

INSTRUMENTAÇÃO INDUSTRIAL – MEDIÇÃO DE CAUDAL

1.ª PARTE – CLASSIFICAÇÃO DOS CAUDALÍMETROS; PRESSÃO DIFERENCIAL: PLACA DE ORIFÍCIO OU DIAFRAGMA
2.ª PARTE – Pressão Diferencial: Medidor Venturi; Tubo Annubar

[Continuação da última edição]

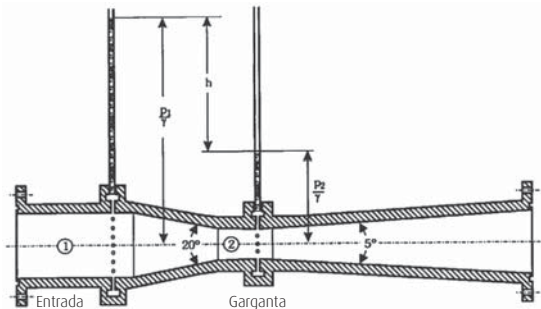


Figura 6 · Dois tubos Venturi de diâmetros diferentes e representação do escoamento de um fluido através de um Venturi

O *medidor venturi* é constituído por um cone convergente – divergente (Figura 6): inicialmente a secção a montante do medidor tem o mesmo diâmetro do tubo, que através de uma secção cónica convergente (ângulo geralmente de 20 a 30°) terá uma secção mínima na garganta do Venturi. Depois o medidor terá uma secção cónica que diverge (ângulo geralmente de 5 a 14°) até voltar ao diâmetro do tubo. O difusor cónico divergente gradual a jusante da garganta fornece uma excelente recuperação da pressão, o que garante uma pequena perda de carga neste tipo de equipamento, geralmente compreendida entre 10 a 15% da carga de pressão entre as secções 1 e 2.

Deve-se salientar que este tipo de aparelho é relativamente caro em relação, por exemplo, a um medidor do tipo placa de orifício, porém por proporcionar uma pequena perda de carga, é *recomendado para instalações de baixa pressão* onde há um caudal de escoamento elevado e onde se deseja um controlo contínuo. Normalmente aplica-se para medir caudais de gases e em partículas de ar. A especificação de um *medidor de Venturi* é feita pelos diâmetros do tubo e da garganta, sendo que este último deve ser projectado para proporcionar uma pressão (pressão mínima) maior do que a pressão de vapor do líquido que escoar, evitando desta forma a vaporização do líquido na temperatura de escoamento, fenómeno este conhecido por cavitação.

Os valores de $\frac{D_2}{D_1}$ podem oscilar entre $\frac{1}{4}$ e $\frac{3}{4}$, porém a relação mais habitual é $\frac{1}{2}$. Uma relação pequena oferece uma maior precisão, porém aumenta a possibilidade de ocorrer o fenómeno de cavitação, que danificaria o Venturi.

Para obter *resultados precisos*, o medidor de Venturi deve ser precedido por um tubo recto, isento de singularidades, com um comprimento mínimo de 10 vezes o seu maior diâmetro.

A equação *para obtenção do caudal* a partir deste tipo de medidor é uma função da secção transversal da garganta A_2 , altura manométrica h , relação entre os diâmetros $\frac{D_2}{D_1}$, sendo corrigida ainda por um coeficiente de caudal C obtido no gráfico da Figura 7.

$$Q = C \times A_2 \sqrt{\frac{2 \times g \times h}{1 - \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^4}}$$

Se o medidor Venturi estiver equipado com um manómetro em U , que utiliza no seu interior um fluido de densidade maior que o fluido circulante na tubulação, a equação da descarga será:

$$Q = C \times A_2 \sqrt{\frac{2 \times g \times h \times \left(\frac{\rho_0}{\rho} - 1\right)}{1 - \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^4}}$$

em que:

- ρ_0 = massa específica do fluido manométrico (Kg/m³).
- ρ = massa específica do fluido circulante na tubagem (Kg/m³).
- h = altura manométrica (m).
- g = aceleração da gravidade (9,81 m/s²)

$\frac{D_2}{D_1}$ = relação entre os diâmetros do Venturi

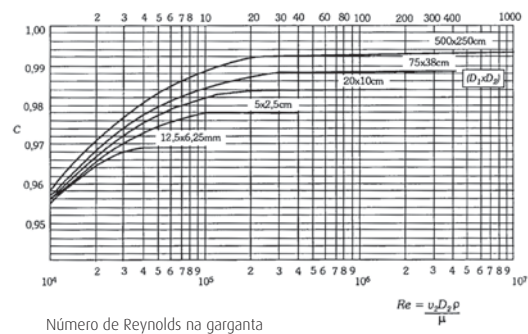


Figura 7 · Coeficiente de caudal C

A Figura 8 representa o diagrama de instalação de um Venturi para a medição do caudal de ar. Em que as linhas de impulso, depois de ligar às tomadas de pressão, devem *inflexir para cima*, ficando o transmissor a um nível superior ao do Venturi. Deste modo evitam-se erros de medida devido à existência de líquido dentro das linhas de impulso.

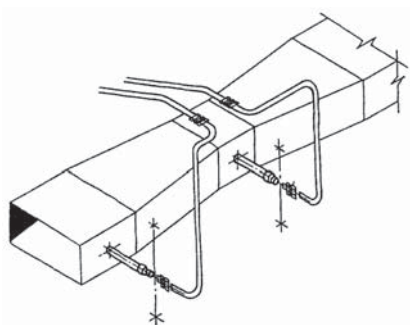


Figura 8 · Instalação de um Venturi

PRESSÃO DIFERENCIAL: TUBO ANNUBAR



Figura 9

Figura 10

Figura 9 · Annubar montado em troço de tubagem com válvulas e flange de acoplamento directo ao transmissor · Figura 10 · Diversos modelos de annubars

Este equipamento tem dois tubos (Figura 11), o de pressão total e o de pressão estática. O tubo que mede a *pressão total* tem um comprimento do diâmetro transversal da tubagem e tem vários orifícios, localizados criteriosamente ao longo do tubo.

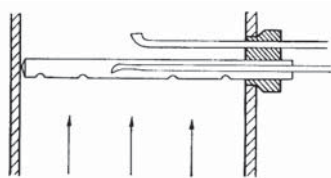


Figura 11 · Tubo Annubar

O tubo que mede a *pressão estática* está por detrás do de pressão total com o seu orifício no centro da tubagem.

O *tubo Annubar* é relativamente barato como detector de caudais, é relativamente simples de instalar, é leve, é preciso, é fiável nas medições em tubagens desde 12 mm a 230 cm de diâmetro e tem uma baixa perda de carga.

Estas unidades encontram-se no mercado como elementos ou como sistemas completos com o elemento, instrumentação de indicação e/ou registo, e/ou controlo para processamento de caudais.

Franchising Rutronik e Microchip
agora também em Portugal.



Know-how. Integrado.
Rutronik e Microchip

Novos microcontroladores PIC® com consumo de potência extremamente baixo

- Melhor eficiência energética prolonga o tempo de vida da bateria
- Periferia capacitiva (sensível ao toque) mTouch Plus Dual-I2CTM/interface SPI
- Ferramenta de desenvolvimento de baixo custo para iniciação rápida e simples



RUTRONIK
EUROPE

Consult | Components | Logistics | Support

Tfno: +351 252 312336

www.rutronik.com

Transdutores de pressão

A pressão diferencial criada pela placa de orifício ou o tubo Venturi, pode medir-se com um tubo em U de mercúrio e transmitir-se com instrumentos chamados *conversores diferenciais*.

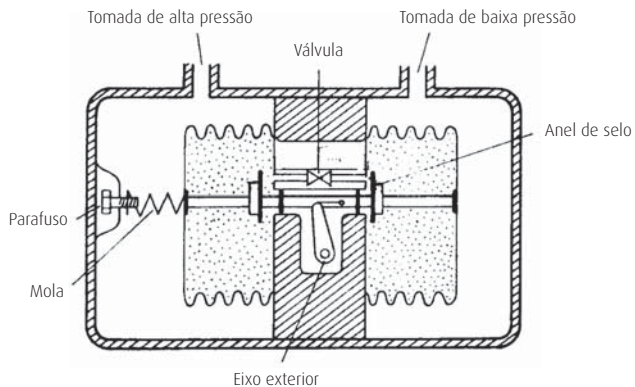


Figura 12 - Transmissor de pressão diferencial de fole

O *transmissor de pressão diferencial de fole* (Figura 12) tem duas câmaras para alta e baixa pressão: A alta pressão comprime o fole correspondente arrastando a placa de união, o cabo e o eixo exterior cujo o movimento actua sobre o transdutor pneumático ou electrónico. Uma mola de lado permite ter várias gamas de pressão diferencial.

A protecção contra sobrecargas está assegurada por dois anéis de selo que fecham hermeticamente a passagem do líquido de um fole para o outro, e impede a sua destruição perante uma manobra incorrecta.

Outro acessório é uma válvula contra pulsações de caudal, que restringe a passagem do líquido entre os foles.

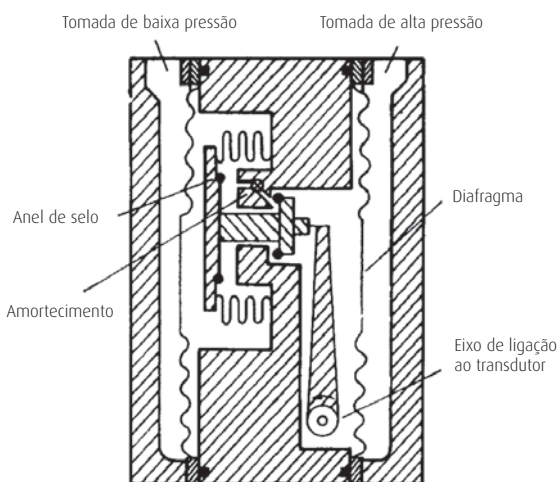


Figura 13 - Transmissor de pressão diferencial de diafragma

O *transmissor de pressão diferencial de diafragma* (Figura 13) é diferente do de fole, porque a separação das câmaras efectua-se mediante diafragmas no lugar de foles, com o qual o deslocamento volumétrico é quase nulo.

Tubagens entre elementos primários e secundários

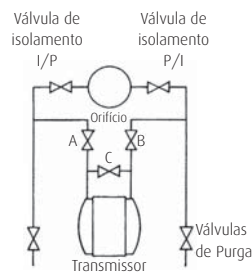


Figura 14 - Diagrama de instalação de um orifício para líquidos de baixa pressão.

As conexões entre as tomadas da placa de orifício e o conversor de pressão diferencial devem ser adequadas ao fluido a medir (ver na Figura 14, a conexão típica para fluidos líquidos de baixa pressão). Repare-se nas válvulas de isolamento entre o elemento primário (P) e as linhas de impulso (I) que estão cheias de líquido do processo. Note-se que também devem existir válvulas de purga. Com o objectivo de isolar o instrumento existem 3 válvulas que constituem o que se denomina um *manifold*. Este tem dupla missão: isolar o instrumento do processo para manutenção e igualar as pressões nas câmaras do instrumento no arranque da instalação.

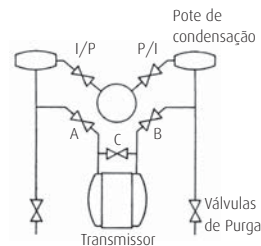


Figura 15 - Diagrama de instalação de um orifício para vapor de baixa pressão

A Figura 15 representa o diagrama de instalação de uma placa de orifício para vapor de baixa pressão. De assinalar que para a medida de caudais de vapor com transmissores de fole é necessário dois potes de condensação, que têm por finalidade manter constante o nível do vapor condensado que enche as linhas de impulso. Isto não é necessário nos transmissores de diafragma uma vez que têm deslocamento volumétrico desprezível. A sequência das linhas de impulso para o transmissor é análoga à da Figura 14.

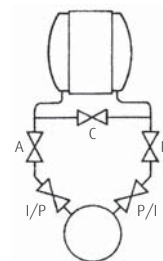


Figura 16 - Diagrama de instalação de um orifício para gás.

A Figura 16 representa o diagrama de instalação de um orifício para a medição de caudal de gás. Note-se que o transmissor e as linhas de impulso se encontram numa posição elevada em relação às tomadas de pressão, para que não haja formação de coluna líquida, condensada ou arrastada pelo gás, e que poderia afectar a calibração. Os transmissores citados de fole e diafragma utilizam transdutores de caudal, que têm um sinal à saída de corrente ou tensão "standard".