

A MEDIÇÃO DE VAZÃO

César Cassiolato – Presidente & CEO – Vivace Process Instruments

1. Introdução

A vazão é a terceira grandeza mais medida nos processos industriais. As aplicações são muitas, indo desde aplicações simples como a medição de vazão de água em estações de tratamento e residências, até medição de gases industriais e combustíveis, passando por medições mais complexas, como medições fiscais, por exemplo. A escolha correta de um determinado instrumento para medição de vazão depende de vários fatores. Dentre estes, pode-se destacar:

- exatidão desejada para a medição
- tipo de fluido: líquido ou gás, limpo ou sujo, número de fases,
- condutividade elétrica, transparência, etc.
- condições termodinâmicas: por exemplo, níveis de pressão e temperatura nos quais o medidor deve atuar
- espaço físico disponível
- custo, etc.

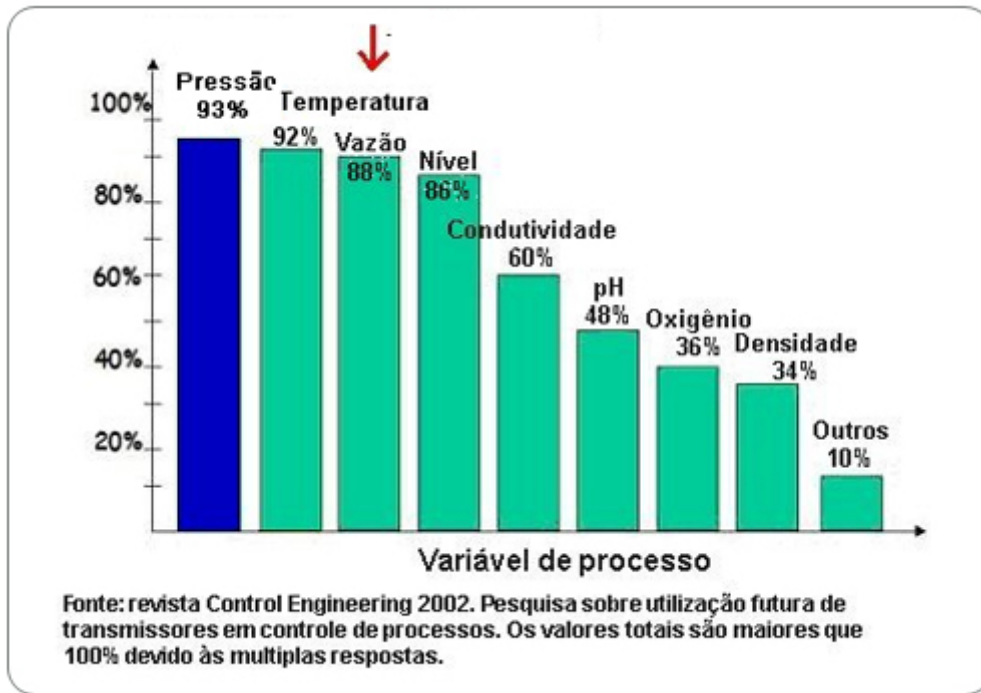


Figura 1 – Variáveis de Processo

A medição de vazão de fluidos sempre esteve presente em nosso dia-a-dia. Por exemplo, o hidrômetro de uma residência, o marcador de uma bomba de combustível nos veículos etc.

Na História, grandes nomes marcaram suas contribuições. Em 1502 Leonardo da Vinci observou que a quantidade de água por unidade de tempo que escoava em um rio era a mesma em qualquer parte, independente da largura, profundidade, inclinação e outros. Mas o desenvolvimento de dispositivos práticos só foi possível com o surgimento da era industrial e o trabalho de pesquisadores como Bernoulli, Pitot e outros.

Vejamos inicialmente alguns conceitos para entendermos melhor a medição de vazão.

2. Como podemos definir vazão

Vazão pode ser definida como sendo a quantidade volumétrica ou mássica de um fluido que escoar através de uma seção de uma tubulação ou canal por unidade de tempo.

- **Vazão Volumétrica** – É definida como sendo a quantidade em volume que escoar através de certa seção em um intervalo de tempo considerado. As unidades volumétricas mais comuns são: m³/s, m³/h, l/h, l/min, GPM (galões por minuto), Nm³/h (normal metro cúbico por hora), SCFH (normal pé cúbico por hora), entre outras.

$$Q = \frac{V}{t}$$

, onde: V = volume, t = tempo, Q = vazão volumétrica.

- **Vazão mássica** – É definida como sendo a quantidade em massa de um fluido que escoar através de certa secção em um intervalo de tempo considerado. As unidades de vazão mássica mais utilizadas são: kg/s, kg/h, t/h, lb/h.

$$Q = \frac{V}{t}$$

, onde: m = massa, t = tempo, Qm = vazão mássica

2.1. Conceitos físicos para medição de vazão

Para medição de vazão se faz necessário rever alguns conceitos relativos a fluidos, pois os mesmos influenciam na vazão de modo geral. A seguir, os principais deles:

- **Calor Específico**

Define-se calor específico como o quociente da quantidade infinitesimal de calor fornecido a uma unidade de massa de uma substância pela variação infinitesimal de temperatura resultante deste aquecimento.

Na prática, temos: A quantidade de calor necessária para mudar a temperatura de 1 grama de uma substância em 1°C.

- **Viscosidade**

É definida como sendo a resistência ao escoamento de um fluido em um duto qualquer. Esta resistência provocará uma perda de carga adicional que deverá ser considerada na medição de vazão.

- **Número de Reynolds**

Número adimensional utilizado para determinar se o escoamento se processa em regime laminar ou turbulento. Sua determinação é importante como parâmetro modificador do coeficiente de descarga.

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

onde:

v – velocidade (m/s)

D – diâmetro do duto (m)

- viscosidade cinemática (m²/s)

Observação:

- Na prática, se $Re > 2.320$, o fluxo é turbulento, caso contrário é sempre laminar.
- Nas medições de vazão na indústria, o regime de escoamento é na maioria dos casos turbulentos com $Re > 5.000$.

- **Distribuição de Velocidade em um Duto**

Em regime de escoamento no interior de um duto, a velocidade não será a mesma em todos os pontos. Será máxima no ponto central do duto e mínima na parede do duto.

- **Regime Laminar**

É caracterizado por um perfil de velocidade mais acentuado, onde as diferenças de velocidades são maiores:

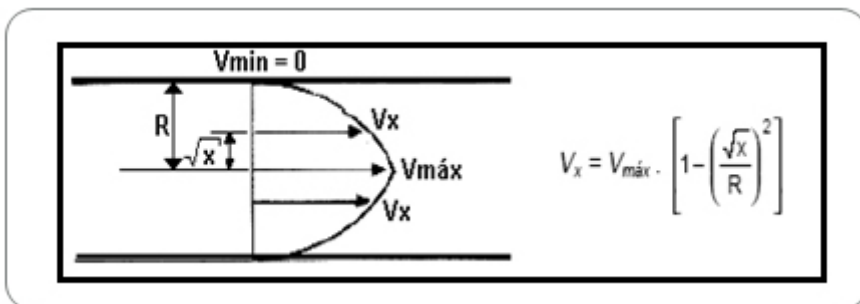


Figura 2: Perfil de Velocidades em regime laminar

- **Regime Turbulento**

É caracterizado por um perfil de velocidade mais uniforme que o perfil laminar. Suas diferenças de velocidade são menores:

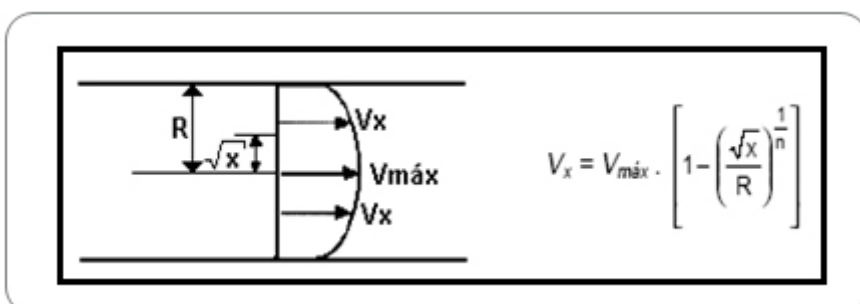


Figura 3: Perfil de Velocidade em regime turbulento

3. Tipos dos Medidores de Vazão

Resumidamente, podemos classificar os medidores de vazão, segundo o quadro abaixo:

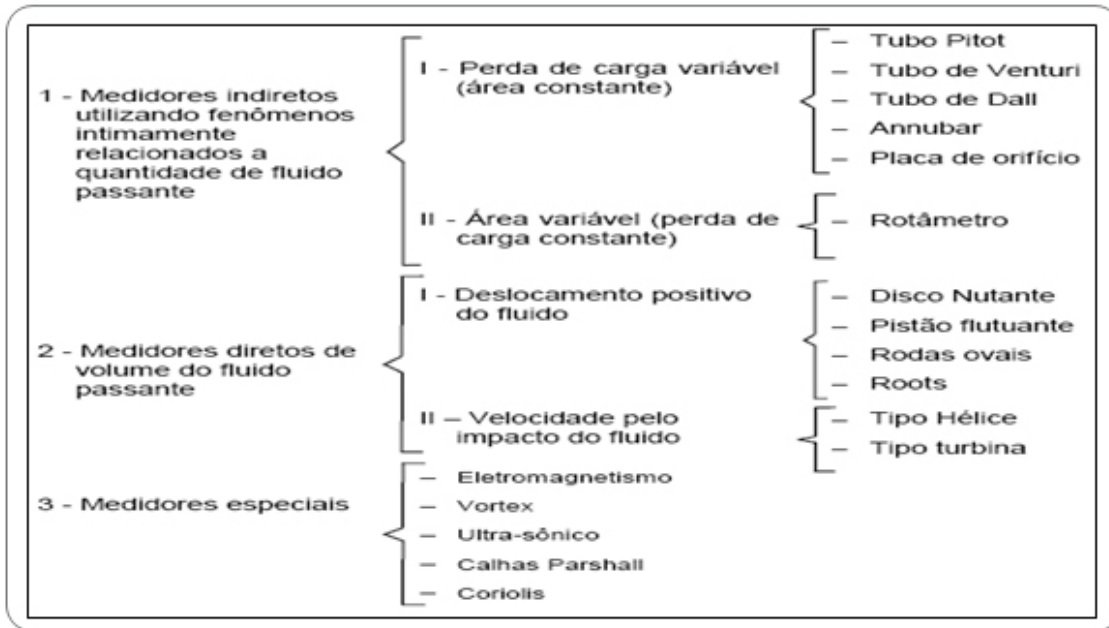


Figura 4 - Classificação dos medidores de vazão

3.1. Equações para o Cálculo da Vazão

As equações para o cálculo da vazão podem ser obtidas genericamente para os três tipos de medidores apresentados. Aplica-se a Equação da Conservação da Massa, bem como a Equação da Conservação da Energia, sendo esta última na sua forma simplificada, que é a Equação de Bernoulli. Assim para o escoamento através de uma redução de área, considerando-o ideal e tomando uma linha de corrente entre os pontos 1 e 2, conforme a figura 5.

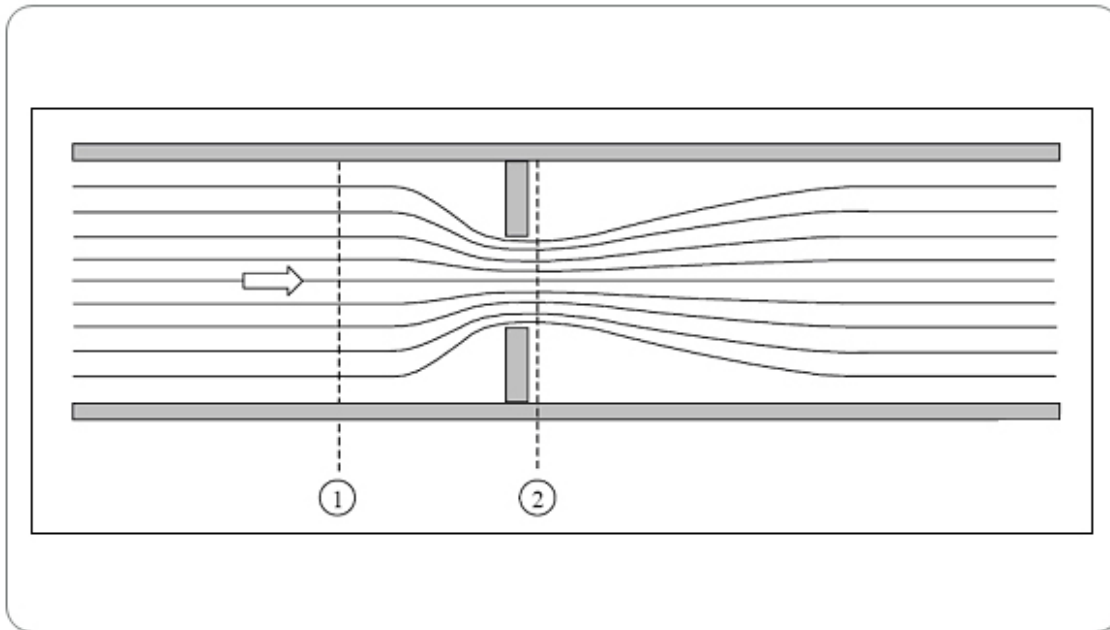


Figura 5 – Escoamento com estrangulamento

A equação de Bernoulli aplicada ao escoamento ideal, entre os pontos 1 e 2 da figura, resulta na equação seguinte:

$$\frac{V_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} + gz_1 = \frac{V_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho} + gz_2$$

onde o primeiro termo representa a energia cinética, o segundo a energia de pressão, proveniente do trabalho de escoamento, enquanto o terceiro termo representa a energia potencial. Idênticas parcelas existem do lado direito, para o ponto 2. Esta igualdade significa que a soma das três parcelas é uma constante ao longo de uma linha de corrente, não havendo perdas por atrito. Para o escoamento na posição horizontal, não há variação de energia potencial, sendo $z_1 = z_2$. Usando a equação da conservação da massa entre as seções 1 e 2, para o escoamento incompressível, tem-se que:

$$V_1 A_1 = V_2 A_2$$

Sendo A a área da seção transversal e β a razão entre os diâmetros do medidor e da tubulação, $\beta = D_2/D_1$ (ou d/D , conforme a notação), pode-se isolar uma das velocidades na equação (1), obtendo-se a equação seguinte:

$$V_2 = \sqrt{2 \left(\frac{p_1 - p_2}{\rho} \right) \left[1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 \right]^{-1}}$$

A vazão pode ser então obtida, multiplicando-se esta velocidade pela respectiva área, equação (4). A vazão no caso é uma vazão ideal, pois foi obtida através da equação de Bernoulli, para o escoamento ideal.

$$Q_1 = V_2 A_2$$

Tomando-se o caso mais extremo, em que o ponto 2 está situado sobre a vena contracta, pode-se definir um coeficiente de contração da veia principal, que é a razão entre a área da vena contracta A_2 , e a área de passagem do medidor, A_m . Assim:

$$C_1 = \frac{A_2}{A_m}$$

A vazão real pode ser obtida multiplicando-se a vazão ideal por um coeficiente de correção C_v . Este coeficiente inclui as correções relativas à perda de energia entre os pontos 1 e 2, entre os quais se obtém o diferencial de pressão. Parte deste diferencial é decorrente da aceleração do escoamento e parte provém da perda de carga. Esta última age sempre no sentido de aumentar o diferencial, razão pela qual o valor de C_v é sempre inferior à unidade. Assim, tendo em conta estas correções e a área do medidor A_m , a equação para a vazão é dada por:

$$Q_r = \frac{C_v C_c}{\sqrt{1 - C_c^2 \beta^4}} A_m \sqrt{2 \left(\frac{p_1 - p_2}{\rho} \right)}$$

O coeficiente C_c difere da unidade apenas na placa de orifício, quando as tomadas de pressão não são as de canto (corner taps). No caso deste tipo de tomada a vena contracta existe, mas a pressão está sendo lida junto à placa, de forma que a área A_2 pode ser considerada como a área do orifício A_m . Em função da dificuldade de se determinar todos os coeficientes da equação (6), prefere-se ignorar o próprio C_c e introduzir os coeficientes C e K , de modo que esta equação assuma as seguintes formas:

$$Q_r = C Q_1 = \frac{C}{\sqrt{1 - \beta^4}} A_m \sqrt{2 \left(\frac{p_1 - p_2}{\rho} \right)} = K A_m \sqrt{2 \left(\frac{p_1 - p_2}{\rho} \right)}$$

3.2. Medidores de Diferencial de Pressão

O princípio de funcionamento baseia-se no uso de uma mudança de área de escoamento, através de uma redução de diâmetro ou de um obstáculo, ou ainda através de uma mudança na direção do escoamento. Estas mudanças de área ou de direção provocam uma aceleração local do escoamento, alterando a velocidade e, em consequência, a pressão local. A variação de pressão é proporcional ao quadrado da vazão. São medidores já bastante conhecidos, normalizados e de baixo custo. Estima-se que abranjam 50% de utilização na medição de vazão de líquidos.

São compostos de um elemento primário e um elemento secundário. O elemento primário está associado à própria tubulação, interferindo com o escoamento e fornecendo o diferencial de pressão. O elemento secundário é o responsável pela leitura deste diferencial e pode ser um simples manômetro de coluna líquida, em suas diferentes versões, ou até mesmo um transdutor mais complexo, com aquisição e tratamento eletrônico do valor de pressão lido.

4. Transmissor de Pressão Diferencial

4.1. VPT10 – Princípio de Funcionamento

A linha VPT10 de Transmissores de Pressão VIVACE é baseada em sensores capacitivos onde a pressão aplicada a diafragmas sensores faz com que se tenha uma variação da capacitância entre os mesmos e um diafragma central. Esta variação de capacitância é usada para variar a frequência de um oscilador que é medida diretamente pela CPU e convertida em Pressão. Não existe conversão A/D o que contribui na exatidão e eliminação de drifts embutidos nas conversões analógicas/digitais. Os sensores VIVACE são microprocessados o que garante alta estabilidade da leitura e tempos de respostas na ordem de 50ms, sendo ideais para medições de vazão.

Os sensores capacitivos são sensores muito confiáveis, com respostas lineares e praticamente insensíveis a variações de temperatura, sendo indicados em instrumentação e controle de processos, já que possuem excelentes performance em temperatura e pressão estática.

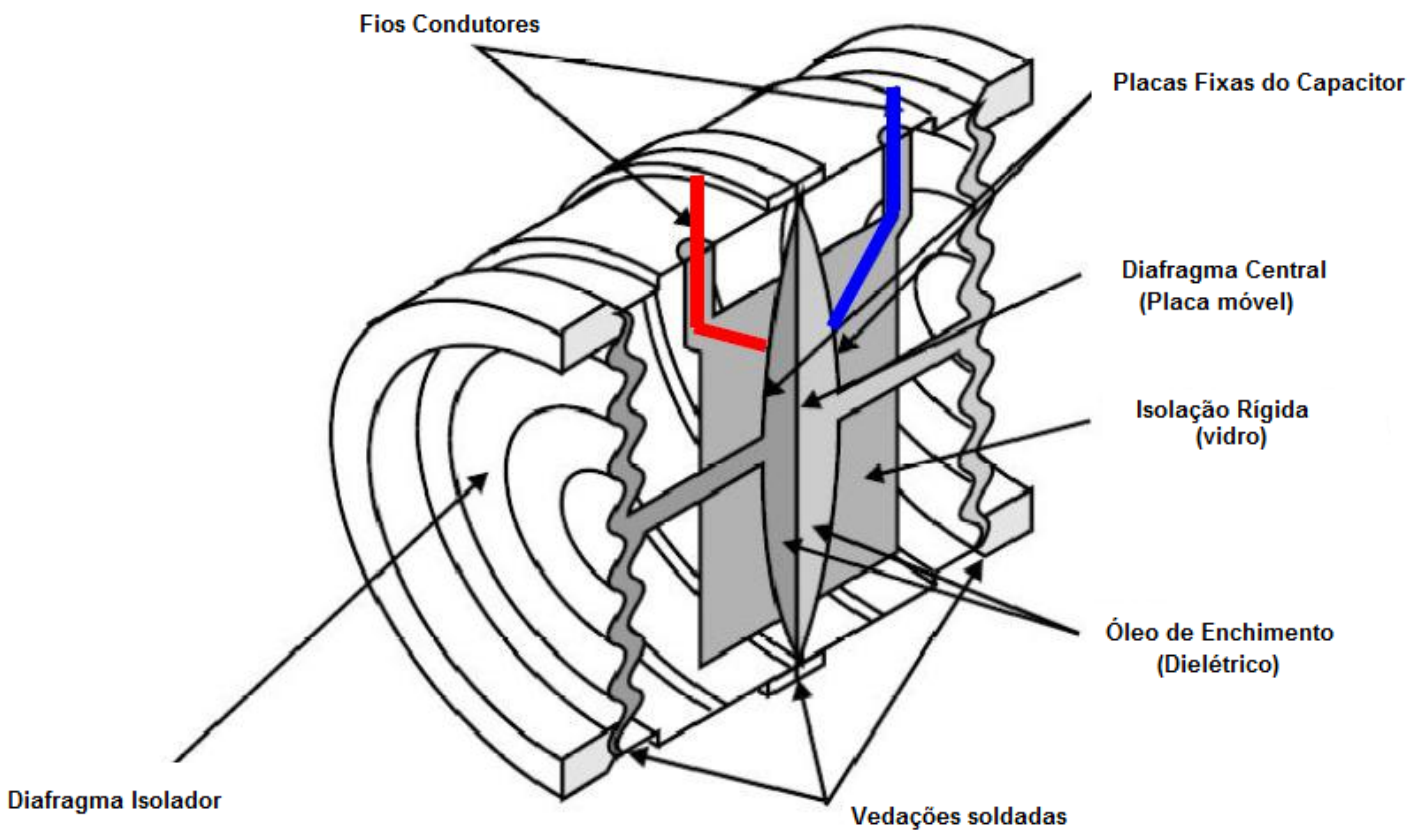


Figura 6a - Esquema da Célula Capacitiva.

A célula capacitiva é um sensor de pressão constituído por dois capacitores de capacitâncias variáveis, conforme a pressão diferencial aplicada. É uma peça simétrica, com um diafragma central que é flexionado em função da diferença de pressões aplicadas nos lados direito e esquerdo. As pressões são aplicadas nos

diafragmas isoladores (que têm contato direto com o fluido de processo) que devem ser de material adequado para evitar corrosão.

As pressões são transmitidas ao diafragma central por meio do óleo de enchimento e a diferença entre elas provoca sua deflexão. Os capacitores que constituem a célula capacitiva fazem parte de um circuito oscilador que tem sua frequência dependente da pressão diferencial aplicada. Esta frequência será inversamente proporcional à pressão aplicada e será medida pela CPU do sensor de pressão, com alta resolução, exatidão e velocidade de processamento.

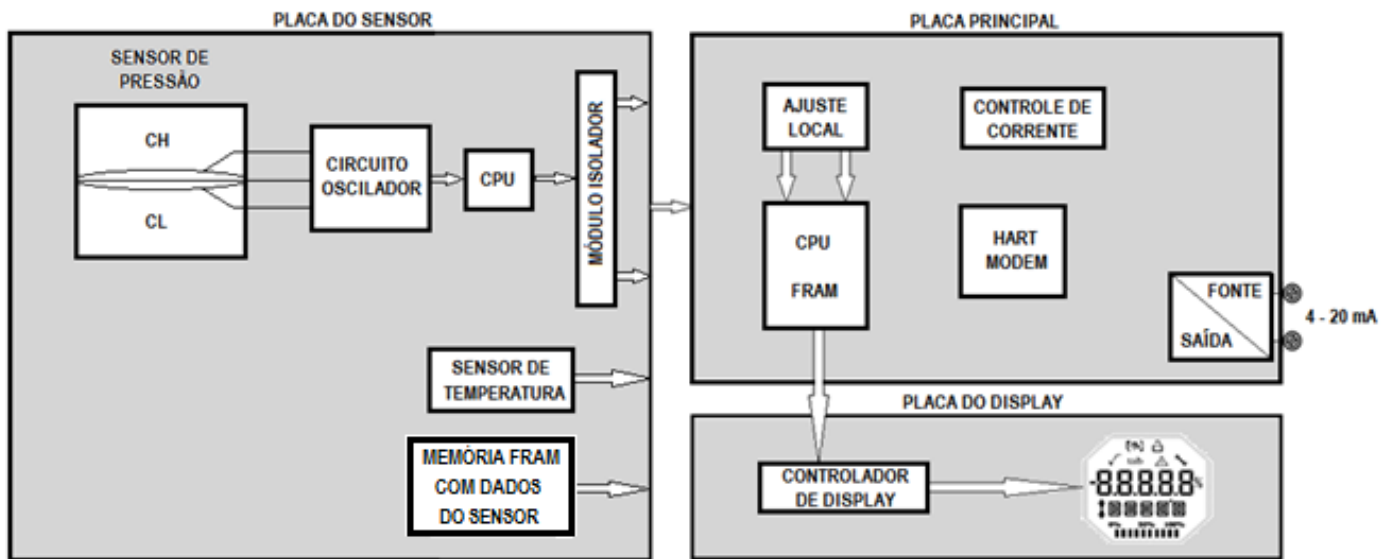


Figura 6b – VPT10 – Diagrama Funcional

4.2. VPT10 – Características e Benefícios

- A linha VPT10 tem 2 Classes de exatidão:
 - Modelo Standard: Exatidão de 0.075%
 - Modelo Alta Performance: Exatidão de 0.05%
- Ideal para aplicações em medição de vazão
- Minimiza o Erro Total Provável e conseqüentemente a variabilidade do processo
- Por sua resposta linear, permite alta rangeabilidade com exatidão
- Rangeabilidade de 200:1
- Compensação *Onboard* de pressão e temperatura

- Tempo de resposta de 50 ms (um dos transmissores digitais mais rápidos do mercado)
- Garantia de estabilidade de $\pm 0.2\%$ do URL por 15 anos (modelo alta performance)
- Supressor de transiente e anti-surge embutido
- Totalização com persistência
- Alimentação sem polaridade (12 a 50 Vcc) – previne erros de conexão e curto-circuito
- Display multifuncional, 5 dígitos com bargraph,
- CPU de 16 bits, garantindo alta performance, low power
- Sem polaridade na alimentação
- Ajuste local via sensor HALL
- Árvore de ajuste local simplificada
- Jumper de proteção de escrita
- Possibilidade de atualização de firmware via memória FRAM
- Limite de pressão de ruptura de 10000 psi,
- Diagnósticos avançados: indicação de sensor em curto e aberto, falha do sensor em qualquer câmara, sensor desconectado, sobrepressão além do limite de aquisição, indicação de alguns diagnósticos no display, máxima e mínima temperatura, desvio de zero etc.

Os transmissores de pressão microprocessados possuem a grande vantagem de permitirem uma melhor interação com o usuário, com interfaces amigáveis. Além disso, possuem características de autodiagnósticos que facilitam a identificação de problemas. Com o advento das redes fieldbuses, pode-se agora extrair ao máximo os benefícios da tecnologia digital. Estes transmissores possuem melhor exatidão, uma estabilidade eletrônica superior aos modelos analógicos, além de facilitarem ajustes e calibrações. A tecnologia digital também permite que poderosos algoritmos possam ser implementados a favor da melhoria de performance e exatidão da medição e a monitoração online da vida do equipamento.

4.3. Como especificar Transmissores de Pressão

Especificações incompletas ou mesmo com dados inconsistentes são bastante comuns na documentação para compra de transmissores de pressão. À primeira vista parecem itens simples de projeto, porém são muitos os

detalhes que, se não corretamente especificados, poderão gerar um prejuízo na hora da montagem ou mesmo durante a operação, podendo este ser maior que os valores dos equipamentos envolvidos.

Este tópico procura esclarecer algumas questões fundamentais no processo de especificação de transmissores de pressão. Vale lembrar que é importante ter os seguintes conhecimentos:

- princípios físicos da medição de pressão;
- tipos de pressão que podem ser medidas;
- sensores e seu funcionamento;
- instrumentação industrial;
- instalação e cuidados na operação e manutenção;
- principais aplicações.

O que se pretende medir?

- Pressão manométrica;
- Pressão absoluta;
- Pressão diferencial;
- Outras grandezas inferidas a partir de medições de pressão (vazão, nível, volume, força, densidade etc.).

Vale ressaltar que as medições de pressões abaixo da atmosférica não necessariamente requerem transmissores de pressão absoluta. Os transmissores de pressão absoluta são recomendados apenas quando se quer evitar as influências das variações da pressão atmosférica. Essa influência só será crítica quando se mede pressões muito próximas (acima ou abaixo) da pressão atmosférica. Nos demais casos pode-se usar sem problemas transmissores de pressão manométrica.

Para que medir pressão?

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.

Todos os fabricantes em geral oferecem ao mercado mais de uma versão de transmissores com características técnicas distintas e obviamente com preços também distintos.

Qual é o fluido do processo?

O fornecedor deverá ser informado das características do fluido. Em geral o fabricante poderá recomendar materiais ou conexões especiais. Vale lembrar que a decisão final será sempre do usuário ou da empresa de engenharia envolvida.

Alguns dados do fluido de processo são fundamentais na escolha do transmissor:

- Estado (líquido, gás, vapor) Define a posição da válvula de dreno/vent;
- Pressão máxima do processo Importante para a avaliação dos limites de sobre pressão e pressão estática do transmissor;
- Temperatura máxima do processo Poderá ser determinante para o uso de selos remotos ou apenas manter uma distância mínima na linha de impulso (tubing).

Opcionais?

Alguns opcionais podem ser incluídos no fornecimento dos transmissores:

- Indicador local Esse item não tem um custo muito alto e é muito útil, pois não só permite a leitura da variável em unidades de engenharia (kgf/cm², bar, mmH₂O, Pa, psi, etc) como também facilita a configuração do transmissor quando não se dispõe de um configurador. No caso da Vivace, todos os equipamentos sempre são fornecidos com LCD.
- Manifold A compra casada (transmissor + manifold) traz vantagens comerciais e evita qualquer incompatibilidade técnica na montagem.

- Suporte para tubo de 2” Esse item é quase obrigatório. Alguns suportes permitem também a montagem em superfícies planas. Recomenda-se especificar o suporte com pelo menos os parafusos e porcas em aço inox, garantindo-se uma melhor resistência às atmosferas corrosivas.
- Prensa-cabos Esse item pode ser encomendado junto com o transmissor. Recomenda-se, porém, incluí-lo na compra do material de montagem, garantindo a compatibilidade com a bitola do cabo a ser utilizado.

- **Protocolo de comunicação?**

Os protocolos de comunicação mais comuns são:

- 4-20 mA + HART
- Profibus-PA

Alguns fabricantes oferecem ao mercado, transmissores que com a simples substituição da placa de circuito eletrônico ou apenas do firmware, o transmissor muda sua versão de protocolo. Podendo ser usado em sistemas distintos. Os fabricantes também disponibilizam em seus sites todos os arquivos (DD's e DTM's) de seus transmissores, garantindo a comunicação e interoperabilidade com os diversos sistemas de controle do mercado.

Ferramentas especiais?

Para os transmissores com protocolo HART e Profibus PA, existem no mercado configuradores baseados em EDDL e DTM. A Vivace Process Instruments possui uma ampla linha de interfaces de hardware e software com protocolos HART® e Profibus-PA, de baixo custo, fornecidas com tablet robusto IP68, facilitando as etapas de comissionamento, *startup*, operação e manutenção. São interfaces para ambiente Windows® e Android®, que trabalham com ferramentas que suportam EDDL e FDT/DTM e com conectividade USB, Android® e Bluetooth®. Veja em: <https://www.vivaceinstruments.com.br/pt/produtos/interfaces>

- **Pré – configurações?**

Nos transmissores convencionais (4-20mA + HART) é possível solicitar ao fabricante, em geral sem custos adicionais, algumas pré-configurações:

- Extração de raiz quadrada;

- Faixa calibrada;
- Indicação no display em unidades de engenharia (pressão);
- Indicação no display em unidades especiais, por exemplo: m³/h , l/h, m³ . Nesse caso deve-se informar previamente a unidade e a escala.
- **Certificações?**

É comum o usuário solicitar ao fabricante, certificados de calibração emitidos por laboratório rastreado pela RBC. Os fabricantes sempre fornecem certificados padronizados que são gerados e emitidos durante a fase de fabricação dos instrumentos. Outros certificados de calibração, quando emitidos por laboratório de metrologia rastreado pela RBC, podem demandar em maior custo e prazo de entrega e em geral resultam em custos adicionais.

Outra certificação importante deve ser observada quando se usa transmissores em área classificadas. Os projetos de instrumentação para esses casos adotam normas atendendo: prova de explosão, segurança aumentada ou segurança intrínseca.

Os certificados são distintos e é responsabilidade do usuário sua correta utilização.

- **Conexões especiais?**

Em aplicações com fluídos agressivos, temperatura ou viscosidade alta, sólidos em suspensão, recomenda-se o uso de transmissores com selos remotos ou integrais (os transmissores com selos integrais são chamados de transmissores de nível).

Deve-se, sempre que possível, evitar o uso de selos, pois estes degradam a exatidão da medição, aumentam o tempo de resposta do transmissor e sofrem grande influência da temperatura ambiente. A calibração de transmissores com selos remotos requer cuidados especiais, pois não só a posição do transmissor, mas a densidade do fluido de enchimento são fatores a serem considerados.

Os selos com conexões flangeadas deverão ser compatíveis com os flanges de processo e respeitar as classes de pressão estabelecidas nas tabelas de pressão e temperatura das respectivas normas.

- **Faixa de pressão / rangeabilidade(ou turndown)?**

Os fabricantes adotam uma terminologia padronizada que precisa ser conhecida:

- URL Limite superior para a faixa de calibração;
- LRL Limite inferior para a faixa de calibração (em geral LRL = - URL);

- URV Valor superior da faixa calibrada (deverá ser menor ou igual à URL);
- LRV Valor inferior da faixa calibrada (deverá ser maior ou igual à LRL);
- SPAN $URV - LRV$ (deverá ser maior que o SPAN mínimo do instrumento);

A relação URL / SPAN mínimo define a rangeabilidade do instrumento.

Os catálogos dos fabricantes em geral mostram os valores de URL, LRL, e SPAN mínimo para as diversas faixas dos transmissores. Pode-se observar que o SPAN mínimo de uma determinada faixa será sempre maior que o URL da faixa imediatamente inferior.

- **Recursos funcionais**

Para os transmissores é possível também o uso de funcionalidades adicionais, por exemplo:

- **Totalização de vazão**

O transmissor de pressão diferencial quando usado em medições de vazão pode ser configurado para indicação local da vazão totalizada, além da instantânea. No caso da Vivace, o VPT10 possui totalização com persistência, ou seja, durante uma queda de energia, ele mantém o último valor. Ao retomar a energia, ele inicia a totalização do valor salvo.

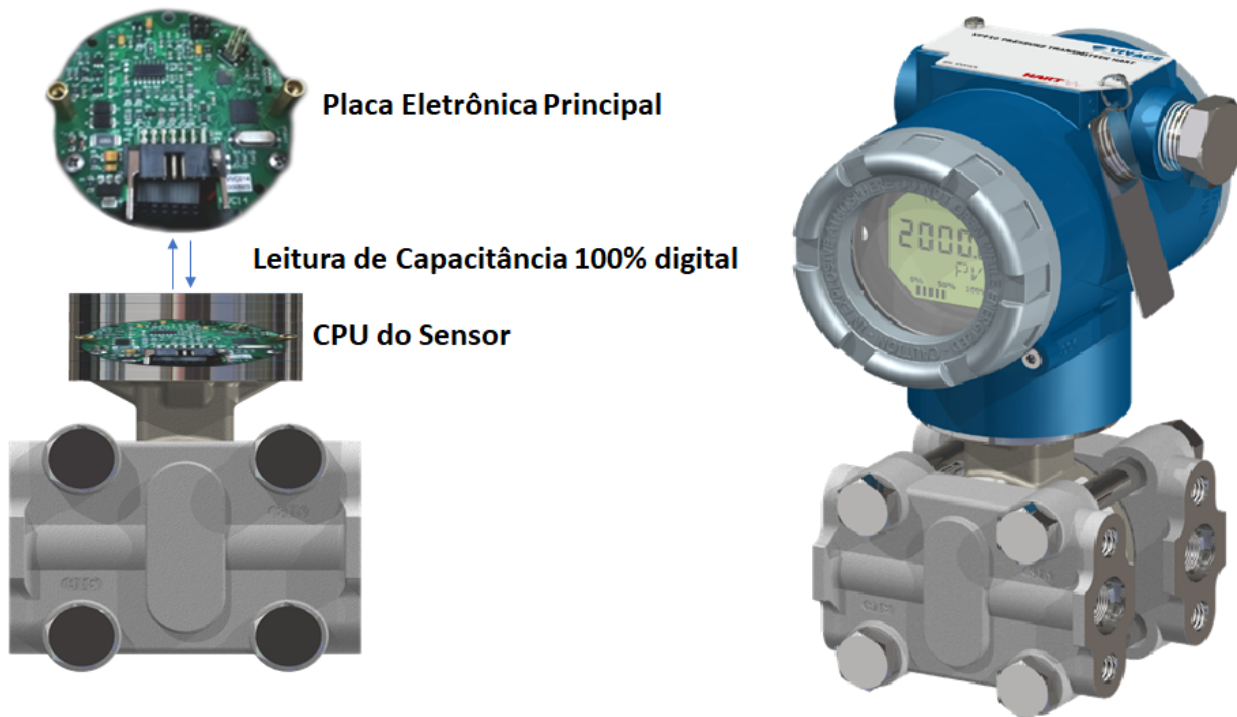


Figura 7a – Sensor Capacitivo de Alta Performance

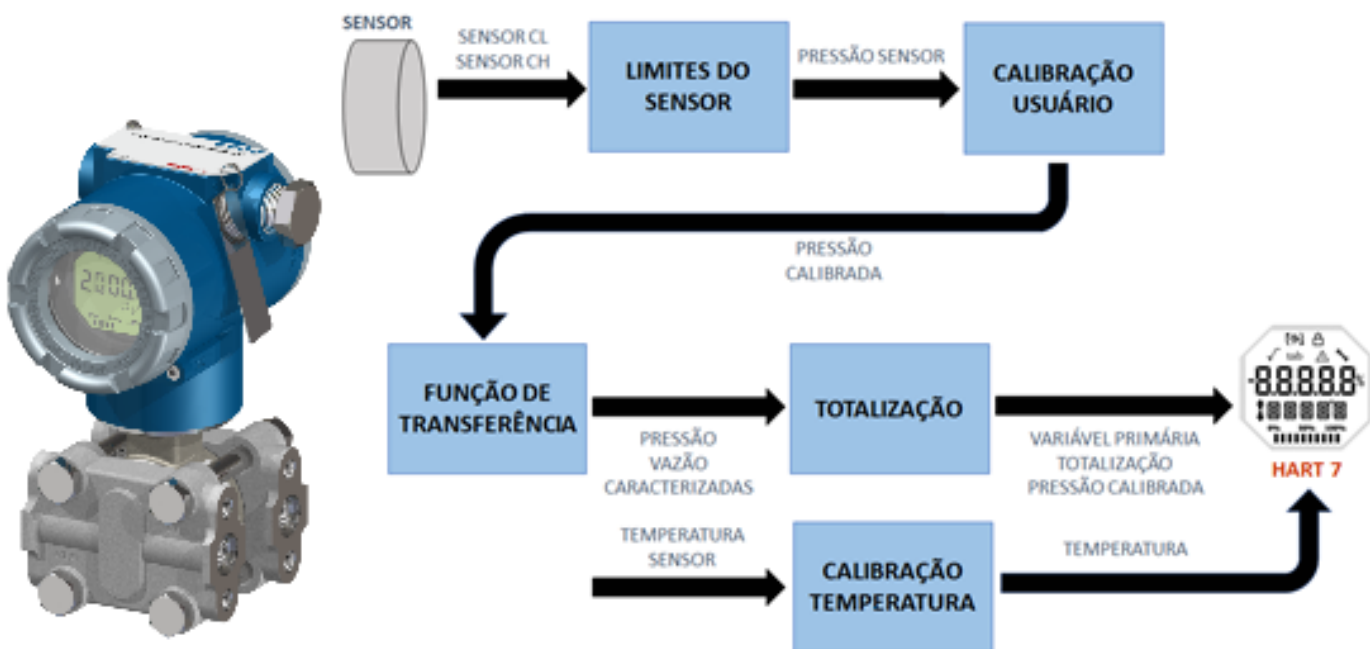


Figura 7b - Diagrama de blocos e funções de transmissor de pressão 4-20mA+HART

A performance estática ou exatidão (muitas vezes confundida com precisão, onde exatidão está associada à proximidade do valor verdadeiro e precisão à dispersão dos valores resultantes de uma série de medidas) de um transmissor de pressão depende de quão bem calibrado é o transmissor e quanto tempo ele pode manter sua calibração.

A calibração de um transmissor de pressão envolve o ajuste de zero e span. A exatidão normalmente inclui efeitos de não-linearidade, histerese e repetibilidade.

Normalmente a exatidão é dada em % do span calibrado.

5. Exemplos de medição de vazão com transmissor de pressão diferencial

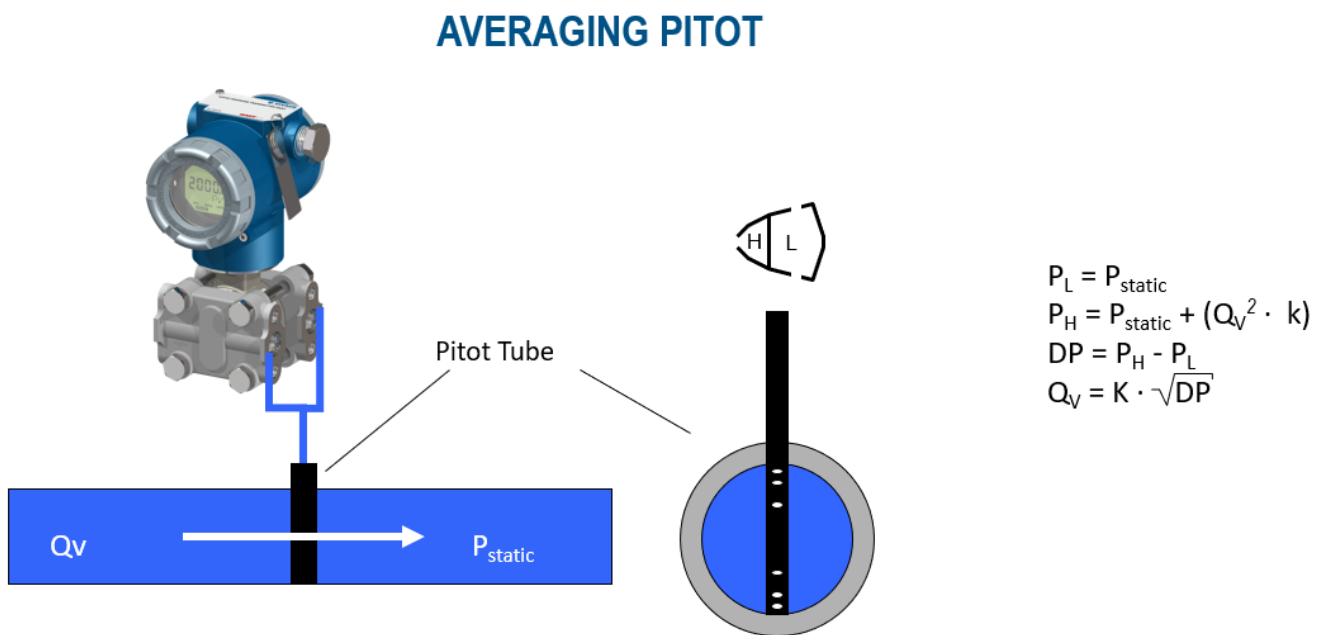


Figura 8 -Medição de vazão usando tubo de Pitot

AVERAGING PITOT

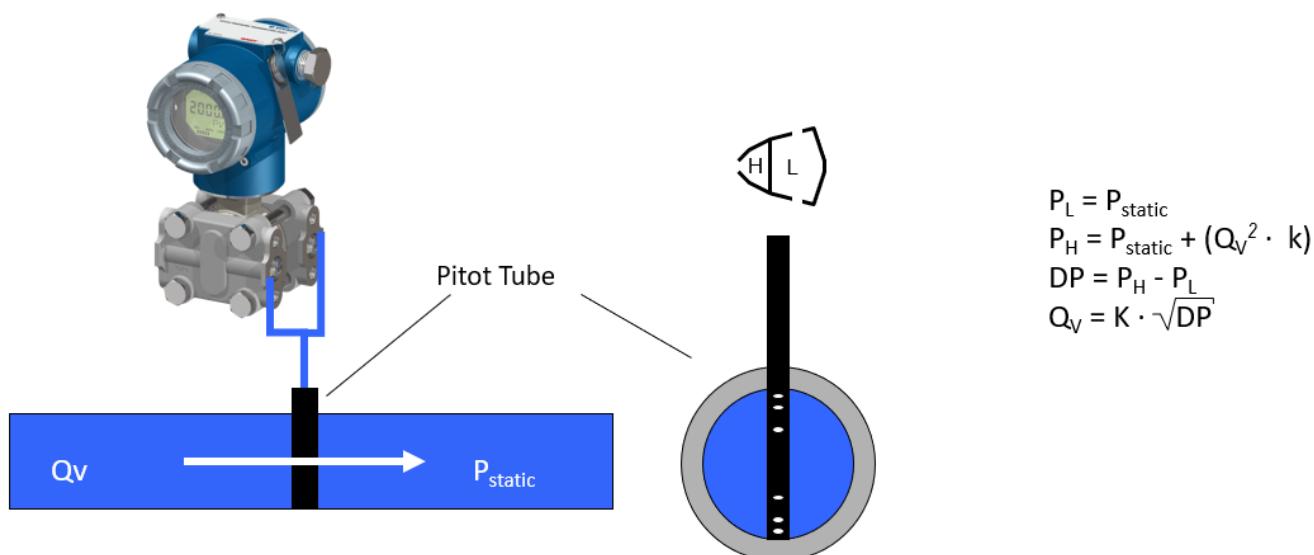


Figura 9 - Medição de vazão usando placa de orifício

6. Curiosidade: O mercado mundial de transmissores de pressão

Hoje nos processos e controles industriais, somos testemunhas dos avanços tecnológicos com o advento dos microprocessadores e componentes eletrônicos, da tecnologia Fieldbus, o uso da Internet e a revolução da Indústria 4.0 etc., tudo facilitando as operações, garantindo otimização e performance dos processos e segurança operacional. Este avanço permite hoje que transmissores de pressão, assim como os de outras variáveis, possam ser projetados para garantir alto desempenho em medições que até então utilizam somente a tecnologia analógica. Os transmissores usados até então (analógicos) eram projetados com componentes discretos, susceptíveis a drifts devido à temperatura, condições ambientais e de processo, com ajustes constantes através de potenciômetros e chaves. Com o advento da tecnologia digital, a simplicidade de uso também foi algo que se ganhou.

Os transmissores de pressão são amplamente utilizados nos processos e aplicações com inúmeras funcionalidades e recursos. Como podemos ver na figura 1, a grande maioria dos processos industriais envolvem medições de vazão.

O mercado mundial de automação de processos e instrumentação é próximo a US \$70 bi anuais, onde o Brasil representa em torno de US \$2 bi.

Deste mercado mundial, 25% são instrumentos e onde próximo de US \$3,77 bi são transmissores de pressão, ou seja, representa 21.5% do mercado de instrumentos. Comparando nos mesmos moldes, no Brasil, estamos falando de um mercado anual de mais de US \$105 milhões ou mais de 100 mil unidades ano.

A Vivace está finalizando vários desenvolvimentos e inovações na medição de pressão e em breve os disponibilizará ao mercado.

Para mais detalhes, consulte: <https://www.vivaceinstruments.com.br/pt/produtos/pressao>

7. Conclusão

Este artigo nos mostrou um pouco da história da medição de vazão, sua importância na automação e controle de processos, peculiaridades e características, aliados aos avanços tecnológicos nos transmissores de vazão. Vimos também um pouco sobre o mercado e sua tendência de crescimento e os cuidados referentes às instalações, às especificações e terminologias adotadas para transmissores.

O conteúdo deste artigo foi elaborado cuidadosamente. Entretanto, erros não podem ser excluídos e assim nenhuma responsabilidade poderá ser atribuída ao autor.

Sugestões de melhorias podem ser enviadas ao e-mail cesar.cassiolato@vivaceinstruments.com.br.

8. Sobre o autor

César Cassiolato é Presidente e Diretor de Qualidade da Vivace Process Instruments. É também Conselheiro Administrativo da Associação PROFIBUS Brasil América Latina desde 2011, onde foi Presidente de 2006 a 2010, Diretor Técnico do Centro de Competência e Treinamento em PROFIBUS, Diretor do FDT Group no Brasil e Engenheiro Certificado na Tecnologia PROFIBUS e Instalações PROFIBUS pela Universidade de Manchester.

9. Referências

- Controle&Instrumentação Edição 138, Medição de Vazão, 2008, César Cassiolato e Evaristo O. Alves.
- Controle&Instrumentação Edição 93, Transmissores de Pressão, 2004, César Cassiolato.
- Controle&Instrumentação Edição 106, O Brasil quebrando as barreiras tecnológicas com a inovação – Transmissores de Pressão, 2005, César Cassiolato.
- Intech Edição 74, Transmissores de Pressão: sensores, tendências, mercado e aplicações, César Cassiolato, 2005
- Especificando Transmissores de Pressão, César Cassiolato e Francisco Julião, 2006.
- Controle&Instrumentação Edição 113, Alguns importantes conceitos em transmissores de Pressão, 2006, César Cassiolato.
- Intech Edição 93, Medição de Pressão-Tutorial, 2007
- Controle&Instrumentação Edição 135, Medição de Pressão: tudo o que você precisa saber, 2008, César Cassiolato.
- Manuais de Operação e Treinamento dos transmissores de pressão VIVACE: VPT10, VPT11

- Apresentações Transmissores de Pressão, César Cassiolato

- <https://www.vivaceinstruments.com.br/>