



NORMA TÉCNICA

E2.166

2ª Edição
julho/2009
09 páginas

Gasômetro úmido para aferição de medidores de volume – Calibração: 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 . c e t e s b . s p . g o v . b r](http://www.cetesb.sp.gov.br)

Primeira Edição

Abril/1992.

Segunda Edição

Julho/2009, homologada pela Decisão de Diretoria – D.D.. n. 247/09/P, de 06/10/09. Publicada no Diário Oficial do Estado de São Paulo – Caderno Executivo I, v.119, n. 193, de 15/10/09, Poder Executivo, Seção I, p. 35.

Sumário

Sumário.....	2
1.Escopo.....	3
2.Documentos complementares.....	3
3.Definição.....	3
4.Descrição dos equipamentos.....	3
5.Aparelhagem.....	4
6.Execução do ensaio.....	5
7.Cálculos e resultados.....	5
8.Referências bibliográficas.....	6
Anexo A - Planilha de Calibração de Gasômetro Úmido	7
Anexo B - Tabela Densidade da Água x Temperatura.....	8
Anexo C - Tabela de Pressão de Vapor de Água Saturado.....	9

1. Escopo

Esta norma descreve o método de calibração de gasômetro úmido utilizado como padrão na aferição de medidores de volume de gases (gasômetro seco)

2. Documentos complementares

Não se aplica

3. Definição

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os seguintes termos e definições:

Gasômetro úmido: Aparelho utilizado como padrão secundário para calibrar medidores de volume de gases e equipamentos similares.

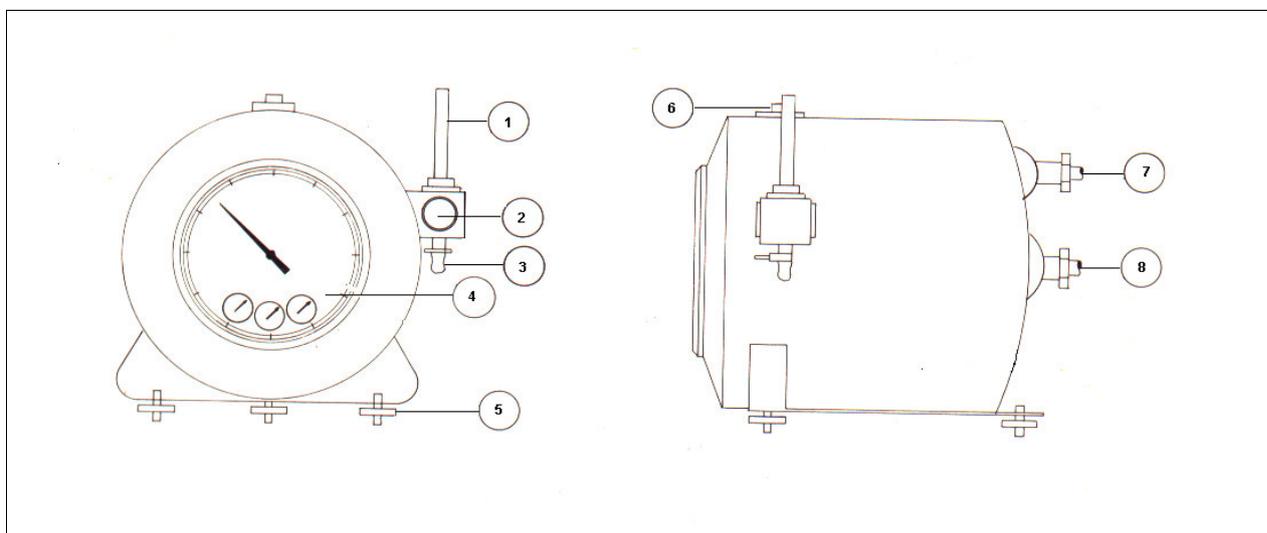
4. Descrição dos equipamentos

4.1 Gasômetro úmido

Aparelho de diferentes modelos e capacidades, sendo composto por:

- Câmara cilíndrica de aço inoxidável tendo orifícios de entrada e saída de ar, termômetro, mostrador de nível, nível de bolha e manômetro de coluna de água (figuras 1 e 2).
- Conjunto de pás radiais, alojado no interior da câmara e parcialmente mergulhado em água.
- Registrador de volume de ar, acionado pelo eixo das pás em seu movimento giratório causado pela depressão quando da passagem do ar em seu interior.

Figura 1 - Gasômetro úmido



Fonte: CETESB

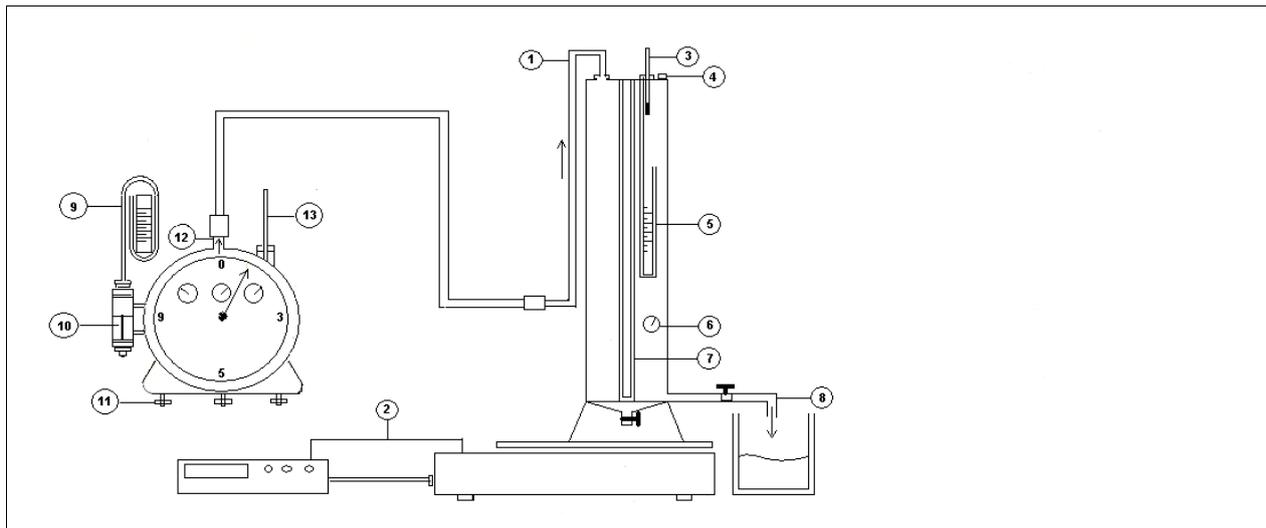
1. Termômetro
2. Mostrador de nível
3. Válvula para retirada de excesso de água
4. Totalizador de volume
5. Pés reguláveis para nivelar o gasômetro úmido
6. Nível de bolha
7. Saída do ar
8. Entrada do ar

4.2 Dispositivo padrão por escoamento líquido

O dispositivo padrão por escoamento líquido, juntamente com a balança é utilizado como padrão primário. Consiste em um recipiente isento de vazamento, com capacidade de água adequada aos diferentes modelos de gasômetros a serem calibrados sendo composto por termômetro, manômetro de coluna de água, orifício de entrada de água, orifício de entrada de ar e uma válvula utilizada para o escoamento da água durante a calibração.

A **figura 2** apresenta esquematicamente a disposição dos aparelhos para ensaio.

Figura 2 - Dispositivo Padrão e Gasômetro Úmido



Fonte: CETESB

1. Entrada do ar no dispositivo padrão.
2. Balança.
3. Indicador de temperatura interna do dispositivo padrão.
4. Entrada de água do dispositivo padrão.
5. Manômetro indicador da depressão interna do dispositivo padrão.
6. Indicador de temperatura da água contida no dispositivo padrão.
7. Visor do nível de água contida no dispositivo padrão.
8. Saída de água do dispositivo padrão.
9. Manômetro indicador do diferencial de pressão interna do gasômetro úmido.
10. Visor do nível de água contida no gasômetro úmido.
11. Reguladores de nível do gasômetro úmido.
12. Saída do ar.
13. Indicador de temperatura interna do gasômetro úmido.

5. Aparelhagem

- Dispositivo Padrão por Escoamento Líquido
- Balança
- Termômetro com graduação menor ou igual a 1°C
- Manômetro
- Higrômetro
- Barômetro

Observação: Todos os equipamentos listados acima, com exceção do dispositivo padrão por escoamento líquido devem ser periodicamente calibrados por empresas acreditadas na Rede Brasileira de Calibração (RBC).

6. Execução do ensaio

6.1 Nivelar o gasômetro úmido e observar que a quantidade de água em seu interior, esteja no nível indicado.

6.2 Encher com água o dispositivo padrão.

6.3 Montar a aparelhagem conforme mostra a figura 2, observando que a mangueira que faz a ligação entre o dispositivo padrão e o gasômetro úmido a ser calibrado, esteja conectada a saída do ar.

6.4 Realizar o teste de vazamento

6.4.1 Fechar a entrada de ar do gasômetro úmido.

6.4.2 Abrir a válvula de saída de água do dispositivo padrão e observar o manômetro, quando este indicar a depressão máxima permitida, fechar a válvula e aguardar por um minuto. O deslocamento do líquido manométrico observado inicialmente não poderá sofrer alteração, caso isto ocorra eliminar o vazamento.

6.5 Realizar a calibração

6.5.1 Deixar a água do dispositivo escoar, até que a agulha do gasômetro úmido indique um ponto pré-determinado.

6.5.2 Fixar um certo volume de ar que passará pelo gasômetro úmido, observando que durante a calibração a vazão máxima não ultrapasse a estipulada pelo fabricante.

Observação: na falta de especificação do fabricante utilizar como referência até 4 revoluções por minuto.

6.5.3 Anotar a massa de água do dispositivo padrão, a pressão atmosférica, temperatura ambiente e umidade relativa do ar, conforme modelo de planilha constante no **Anexo A**.

6.5.4 Abrir a válvula de saída de água do dispositivo padrão anotando na planilha conforme modelo constante no **Anexo A**, as temperaturas e as depressões do gasômetro úmido e do dispositivo padrão no início e pouco antes do término de cada ensaio.

6.5.5 Quando o registrador de volume do gasômetro úmido indicar a passagem do volume de ar previamente fixado, fechar a válvula de saída da água e anotar na planilha constante do **Anexo A** a massa final de água contida no dispositivo.

6.5.6 Repetir os procedimentos descritos no **item 6.5.1 a 6.5.5** por pelo menos duas vezes, observando que não haja discrepância entre os mesmos. O Fator de Correção do gasômetro úmido, será calculado a partir da média dos ensaios realizados

6.5.7 Anotar na Planilha de Calibração de Gasômetro Úmido (**Anexo A**), a densidade relativa da água conforme a tabela do **Anexo B** e as pressões de vapor (gasômetro e dispositivo) constantes do **Anexo C** relacionando-as com as temperaturas observadas durante a calibração.

7. Cálculos e resultados

7.1 Cálculo do volume de água utilizado na calibração

$$Vd = \frac{m}{d}, \text{ onde:}$$

Vd = Volume de água escoado durante a calibração (L).

m = Média aritmética da massa de água utilizada durante a calibração (Kg).

d = Densidade relativa da água (g/cm³) (Anexo B).

7.2 Cálculo do Fator de Correção do Gasômetro Úmido

$$FGu = \frac{Vd}{VGu} \times \frac{TGu}{Td} \times \frac{(Pb - \Delta Pd - PVd)}{(Pb - \Delta PGu - PVGu)} \text{ , onde:}$$

FGu = Fator de Correção do gasômetro úmido (adimensional)

Vd = Volume médio de água escoado durante a calibração (dispositivo padrão) (L)

VGu = Volume médio de ar deslocado no gasômetro úmido (L)

Td = Temperatura média do dispositivo padrão por Escoamento Líquido (K)

TGu = Temperatura média do gasômetro úmido (K)

Pb = Pressão barométrica (Pa)

Pd = Depressão média do dispositivo padrão lida no manômetro (Pa)

PGu = Depressão média do gasômetro úmido (Pa)

PVd = Pressão de vapor do dispositivo padrão (Pa) (**Anexo C**)

PVGu = Pressão de vapor do gasômetro úmido (Pa) (**Anexo C**)

7.2.1 Para que o gasômetro úmido encontre-se em condições de uso, o fator de correção deverá estar situado entre 0,98 e 1,02.

7.2.2 A periodicidade da calibração deverá ser a cada três meses.

8. Referências bibliográficas

UNITED STATES. EPA. Method 6: determination of sulphur dioxide emissions from stationary sources – section 3.5. In: _____. **Quality assurance handbook for air pollution systems: stationary source specific methods**. North Caroline, 1979. v. 3, section 3.5.2: 2.0 Calibration of apparatus. (EPA 600/4-77-027b)

.../Anexo A

Anexo A - Planilha de Calibração de Gasômetro Úmido

Denominação do Equipamento: _____

Capacidade: _____ fabricante : _____

Código do fabricante: _____

Certificado de Calibração da Balança: _____ datado em: _____

Temperatura ambiente: ____ °C Pressão atmosférica _____ Pa Umidade relativa ____% Temperatura da água: ____ °C

Responsável pela calibração: _____

Data da calibração: _____

<i>Dispositivo Padrão</i>			<i>Gasômetro Úmido</i>		
Massa de água (kg)	Temperatura (°C)	Pressão (mm.CA)	Volume (L)	Temperatura (°C)	Pressão (mm.CA)
1	Inicial				
	Final				
2	Inicial				
	Final				
3	Inicial				
	Final				

.../Anexo B

Anexo B - Tabela Densidade da Água x Temperatura

Temperatura (°C)	Densidade (g/cm³)	Temperatura (°C)	Densidade (g/cm³)
0	0,99987	26	0,99681
1	0,99993	27	0,99654
2	0,99997	28	0,99626
3	1,00000	29	0,99597
4	0,99999	30	0,99567
5	0,99997	31	0,99537
6	0,99993	32	0,99505
7	0,99988	33	0,99473
8	0,99981	34	0,99440
9	0,99973	35	0,99406
10	0,99963	36	0,99371
11	0,99963	37	0,99336
12	0,99952	38	0,99299
13	0,99940	39	0,99262
14	0,99927	40	0,99224
15	0,99913	41	0,99186
16	0,99897	42	0,99147
17	0,99880	43	0,99107
18	0,99862	44	0,99066
19	0,99843	45	0,99025
20	0,99823	46	0,98982
21	0,99802	47	0,98940
22	0,99780	48	0,98896
23	0,99756	49	0,98852
24	0,99732	50	0,98807
25	0,99707	51	0,98762

.../Anexo – C

Anexo C - Tabela de Pressão de Vapor de Água Saturado

Temperatura (°C)	10	20	30	40	50	60	70	80
0	1266,6 (9,50)	2333,1 (17,50)	4243,6 (31,83)	7375,4 (55,32)	12333,6 (92,51)	19915,6 (149,38)	31154,7 (233,68)	47341,3 (355,09)
1	1322,5 (9,92)	2502,4 (18,77)	4520,9 (33,91)	7822,0 (58,67)	13030,9 (97,74)	20962,2 (157,23)	32685,2 (245,16)	49509,1 (371,35)
2	1422,5 (10,67)	2679,8 (20,10)	4815,6 (36,12)	8292,6 (62,20)	13758,8 (103,2)	22055,5 (165,43)	34270,4 (257,05)	51778,3 (388,37)
3	1475,9 (11,07)	2770,4 (20,78)	4967,6 (37,26)	8536,6 (64,03)	14134,8 (106,02)	22620,7 (169,67)	35082,4 (263,14)	_____
4	1553,2 (11,65)	2963,7 (22,23)	5286,2 (39,65)	9048,6 (67,87)	14920,1 (111,91)	23786,0 (178,41)	36775,5 (275,84)	_____
5	1705,2 (12,79)	3173,1 (23,80)	5620,9 (42,16)	9580,5 (71,86)	15736,0 (118,03)	25004,5 (187,55)	38536,7 (289,05)	_____
6	1830,5 (13,73)	3353,0 (25,15)	5976,8 (44,83)	10141,8 (76,07)	16593,3 (124,46)	26275,1 (197,08)	40365,9 (302,77)	_____
7	1965,2 (14,74)	3611,7 (27,09)	6376,8 (47,83)	10731,1 (80,49)	17490,5 (131,19)	27599,0 (207,01)	42261,7 (316,99)	_____
8	2034,5 (15,26)	3730,3 (27,98)	6542,1 (49,07)	11036,4 (82,78)	17954,5 (134,67)	28280,3 (212,12)	43244,3 (324,36)	_____
9	2181,1 (16,36)	3979,7 (29,85)	6948,7 (52,12)	11669,7 (87,53)	18913,1 (141,86)	29688,1 (222,68)	53275,5 (399,60)	_____

Legenda de Unidades:**Pa** - Pascal**(mmHg)** - (milímetros de Mercúrio)