

SEGURANÇA E REDUÇÃO DE CUSTOS EM MEDIÇÃO LOCAL DE PRESSÃO

Objetivo

Apresentar novos tipos de instrumentos de medição local de pressão e métodos de manutenção que permitam a otimização do custo total do sistema de medição de pressão na planta, mantendo a segurança no uso e confiabilidade na leitura.

Resumo dos tópicos

Segurança no uso de Instrumentos de medição local de pressão - Este tópico trata dos riscos à integridade física e até mesmo à vida dos operadores e à integridade dos equipamentos e instalações que representa o uso inadequado dos manômetros.

Tipos de erros de medição em manômetros - Este tópico trata dos erros Intrínsecos a um instrumento de medição de pressão e dos erros induzidos que tendem a aumentar os riscos de segurança tornando necessária a manutenção desses instrumentos para garantir a redução desses riscos e a precisão contínua da leitura e conseqüentemente do processo.

Segurança desde o projeto até a manutenção de manômetros - Este tópico informa quais os cuidados necessários para manter a segurança do processo e dos operadores desde o projeto até a manutenção do instrumento.

Instrumentos convencionais e método de manutenção convencional - Este tópico relata o método de manutenção tradicionalmente usado com Manômetros convencionais e os altos custos envolvidos que inviabilizam a manutenção levando as empresas a adquirir produtos cada vez mais baratos negligenciando inconscientemente os aspectos de Segurança e Precisão da Instrumentação.

Novos tipos de instrumento de Pressão e Sistema de Manutenção otimizado - Este tópico conclui o trabalho apresentando o sistema proposto de medição local de pressão usando novos tipos de Instrumentos de medição de pressão e novos equipamentos de calibração que permitem a maximização da segurança otimizando os custos totais envolvidos.

Palavras chave: Manômetro, Risco, Manutenção.

1) INTRODUÇÃO

A busca pelo aumento de eficiência no uso dos recursos limitados de que dispõe as empresas industriais, quer pela pressão sofrida para melhorar a competitividade no mercado nacional, quer para viabilizar a exportação dos produtos, tem afetado inclusive os setores de instrumentação.

Uma análise simplista dos instrumentos utilizados nessas empresas pode levar à errônea conclusão de que os instrumentos de medição local de pressão (Manômetros), por serem instrumentos que descenderam na escala de importância nos sistemas de controle das plantas, com o advento da automatização, passando de elementos de controle contínuo para instrumentos de monitoramento de partida inicial ou após paradas obrigatórias e de situações de emergência tais como falha de energia,

etc, são os candidatos mais lógicos à comoditização e portanto à redução do custo pela simples redução do valor gasto na sua aquisição.

Vamos demonstrar nos tópicos 3 e 4 que os manômetros, da mesma forma que seus sucessores (os transmissores de pressão), são fabricados com um sensor de parede extremamente fina quando comparada às paredes das tubulações industriais, trazendo até mais risco aos operadores do que os transmissores, uma vez que se prestam à leitura local, expondo diretamente o operador ao ponto mais frágil de uma tubulação industrial e aos conseqüentes riscos de explosão, vazamento de fluídos nocivos à saúde, etc.

Vamos demonstrar também nos tópicos 5 e 6 que os Manômetros e Instrumentos de Teste de última geração quando utilizados como um sistema completo de medição permitem a redução dos custos da instrumentação muito além da redução obtida apenas com a aquisição de manômetros baratos, aumentando a segurança dos operadores e das instalações e a precisão da leitura da pressão de processo.

2) SEGURANÇA NO USO DE INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO LOCAL DE PRESSÃO

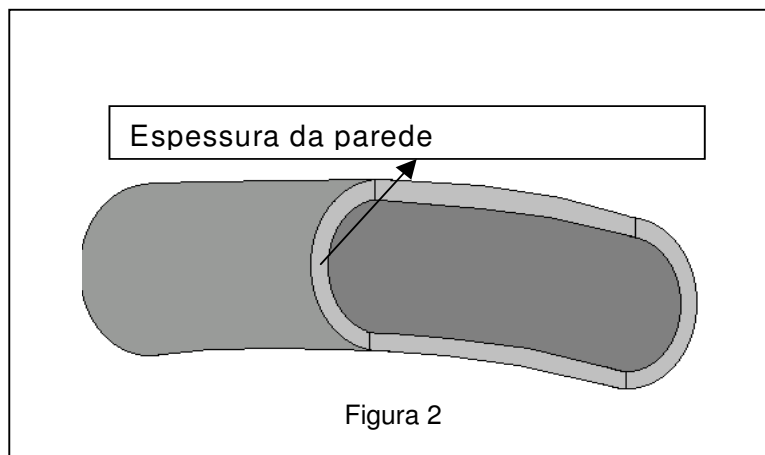
Porque insistimos em afirmar que é necessário trabalhar com segurança em manômetros?

O sistema sensor de pressão de um manômetro é constituído de um sensor de metal conhecido como "Tubo de Bourdon" soldado a um soquete em uma das extremidades e tampado na extremidade livre (veja figura 1).



Figura 1

O tubo de bourdon, por sua vez é fabricado a partir de um tubo de parede fina (entre 0,15 mm e 1,0 mm) achatado e dobrado em forma de “C” (veja figura 2).



Quando a pressão do processo conectado ao soquete sobe, o “Tubo de Bourdon” tende a distender-se para retornar ao formato original. Esta distensão dando-se dentro de certos limites provoca um movimento elástico da extremidade livre, linear e proporcional à pressão aplicada. Como se pode facilmente notar pela explicação acima, e pela necessidade de precisão na leitura da pressão, no projeto da parede do “Tubo de Bourdon” não se pode levar em consideração os coeficientes de segurança tão amplamente usados em tubulações industriais, que na maioria das vezes, são dimensionadas para as pressões de processo e depois multiplicadas por 10 ou 15, de maneira a suportarem sua utilização ao longo do tempo em condições de alta corrosão provocada pelos fluidos de processo ou gases presentes no ambiente, mudanças na temperatura do fluido e do ambiente, deformações, etc.. Além disso, um “Tubo de Bourdon”, por princípio trabalha sujeito à contínua deformação e retorno à condição original, tendendo à fadiga mais rapidamente que qualquer outra parte das instalações industriais.

Os riscos gerados por esta situação são enormes, e podem advir de vários fatores:

- 1) Falhas de projeto do instrumento.
- 2) Erros durante o processo de fabricação devido ao uso de materiais ou métodos inadequados.
- 3) Erros de especificação.
- 4) Manuseio Inadequado.
- 5) Falta de manutenção adequada.

Todos estes erros podem provocar fadiga prematura ou corrosão acelerada do tubo de bourdon e conseqüente ruptura, que em última análise pode permitir o vazamento do fluido de processo para o ambiente, causando contaminação, incêndios ou explosões, e em casos extremos até mesmo a morte de um operador que nesse momento estivesse fazendo a leitura de pressão ou simplesmente em transitando próximo ao ponto de instalação do instrumento.

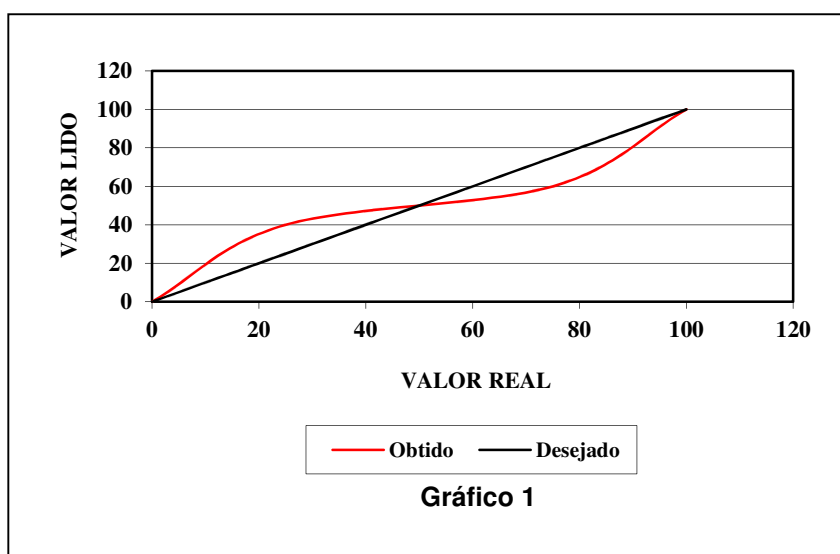
3) TIPOS DE ERROS DE MEDIÇÃO EM MANÔMETROS.

Toda a medição tem dois tipos de erros:

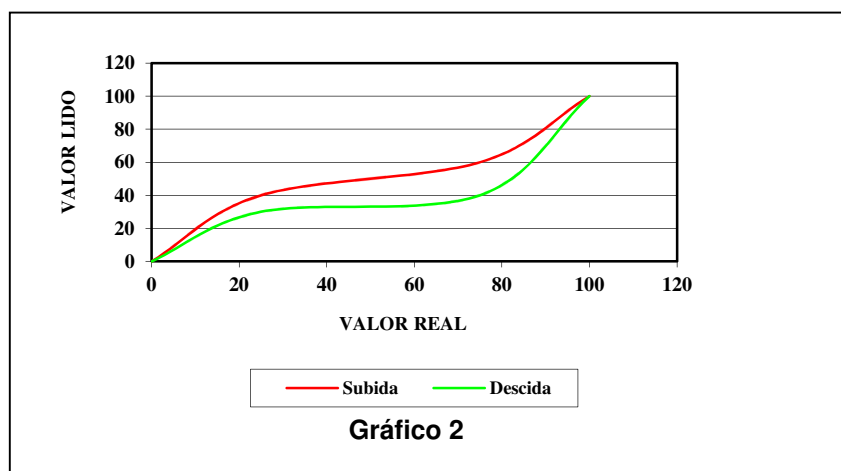
- 1) Erro intrínseco gerado pela imprecisão do medidor em relação ao padrão da grandeza medida. É um erro de projeto do instrumento e é tolerado para que o manômetro tenha um custo econômico para uso em processo.
- 2) Erro induzido por fatores externos tais como: Falhas de Projeto, Processo Produtivo deficiente, Especificação incorreta, Manuseio incorreto do Instrumento ou Falta de Manutenção adequada.

3.1) Erros intrínsecos dos manômetros:

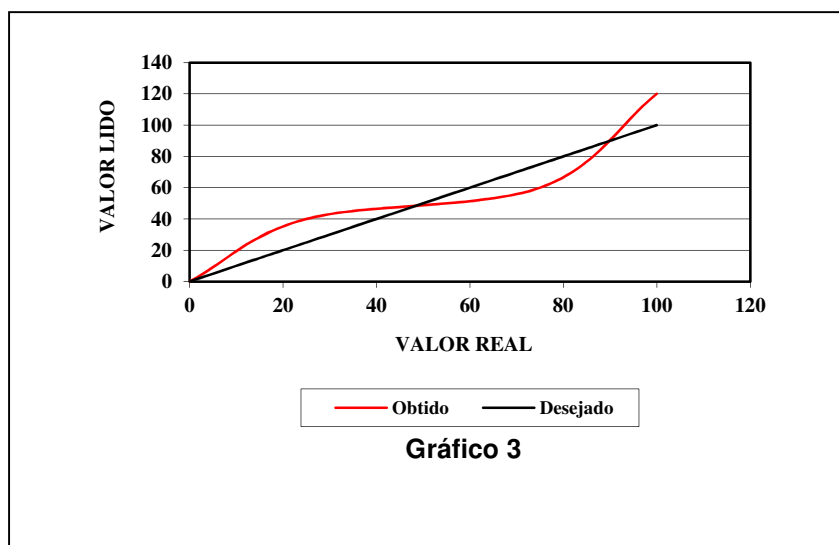
3.1.1) Falta de linearidade na conversão de movimento linear da ponta do tubo de bourdon para movimento rotativo do ponteiro indicador sobre um dial graduado



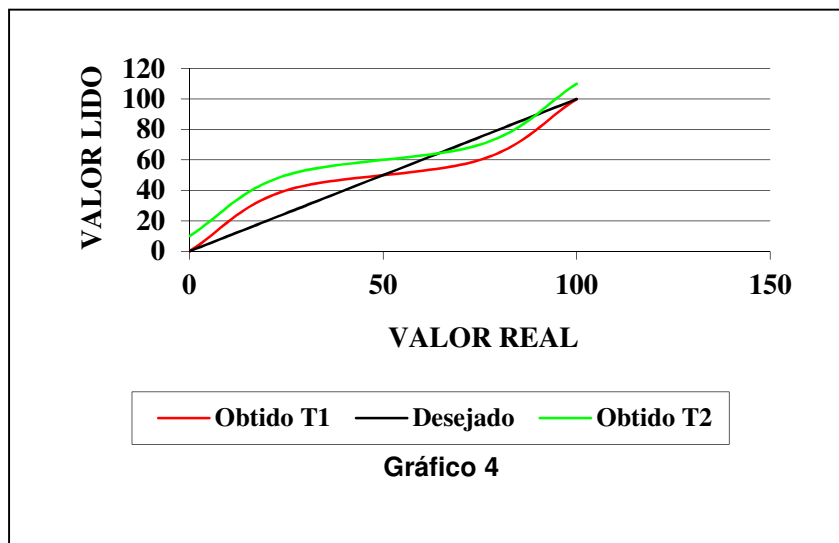
3.1.2) Histerese gerada pelas folgas do movimento de conversão e das propriedades do tubo de bourdon (veja gráfico 2)



3.1.3) Angularidade gerada pela dificuldade de ajuste do ponto final da escala (veja gráfico 3)



3.1.4) Temperatura Ambiente que tende a dilatar ou reduzir os componentes do tubo de bourdon ou do movimento provocando um erro de leitura, proporcional à diferença da temperatura a que esta sujeito o sistema sensor e a temperatura de Calibração que é de 25° C (veja gráfico 4).



3.1.5) Repetibilidade causado pela perda das propriedades mecânicas do tubo de bourdon entre leituras consecutivas.

3.1.6) Atrito produzido entre as partes móveis do movimento.

3.1.7) Paralaxe é o erro devido ao ângulo de visão uma vez que o ponteiro se move em um plano elevado em relação ao dial. A posição ideal de leitura do manômetro para minimizar o erro de paralaxe deve ser igual à posição do calibrador no momento da calibração ou seja, à 0,5 m de distância do mostrador com os olhos dirigidos ao eixo do ponteiro em uma linha reta perpendicular ao plano do mostrador.

A inexatidão total (precisão) de projeto de um manômetro ao sair da linha de produção à temperatura ambiente de 25°C e observado da posição de calibração deve ser igual à soma de todos os erros acima mencionados. Esta inexatidão (precisão) é informada em catálogo do fabricante como um percentual da faixa do manômetro, ou seja, um percentual da diferença entre o final e início da escala do instrumento. Chamamos esta inexatidão de inexatidão ou precisão relativa. A interpretação em termos absolutos deve ser feita da seguinte forma: Em um manômetro de por exemplo 100 Bar com 0,5% de inexatidão (precisão), a leitura em qualquer ponto deverá ser considerada com um erro máximo de $100 * 0,5\% = 0,5$ Bar para mais ou para menos em qualquer ponto da escala. Assim sendo, quando a pressão lida nesse manômetro for 10 Bar, a pressão real deverá estar compreendida entre os valores de 9,5 e 10,5 Bar. Para leitura de 100 Bar a pressão real deverá estar compreendida entre 99,5 e 100,5 Bar.

Nota: a precisão deve ser informada conforme a classe do manômetro da seguinte forma:

CLASSE	PRECISÃO
A4	+ - 0,10%
A3	+ - 0,25%
A2	+ - 0,50%
A1	+ - 1,0%
A	+ - 2-1-2%
B	+ - 3-2-3%
C	+ - 4-3-4%
D	+ - 5-4-5%

Nas classes A, B, C e D, o a informação em 3 números tem o seguinte significado: 1º número- precisão nos 1/6 iniciais da escala, 2º número- precisão nos 2/3 centrais da escala e 3º número – precisão nos 1/6 finais da escala. Nas classes A1, A2, A3 e A4 o percentual indicado aplica-se sobre toda a escala.

Fonte: ABNT-NBR 14005 - jun/98 - itens 3, 6 (tabela 12)

3.2) Erros induzidos ou Desvios:

3.2.1) Erros de Projeto tais como dimensionamento incorreto do tubo de bourdon, relação de transmissão incorreta entre o deslocamento linear da ponta do tubo bourdon e movimento angular do ponteiro, temperatura de solda muito alta, tipo de solda incorreta, falta de alívio de stress causado por dobra e soldas, podem causar perda acelerada das propriedades mecânicas do material do tubo de bourdon tornando impossível usar o manômetro dentro da precisão de catálogo no instante seguinte à calibração inicial.

3.2.2) Erros de fabricação tais como uso de material diferente da especificação de projeto, soldas incorretas tensões internas não aliviadas, vazamentos no sistema sensor, usinagem do movimento de baixa qualidade gerando atritos ou folgas ou falta de **engrenamento** correto, trazendo a mesma consequência do item anterior.

3.2.3) Erros de especificação tais como:

3.2.3.1) Incompatibilidade química ou seja, corrosão do tubo Bourdon pelo fluido de processo ou atmosfera, causando perda da espessura da parede em parte ou em todo o tubo, endurecimento do tubo por presença de hidrogênio (O material correto é o Monel K neste caso).

3.2.3.2) Incompatibilidade física com o fluido de processo causando perda de propriedades mecânicas do tubo de bourdon ou causando desgastes ou atritos no movimento devidos a sobrepressões não previstas, fadiga por presença de pulsação não amortecida, vibração no local de instalação não amortecida, temperatura do ambiente ou fluido de processo acima do limite do instrumento, golpes de pressão não retidos, entupimento por fluidos muito viscosos ou sólidos em suspensão.

- **3.2.4) Erros por manuseio incorreto** tais como torções, quedas ou golpes causados durante a instalação, operação ou manutenção do instrumento. Note bem que o instrumento não deve ser roscado ao processo pela caixa (existe um local com boca de chave no soquete) e que por ser um instrumento mecânico de alta precisão, ao sofrer qualquer golpe ou queda deve ser imediatamente recalibrado e reparado se necessário.

3.3 Periodicidade de manutenção e final da vida útil.

Um manômetro de boa procedência deve ser testado para no mínimo 1 milhão de operações, o que equivale a dizer que poderá trabalhar com folga dentro deste limite se corretamente aplicado, ou seja, amortecido quanto a eventuais pulsos e vibrações, protegido contra sobrepressões ou golpes de pressão, protegido contra ataques químicos e contra temperaturas acima de 60°C. Este período na maioria das aplicações de processo situa-se entre 5 e 10 anos. A periodicidade de recalibração recomendada é de 6 meses nesse período. Esta recalibração é recomendada para que se possa garantir que eventuais mudanças de condições de processo serão detectadas a tempo para corrigir os erros induzidos e manter a precisão da leitura e a segurança dos operadores e do processo.

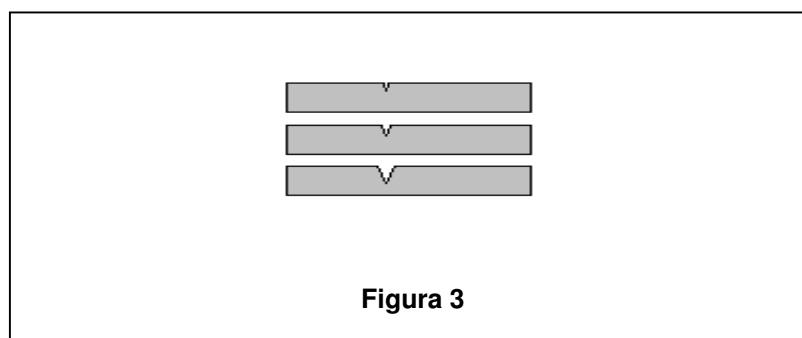
4) SEGURANÇA DESDE O PROJETO ATÉ A MANUTENÇÃO DE MANÔMETROS

Os cuidados necessários para manter a segurança dos operadores e do processo

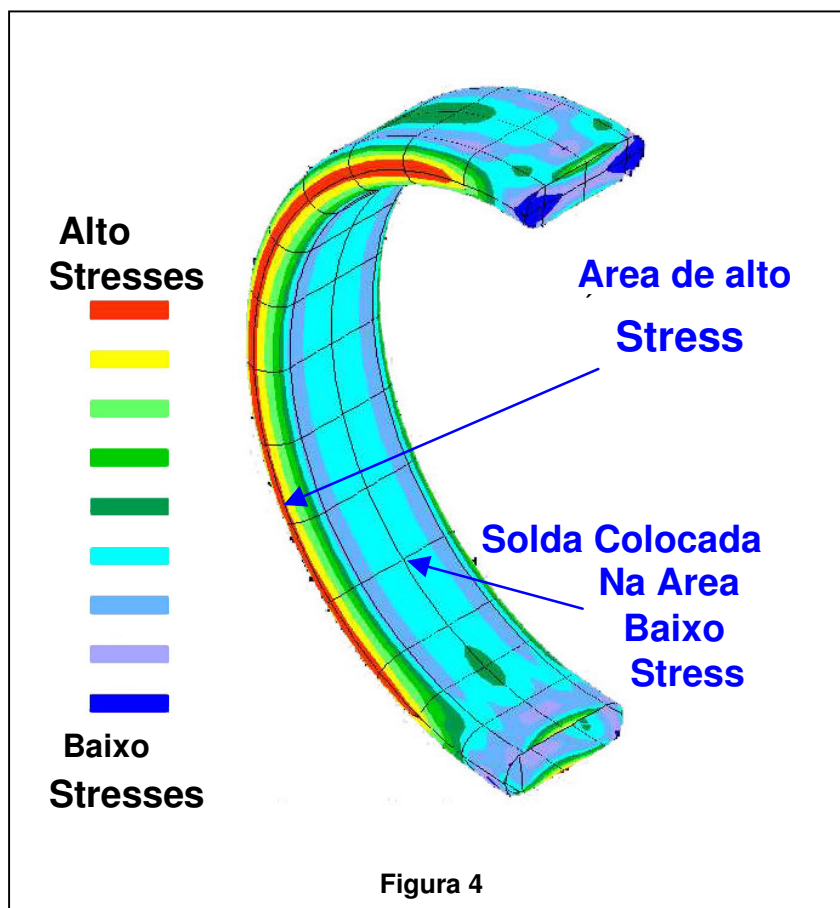
4.1) Procedência do Instrumento: O cuidado mais importante é o conhecimento exato da procedência do instrumento. Jamais adquirir ou utilizar instrumentos recuperados e cuja aplicação anterior e/ou a procedência não se conheça. Qualificar sempre o fabricante dos instrumentos com visitas técnicas comparativas, teste de uso dos instrumentos e comprovação da experiência no projeto e fabricação dos instrumentos. A forma mais econômica de obter esta qualificação é através da exigência de certificados ISO 9001 versão 2000 e ISO 14001 emitidos por empresas certificadoras idôneas preferivelmente com acreditação internacional. Se o instrumento for adquirido através de Distribuidores ou Revendedores além da qualificação do fabricante será necessária a qualificação do intermediário, com a exigência de documento emitido pelo fabricante qualificado, autorizando a empresa distribuidora ou revendedora a comercializar seus produtos. Esta é a garantia de que o manômetro foi projetado, fabricado e comercializado dentro das mais estritas normas de segurança e de que o cliente vai contar com o apoio do fabricante na especificação e com os meios de manutenção adequados a uma operação segura e sem falha dos instrumentos. Caso seja necessário qualificar o fornecedor os seguintes pontos devem ser observados:

- **4.1.1) No projeto:** Existem três pontos críticos, o sensor, a caixa e o movimento.

4.1.1.1) O Sensor: Os materiais do sensor devem ser escolhidos de maneira a cumprir com as condições de elasticidade necessárias para garantir a precisão do instrumento e ao mesmo tempo resistirem às condições de fadiga pelo uso, corrosão do fluido de processo e ambiente e variações de temperatura. Os materiais em contato com o fluido de processo são os materiais do tubo de Bourdon e do soquete. Os materiais usuais são o aço inoxidável AISI 316 ou o monel K . Para ambos o melhor método de fabricação do tubo de Bourdon do ponto de vista de fadiga é o partir de tubo feito de chapa calandrada e soldada com laser. Os tubos sem costura como característica inerente ao processo de fabricação tem microfissuras que devido aos esforços a que normalmente é submetido o sensor, tendem a aumentar e provocar a ruptura prematura (Veja figura 3).



Obviamente no caso do tubo com costura, é necessário que o fabricante garanta que a solda é adequada ao tipo de trabalho a que estará submetido o instrumento, preferencialmente solda laser, automática e após dobrado o tubo, a solda localize-se na área de menor sollicitação (Vide figura 4).



Outro fator importante é o comprimento do tubo, quanto maior o tubo de bourdon, menor a solicitação por unidade de área interna e portanto menor o risco de fadiga prematura. A união do tubo de bourdon ao soquete e o fechamento da extremidade livre devem ser também feitas por solda automática do tipo de fusão direta entre o material do soquete e o material do tubo de bourdon, para não permitir a corrosão intergranular que poderia dar-se em solda com aporte de material e sem perfurações ou protuberâncias que poderiam facilitar a corrosão eletrolítica do material ou mesmo a incrustação de impurezas durante o processo de solda ou o uso do material. A solda correta do sensor ao tubo deve mostrar que a área atingida por alta temperatura não passou de poucos milímetros do ponto de união porém, mesmo assim, uma operação de alívio de tensões por recosimento deve ser feita para evitar que tensões remanescentes de solda ou dobra venham a comprometer a precisão do instrumento ou permitir fadiga e rompimento prematuro do material.

4.1.1.2) A Caixa :Deve ser projetada em materiais que resistam à corrosão do ambiente e que não propaguem incêndios (normalmente são usados Aço Inox ou Fenol reforçado), deve conter dispositivos que permitam o alívio da pressão interna em caso de rompimento do tubo de bourdon. Estes dispositivos normalmente são de dois tipos:

4.1.1.2.1) Blow out Disck ou disco de explosão que localiza-se normalmente na parte superior ou traseira da caixa permitindo o alívio da pressão para uma direção aonde não esteja o operador.

4.1.1.2.2) Caixa tipo frente sólido com a traseira expulsável. Este segundo tipo de proteção é imensamente superior ao primeiro pois protege melhor o operador, uma vez que todo o diâmetro traseiro da caixa estará sujeito à pressão do processo em caso de acidente, propiciando um risco muito menor de explosão.

4.1.1.3) Movimento deve ser projetado em material resistente ao desgaste e a atmosferas agressivas (normalmente aço inoxidável) e deve ser equipado com ajustes de linearidade e angularidade por parafusos (os movimentos com ajuste por deformação de peças não se prestam a calibração fora da fábrica pois exigem dispositivos especiais de maneira a não saírem de alinhamento durante a calibração introduzindo atritos.

4.1.2) Durante o processo de fabricação do Manômetro :

É necessário o seguimento de forma contínua e garantida das especificações do projeto.

4.1.2.1) O recebimento dos materiais: deve possuir fornecedores qualificados ou meios de verificar as características dos materiais recebidos de maneira a garantir que estão dentro das especificações do projeto.

4.1.2.2) Na fabricação dos componentes : É extremamente importante verificar o nível de treinamento do pessoal que deve estar treinado de forma cruzada, para que todos os operadores conheçam o serviço dos outros, impedindo defeitos por desconhecimento quando da falta de um dos elementos do grupo, a automatização de equipamentos e processos é a maneira mais conveniente de garantir homogeneidade.

4.1.2.3) Na montagem do produto: O treinamento dos operadores é ainda mais importante e a existência de procedimentos escritos atualizados e utilizados continuamente é essencial. Os equipamentos de solda devem ser automáticos e os soldadores qualificados por organismos independentes e idôneos. O teste dos instrumentos deve ser feito a 100% e incluirá ajuste de zero, mínimo de 5 pontos para as classes de A até D da ABNT NBR 14005 ou 10 pontos para as classes A1 até A4 da mesma norma e com 2 ciclos de subidas e duas descidas de pressão. Os testes de qualidade em 3 pontos da escala após montagem e limpeza final dos instrumentos deve também ser feito a 100%. Os instrumentos padrão de calibração devem conter chancela do INMETRO e ser aferidos periodicamente estando dentro do prazo de validade (preferencialmente deve-se usar padrões eletrônicos de marcas famosas de maneira a evitar que choques ou quedas acidentais que possam interferir na calibração venham a colocar um risco a mais na precisão do padrão).

4.2 Seleção correta do Instrumento para a aplicação sob consideração. Aqui além dos aspectos da aplicação em si deve-se levar em consideração as seguintes normas de segurança:

4.2.1) O ponto de operação normal do processo: deve estar sempre entre 25% e 75% da faixa do instrumento. A precisão de um manômetro é sempre um percentual do fundo de escala de forma que abaixo de 25%, a imprecisão da leitura pode tornar-se um fator de risco grave para o processo. Acima de 75% da faixa do manômetro, estaremos trabalhando no limite de fadiga do instrumento.

4.2.2) A precisão do manômetro: É um fator de importância capital na segurança da utilização do manômetro pois o uso de instrumentos com níveis de erro incompatíveis com o processo podem causar acidentes simplesmente por assumir-se uma leitura dentro da margem de erro do manômetro mas que seja inaceitável para o processo. Apesar da necessidade de análise caso a caso, normalmente se usam os seguintes critérios para determinação da precisão necessária:

4.2.2.1) Usos comerciais menos críticos (2%)

4.2.2.2) Processos Industriais em Geral (1%)

4.2.2.3) Processos críticos, para segurança ou controle manual (0,5%)

4.2.2.4) Instrumentos de teste – Padrões (por recomendação de norma devem ser 4 vezes mais precisos que o instrumento a calibrar (comercialmente são disponíveis precisões de 0,25% a 0,025%).

Obs.: a precisão do padrão por recomendação da norma ABNT NBR 14005 é calculada como sendo 4 vezes maior que a precisão do instrumento a calibrar sempre em precisão absoluta, ou seja, na mesma unidade de engenharia do instrumento e não em %. A precisão absoluta é dada pela fórmula: $Pa = F \cdot Pr / 100$ onde Pa = Precisão absoluta, F = faixa e Pr a precisão relativa.

4.2.3) O manômetro deve ser compatível com as características físicas do fluido de processo:

4.2.3.1) Sobrepressões: são surtos de pressão momentânea acima da pressão de operação do processo e quando existe o risco de ocorrência, a consequência pode ser a descalibração simples, o rompimento do tubo de bourdon ou o seu desprendimento total do sensor. Para evitá-la, um manômetro bem projetado e fabricado pode suportar normalmente até 130% da faixa como sobrepressão momentânea ou até 150% quando equipado com um dispositivo limitador do movimento, porém em regime contínuo poderia fatigar-se prematuramente causando rompimento. Se a sobrepressão for contínua por um período longo de tempo ou mais alta que 150% do fundo de escala mesmo que momentânea, usa-se um protetor de manômetro que nada mais é que uma válvula de bloqueio para alta pressão,

consistente de um pistão trabalhando contra uma mola cuja força esta regulada por um parafuso de ajuste. Quando a pressão sobre a área do pistão gerar uma força que equilibre a mola regulada pelo parafuso, o protetor fecha, impedindo que a pressão passe para o manômetro (figura 5).

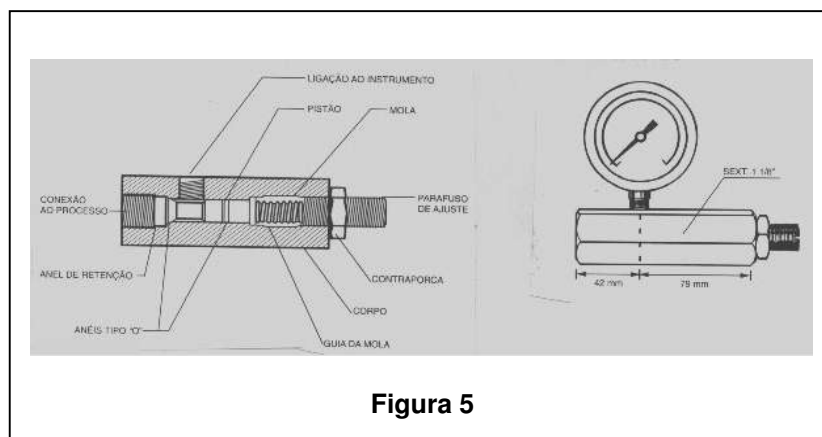


Figura 5

4.2.3.2) Pulsação: muito comum em saídas de bombas de pistão por exemplo. Se a freqüência for muito alta, podem provocar a fadiga prematura do tubo de bourdon causando seu rompimento. Normalmente protege-se o manômetro com uma restrição no soquete chamada parafuso restritor ou com um dispositivo externo chamado amortecedor de pulsção. O amortecedor e o parafuso restritor trabalham reduzindo a velocidade de aumento da pressão no tubo de bourdon após o início do pulso e também na descida, de maneira que o tubo de bourdon sofra um pulso de amplitude muito menor do que o original do processo. O amortecedor ideal é uma válvula agulha de cone longo e preciso, que nos permite regular a amplitude dos pulsos até o ponteiro permanecer parado durante os ciclos de pulsção.

4.2.3.3) Temperatura do fluido :deve ser reduzida antes de sua entrada no manômetro para no máximo 60 ° C de maneira a evitar recosimento do tubo bourdon descontrolado com perda das características mecânicas e conseqüente fadiga com possível rompimento. Para vapores usa-se o processo de condensação através de um tubo sifão formando um selo líquido que não permite a passagem do vapor diretamente para o manômetro. Para líquidos usa-se uma extensão de capilar conectada a um manômetro de um lado e um selo de diafragma do outro lado. Estes dispositivos podem reduzir temperaturas de até 800° C em vapor ou 400 °C. em líquidos para 60°C. Para temperaturas mais altas é necessário o uso de radiadores especiais.

4.2.3.4) Fluidos viscosos ou sólidos em suspensão :podem causar o entupimento do manômetro, impedindo a leitura de uma pressão que pode ser crescente e conseqüentemente causando risco para as instalações e pessoal. Para evitar o entupimento usa-se um selo de diafragma com sistemas de limpeza especiais tais como conexão de limpeza para fluxo de vapor ou conexões com grampo em U para desmontagem rápida e diafragma rente ao processo ou selos de diafragma com flanges grandes que não permitem a incrustação do material viscoso ou em suspensão. O selo de diafragma (figura 6), consiste de um diafragma sujeito entre dois corpos, um superior que conecta a parte superior do diafragma ao manômetro sendo o volume formado preenchido com um fluido incompressível (glicerina ou silicone em aplicações normais ou um fluido neutro como halocarbono para aplicações com oxidantes que por acidente poderiam entrar em contato com o processo) e um corpo inferior que o conecta ao processo.

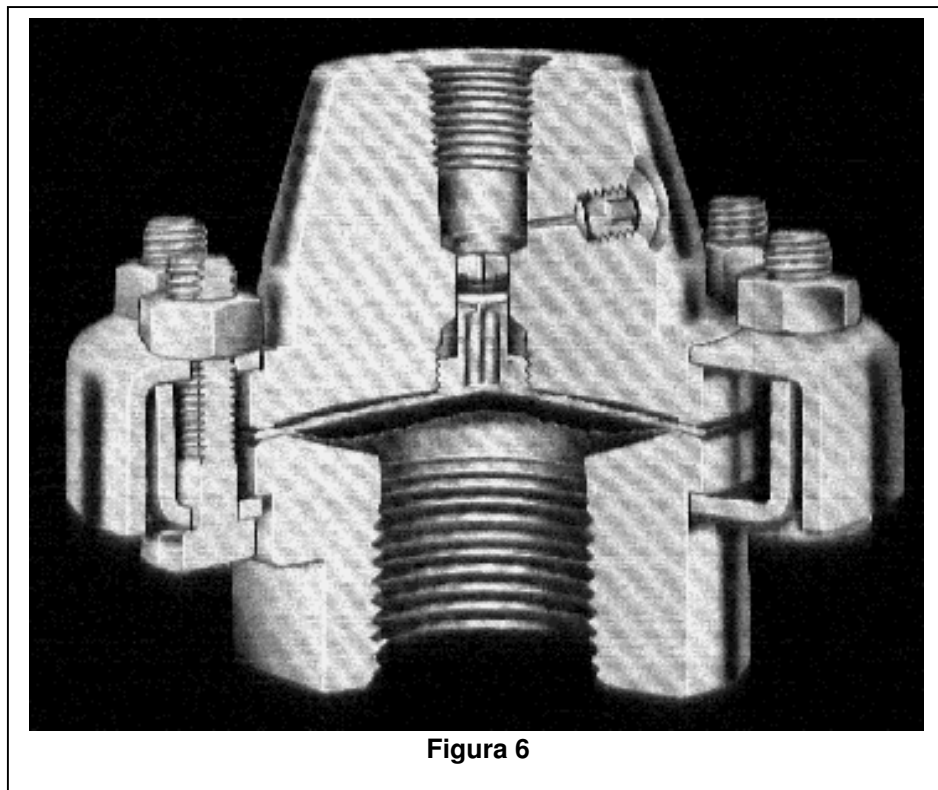


Figura 6

4.2.4) O material do sensor deve ser compatível com o Fluido de Processo : Do contrário poderá ser corroído pelo fluido e romper-se. Toda a vez que se utilizar fluidos oxidantes tais como oxigênio ou cloro, etc., o instrumento deve ser limpo para fluidos oxidantes ou os resíduos de óleo de corte, lubrificantes etc usados no processo produtivo poderão reagir com o oxidante causando uma explosão. Para todos os fluidos é necessário analisar a compatibilidade química em uma tabela fornecida pelo fabricante e escolher o material do sensor compatível ou um dispositivo de isolamento como o selo de diafragma. O diafragma e o corpo inferior podem ser feito em materiais compatíveis com qualquer fluido de processo de maneira mais econômica que o manômetro.

4.2.5) O manômetro deve ser compatível com o meio ambiente onde se encontra o processo.

4.2.5.1) A vibração: É o fenômeno que mais reduz a vida útil do instrumento aumentando a fadiga dos componentes até o possível rompimento do tubo Bourdon, além de não permitir a leitura da pressão. Existem 3 formas de proteção contra vibração:

4.2.5.1.1) Afastamento do local de Vibração. É a forma mais cara pois requer o uso de tubos para levar o processo até o manômetro com inconvenientes de entupimento e necessidade de isolamento térmico, além de dispositivos ou painéis de fixação, etc.

4.2.5.1.2) Líquido de enchimento na Caixa do Manômetro. É uma forma mais econômica de amortecer vibrações porém tem vários inconvenientes pois os líquidos de enchimento devem ser compatibilizados com o fluido de processo para evitar riscos, os fluidos vazam com o tempo e as contínuas variações de temperatura ambiente e do processo, causando

problemas de contaminação, risco de escorregões do pessoal encarregado da operação e manutenção, além de após esvaziada a caixa por um vazamento eventual, expor o manômetro diretamente à vibração e consequentemente ao risco de fadiga prematura com eventual rompimento.

4.2.5.1.3) Manômetros secos para uso em vibração. Este é o mais recente lançamento em manômetros, são instrumentos fabricados com um amortecedor de vibrações dinâmico interno, totalmente isento de líquido que não permite a passagem da vibração da caixa para as partes móveis do instrumento. Esta é a opção mais econômica e eficaz de proteção contra a vibração.

4.2.5.2) proteção contra atmosferas corrosivas: Esta proteção normalmente é feita através de caixa e sensor feitos em aço inoxidável, porém quando a atmosfera é caustica este material é corroído, devendo neste caso, usar-se caixa fenólica e componentes do sensor e selo de diafragma em inox pintados com epoxy. Os riscos envolvidos são os mesmos de corrosão do sensor, agravados pela possibilidade de perda de funcionalidade dos dispositivos de segurança em caixas corroídas. O Fenol é um material termo estável, não alimentando chama em casos de incêndio da mesma forma que os outros componentes metálicos do manômetro.

4.2.5.2) A temperatura ambiente: também deve estar abaixo de 60° C e caso não o seja, o instrumento deve ser afastado através do conjunto de capilar e selo de Diafragma.

4.2.6) A visibilidade: É outro fator importante na segurança dos processos, uma vez que os manômetros são usados muitas vezes para indicação de pressões que não podem ultrapassar certos limites sob risco de perda de equipamento e até vidas. Para boa visibilidade dois pontos devem ser levados em consideração:

4.2.6.1) Diâmetro do manômetro que pode variar de 25mm para leituras muito próximas (1 m ou menores) até 300mm para leituras à distâncias consideráveis (20 m ou mais) o padrão da indústria é o manômetro de 114 mm (4 1/2") , um ótimo compromisso entre custo e diâmetro.

4.2.6.2) Iluminação. Deve ser providenciada iluminação ambiente externa para permitir a leitura mesmo à noite.

4.3) Manutenção do instrumento: A filosofia de manutenção de um manômetro é garantir que as características do manômetro permanecerão constantes durante toda a sua vida útil, minimizando os riscos envolvidos no uso do instrumento. Três procedimentos devem ser executados periodicamente (recomenda-se a cada seis meses):

4.3.1) Exame externo do instrumento instalado.

4.3.1.1) Qualquer sinal de corrosão externo deve dar ensejo à verificação da adequação do material ao ambiente do local de aplicação e troca imediata da peça danificada por peça nova original ou do instrumento adequado conforme o caso.

4.3.1.2) Qualquer obstrução dos dispositivos de segurança ou perda ou principio de destruição por corrosão deve suscitar manutenção imediata com o mesmo procedimento acima.

4.3.1.3) Ponteiro oscilando em excessiva frequência, é sintoma de pulsação ou vibração em excesso. Colocando-se a mão sobre a caixa depois de constatado que a temperatura é baixa vai detectar se o efeito é causado por vibração.

4.3.1.4) Temperatura alta é normalmente detectável pela proximidade ou por amarelados no mostrador.

4.3.2) Exame interno do instrumento.

4.3.2.1) Qualquer sinal de corrosão no sistema sensor do manômetro deve dar ensejo a verificação da adequação da aplicação com uso do dispositivo de proteção apropriado e destruição imediata do Instrumento corroído e sua substituição por peça nova. Obs.: para verificar se houve corrosão interna ao Tubo de Bourdon passa-se o dedo por sua superfície e qualquer sinal de bolha é sinal de que o processo de corrosão já se iniciou.

4.3.2.2) Desgastes do movimento

4.3.2.2.1) Desgastes do segmento medem o ponto de operação do manômetro e por ele sabe-se verificando a posição do desgaste se estava operando fora dos pontos recomendados. Corrigir trocando o movimento e usando instrumento de faixa adequada.

4.3.2.2.2) Desgaste excessivo do Segmento indica excesso de vibração ou pulsação. Analise o processo e use o dispositivo de proteção adequado, trocando sempre o movimento.

4.3.2.2.3) Desgaste na articulação que une o movimento ao tubo de bourdon ou nos parafusos da articulação também indicam excesso de vibração ou pulsação. Analise o processo e use o dispositivo de proteção adequado, trocando a articulação.

4.3.2.2.4) Desengrenamentos do Segmento ou dobras no tubo de bourdon indicam sobrepressão no instrumento – Troque o instrumento e use o dispositivo de proteção adequado.

4.3.2.2.5) Cor amarelada no mostrador ou peças internas e deterioração acelerada de peças de borracha indicam temperaturas acima das suportadas pelo instrumento. Use o dispositivo de proteção adequado.

4.3.3) Calibração do Instrumento: Após o exame e procedimentos acima, os instrumentos usados devem ser calibrados com pelo menos dois ciclos de subida e descida e 5 pontos de checagem para as classes A até D da ABNT NBR 14005 e 10 pontos de checagem para as classes A1 até A4 da mesma norma.

4.3.3.1) Se o instrumento não responder à injeção de pressão, estará entupido, devendo ser destruído e repostado com selo de diafragma adequado.

4.3.3.2) Se o instrumento não puder ser calibrado substituir o movimento por novo e se persistir a impossibilidade de calibração, substituir o instrumento por outro adequado à aplicação destruindo a peça antiga.

Nota: A reutilização de Manômetros sem conhecimento da origem não é recomendável, uma vez que não sabemos que fluido foi utilizado e portanto não sabemos se os resíduos de fluido remanescentes no tubo de bourdon podem reagir com o fluido da nova utilização ou contaminá-lo. Por outro lado, sem conhecermos a origem e o histórico do instrumento, não saberemos se este está corroído, se está no início ou no final de sua vida útil, etc. Assim, se for absolutamente necessário a reutilização do manômetro, devemos observar rigorosamente o seguinte procedimento:

- a) Fazer uma análise de resíduos no tubo bourdon do manômetro (procedimento com custo superior à substituição da peça por nova).
- b) Executar o procedimento de manutenção recomendado acima.

5) INSTRUMENTOS CONVENCIONAIS E MÉTODO DE MANUTENÇÃO CONVENCIONAL:

O instrumento convencional de processo é um manômetro geralmente de frente aberta, cheio de glicerina para amortecer vibração e instalado diretamente no processo ou através de uma válvula de bloqueio que permita a sua retirada da linha sem a parada do processo.

O instrumento padrão de calibração convencional é geralmente um manômetro analógico de precisão 4 vezes melhor que o instrumento em teste ou uma bomba de teste de pesos mortos de precisão 0.1% do ponto de calibração.

O método tradicional de Manutenção requer a retirada dos instrumentos da linha e transporte ao laboratório uma vez que a maioria dos manômetros é do tipo frente aberto e cheio de líquido, não permitindo sua abertura para calibração e ajuste no local de instalação. Além disto os instrumentos de calibração convencionais requerem habilidade excepcional do operador e tempo de operação muito longo. O tempo médio de execução do método tradicional de Manutenção é de 4 horas por peça tornando extremamente alto seu custo, fazendo inclusive com que muitas empresas desistam da manutenção e usem a filosofia de descartar o instrumento após 1 ano de uso. Esta filosofia, no entanto não permite as análises de segurança necessárias e coloca em risco os operadores e os processos. Veja a seguir os passos utilizados neste método

- a) **Verificação do local de Instalação:** Anotar condições de operação do instrumento, tais como presença de vibração, pulsação, temperatura alta, qualquer corrosão aparente, vazamentos de glicerina, etc.
- b) **Retirada do instrumento da linha:** Paralisar a linha ou fechar válvula de bloqueio se disponível, retirar o instrumento e identificá-lo para reinstalação, identificar também o local da instalação e anotações do local de instalação, transportar o instrumento ao laboratório.
- c) **Preparação do instrumento:** Se o instrumento tiver enchimento, esgotá-lo e descartar o enchimento seguindo os procedimentos ambientais adequados, lavar o instrumento com água para glicerina ou éter de petróleo para silicone, descartar resíduos seguindo os procedimentos ambientais adequados, executar inspeção interna e fazer anotação identificada.
- d) **Calibração e ajuste :** Preparar o Padrão e a bomba de calibração, calibrar o instrumento e se descalibrado, identificar motivo e anotar, ajustar, se não for possível o ajuste, substituir o instrumento, emitir certificado de calibração e alimentar banco de dados com anotações.
- e) **Preparação da Reinstalação:** Pelas análise das anotações adquirir Dispositivos de proteção ou novo instrumento, se o instrumento com enchimento, selar o instrumento e encher com o fluido apropriado.
- f) **Reinstalação em linha:** Pela identificação transportar o instrumento a campo e reinstalar o instrumento com os dispositivos recomendados.

6) NOVOS TIPOS DE INSTRUMENTOS DE PRESSÃO E SISTEMA DE MANUTENÇÃO OTIMIZADO.

Os mais recentes lançamentos em manômetros são instrumentos de frente sólida com dispositivos de amortecimento de vibração sem o uso de enchimento líquido que além de aumentarem a segurança dos operadores em campo, quando instalados através de um manifold permitem sua manutenção sem a retirada do ponto de operação.

Os últimos lançamentos em instrumentos de calibração também evoluíram para instrumentos digitais portáteis com armazenamento eletrônico de dados e quando aliados a bombas geradoras de pressão manuais portáteis, e software de emissão de certificados e banco de dados históricos dos instrumentos garantem a calibração em campo com maior segurança e menores custos e ausência de erros de transcrição de dados.

O método proposto de Calibração consiste dos seguintes passos:

- a) **Identificação:** Entrar nº de Identificação do instrumento no Calibrador Portátil
- b) **Verificação do local de Instalação:** Anotar condições de operação do instrumento, tais como presença de vibração, pulsação, temperatura alta, qualquer corrosão aparente, vazamentos de glicerina, etc. como notas no Calibrador portátil inclusive com recomendações de dispositivos de proteção.
- c) **Verificação interna:** Bloquear linha e purgar instrumento através do manifold, remover tampa traseira e fazer análise interna do instrumento fazer as anotações como observações no Calibrador com eventuais recomendações de dispositivos de proteção.
- d) **Calibração:** Conectar Calibrador e bomba de geração ao manifold e executar calibração. Se não for possível calibrar anotar motivo no calibrador e retirar a peça da linha identificando-a e ao local de instalação, anotando as providências de reparo ou substituição no próprio calibrador. Se for possível, ajustar e armazenar dados para emissão do certificado, retirar calibrador e bomba e reabrir linha.
- e) **Procedimento em laboratório:** Descarregar dados de calibração no computador, emitir certificados de calibração e armazenar dados dos instrumentos calibrados em campo, analisar notas e peças retiradas e providenciar dispositivos de proteção, reparos ou substituições conforme o caso.

O processo proposto, requer em média 1 hora por peça de tempo do instrumentista reduzindo em 4 vezes o custo da manutenção, além de trazer inúmeras outras vantagens, sendo as principais, o aumento da segurança do operador e do processo e o aumento da confiabilidade da leitura local de pressão com um menor custo agregado.

7) CONCLUSÃO:

O método proposto reduz em aproximadamente 50% os custos de manutenção (vide tabela do tópico 6) aumentando ao mesmo tempo a segurança dos operadores e processo e a confiabilidade do processo de medição local de pressão pelo uso de manômetros frente sólida de alta qualidade em lugar dos convencionais frente aberto de baixo custo e de instrumentos eletrônicos de calibração com apoio de software que reduzem em muito o nº de erros de transcrição de dados comuns nos instrumentos convencionais de calibração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

INMETRO, Portaria nr. 29 /NBR ISO 10012-1 1993 item 3.11.
ABNT, NBR 14005 - jun/98 - itens 3, 6 (tabela 12)

DADOS DO AUTOR

Mario Sergio Filippetti

Engenheiro Eletrônico formado pela Faculdade de Engenharia Industrial FEI

Pós Graduado em Instrumentação e Controle de Processos pela Escola Mauá de Engenharia

Pós Graduado em Administração e Marketing pela Fundação Getúlio Vargas

Atualmente acumula os cargos de Administrador da Sociedade e Diretor Comercial da
Willy Instrumentos de Medição e Controle Ltda.

(Uma empresa Ashcroft® Inc.)

Telefone: (11) 4224-7402

E-mail: atendimento@ashcroft.com