



NORMA TÉCNICA

L9.222

Mai/1992
7 PÁGINAS

Dutos e chaminés de fontes estacionárias - determinação da velocidade e vazão dos gases: método de ensaio

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Avenida Professor Frederico Hermann Jr., 345
Alto de Pinheiros CEP 05459-900 São Paulo SP
Tel.: (11) 3133 3000 Fax.: (11) 3133 3402

[http: // www . cetesb . sp . gov . br](http://www.cetesb.sp.gov.br)

CETESB	DUTOS E CHAMINÉS DE FONTES ESTACIONÁRIAS DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE E VAZÃO DOS GASES	L9.222
	Método de ensaio	MAI/92

SUMÁRIO	Pág.
1 Objetivo.....	1
2 Normas complementares.....	1
3 Definições.....	1
4 Aparelhagem.....	2
5 Execução do ensaio.....	2
6 Resultados.....	4

1 OBJETIVO

1.1 Esta Norma prescreve o método de determinação da velocidade média e da vazão volumétrica média do fluxo gasoso em duto e chaminé de fonte estacionária, através do tubo Pitot.

1.2 Esta Norma não se aplica nos casos previstos na seção 1.2 da Norma L9.221.

Nota: Em casos especiais, ou quando se utilizam outros equipamentos, os resultados da medição devem ser validados pelo órgão oficial de defesa do meio ambiente.

2 NORMAS COMPLEMENTARES

Na aplicação desta Norma é necessário consultar as Normas CETESB:

- L9.221 - Dutos e chaminés de fontes estacionárias - Determinação dos pontos de amostragem.
- L9.223 - Dutos e chaminés de fontes estacionárias - Determinação da massa molecular seca e do excesso de ar do fluxo gasoso.
- L9.224 - Dutos e chaminés de fontes estacionárias - Determinação da umidade dos gases.
- E16.030 - Dutos e chaminés de fontes estacionárias - Calibração dos equipamentos utilizados na amostragem de efluentes.

3 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições de 3.1 a 3.4.

3.1 Pressão de velocidade

Pressão produzida pelo deslocamento de um fluido. Esta pressão é exercida

cida no mesmo sentido da velocidade do fluido. Também chamada pressão cinética.

3.2 Velocidade média

Média aritmética das velocidades numa seção transversal de um duto ou chaminé, medidas nos pontos de amostragem.

3.3 Vazão volumétrica média

Volume de um gás que passa através da seção transversal de um duto ou chaminé por unidade de tempo.

3.4 Condição normal (dos gases numa chaminé ou duto)

Temperatura de 0°C e pressão de 101 325 Pa (760 mmHg).

4 APARELHAGEM

A aparelhagem necessária compreende:

- a) tubo Pitot;
- b) medidor de pressão diferencial capaz de acusar uma variação de pressão de 12,7 Pa (1,3 mm c.a) ou micromanômetro para os casos em que as pressões encontradas forem inferiores;
- c) termômetro capaz de acusar uma variação menor ou igual a 1,5% da temperatura absoluta mínima da chaminé;
- d) manômetro capaz de acusar uma variação inferior ou igual a 333 Pa (34 mm c.a);
- e) barômetro de mercúrio, ou equivalente, capaz de acusar uma variação inferior ou igual a 333 Pa (2,5 mmHg).

5 EXECUÇÃO DO ENSAIO

5.1 Preparo do equipamento

5.1.1 Montar a aparelhagem conforme a Figura 1, e calibrá-la conforme E16.030.

5.1.2 Fazer o seguinte ensaio para verificar a existência de vazamentos:

- a) injetar ar através das aberturas do tubo de impacto até que o manômetro registre uma pressão de velocidade de pelo menos 745 Pa (76 mm c.a) e fechar a abertura de impacto. A pressão deve permanecer estável durante 15 segundos;
- b) adotar o mesmo procedimento do lado da pressão estática, só que succionando para obter a pressão de pelo menos 745 Pa (76 mm c.a).

5.1.3 Nivelar e zerar o manômetro.

Nota: Deve-se fazer um controle periódico durante os ensaios porque as vibrações podem alterar o nível e o zero.

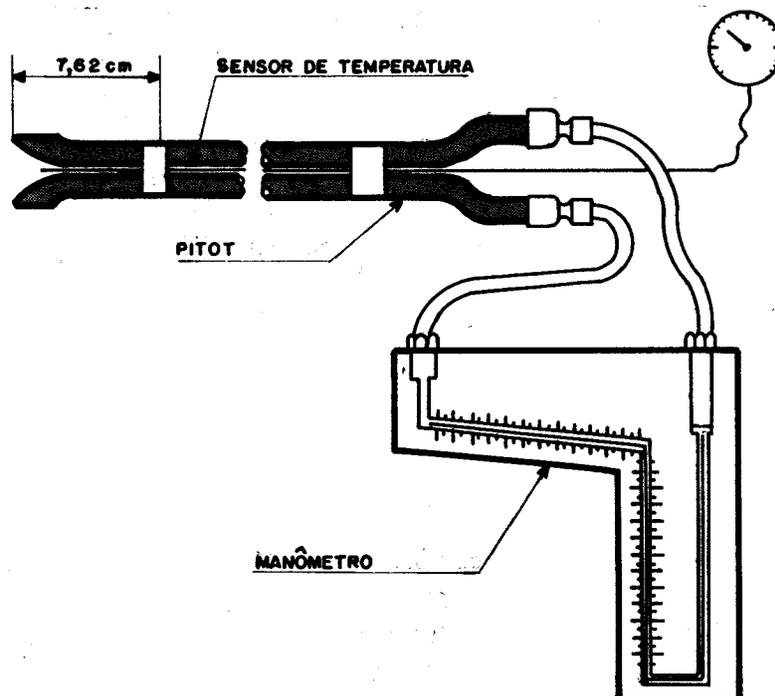


FIGURA 1 - Esquema para determinação da pressão da velocidade e temperatura

5.2 Determinações

5.2.1 Medir a pressão de velocidade (Δp) e a temperatura nos pontos especificados em L9.221.

Nota: Verificar se o medidor de pressão diferencial utilizado é próprio para a faixa de valores de Δp encontrados. Se for necessário, utilizar um micromanômetro.

5.2.2 Após terminar todas as medições, fazer novo ensaio de vazamento para validar as mesmas. Se for constatado algum vazamento, repetir as operações de 5.1.2 a 5.2.1.

5.2.3 Medir a pressão estática da chaminé.

5.2.4 Medir a pressão atmosférica.

5.2.5 Determinar a massa molecular seca dos gases da chaminé, de acordo com L9.223. Para o ar utilizar 29 como massa molecular seca.

5.2.6 Determinar a umidade do gás, de acordo com L9.224.

5.2.7 Determinar a área da seção transversal do duto ou chaminé, na seção de amostragem.

6 RESULTADOS

6.1 Calcular a velocidade média do gás nas condições da chaminé (v) e a vazão volumétrica média do gás seco (Q_{NBS}), na condição normal, usando as seguintes expressões:

$$1) v = K_1 C_p (\sqrt{\Delta P})_m \sqrt{\frac{T}{PMM_u}}$$

$$2) Q_{NBS} = \frac{3600 (1-Bag) vAT_n P}{TP_n}$$

onde:

- v = velocidade média do gás, em m/s
 Q_{NBS} = vazão volumétrica média do gás seco, na condição normal, em Nm^3/h
 ΔP = pressão de velocidade dos gases, em Pa
 $(\sqrt{\Delta P})_m$ = média das raízes quadradas de ΔP
 C_p = coeficiente do tubo Pitot, adimensional
 K_1 = fator de conversão. No Sistema Internacional:

$$K_1 = 128,96 \frac{m}{s} \left[\frac{g/g \text{ mol}}{K} \right]^{0,5}$$

- MM_u = massa molecular do gás, base úmida, em g/g mol
 $MM_u = MM_s (1-Bag) + 18 Bag$
 MM_s = massa molecular do gás, base seca, g/g mol (determinada de acordo com L9.223)
 P = pressão absoluta do gás, em Pa ($P = P_{atm} + P_e$)
 P_{atm} = pressão atmosférica, em Pa
 P_e = pressão estática do gás na chaminé ou duto, em Pa
 T = temperatura absoluta média do gás na chaminé ou duto, em K
 Bag = umidade dos gases, expressa nos termos de proporção em volume do vapor de água do fluxo gasoso (L9.224)
 T_n = temperatura absoluta da condição normal = 273 K
 P_n = pressão absoluta da condição normal = 101 325 Pa.

- A = área da seção transversal da chaminé ou duto, na seção de amostragem, em m²
- 3600 = fator de conversão, em segundo/hora
- 18 = massa molecular da água, em g/g mol.

6.2 Do relatório devem constar dos dados referentes à empresa, ao duto ou chaminé, ao operador e aos equipamentos utilizados. Na apresentação dos resultados recomenda-se utilizar um formulário como o da Figura 2.

/FIGURA 2

/FIGURA 2

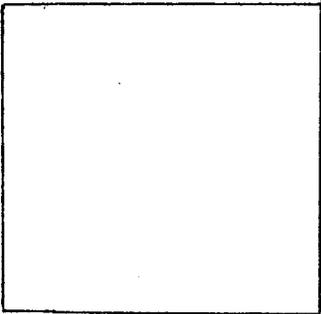
RAZÃO SOCIAL..... DATA...../...../..... CORRIDA Nº..... OPERADOR..... DIÂMETRO DA CHAMINÉ..... PRESSÃO ATMOSFÉRICA..... ÁREA DA SEÇÃO TRANSVERSAL, m ² DATA DA ÚLTIMA CALIBRAÇÃO..... COEFICIENTE DO TUBO PITOT, Cp.....	 <p>Esquema da seção transversal</p>				
PONTO Nº	PRESSÃO DE VEL. ΔP Pa	TEMPERATURA DA CHAMINÉ		PRESSÃO ESTÁTICA Pa	$\sqrt{\Delta p}$
		°C	K		
		MÉDIA			

FIGURA 2 - Formulário para registro de dados