

MEDIDAS DE FLUXO: ORIFÍCIOS, BOCAIS E VENTURIS

Prof.º Luiz Simão de Andrade Filho
Atualizado por: Jaidna Dantas de Almeida

1. OBJETIVO

Calibrar medidor Venturi e de orifício.

2. BASE TEÓRICA

Orifícios, bocais e venturis são os mais comuns medidores de fluxo em condutos fechados (fig. 01). A medida da diferença de pressão resultante de uma conversão de energia de pressão em energia cinética, provocada por uma redução de seção transversal do fluxo, propicia o cálculo da vazão através do teorema de Bernoulli.

Aplicando a equação de Bernoulli entre as seções a montante e imediatamente a jusante da contração de um medidor a estrangulamento montado horizontalmente, podemos escrever (Fig.1a):

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} \quad (1)$$

Considerando o regime permanente, fluido incompressível, a equação da continuidade pode ser escrita como:

$$V_1 = mV_2 \quad (2)$$

onde $m = A_2/A_1$ é relação entre as áreas da contração e do tubo. Combinando as equações (1) e (2), obtemos:

$$V_2 = \sqrt{\frac{2g(p_1 - p_2)/\gamma}{1 - m^2}} = \sqrt{\frac{2gh}{1 - m^2}}$$

e então:

$$Q = A_2 V_2 = A_2 E \sqrt{2gh} \quad (3)$$

onde $E = 1/\sqrt{1 - m^2}$, chamado fator de velocidade de aproximação. Na dedução da equação (3) foram consideradas as seguintes hipóteses:

- Fluido incompressível;
- Fluido sem atrito;
- Perfil de velocidade e pressão uniforme;
- Seção transversal do fluxo a jusante da contração (vena contracta) igual a seção da contração.

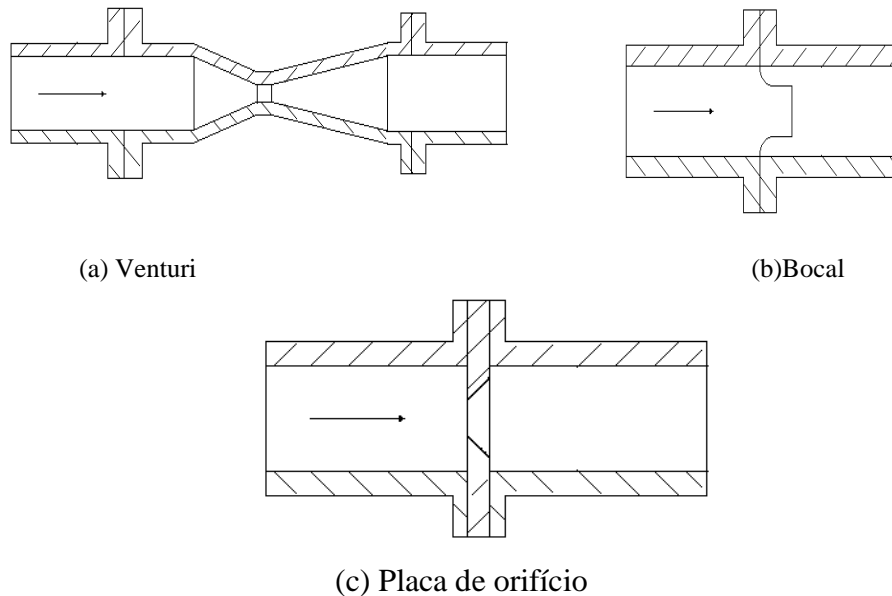


Fig.1 (a), (b) e (c). Medidores de vazão a estrangulamento.

Para corrigir tais limitações, a equação (3) passa a ser escrita como:

$$Q = YECdA_2\sqrt{2gh} \quad (4)$$

onde Y, fator expansão refere-se à hipótese (a), tendo valor unitário para fluido incompressível, e Cd, o coeficiente de descarga refere-se às demais hipóteses, (b), (c) e (d).

Cd é determinado experimentalmente e varia para cada tipo de medidor com o número de Reynolds e com a relação entre as áreas m, Figs. 02 e 03. Para todos os medidores a estrangulamento existe uma certa faixa de o nº de Reynolds em que Cd praticamente não varia. Esta faixa é muito estreita para orifícios e mais larga para venturis. É compromisso de projeto, dimensionar o medidor para que este trabalhe, sempre que possível, nestas faixas.

Além do coeficiente de descarga permanecer constante para uma grande faixa de números de Reynolds, o venturi apresenta outras vantagens com relação à placa de orifício, tais como, menor comprimento de tubo reto necessário a montante e a jusante do medidor, não obstrução devido ao fluxo de partículas em suspensão, e principalmente, proporcionar uma menor perda de carga localizada (máximo de 30% de h contra 90% para orifício).

Suas maiores desvantagens são os custos, tamanho e dificuldade de construção. O bocal possui características intermediárias entre o venturi e o orifício.

A construção de medidores a estrangulamento é normalizada por várias entidades (BSI, ASTM, ISO, etc.). No apêndice deste texto encontram-se vários desenhos da BSI.

Quando construídos obedecendo rigorosamente às normas, o coeficiente de vazão do medidor pode ser obtido de curvas empíricas, contidas nas especificações, e a calibração do instrumento torna-se dispensável. Na prática, entretanto, medidores fora de especificação funcionam satisfatoriamente, quando previamente calibrados.

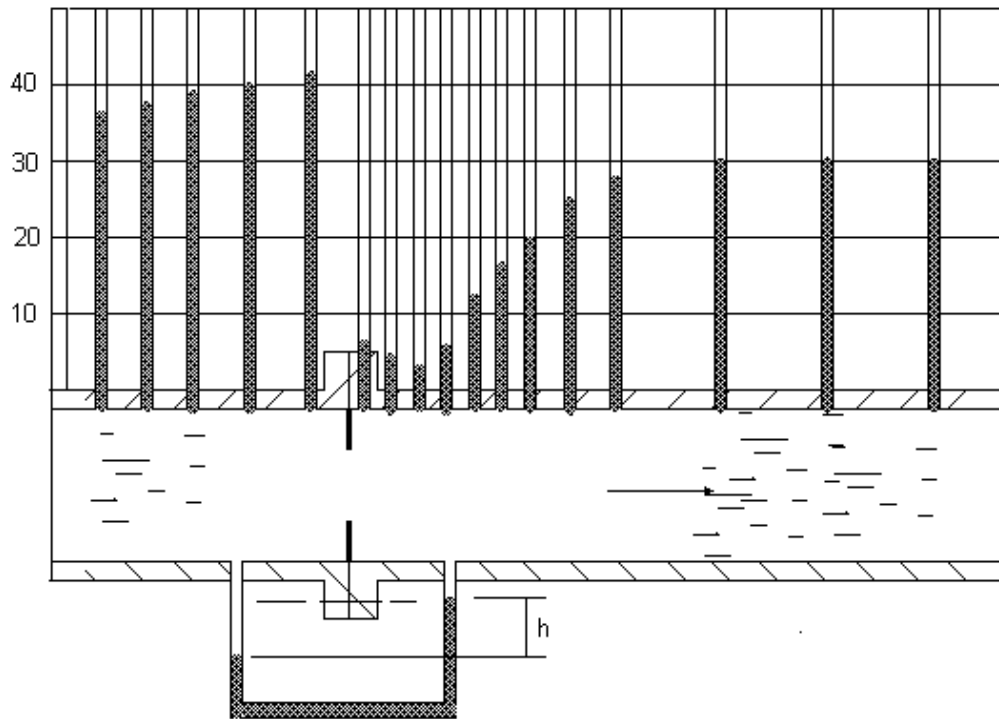


Figura 04. Queda de pressão através de uma placa de orifício.

3. EQUIPAMENTO

Nesta experiência serão utilizados um bocal venturi e uma placa de orifício com tomadas de canto, montados em um mesmo tubo oriundo de um grande reservatório, Fig. 05.

O diâmetro interno do tubo é de 100mm e o das contrações são 70mm e 50mm, respectivamente para o venturi (BV) e a placa de orifício (PO).

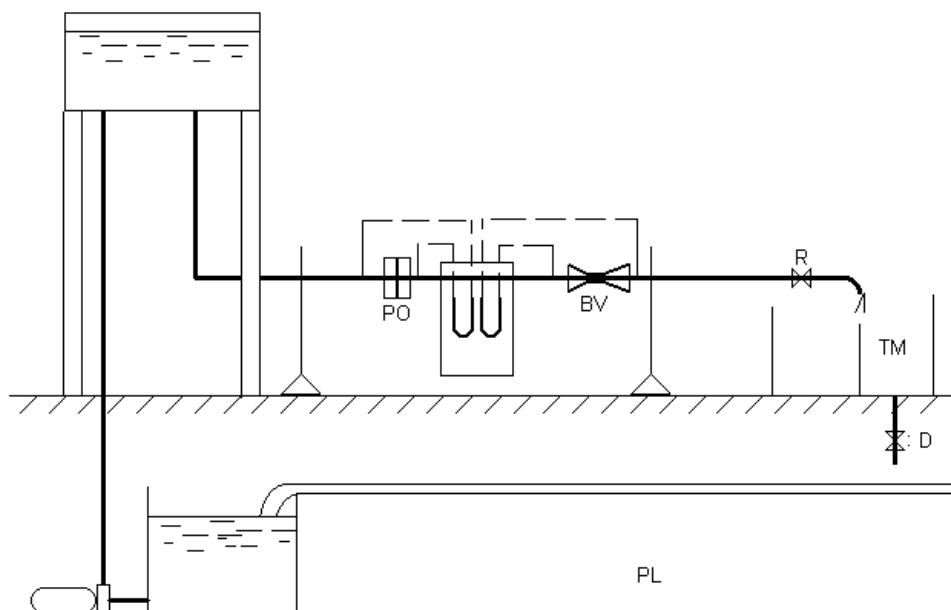


Figura 05. Esquema de instalação.

O fluido manométrico utilizado nos dois manômetros diferenciais é tetrabromoetano ($d = 2,95$). A vazão será determinada indiretamente através da relação entre o volume

coletado no tanque de medição e do respectivo tempo, obtido automaticamente pelo cronômetro eletrônico.

4. PROCEDIMENTO

- a) Ligar o dispositivo de cronometragem;
- b) Abrir totalmente a válvula de saída de modo a obter a máxima deflexão nos manômetros, mantendo o jato dirigido para o tanque vizinho ao de medida, e fechando o dreno;
- c) Anotar as leituras dos manômetros diferenciais, quando o escoamento atingir o regime permanente. Desviar o líquido para o tanque de medida, o que automaticamente dispara o cronômetro;
- d) Depois de recolhido cerca de $\frac{3}{4}$ do volume do tanque de medida, desviar novamente o fluxo do líquido para o segundo tanque, o que provocará o bloqueio automático do cronômetro. Fazer a leitura do nível do tanque de medida e do tempo;
- e) Medir e anotar a temperatura;
- f) Abrir o dreno do tanque de medida e fechá-lo tão logo todo o líquido coletado seja esgotado. Repetir os itens (c) e (d) para um total de 10 vazões diferentes, obtidas regulando-se a válvula de saída. Zerar o cronômetro.

5. RESULTADOS

- a) Traçar em um mesmo papel milimetrado as curvas de calibração dos dois instrumentos, Q (l/s) versus h (mmH₂O). Note que $h = \frac{P_1 - P_2}{\gamma}$, e não a altura lida no manômetro. Além disso, Q é a vazão real;
- b) Calcular C_d através da Equação 4 e traçar as curvas C_d versus Re (nº de Reynolds) em papel mono-log ou planilha eletrônica para cada um dos aparelhos;
- c) Escrever uma equação $Q = CTE\sqrt{h}$, para cada um dos medidores, onde CTE (constante) é uma característica de cada medidor e é obtido através dos dados experimentais.

6. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Comparar os valores de C_d com os fornecidos nas figuras 02 e 03, e discutir as discrepâncias. Discutir acerca do erro cometido ao se utilizar a equação obtida em (c) ao invés de utilizar a curva de calibração. Discutir as várias fontes de erros as quais, na sua opinião, a experiência esteja sujeita.

7. BIBLIOGRAFIA

B.S.I. "Methods for the Measurements of Fluid Flow in Pipes". 1964.

ISMAIL, K. A . R. "Fenômenos de Transferência- Experiências de Laboratório". Rio de Janeiro. Editora Campus. 1982.

TROSKOLANSKI, A . T. "Theorie et Pratique des Mesures Hydraulique". Paris. Dunod, Editeur.

8. MATERIAL NECESSÁRIO

- * 01 Cronômetro digital completo
- * 02 folhas de papel pautado;
- * 01 folha de papel mono-log;
- * 01 folha de papel milimetrado;
- * 01 planilha
- * 01 capa de relatório.

Obs.: BSI - British Standard International (Normas Inglesas Internacionais)
ASTM - American Society for Testing and Materials
ISO - International Standard organization

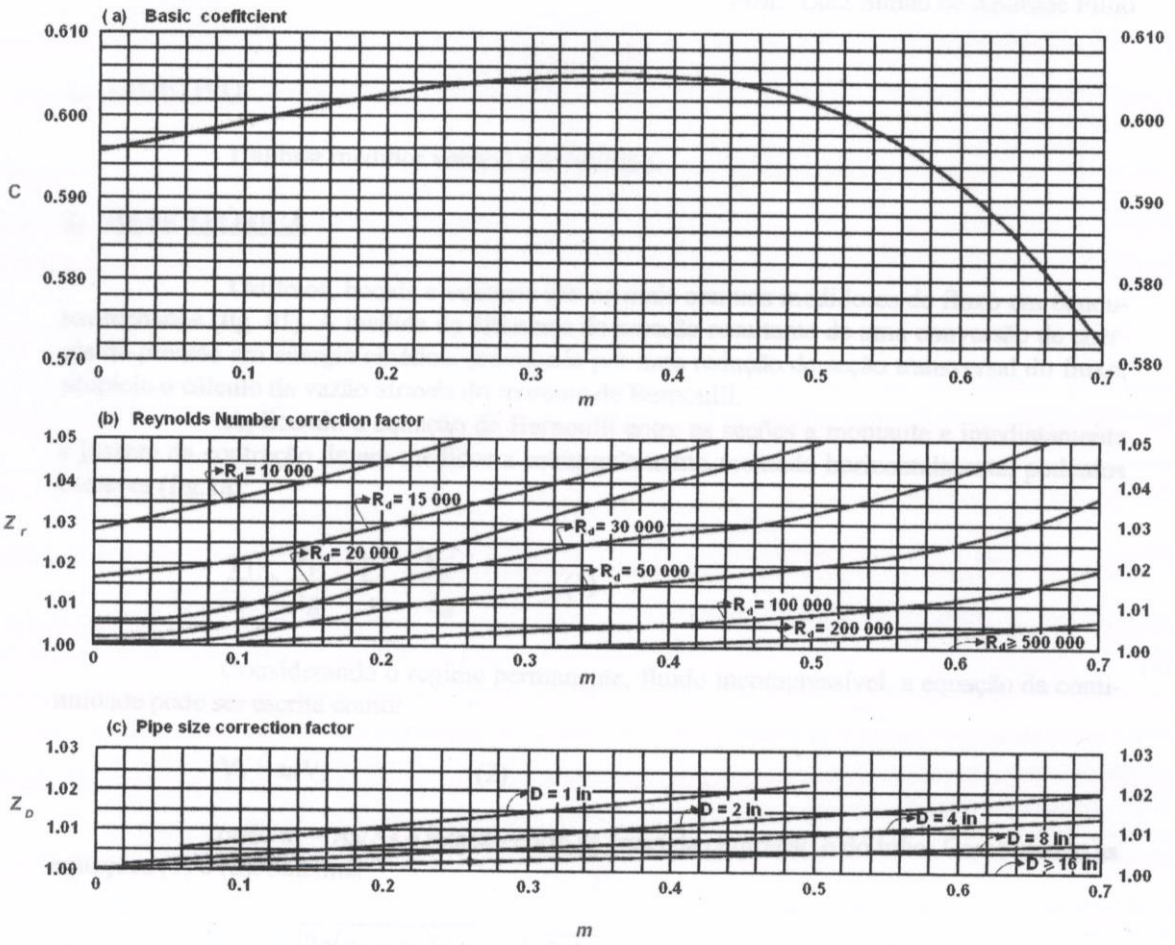


Figura 2. Fatores empíricos para o cálculo de C_d para Placa de Orifício com tomadas de canto, segundo a BSI ($C_d = C \cdot Z_r \cdot Z_d$).

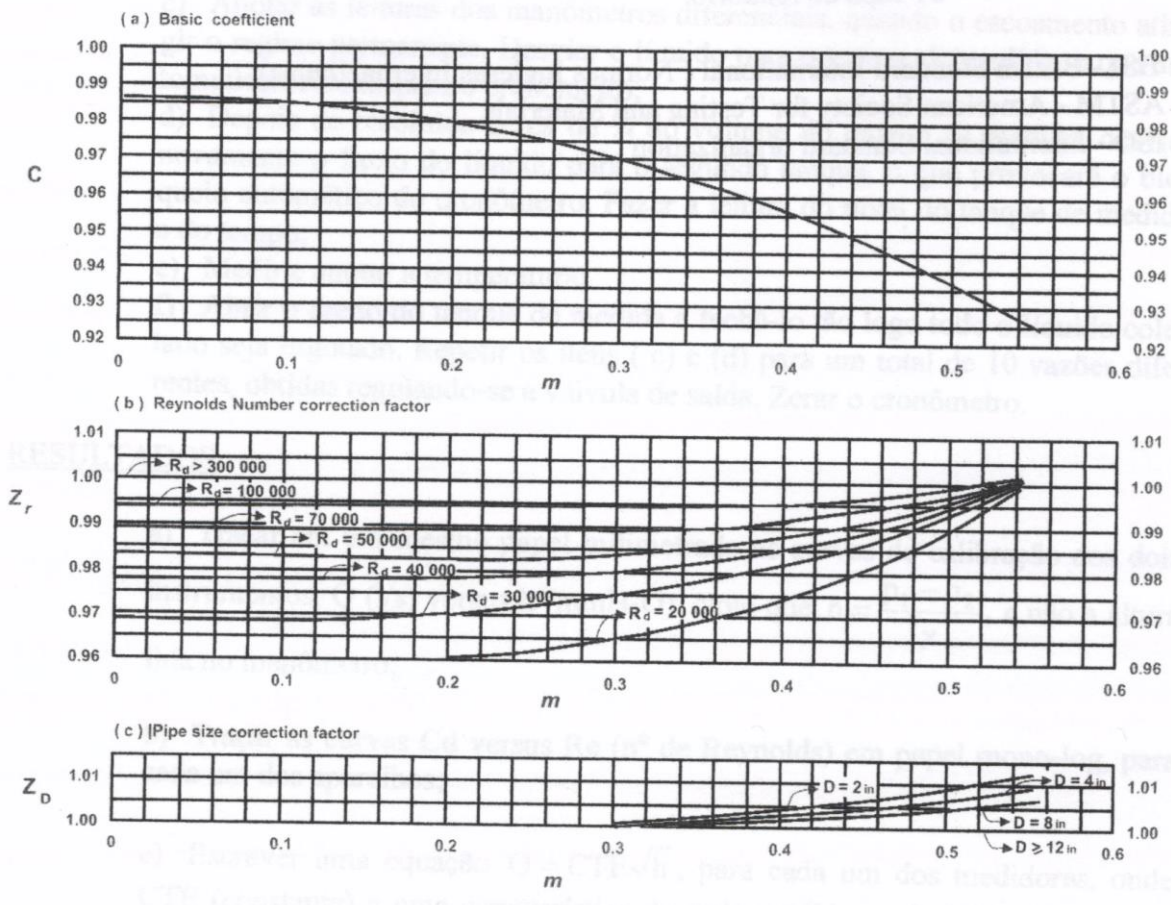


Figura 3. Fatores empíricos para o cálculo de C_d para Bocal Venturi, segundo o BSI ($C_d = C \cdot Z_r \cdot Z_d$)