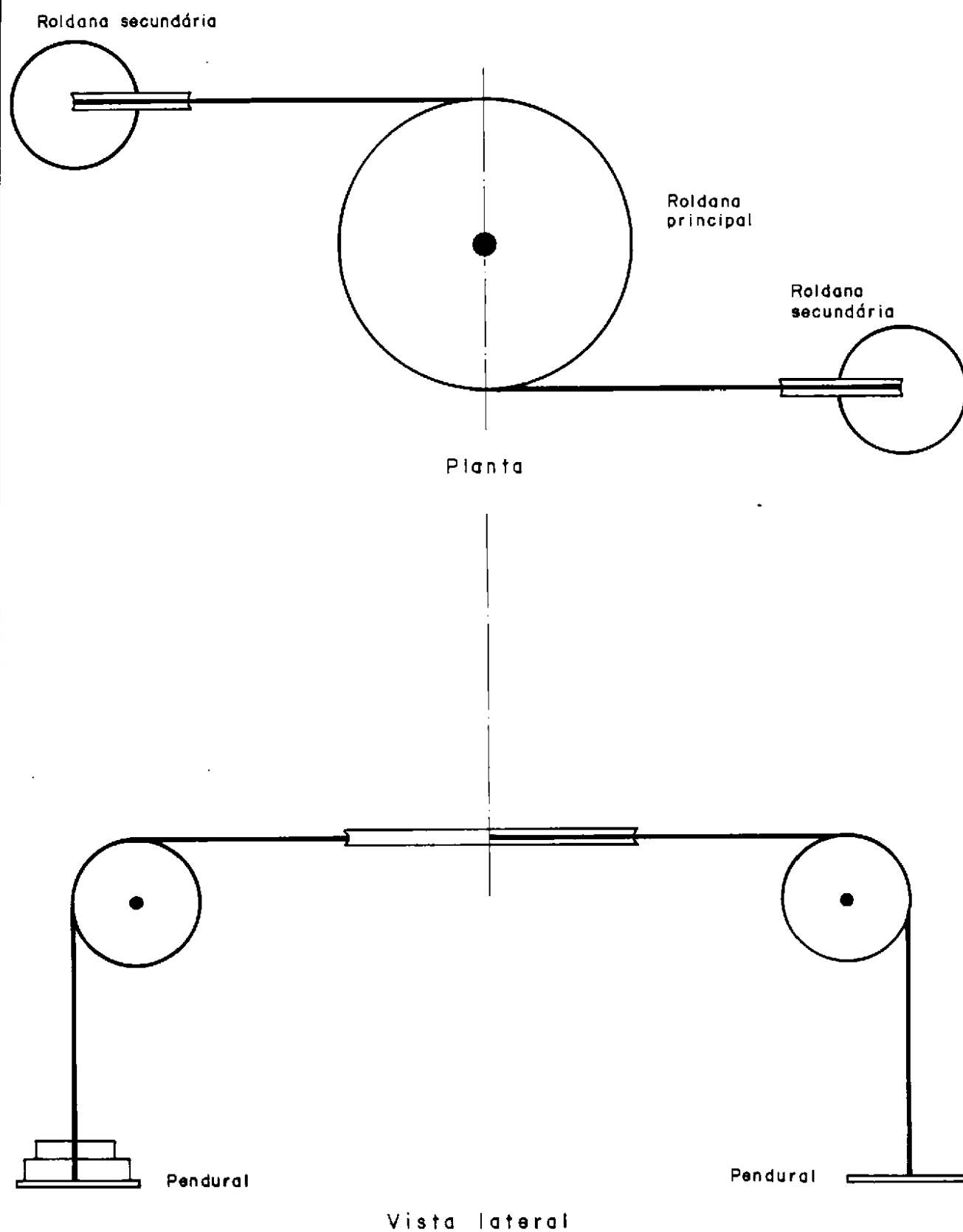


Figura 5 - Sistema de roldanas