

MEDIDORES DE PRESSÃO

Ana Clara Rocha

Douglas Andrade

Gustavo Felix

Poliano Rodrigues Ferreira Vaz

Scarlet Machado

Vitor Pedroso

RESUMO

O termo pressão é utilizado para descrever uma grandeza escalar que mede a relação entre uma determinada força e sua área de distribuição. Este espaço pode ser líquido, sólido ou gasoso.

Palavras chaves: medidores, pressão, controle.

ABSTRAT

This term pressures is used to describ a scalar that messures the relation ship between a given force and its distribution area. This space can be liquid, solid or gaseous.

Key words: measurement, pressure, control.

01- INTRODUÇÃO

Em vários momentos do nosso dia-a-dia, nos deparamos com a necessidade de obtenção de algumas variáveis. A medição e controle de pressão é a variável de processo

mais utilizada na indústria de controle de processos nos seus mais diversos segmentos. Pois através da pressão é facilmente possível definir uma série de outras variáveis de processo, tais como nível, volume, vazão e densidade.

A pressão pode ser definida como a distribuição de uma força sobre uma área, onde pode ser medida de várias maneiras diferentes e o tipo de instrumento a ser utilizado para a sua medição vai depender dos níveis de precisão e detalhes necessários requeridos.

02 - OBJETIVO

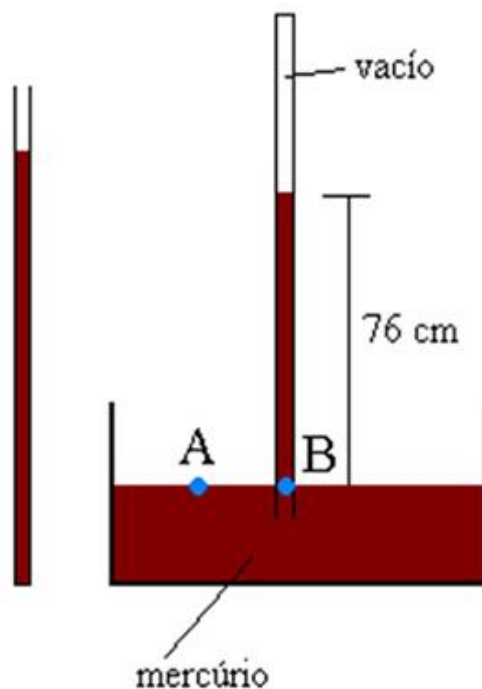
Fornecer um embasamento teórico sobre a pressão e medição de pressão, bem como caracterizar alguns instrumentos, seu funcionamento e aplicação.

03 - PRESSÃO ATMOSFÉRICA

A pressão atmosférica é a pressão que o ar da atmosfera exerce sobre a superfície da terra. Essa pressão pode alterar devido a variação de altitude, quanto maior a altitude, menor a pressão, assim vice e versa. Sua manifestação está relacionada diretamente a força da gravidade e a influência que essa realiza sobre as moléculas gasosas que compõem a atmosfera. Assim, a pressão atmosférica sofre variações conforme as altitudes e as condições de temperatura do ar (PENAS, 2015).

O primeiro a conseguir determinar a medida da atmosfera em relação ao nível do mar foi o italiano Evangelista Torricelli, em 1643 com o seguinte experimento:

- Primeiro ele encheu um tubo de aproximadamente um metro de comprimento de mercúrio.
- Em seguida mergulhou o tubo em um recipiente também com mercúrio
- Logo após analisou que o mercúrio descia e se estabilizava a 76cm acima da superfície.



Depois desse experimento, Torricelli chegou a conclusão que o que mantinha a coluna de mercúrio nessa altura era a pressão atmosférica. Essa coluna de 76 cm só é obtida no nível do mar. Através desse experimento se definiu que no nível do mar é a pressão da coluna de 76 cm de mercúrio, onde $g = 9,8 \text{ m/s}^2$. $1 \text{ atm} = 76 \text{ cmHg} = 760 \text{ mmHg} = 1,01.105 \text{ Pa}$

Como vimos anteriormente, outro fator que altera a pressão atmosférica do ar é a temperatura. Analisando quimicamente, quando está frio as moléculas de agrupam, e quando está calor as moléculas se afastam. Sendo assim, em regiões mais frias, as moléculas do ar se unem, ficam mais densas, assim mais pesadas, aumentando a pressão. E em regiões quentes as moléculas se afastam deixando a pressão menor.

Essas variações de pressão são responsáveis pela ocorrência dos ventos, que se deslocam do local com maior opressão para o de menor pressão. A pressão atmosférica também interfere nas condições climáticas. As zonas de baixa pressão provocam a subida das frentes de ar, o que propicia a formação de nuvens, enquanto as zonas de alta pressão propiciam a descida do ar, impedindo a formação de nuvens e deixando o tempo mais “limpo”.

3.1 - PRESSÃO RELATIVA POSITIVA

Pressão relativa positiva ou manométrica ocorre quando a pressão interna de um

reservatório for maior do que a pressão ambiente, ou seja, do que a pressão atmosférica local. O aparelho usado para medir a pressão positiva chama-se: manômetros. A pressão manométrica pode ser positiva (em locais com pressão superior à pressão atmosférica), ou negativa (em locais onde a pressão é inferior à pressão atmosférica).

3.2 - PRESSÃO RELATIVA NEGATIVA OU VÁCUO

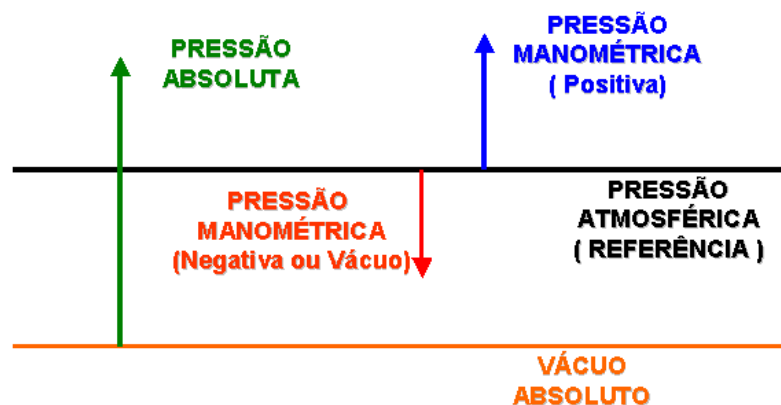
É quando um sistema tem pressão relativa menor que a pressão atmosférica. É a diferença entre a pressão real ou absoluta e a pressão atmosférica. Ela é aplicada nos casos em que assume valor negativo, ou seja, a pressão medida é inferior a pressão atmosférica

3.3 - PRESSÃO ABSOLUTA

É a soma da pressão relativa e da pressão atmosférica. Também pode ser medida a partir do vácuo absoluto. A pressão absoluta pode ser obtida através da equação Pressão Absoluta = Pressão Relativa + Pressão atmosférica

3.4 - DIAGRAMA COMPARATIVO DAS ESCALAS DE PRESSÃO

Os tipos de pressão citados acima podem ser ilustrados pelo diagrama comparativo, de acordo com a figura a seguir:



4.0 – DEFINIÇÕES DE PRESSÃO

4.1- Pressão diferencial: é a diferença de pressão medida entre dois pontos. Quando qualquer ponto diferente do vácuo ou atmosfera é tomado como referência diz-se medir

pressão diferencial. Por exemplo, a pressão diferencial encontrada numa placa de orifício.

4.2- A pressão estática: é a pressão que é exercida por um líquido ou um gás, tal como água ou ar. Especificamente, é a pressão medida quando o líquido ou gás ainda está em repouso. Várias e diferentes aplicações industriais e científicas existem para esse termo, mas a maioria tem a ver com a pressão do ar ao invés de pressão da água. Na aviação, por exemplo, um sistema de pressão estática é a forma como o altímetro de um avião e um indicador de velocidade operam. Em outras palavras, refere-se a pressão que um ventilador deve exercer em um sistema de ventilação de modo que o ar possa fluir. O conceito de pressão estática é também um essencial na ciência da mecânica de fluidos. Cientificamente, a pressão estática é distinguida da pressão dinâmica, ambos os quais são componentes de pressão total do sistema. Esta relação é definida na equação de Bernoulli, e refere-se o estudo do fluxo e de movimento de fluidos. O princípio da equação de Bernoulli é que a pressão estática e pressão dinâmica pode variar grandemente em diferentes áreas de um líquido em movimento, mas a pressão total permanece constante. Uma das áreas mais importantes onde uma compreensão exata de pressão estática é importante é no campo da aviação. O objetivo de um altímetro no avião é medir a pressão do ar na altura em que é voar, para determinar a altitude. A forma como isto é feito é através de uma pequena abertura no exterior da aeronave, chamado o porta estática.

4.3 - Pressão dinâmica: é a pressão medida devido à energia cinética do fluido em escoamento.

5.0 – UNIDADES DE PRESSÃO NO SISTEMA INTERNACIONAL (SI)

O Pascal [Pa] é a unidade de pressão do Sistema Internacional de unidades(SI).

Um Pa é a pressão gerada pela força de 1 Newton agindo sobre uma superfície de 1 metro quadrado à $\text{Pa} = \text{N}/\text{m}^2$.

Abaixo, a tabela nos mostra as principais unidades e a conversão entre as mesmas.

inH ₂ O @20oC	atm	bar	kPa	kgf/cm ²	mmH ₂ O @20oC	mmHg @0oC	inHg @32oF	psi
inH ₂ O 1	0,0025	0,00249	0,24864	0,00254	25,4000	1,86497	0,07342	0,03606

@20oC									
atm	407,513	1	1,01325	101,325	1,03323	10350,8	759,999	29,9213	14,6959
bar	402,185	0,98692	1	100,000	1,01972	10215,5	750,062	29,5300	14,5038
kPa	4,02185	0,00987	0,01000	1	0,01020	102,155	7,50062	0,29530	0,14504
kgf/cm2	394,407	0,96784	0,98066	98,0662	1	10017,9	735,558	28,9590	14,2233
mmH2O @20oC	0,03937	0,00010	0,00010	0,00979	0,00010	1	0,07342	0,00289	0,00142
mmHg @0oC	0,53620	0,00132	0,00133	0,13332	0,00136	13,6195	1	0,03937	0,01934
inHg @ 32oF	13,6195	0,03342	0,03386	3,38638	0,03453	345,935	25,4000	1	0,49115
psi	27,7296	0,06805	0,06895	6,89475	0,07031	704,333	51,7149	2,03602	1

Tabela de Conversão das unidades de pressão

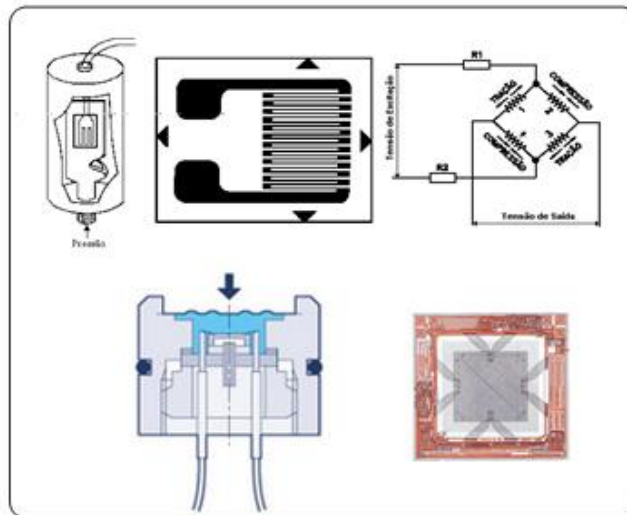
6.0 – SENSORES

6.1 - Piezo-resistivo ou Strain Gage: A piezo-resistividade refere-se à mudança da resistência elétrica com a deformação/contração como resultado da pressão aplicada. Na sua grande maioria são formados por elementos cristalinos (strain gage) interligados em ponte (wheatstone) com outros resistores que provém o ajuste de zero, sensibilidade e compensação de temperatura. O material de construção varia de fabricante para fabricante e hoje em dia é comum sensores de estado sólido. Tendo como desvantagens, uma faixa limitante de temperatura de operação, aplicável em ranges baixos de pressão por gerarem um sinal muito baixo de excitação, muito instável.

Atualmente existe o chamado “Film Transducer”, o qual é construído com a deposição de vapor ou injeção de elementos strain gage diretamente em um diafragma, o que minimiza a instabilidade devida ao uso de adesivos nas ligas nos modelos “Bonded Wire”. A grande vantagem é que já produz um sinal eletrônico num nível maior, porém

em altas temperaturas são totalmente vulneráveis, já que a temperatura afeta o material adesivo utilizado ao colar o silício ao diafragma.

Várias técnicas baseadas na fabricação de sensores de silício piezo-resistivo estão emergindo, mas são susceptíveis a degradação de seus sinais em função da temperatura e exigem circuitos complicados para a compensação, minimização do erro e sensibilidade do zero. Totalmente inviáveis em aplicações sujeitas a temperatura altas por longo períodos, uma vez que a difusão degrada os substratos em altas temperaturas.



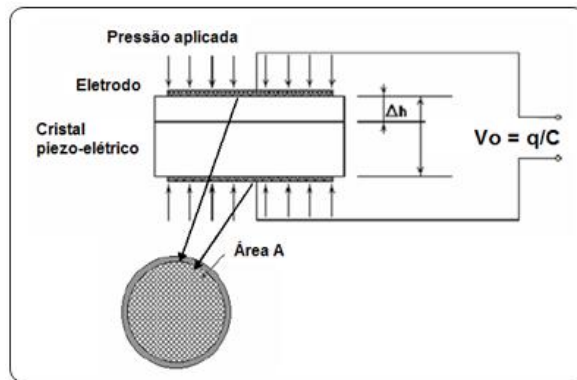
Sensor Piezo-Resistivo.

6.2 - Piezoelétrico - O material piezoelétrico é um cristal que produz uma tensão diferencial proporcional a pressão a ele aplicada em suas faces: quartzo, sal de Rochelle, titânio de bário, turmalina etc .Este material acumula cargas elétricas em certas áreas de sua estrutura cristalina, quando sofrem uma deformação física, por ação de uma pressão. A piezo-eletricidade foi descoberta por Pierre e Jacques Curie em 1880. Tendo como desvantagem de requerer um circuito de alta impedância e um amplificador de alto ganho, sendo susceptível a ruídos. Além disso, devido à natureza dinâmica, não permite a medição de pressão em estado sólido, porém, tem a vantagem de rápida resposta. A relação entre a carga elétrica e a pressão aplicada ao cristal é praticamente linear:

$$q = S_q \times A_p$$

p - pressão aplicada, A - área do eletrodo, S_q - sensibilidade,

q - carga elétrica, C - capacidade do cristal, V_o - tensão de saída



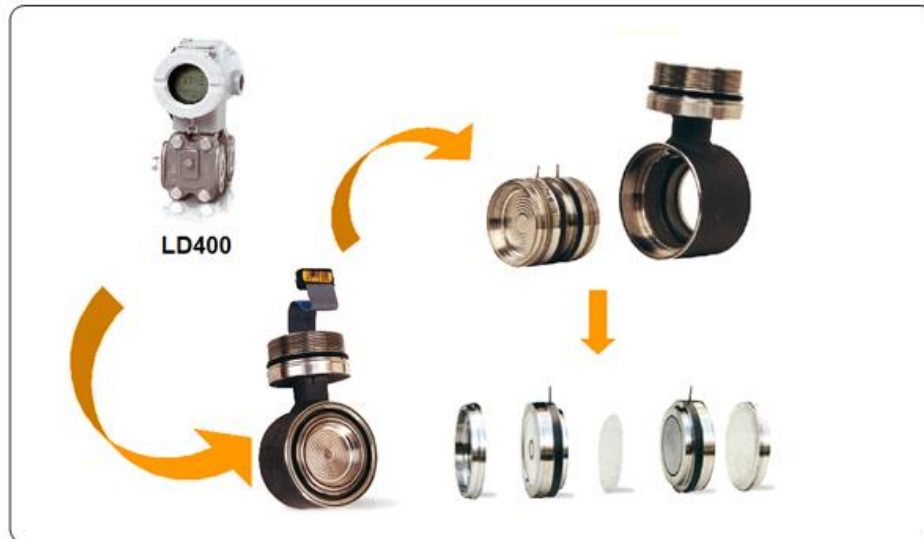
Sensor Piezo-Elétrico.

6.3 – Ressonantes: Possuem em geral o princípio da tecnologia que é conhecida como “vibrating wire”. Uma mola de fio magnético é anexada ao diafragma que ao ser submetido a um campo magnético e ser percorrido por uma corrente elétrica entra em oscilação. A frequência de oscilação é proporcional ao quadrado da tensão (expansão/compressão) do fio. No sensor Silício Ressonante, não se usa fio e sim o silício para ressonar com diferentes frequências que são funções da expansão/compressão (é uma função do tipo $1/f^2$). O sensor é formado por uma cápsula de silício colocada em um diafragma que vibra ao se aplicar um diferencial de pressão, e a frequência de vibração depende da pressão aplicada. Alguns sensores ressonantes exigem técnicas de compensação em temperatura via hardware/software complicadas, aumentando o número de componentes, o que em alguns equipamentos exigem mais placas eletrônicas.

6.4 – Capacitivos: Estes são os sensores mais confiáveis e que já foram usados em milhões de aplicações. São baseados em transdutores onde a pressão aplicada a diafragmas sensores faz com que se tenha uma variação da capacitância entre os mesmos e um diafragma central, por exemplo. Esta variação de capacitância tipicamente é usada para variar a frequência de um oscilador ou usada como elemento em uma ponte de capacitores. Esta variação de capacitância pode ser usada para variar a frequência de um oscilador. Esta frequência pode ser medida diretamente pela CPU e convertida em Pressão. Neste caso não existe conversão A/D o que contribui na exatidão e eliminação de drifts embutidos nas conversões analógicas/digitais. Vale a pena lembrar que este princípio de leitura totalmente digital é utilizado pela Smar desde meados da década de 80(a Smar, é a única empresa brasileira e uma das poucas no mundo a fabricar este tipo de sensores). Possuem respostas lineares e praticamente insensíveis a variações de temperatura, sendo os mais indicados em instrumentação e controle de processos, já que possuem excelentes performance em estabilidade, em temperatura e pressão estática.

Algumas de suas vantagens:

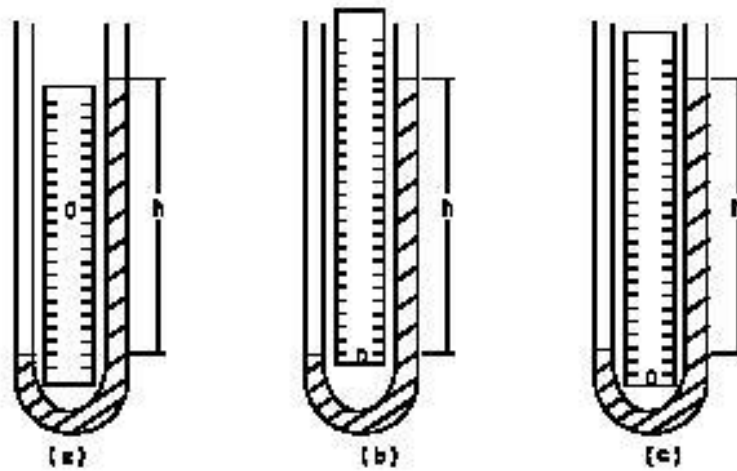
- Ideais para aplicações de baixa e alta pressão.
- Minimizam o Erro Total Provável e conseqüentemente a variabilidade do processo.
- Ideais para aplicações de vazão.
- Por sua resposta linear, permite alta rangeabilidade com exatidão.



Exemplo de construção de um sensor capacitivo.

7.0 – TIPOS DE MANOMETROS

7.1 - Manômetro tipo Coluna em “U”: O tubo em “U” é um dos medidores de pressão mais simples entre os medidores para baixa pressão. É constituído por um tubo de material transparente (geralmente vidro) recurvado em forma de U e fixado sobre uma escala graduada.



MANOMETRO COLUNA EM “U”

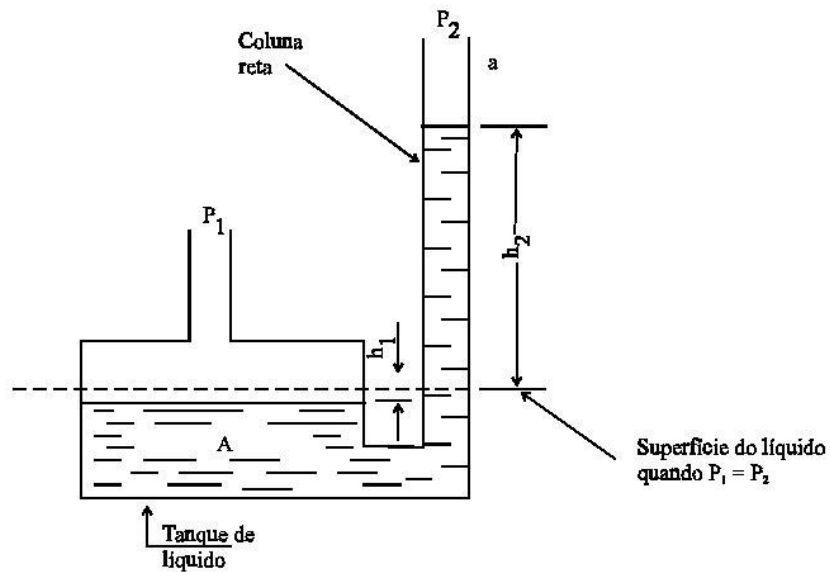
No tipo (a), o zero da escala está no mesmo plano horizontal que a superfície do líquido quando as pressões P_1 e P_2 são iguais. Neste caso, a superfície do líquido desce no lado de alta pressão e, conseqüentemente sobe no lado de baixa pressão. A leitura se faz, somando a quantidade deslocada a partir do zero nos lados de alta e baixa pressão.

No tipo (b), o ajuste de zero é feito em relação ao lado de alta pressão. Neste tipo há necessidade de se ajustar a escala a cada mudança de pressão.

No tipo (c) a leitura é feita a partir do ponto mínimo da superfície do líquido no lado de alta pressão, subtraída do ponto máximo do lado de baixa pressão. A leitura pode ser feita simplesmente medindo o deslocamento do lado de baixa pressão a partir do mesmo nível do lado de alta pressão, tomando como referência o zero da escala.

7.2 - Manômetro tipo Coluna Reta Vertical: O emprego deste manômetro é idêntico ao do tubo em “U”. Nesse manômetro as áreas dos ramos da coluna são diferentes, sendo a pressão maior aplicada normalmente no lado da maior área.

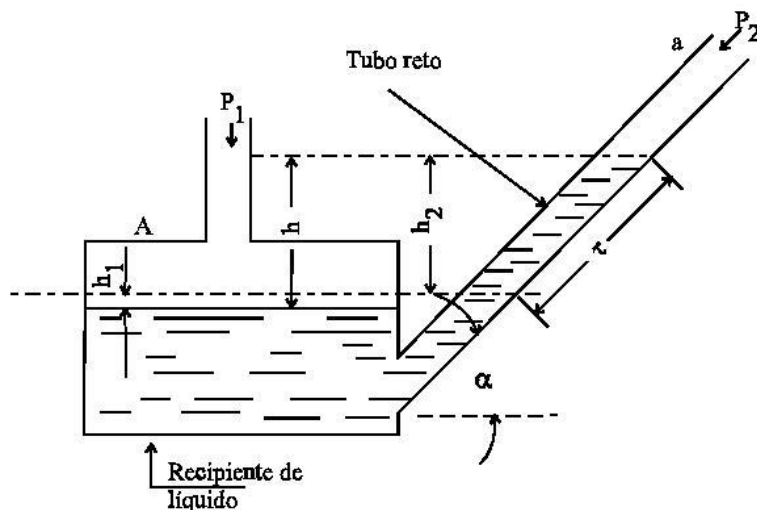
Essa pressão, aplicada no ramo de área maior provoca um pequeno deslocamento do líquido na mesma, fazendo com que o deslocamento no outro ramo seja bem maior, face o volume deslocado ser o mesmo e sua área bem menor.



MANOMETRO TIPO COLUNA RETA VERTICAL

7.3 - MANÔMETRO TIPO COLUNA INCLINADA

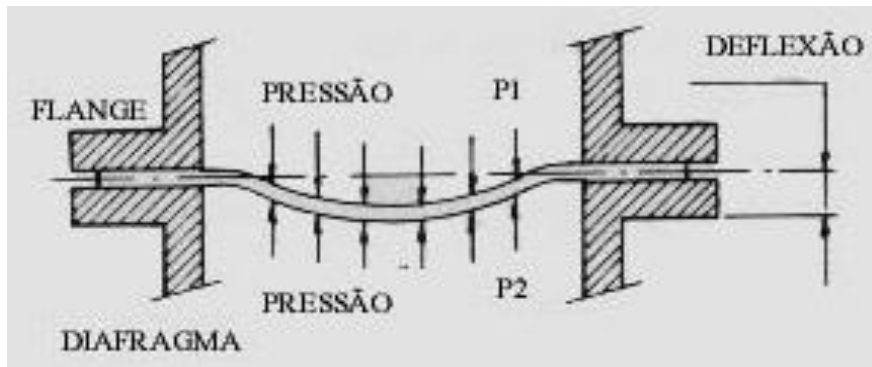
Este Manômetro é utilizado para medir baixas pressões na ordem de 50 mmH₂O. Sua construção é feita inclinando um tubo reto de pequeno diâmetro, de modo a medir com boa precisão pressões em função do deslocamento do líquido dentro do tubo. A vantagem adicional é a de expandir a escala de leitura o que é muitas vezes conveniente para medições de pequenas pressões com boa precisão ($\pm 0,02$ mmH₂O).



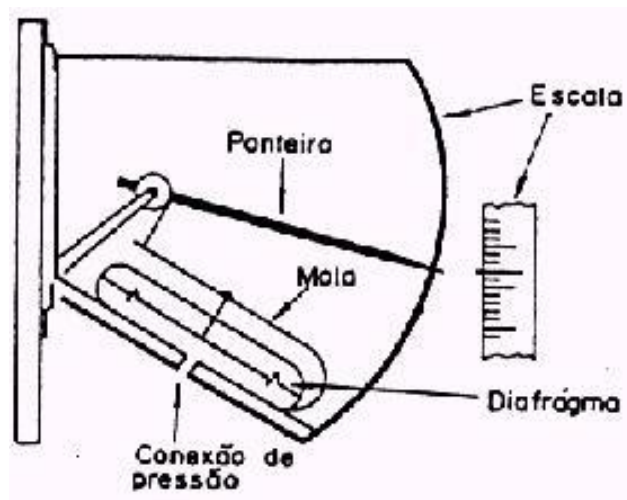
MANÔMETRO TIPO COLUNA INCLINADA

7.4 - MANÔMETRO COM SENSOR TIPO DIAFRAGMA

O Manômetro com sensor tipo Diafragma é um disco circular utilizado para medir pressões geralmente de pequenas amplitudes.



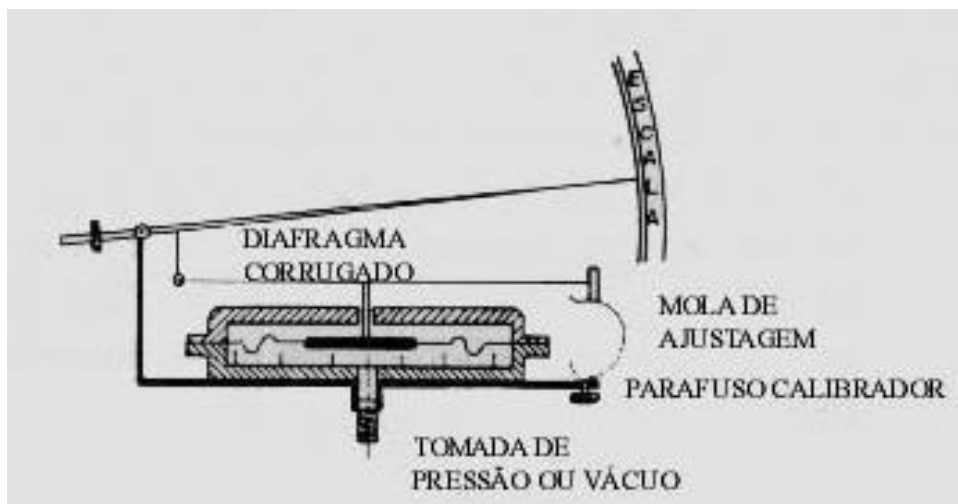
O Manômetro com sensor tipo Diafragma é composto por uma membrana fina de material elástico, metálico ou não. Neste manômetro, uma membrana fica sempre oposta a uma mola. Ao aplicar-se uma pressão no diafragma haverá um deslocamento do mesmo até um ponto onde a força da mola se equilibrará com a força elástica do diafragma. Este deslocamento resultante é transmitido a um sistema com indicação (ponteiro) que mostra a medição efetuada.



Os diafragmas metálicos são usados para medição de pressão relativamente baixas. O diafragma pode ser plano (disco circular plano) ou pode ser corrugado.



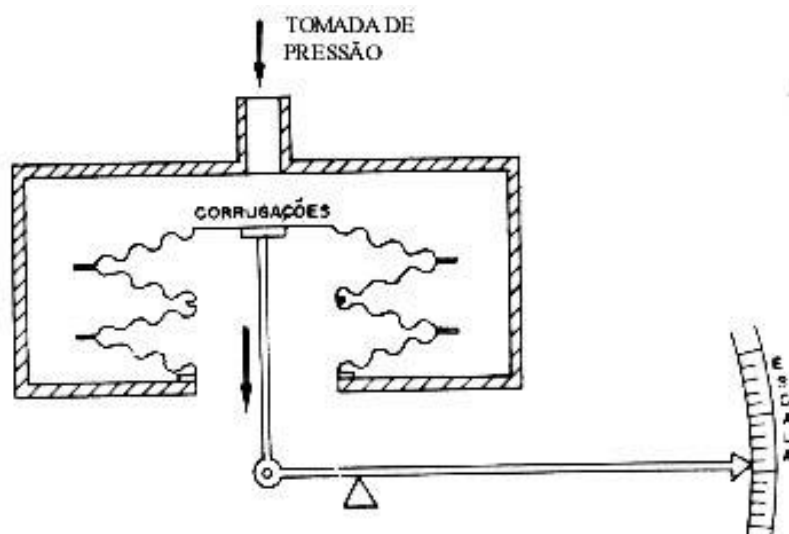
Os diafragmas mais corrugados são geralmente usados em diâmetros maiores produzindo assim uma maior deflexão linear para baixa pressão. Entretanto com maiores dimensões e baixa pressão, a resposta dinâmica é pobre e o diafragma corrugado então é usado para medidas de pressão estáticas.



7.5 - MANÔMETRO DE DIAFRAGMA TIPO CÁPSULA

Um tipo de barômetro Aneroid é composto a partir de dois diafragmas corrugados com seus perímetros soldados na forma de uma cápsula evacuada mecanicamente, conectada a um ponteiro e uma escala. Várias cápsulas montadas em série resultam em um deslocamento suficiente para acionar o ponteiro e o sistema de engrenagem. Estes

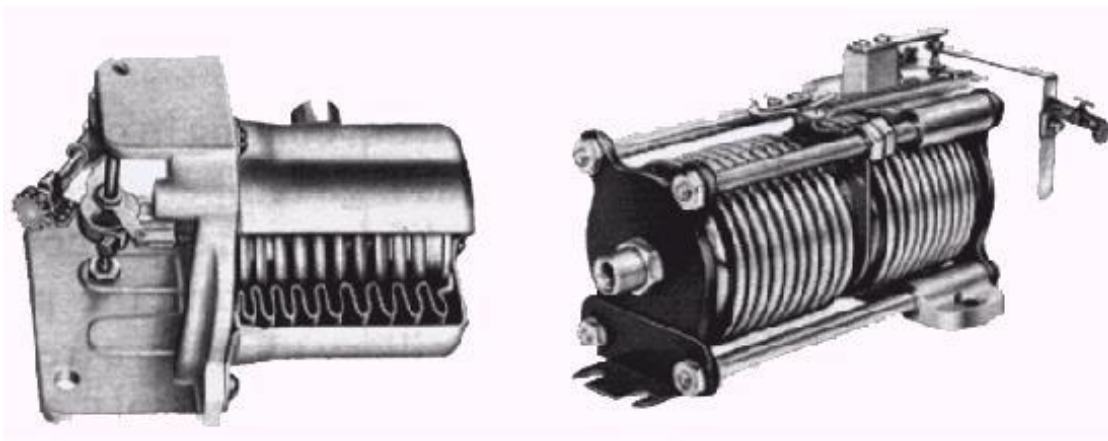
manômetros são geralmente usados para medição a baixa pressão em vácuo. O movimento do diafragma composto é transferido por um sistema mecânico para uma escala.



MANÔMETRO DE DIAFRAGMA TIPO CÁPSULA

7.6 - MANÔMETRO TIPO FOLE

Fole é um dispositivo que possui ruga no círculo exterior que tem a possibilidade de expandir-se e contrair-se em função de pressões aplicadas no sentido do eixo. Como a resistência à pressão é limitada, é usado para baixa pressão.

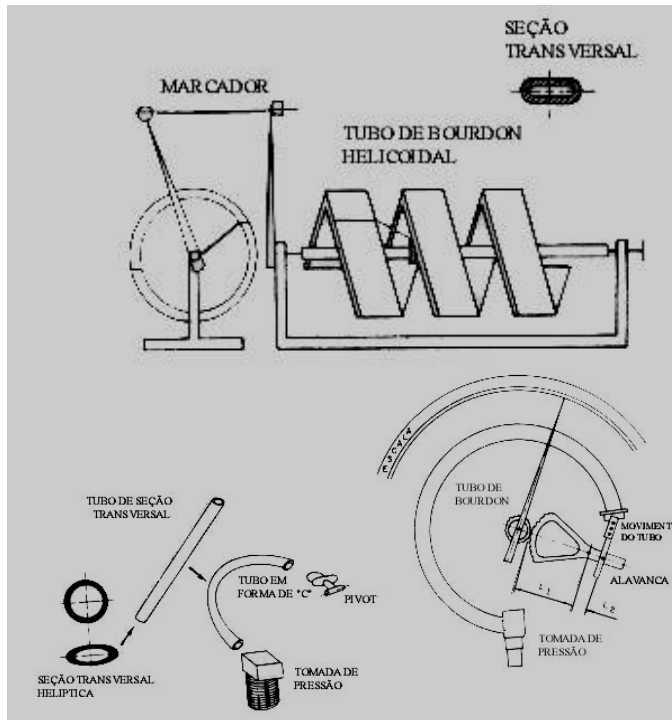


MANÔMETRO TIPO FOLE

7.7 - MEDIDORES DE BOURDON

O tubo de Bourdon é formado por um tubo oval que tende a ficar circular com a

aplicação de uma pressão interna. O tubo de Bourdon pode ser curvado em várias formas constituindo o elemento sensor de diversos medidores. Existem configurações na forma de C, helicoidal, espiral e torcida. O medidor de tubo helicoidal que possui a uma vantagem principal sobre a configuração C, ele pode indicar o maior movimento sem o uso de engrenagens.



O medidor tipo tubo de Bourdon é universalmente utilizado na faixa de 0 - 10 psi até 50.000 psi. A faixa baixa depende da capacidade do tubo acionar o ponteiro. Sua precisão depende do processo de fabricação chegando 0,1% ou 0,5% da escala. Alguns desses medidores são ainda incrementados com compensadores térmicos, normalmente uma barra bi metálica integrada ao sistema do ponteiro para minimizar o erro.

8.0 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em geral mede-se pressão para: controle ou monitoração de processos; proteção (segurança); controle de qualidade; transações comerciais de fluidos (transferências de custódia, medição fiscal); estudos e pesquisas; balanços de massa e energia.

Esses objetivos devem ser considerados na escolha dos equipamentos. Quesitos mais rigorosos de desempenho tais como: exatidão, limites de sobre pressão e pressão

estática, estabilidade e outros podem encarecer desnecessariamente o projeto. Além disto, nos mostrou um pouco da história da medição de pressão, sua importância na automação e controle de processos, peculiaridades e características de alguns tipos de sensores, aliados aos avanços tecnológicos nos transmissores de pressão

9.0 – REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

TOFFOLI, Leopoldo. Pressão Atmosférica. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/fisica/pressao-atmosferica/>>. Acesso em 31 de Agosto de 2016.

PENAS, Rodolfo Alves. Pressão Absoluta e Pressão manométrica <https://lusoacademia.wordpress.com/2015/08/10/pressao-absoluta-e-pressao-manometrica/>. Acesso em 31 de agosto de 2016

CASSIOLATO, Cesar. Medição de Pressão: características, tecnologias e Tendencias. Disponível em <<http://www.smar.com/brasil/artigo-tecnico/medicao-de-pressao-caracteristicas-tecnologias-e-tendencias>> Acesso em 01 de Setembro de 2016.

SWIDER, Gustavo. A Pressão Estática. Disponível em <<https://pt.scribd.com/doc/98050492/A-pressao-estatica-e-a-pressao-que-e-exercida-por-um-liquido-ou-um-gas>> . Acesso em 02 de Setembro de 2016.

AMARAL, Carlos. Instrumentação Industrial. Disponível em <http://paginapessoal.utfpr.edu.br/camaral>. Acesso em 02 de setembro de 2016