

**MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO NA ATMOSFERA**  
**DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO, UTILIZANDO O AMOSTRADOR**  
**DE GRANDES VOLUMES**  
**Método de ensaio**

CETESB

L8.010  
JUL./85

**SUMÁRIO**

**Pág.**

1 OBJETIVO .....	1
2 DEFINIÇÃO .....	1
3 APARELHAGEM .....	2
4 EXECUÇÃO DO ENSAIO .....	4
6 RESULTADOS .....	6
ANEXO A .....	7
ANEXO B .....	9
ANEXO C .....	11

**1 OBJETIVO**

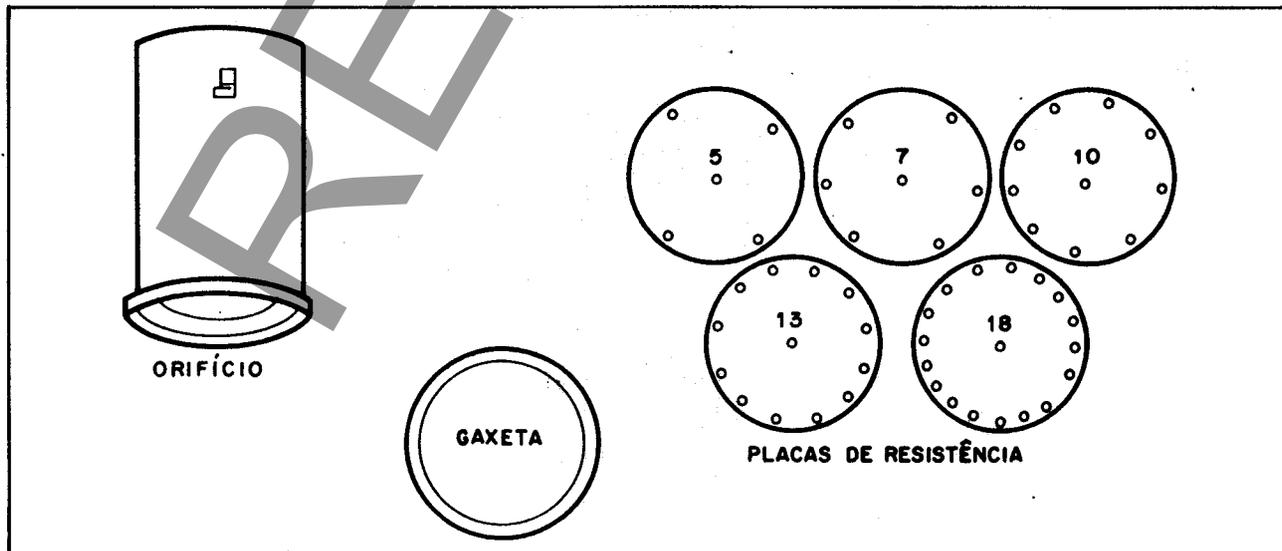
Esta Norma prescreve o método de determinação da concentração de material particulado em suspensão na atmosfera, utilizando o amostrador de grandes volumes.

**2 DEFINIÇÃO**

Para os efeitos desta Norma é adotada a seguinte definição:

*Unidade de calibração*

Sistema de placas de orifício (ver Figura 1), calibrado contra um padrão primário e destinado à calibração do sistema de medição da vazão do amostrador.



**FIGURA 1 – Unidade de calibração (orifício)**

### 3 APARELHAGEM

**3.1** Amostrador, com aspirador elétrico capaz de fazer passar ar atmosférico através de uma área de  $406 \text{ cm}^2$  ( $63 \text{ pol}^2$ ) de um filtro de fibra de vidro de  $20,3 \text{ cm} \times 25,4 \text{ cm}$  ( $8'' \times 10''$ ) a uma vazão compreendida entre  $1,13$  e  $1,70 \text{ m}^3/\text{min}$ . A Figura 2 apresenta uma vista explodida do amostrador.

**3.2** Abrigo do amostrador, construído com materiais resistentes à intempérie. O alumínio tem-se mostrado um material adequado. O amostrador deve ser montado verticalmente dentro do abrigo, de tal forma que o filtro fique em posição horizontal. O abrigo deve ter uma cobertura que proteja o filtro contra material sedimentável. A Figura 3 apresenta um modelo de abrigo, e a Figura 4 apresenta detalhes dimensionais.

**3.3** Medidor-padrão de volume, de deslocamento positivo, para ser utilizado como padrão primário.

**3.4** Medidor de vazão do amostrador, capaz de registrar graficamente a vazão de ar, durante todo o período de amostragem.

**3.5** Barômetro, capaz de medir a pressão atmosférica em mm de Hg.

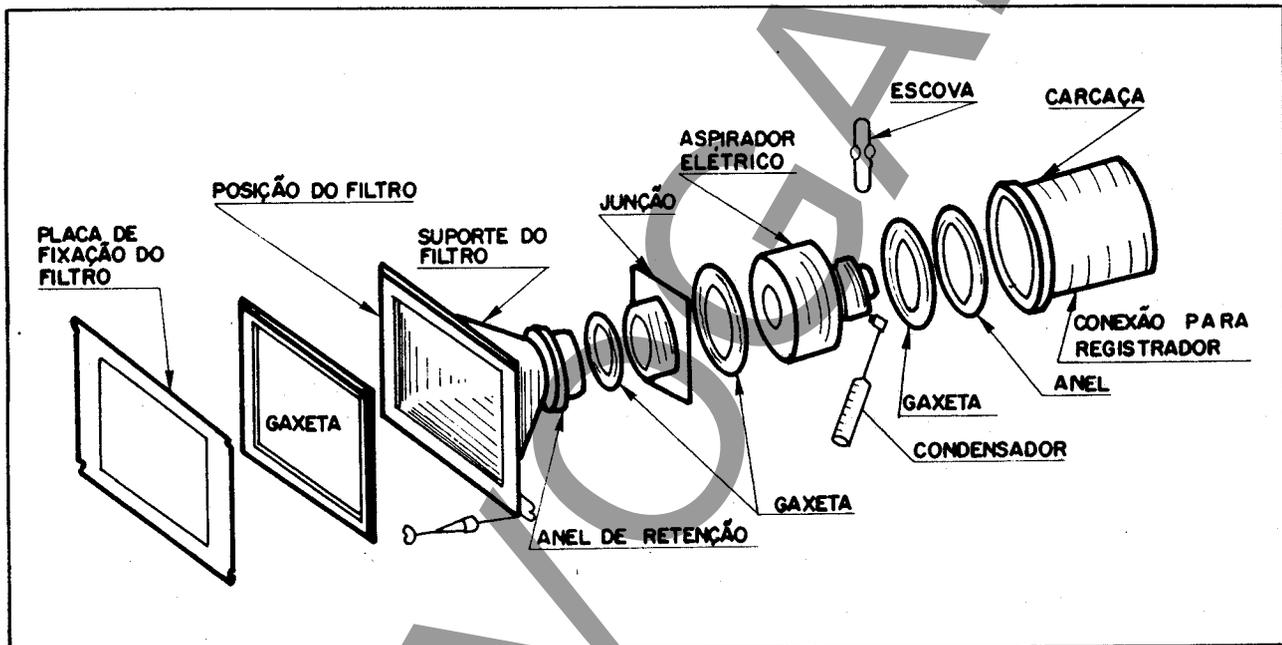


FIGURA 2 – Vista explodida esquemática de um amostrador de grandes volumes.

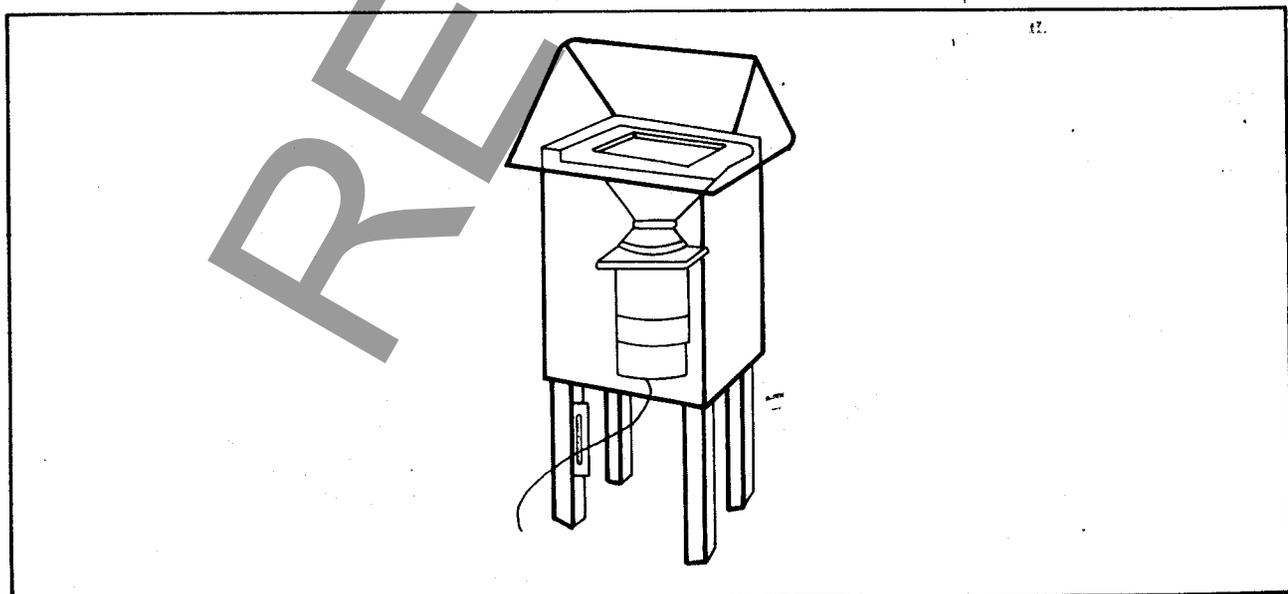


FIGURA 3 – Modelo de abrigo com o amostrador montado.

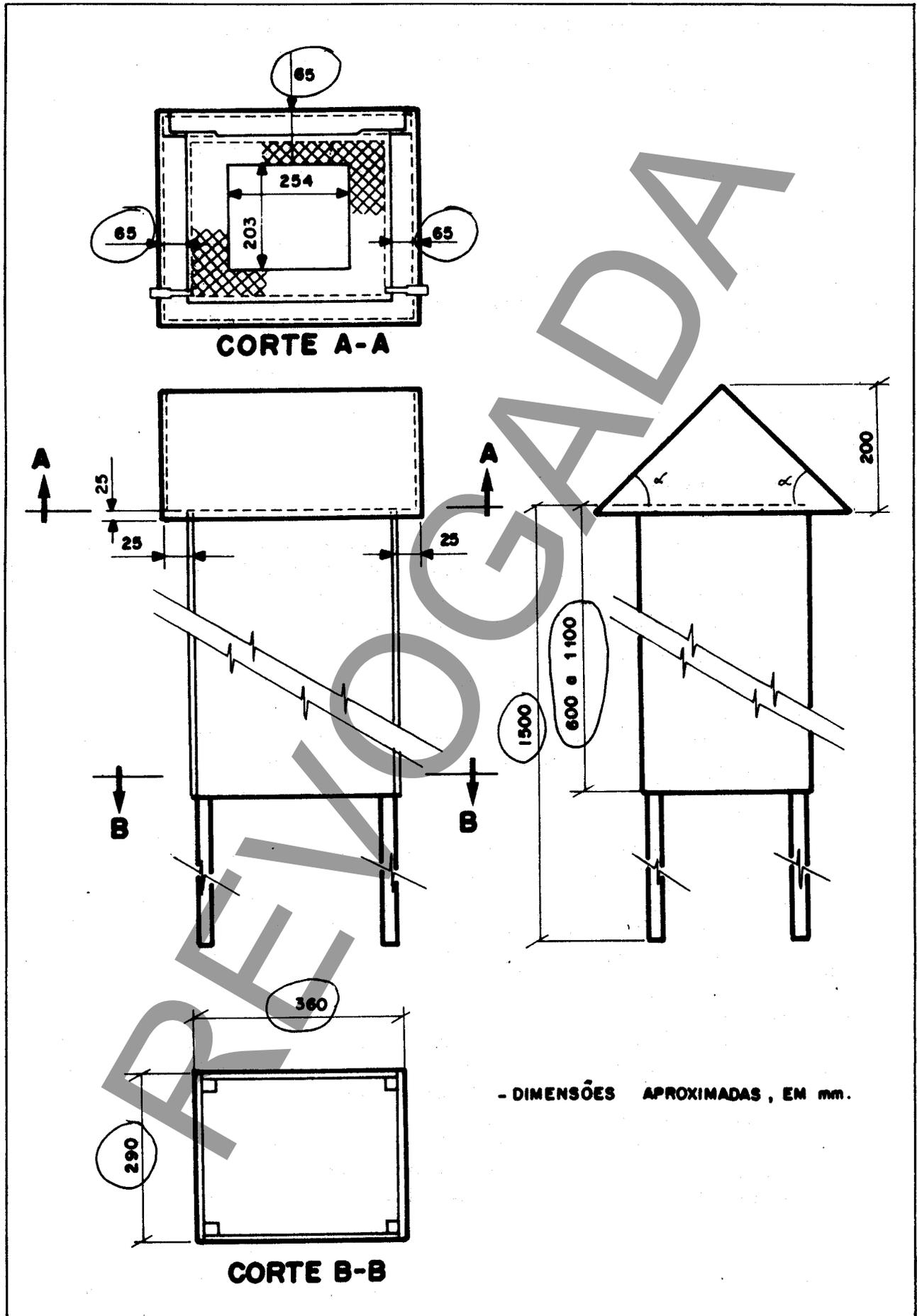


FIGURA 4 – Detalhes dimensionais do abrigo do amostrador.

**3.6** Manômetro diferencial, capaz de medir diferenças de pressão de 40 cm de coluna de água.

**3.7** Balança analítica, com câmara de pesagem e pratos especiais que possibilitem a pesagem sem necessidade de dobrar o filtro (20,3 cm x 25,4 cm), com sensibilidade de 0,1 mg.

**3.8** Fonte de luz, do tipo utilizado no exame de chapas de raios-X.

**3.9** Filtros de fibra de vidro, com eficiência mínima de coleta de 99% para partículas de 0,3  $\mu\text{m}$  de diâmetro são recomendados para determinação quantitativa de material particulado em suspensão.

**3.10** Unidade de calibração.

**3.11** Dessecador ou, de preferência, sala com ar condicionado mantido a uma temperatura entre 15 e 35°C e umidade relativa inferior a 50%.

*Nota:* Quando se pretende fazer uma análise de um poluente qualquer na amostra coletada por filtração, é necessário que se tenha investigado anteriormente se o meio não contém altos teores do poluente em questão.

## 4 EXECUÇÃO DO ENSAIO

### 4.1 Características do método

#### 4.1.1 Princípio do método

O ar é aspirado através de um filtro de fibra de vidro de 20,3 cm x 25,4 cm, a uma vazão compreendida entre 1,13 e 1,70  $\text{m}^3/\text{min}$ , por um período contínuo de 24 horas. Partículas com diâmetro aerodinâmico equivalente compreendido entre 0,1 e 100  $\mu\text{m}$  são retidas pelo filtro. Calcula-se a concentração de material particulado total em suspensão a partir da massa do material coletado e do volume do ar amostrado ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

#### 4.1.2 Sensibilidade e limite de detecção

**4.1.2.1** Quando o amostrador é operado a uma vazão de 1,70  $\text{m}^3/\text{min}$  durante 24 h, é possível determinar concentrações da ordem de 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

**4.1.2.2** Quando a vazão mínima de 1,13  $\text{m}^3/\text{min}$  não puder ser mantida durante todo o período de amostragem devido a elevadas concentrações de material particulado e/ou sua natureza, recomendam-se períodos menores de amostragem, por exemplo 6 ou 8 horas.

#### 4.1.3 Precisão e exatidão

**4.1.3.1** O desvio padrão relativo, obtido em um estudo em que participaram vários laboratórios foi de 3% para um único laboratório e de 3,7% considerando-se a totalidade dos laboratórios.

**4.1.3.2** A exatidão na determinação da concentração depende principalmente da constância da vazão. A vazão é afetada pela concentração e natureza do material da atmosfera. Em condições desfavoráveis, o erro da determinação da concentração pode ser maior que 50% do valor real, dependendo da queda da vazão e da variação da concentração com o tempo, durante as 24 horas.

#### 4.1.4 Interferência

**4.1.4.1** Filtros que permaneçam expostos no aparelho desligado podem receber massa significativa devido à deposição de partículas. Já foram observados acréscimos correspondentes a cerca de 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  provenientes de exposições anteriores à amostragem durante 5 dias em áreas poluídas. Recomenda-se por isso que o intervalo de tempo entre a colocação do filtro e o início da amostragem seja o menor possível.

**4.1.4.2** O material coletado é geralmente higroscópico, embora o filtro de fibra de vidro seja comparativamente insensível a variações de umidade relativa. Tal fato pode alterar o resultado da pesagem.

**4.1.4.3** Material particulado oleoso, neblina densa ou alta umidade relativa podem reduzir o fluxo de ar a um valor inferior a 1,13  $\text{m}^3/\text{min}$ .

### 4.2 Procedimento

#### 4.2.1 Calibração do amostrador

**4.2.1.1** Os amostradores deverão ser calibrados nas seguintes condições:

- a) na primeira vez em que o aparelho for utilizado;
- b) após serviço de manutenção, tal como troca de motor ou das escovas do motor;
- c) toda vez que o medidor de vazão for reparado ou substituído;
- d) toda vez que o amostrador for transferido de local.

**4.2.1.2** Inspeccionar o orifício da unidade de calibração antes da calibração do amostrador. Caso algum dano seja constatado, recalibrar a unidade de calibração.

**4.2.1.3** A calibração deve ser efetuada com o amostrador instalado no local de amostragem. O amostrador deve ser calibrado após 24 horas de funcionamento.

**4.2.1.4** Instalar um filtro de fibra de vidro limpo no aparelho e um papel de registro no medidor de vazão.

**4.2.1.5** Conectar o medidor de vazão ao aspirador. Ligar e deixá-lo operar durante 5 minutos.

**4.2.1.6** Desligar e verificar se o registrador está marcando corretamente. Ajustar a pena para zero, se necessário.

**4.2.1.7** Remover o filtro e o suporte.

**4.2.1.8** Montar a unidade de calibração com a placa de 18 orifícios, conectando a ela o manômetro diferencial.

**4.2.1.9** Ligar o aspirador e registrar as leituras do manômetro de água e do medidor de vazão.

**4.2.1.10** Desligar o aspirador.

**4.2.1.11** Repetir as operações de 4.2.1.8 a 4.2.1.10 para cada placa, com ordem decrescente de orifícios.

**4.2.1.12** Repetir a calibração (ver 4.2.1.8 a 4.2.1.11).

**4.3.1.13** Anotar a pressão (mmHg) e a temperatura (°C) ambiente.

**4.2.1.14** Utilizando a curva de calibração da unidade de calibração, converter a leitura do manômetro diferencial em vazão  $Q_r$  (a curva pode ser construída segundo o Anexo A).

**4.2.1.15** Construir a curva de calibração em papel milimetrado, marcando no eixo das abscissas as vazões lidas no registrador e no eixo das ordenadas as correspondentes vazões reais ( $Q_r$ ), obtidas da curva de calibração da unidade de calibração.

**4.2.1.16** Caso a pressão ambiente durante a calibração do amostrador diferir em mais de 15% da pressão ambiente em que foi calibrada a unidade de calibração, ou a temperatura diferir em mais de 100% nas mesmas situações, fazer correção de vazão, segundo a fórmula:

$$Q_r = Q'_r \left( \frac{T_2 \cdot P_1}{T_1 \cdot P_2} \right)^{1/2}$$

onde:

$Q_r$  = vazão corrigida do amostrador, em  $m^3/min$ .

$Q'_r$  = vazão obtida durante a calibração do amostrador, em  $m^3/min$ .

$T_1$  = temperatura absoluta quando a unidade de calibração foi calibrada, em K.

$T_2$  = temperatura absoluta quando o amostrador foi calibrado, em K.

$P_1$  = pressão atmosférica quando a unidade de calibração foi calibrada, em Pa (ou mmHg).

$P_2$  = pressão atmosférica quando o amostrador foi calibrado, em Pa (ou mmHg).

#### **4.2.2 Preparação do filtro**

**4.2.2.1** Examinar cada filtro sob a fonte de luz para verificar se há imperfeições, tais como orifícios ou partículas. Os filtros com imperfeições visíveis não devem ser utilizados.

**4.2.2.2** Condicionar os filtros por 24 horas em ambiente controlado (3.11).

**4.2.2.3** Pesar o filtro com precisão de 1 mg, anotando a tara e o número de identificação. Não dobrar o filtro antes da amostragem.

#### **4.2.3 Coleta de amostra**

**4.2.3.1** Abrir o abrigo e retirar a armação que prende o filtro.

**4.2.3.2** Instalar o filtro numerado e pesado com a face rugosa para cima.

**4.2.3.3** Recolocar a armação e apertá-la firmemente.

- Notas:** a) Aperto insuficiente dá margem a vazamentos; aperto demasiado pode danificar a proteção de borracha que prende o filtro;
- b) Para impedir que o filtro se cole na borracha, pode-se aplicar sobre esta uma pequena quantidade de talco, removendo-se o excesso com pano limpo e seco; depois disso, recoloca-se a borracha sobre o filtro.

**4.2.3.4** Fechar o abrigo.

**4.2.3.5** Colocar o papel de registro no medidor de vazão.

**4.2.3.6** Ligar o aparelho e verificar se o medidor de vazão funciona corretamente.

**4.2.3.7** Amostrar por 24 horas, com precisão de  $\pm 2$  min.

**4.2.3.8** Retirar cuidadosamente o filtro, tocando somente nas áreas não expostas do mesmo; dobrá-lo no sentido de sua maior dimensão com a parte exposta voltada para dentro e colocá-lo dentro de uma folha de papel dobrada.

**4.2.3.9** Retirar o papel de registro de vazão.

#### **4.2.4** Pesagem

Condicionar os filtros expostos por 24 horas no ambiente controlado (3.11) e pesar com precisão de 1 mg.

#### **4.2.5** Determinação do volume de ar amostrado

Obtém-se a vazão média lida ( $Q_{ml}$ ) pela média aritmética das leituras obtidas na carta de registro de vazão, integradas em intervalos de 1 hora. O valor de  $Q_{ml}$  é transformado em vazão média real ( $Q_{mr}$ ) por meio da curva de calibração previamente obtida (ver 4.2.1.15). O volume de ar amostrado é calculado pela fórmula:

$$V = t Q_{mr}$$

onde:

V = volume de ar amostrado, em  $m^3$ .

$Q_{mr}$  = vazão média real, em  $m^3/\text{min}$ .

t = tempo de amostragem, em min.

## **5 RESULTADOS**

### **5.1** Concentração de material particulado total em suspensão

A concentração é calculada pela fórmula:

$$C = 10^6 \frac{M_f - M_i}{V}$$

**Nota:** Arredondar C para a unidade inteira mais próxima.

onde:

C = concentração, em  $\mu\text{g}/m^3$ .

$M_f$  = massa final do filtro, em g.

$M_i$  = massa inicial do filtro, em g.

V = volume de ar amostrado, em  $m^3$ .

$10^6$  = fator de conversão de g para  $\mu\text{g}$ .

## ANEXO A – CALIBRAÇÃO DA UNIDADE DE CALIBRAÇÃO

A-1 Instalar a unidade de calibração e o aspirador como mostra a Figura 5, de modo que a unidade de calibração fique na entrada do medidor e o aspirador na saída.

A-2 Acertar os manômetros de mercúrio e de água para a posição zero e nivelar o equipamento. Conectar os manômetros como indica a Figura 5.

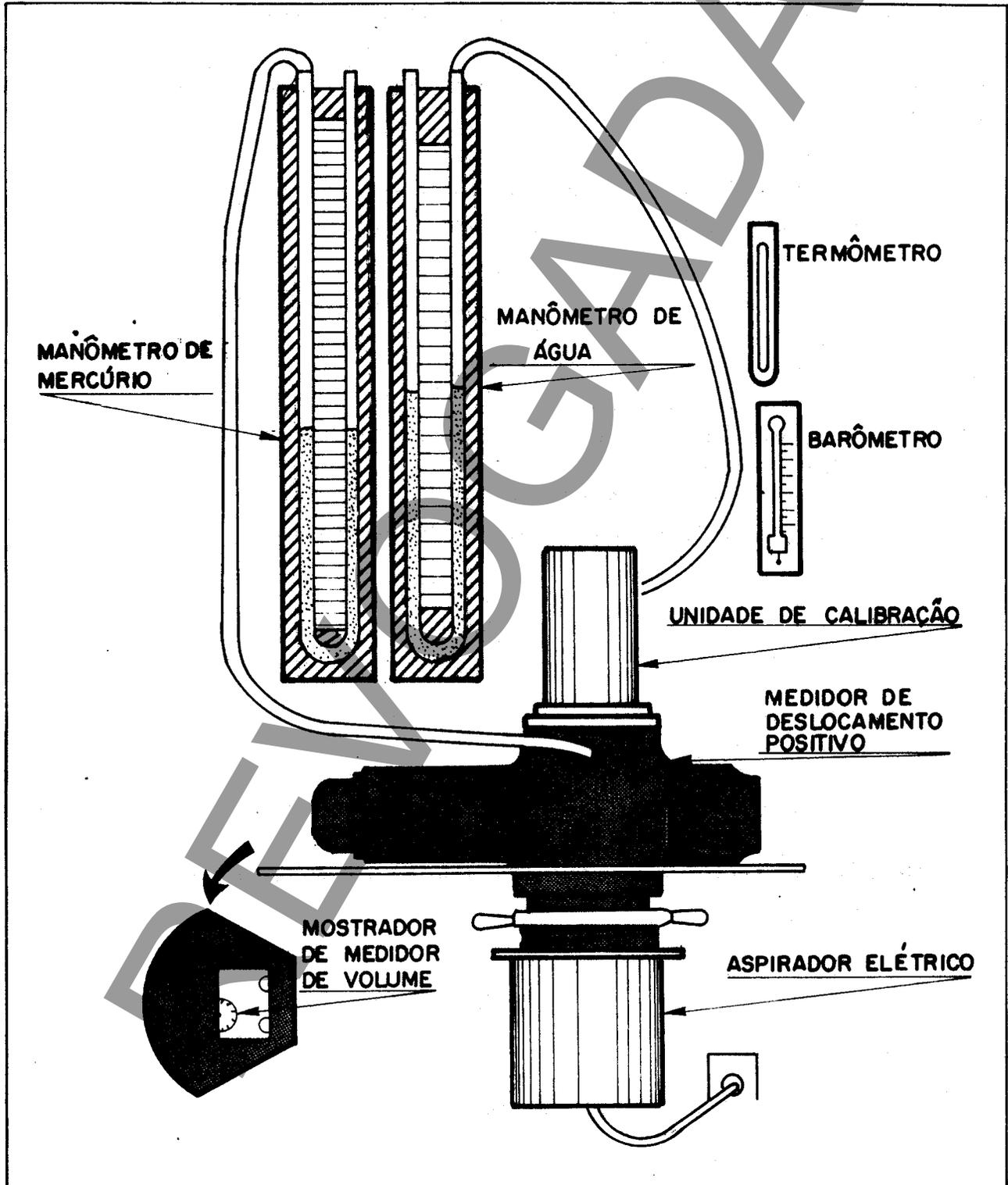


FIGURA 5 – Esquema de um medidor de deslocamento positivo montado com a unidade de calibração.

- A-3** Instalar a placa de 18 furos entre o orifício e o medidor-padrão de volume.
- A-4** Ligar o aspirador e deixar o sistema operar durante 5 minutos, para entrar em equilíbrio.
- A-5** Anotar o número da unidade e o número de furos da placa.
- A-6** Registrar a temperatura, em °C.
- A-7** Registrar a pressão barométrica em mmHg ( $P_a$ ).
- A-8** Depois de 5 minutos, ler e registrar a pressão do manômetro de mercúrio ( $\Delta P_{Hg}$ ).
- A-9** Registrar a pressão do manômetro de água ( $\Delta P_{H_2O}$ ).
- A-10** Cronometrar, com precisão de décimos de segundo, o tempo (t) necessário para deslocar 2,832 m<sup>3</sup> (100 pe<sup>3</sup>) de ar. Registrar esse tempo.
- A-11** Desligar o aspirador.
- A-12** Repetir as operações de A-3 a A-11 para cada uma das outras placas perfuradas.
- A-13** Calcular e registrar o volume  $V_c$ , para cada medida efetuada, da seguinte maneira:

$$V_c = \frac{P_a - \Delta P_{Hg}}{P_a} V_m$$

onde:

- $V_c$  = volume corrigido para pressão atmosférica, em m<sup>3</sup>.
- $V_m$  = volume medido no medidor-padrão de volume = 2,832 m<sup>3</sup> (ou 100 pés cúbicos).
- $P_a$  = pressão atmosférica, em mmHg.
- $\Delta P_{Hg}$  = diferencial de pressão lida no manômetro de mercúrio.

- A-14** Calcular e registrar a vazão  $Q_t$ , para cada medida efetuada, da seguinte maneira:

$$Q_t = \frac{V_c}{t}$$

onde:

- $Q_t$  = vazão, em m<sup>3</sup>/min.
- $V_c$  = volume corrigido, em m<sup>3</sup>.
- t = tempo necessário para deslocamento do volume  $V_c$ , em min (A-10).

- A-15** Construir um gráfico  $Q_t \times \Delta P_{H_2O}$ , em papel milimetrado, para obtenção da curva de calibração da unidade de calibração.

- A-16** Caso algum ponto se desvie mais que  $\pm 1\%$  da curva obtida, fazer nova medição desse ponto. A percentagem de desvio pode ser calculada pela fórmula:

$$\text{Desvio \%} = \frac{Q_i - Q_c}{Q_c} 100$$

onde:

- $Q_i$  = vazão em questão, em m<sup>3</sup>/min.
- $Q_c$  = vazão obtida por meio da curva para a mesma  $\Delta P_{H_2O}$  lida, em m<sup>3</sup>/min.

**ANEXO B – MANUTENÇÃO**

**B-1** Manutenções preventivas e corretivas deverão ser realizadas a fim de garantirem o funcionamento nas condições aqui estabelecidas. As principais peças que devem ser verificadas periodicamente, com substituição das que se mostrarem danificadas, são: escovas, coletores, capacitores, borrachas de vedação e registrador de vazão.

**B-2** Sempre que o conjunto do aspirador for aberto, havendo ou não qualquer substituição de peças, deverá ser efetuada nova calibração de vazão do equipamento.

\_\_\_\_\_  
/ANEXO C

REVOGADA

REVOGADA

**ANEXO C – REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

Code of Federal Regulations, Title 40, Part 50, Appendix B.

REVOGADA