



1. ESCOPO

Esta prática cobre a inspeção ou monitoração por emissão acústica (EA) de tubos reforçados de resina termocurada (TRRT) para determinar a integridade estrutural. É aplicável para tubos, acessórios, juntas e tubulações.

Esta prática é aplicável para tubos que são fabricados com fibra de vidro e fibra de carbonos reforçados com conteúdo de reforço maior que 15% em peso. A aplicabilidade deste procedimento deve ser demonstrada antes de ser usado para tubulações que são construídas com materiais de reforço.

Esta prática é aplicável para testes de pressão abaixo de 35 MPa absolutos (350 kgf/cm²).

Esta prática é limitada para tubos de até 0,6 m de diâmetro inclusive. Tubos de grande diâmetro podem ser examinados com EA, contudo, este procedimento está fora do escopo desta prática.

Esta prática aplica-se a inspeção de TRRT novos ou em serviço.

2. REFERÊNCIAS

- PR-048 - Ensaio de emissão acústica – terminologia.
- PR-049 - Procedimento para montagem de sensores piezoelétricos de contato para emissão acústica.
- PR-053 - Norma prática para caracterização da instrumentação de emissão acústica.
- PR-055 - Procedimento para determinação da reprodutibilidade da resposta de sensores de emissão acústica.

3. TERMINOLOGIA

Glossário completo de termos relacionados aos plásticos podem ser encontrados em normas específicas de plásticos.

3.1 Descrição de termos específicos desta prática

Limite de voltagem de alta amplitude - um limite de voltagem para eventos de grande amplitude (ver A2.3).

Limite de voltagem de baixa amplitude - o limite de voltagem acima do qual contagem de EA (N) são medidas (ver A2.2).

Pressão de operação - pressão na qual o TRRT opera normalmente. Não deve exceder a pressão de projeto.

Pressão do teste de qualificação - a pressão de teste que é ajustada em acordo entre o usuário, o fabricante, ou agência de teste, ou combinado entre eles.

Relação diâmetro-espessura (d/t) - igual a $(D_o + D_i)/2t$ onde (D_o) é o diâmetro externo da tubulação, (D_i) é o diâmetro interno da tubulação, e (t) é a espessura de parede medida na seção transversal do tubo.

Sistema TRRT - um conjunto de estrutura tubular de vários componentes que estão colados, roscados, em camadas, etc., dentro de uma unidade funcional.

Somatório de amplificação (somatório, mistura) - um amplificador operacional que produz um sinal de saída igual ao somatório ponderado de sinais de entrada.

Taxa de pressão - termo não normalizado usado por fabricantes de tubulações em TRRT como uma indicação de máxima pressão de operação.

Testes de qualificação de fabricantes - um programa compreensivo de testes para confirmar o projeto, desempenho e aceitabilidade do produto e capacidade do fabricante.



Teste de resistência do componente e conjunto - um programa de testes em componentes de TRRT projetados para garantir a qualidade do produto na planta do fabricante, no campo de instalação, ou quando posta fora de serviço para reteste. Um conjunto é uma unidade construída de componentes montados sequencialmente.

Teste de resistência do sistema - um programa de testes de um conjunto de sistema TRRT projetado para garantir a integridade estrutural prioritária para uso em serviço.

Teste de sistemas em serviço - um programa de testes periódicos durante o tempo de vida de um sistema de TRRT projetado para garantir a integridade estrutural.

TRRT - tubos reforçados de resina termocurada, um produto tubular contendo reforço embebido dentro ou nas vizinhanças por resina curada termicamente.

Valor de contagem N_c - um critério de avaliação baseado no número total de contagens de EA (ver A2.5).

Valor de sinal M - a medida da força do sinal de EA (energia/unidade de tempo) a qual é usada para indicar falha na união do adesivo em juntas de TRRT cementadas (ver A2.4).

4. SUMÁRIO DA PRÁTICA

Esta prática consiste em expor TRRT ao incremento ou ciclo de pressão, enquanto monitorado com sensores que são sensíveis a EA (ondas de tensão transientes) causadas por crescimento de descontinuidades. Quando apropriado, outros tipos de carregamento podem ser superpostos ou podem recolocar a carga da pressão, por exemplo, térmico, dobramento, tensão, etc. A instrumentação e técnica para detecção e análise dos dados de EA são descritos.

Esta prática fornece guias para determinar a localização e a severidade de descontinuidades estruturais em TRRT.

Esta prática fornece guias para exame por EA de TRRT dentro da faixa de pressão estabelecida no item 1. A máxima pressão de teste para TRRT será determinada em acordo entre usuário, fabricante, ou agência de teste, ou combinação entre eles. A pressão de teste será normalmente 1,1 vezes a pressão máxima de operação.

5. SIGNIFICADO E USO

O método de exame por EA detecta danos em TRRT. Os mecanismos de dano detectados em TRRT são os seguintes: trincamento de resina, descolamento de fibra, deslocamento de fibra, quebra de fibra, delaminação, e falha na união ou rosca em conjunto de juntas. Descontinuidades em áreas não tensionadas e descontinuidades as quais são estruturalmente insignificantes não gerarão EA.

Esta prática é conveniente para uso em linha sob condições de operação para determinar a integridade estrutural de TRRT em serviço, usualmente, com mínima interrupção do processo.

Descontinuidades localizadas com EA devem ser examinadas por outras técnicas; por exemplo, visual, ultrassom, e líquido penetrante, e podem ser reparadas e retestadas como apropriado. Recomendações de procedimento de reparo estão fora do escopo desta prática.

6. QUALIFICAÇÃO DE PESSOAL

O exame de EA deve ser realizado por pessoal qualificado. Qualificação deve ser baseada em um programa documentado que certifica pessoal capaz de conduzir exames de EA em TRRT. O programa documentado deve incluir os seguintes tópicos gerais:

- tecnologia básica de EA;
- mecanismos de falha de plásticos reforçados;
- instrumentação de EA;
- verificação da instrumentação;
- aquisição e interpretação de dados, e;
- relatório do exame.

7. INSTRUMENTAÇÃO

A instrumentação de EA consiste de sensores, processadores de sinal, e equipamento de registro. Informação adicional da instrumentação de EA pode ser encontrada na Prática E750.

Instrumentação deve ser capaz de registrar contagens de EA acima do limite de voltagem de baixa amplitude. Deve também registrar eventos acima do limite de voltagem de alta amplitude bem como o valor de sinal M dentro da faixa de frequência específica, e ter canais suficientes para localizar fontes de EA em tempo real. Pode incorporar (como uma opção) detecção de pico de amplitude. Uma medição de amplitude de evento de EA é recomendada para verificação da sensibilidade (ver Anexo A2). Distribuições de amplitude são recomendadas para caracterização de descontinuidades. É preferido que a instrumentação adquira um registro com contagem, evento, amplitude e valor de sinal M por canal. Maiores descrições da instrumentação de EA no Anexo A1.

Capacidade para medição de parâmetros como tempo e pressão devem ser providenciados. A carga de pressão deve ser continuamente monitorada com uma exatidão de $\pm 2\%$ do máximo valor de teste.

8. PREPARAÇÃO DO TESTE

8.1 Precauções de segurança

Todos os requisitos de segurança da planta para o local do teste devem ser atendidos.

Roupas de proteção e equipamentos que são normalmente requeridos na área no qual o teste está sendo conduzido devem ser usados.

Uma permissão de trabalho pode ser necessária para o uso de instrumentação eletrônica.

Precauções devem ser tomadas contra as consequências de falha catastrófica quando em teste, por exemplo, estilhaços e impacto de fluido escapando.

Testes pneumáticos são extremamente perigosos e devem ser evitados, se possível.

8.2 Condicionamento de TRRT

Se o tubo não foi previamente carregado, o condicionamento é requerido.

Se o tubo foi previamente carregado, um dos dois métodos deve ser usado. Para ambos os métodos, a máxima carga/pressão de operação no tubo desde o exame prévio deve ser conhecido. Se mais que um ano se passou desde o último exame, a máxima carga/pressão de operação durante o ano passado pode ser usada (ver 11.2.3).

Opção I requer que o teste deva ocorrer de 90 até 110% da máxima carga/pressão de operação. Neste caso o condicionamento não é requerido (ver Fig. 7). Se não é possível obter acima de 100% da máxima carga/pressão de operação, a opção II pode ser usada.

Opção II requer que a carga/pressão de operação seja reduzida para o teste em acordo com a tabela I. Neste caso, a máxima carga/pressão precisa ser somente 100% da pressão de operação (ver Fig. 8).



Tabela 1 - Opção II, requisitos para redução de carga/pressão de operação imediatamente antes do teste.

Percentual da pressão/carga de operação, ou ambos	Tempo de redução da pressão/carga, ou ambos
10 ou menos	12 horas
20	18 horas
30	30 horas
40	2 dias
50	4 dias
60	7 dias

8.3 Carregamento/pressurização de TRRT

Arranjos devem ser feitos para pressurizar o TRRT para a pressão/carga apropriada. Líquido é o meio preferido de pressurização. Manter os níveis de carga/pressão é o aspecto, chave de um exame por EA. Acordadamente, previsões, devem ser feitas para manter a carga/pressão em pontos designados de verificação.

8.4 Suportes de TRRT

O sistema TRRT deve ser propriamente suportado.

8.5 Ambiente

A temperatura normal de parede mínima aceitável em TRRT é 4°C.

8.6 Redução de ruído

Fontes de ruído na faixa de amplitude e frequência do exame, como mal funcionamento de bombas ou válvulas, movimento do tubo sob suportes, ou chuva, devem ser minimizados desde que eles mascarem os sinais de EA emanados do tubo.

8.7 Fornecimento de energia elétrica

Uma fonte de energia elétrica estável e aterrada, ajustada para a especificação do equipamento, é requerida para o teste de campo.

8.8 Ajuste da instrumentação

Ajustes devem ser determinados em acordo com Anexo A2.

9. SENSORES

9.1 Montagem de sensor

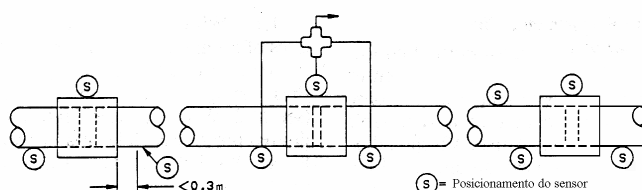
Ver o guia E-650 para informação adicional em montagem de sensores. Localização e espaçamento de sensores são discutidos em 9.4. Sensores devem estar fixos nas locações desejadas com uma interface de acoplante entre o sensor e a peça. Um acoplante recomendado é a graxa de silicone. Cuidado deve ser exercido para garantir que adequado acoplante foi aplicado. Sensores devem ser mantidos na face utilizando métodos de fixação os quais não criem sinais espúrios. Métodos de fixação utilizando tiras de fitas adesivas, fita fabricada com velcro e ganchos e colas rápidas, ou sistemas adesivos disponíveis devem ser considerados. Sistemas adesivos disponíveis são aqueles os quais a adesão e o efetivo acoplamento elástico foram demonstrados. O método de fixação deve fornecer suporte para o cabo de sinal (e pré-amplificador) para prevenir o(s) cabo(s) do tensionamento do sensor ou causar perda de acoplamento.

9.2 Superfície de contato

Acoplamento entre o sensor e a superfície do tubo deve ser garantido e a superfície de contato com o sensor deve estar limpa e livre de contaminantes. Sensores devem ser montados diretamente na superfície do TRRT a menos que guias de ondas integrais mostradas satisfatórias em testes sejam usadas. Preparação da superfície de contato deve ser compatível com o sensor e requisitos de modificação estrutural. Possíveis causas de perda de sinal são revestimentos, pinturas e encapsulamentos, inadequado contato do sensor na superfície, posicionamento do sensor fora de centro e resistência da superfície da área de contato.

9.3 Localização zonal

Vários sensores de alta-freqüência (100 a 250 kHz) são usados para localização zonal de fontes. Atenuação é maior em altas freqüências requerendo posicionamento mais próximo dos sensores. Zonas podem ser definidas se os sinais atingirem mais que um sensor (ver fig.1 e Anexo A3).



Nota: máximo de três sensores pode ser conectado em um único canal.

Fig. 1 - Típico posicionamento de sensor para localização zonal.

9.4 Localização e espaçamento

Localização de sensores em TRRT é determinada pela necessidade de detectar descontinuidades estruturais em seções críticas, por exemplo, juntas, áreas de alta tensão, descontinuidades geométricas, regiões reparadas e defeitos visíveis. O número de sensores e sua localização está baseada na completa cobertura ou na amostragem aleatória do sistema desejado. Para completa cobertura de TRRT, excluindo juntas, espaçamento de sensores em 3 m são utilizados.

9.4.1 Caracterização da atenuação

Perdas na propagação do sinal devem ser determinadas em acordo com o seguinte procedimento. Este procedimento fornece uma medida relativa da atenuação, mas pode não ser representativo de um sinal genuíno. Deve ser notado que o pico de amplitude de uma quebra de grafite pode variar com a dureza da superfície, condição da resina, cura e fluido de teste. Para testes de pressão, a caracterização da atenuação deve ser realizada com o tubo cheio do fluido de teste.

Selecione uma região representativa do TRRT. Monte um sensor de EA e localize pontos em distâncias de 150 mm e 300 mm do centro do sensor em uma direção paralela ao eixo do tubo. Selecione dois pontos adicionais na superfície do tubo a 150 mm e 300 mm em uma hélice inclinada de 45° da direção dos pontos originais. Em cada um dos quatro pontos quebre uma barra de grafite 2H diâmetro 0,3 mm e registre o pico de amplitude. Todas as quebras de grafite devem ser feitas em um ângulo de aproximadamente 30° com a superfície de teste em um comprimento de 2,5 m (ver guia E-976). O dado deve ser mantido como parte do registro do experimento original.

9.4.2 Localização do sensor

Várias perdas por atenuação ocorrem em linhas de juntas coladas sem reforço ou através de juntas roscadas. Em acordo, sensores devem ser localizados em ambos os lados de cada interface. O espaçamento do sensor em seções retas de tubos não deve ser maior que 3 vezes a distância na qual o registro de amplitude da caracterização de atenuação equivale ao limite de voltagem de baixa amplitude. A distância de espaçamento deve ser medida na superfície do tubo.



Linhas guia para localização zonal do sensor para as seguintes configurações de TRRT são dadas no Anexo A3. Outras configurações requerem um acordo entre o usuário, fabricante, ou agência de teste, ou combinação entre eles.

- Caso I: Acoplado - sistema de junta do tubo colado ou roscado. O sensor na junta é normalmente requerido porque o adesivo é altamente atenuante.
- Caso II: Ponta e bolsa - sistema de junta do tubo colado ou roscado.
- Caso III: Manual - sistema de junta do tubo unido secundariamente no campo.
- Caso IV: sistema da junta do tubo flangeado.

10. VERIFICAÇÃO DE DESEMPENHO DA INSTRUMENTAÇÃO

10.1 Acoplamento do sensor e verificação da continuidade do circuito

Verificação deve ser realizada após a montagem do sensor e interligação da instrumentação. A resposta do pico de amplitude de cada combinação sensor-pré-amplificador para uma repetida fonte simulada de EA (ver Anexo A2) deve ser obtida antes do ensaio. O pico de amplitude do sinal simulado gerado à 150 mm de cada sensor não deve variar mais que 6 dB da média de todos os sensores. Qualquer combinação sensor-pré-amplificador falhando nesta verificação deve ser investigada, trocada ou reparada, o que for necessário.

10.2 Verificação do ruído de fundo

A verificação do ruído de fundo é requerida para identificar e determinar o nível dos sinais espúrios. Isto é feito seguindo o roteiro de verificação descrito em 10.1 e antes de pressurizar o TRRT. O período de tempo recomendado é de 10 a 30 minutos. Um baixo nível de ruído de fundo é importante para a condução do ensaio e particularmente interessante para a localização zonal. Ruído de fundo contínuo em um nível acima do limite de voltagem de baixa amplitude, é inaceitável e deve ser reduzido antes de conduzir o ensaio.

11. PROCEDIMENTO DE TESTE

11.1 Linhas gerais

O TRRT é exposto a um aumento programado dos níveis de carga/pressão até um máximo pré-determinado enquanto está sendo monitorado por sensores que detectam EA (ondas de tensão) causadas por crescimento de descontinuidades estruturais.

Carga irá normalmente ser aplicada por pressurização interna do tubo e isto é a base do procedimento de exame descrito nesta e nas próximas seções. Condições de serviço incluem outros tipos de cargas significantes. Tais cargas devem ser inclusas ou simuladas no teste e onde possível, devem ser aplicadas em incrementos similares a pressão.

Com exceção do teste de resistência, a taxa de pressurização deve ser controlada para não exceder a taxa de 5 % (da pressão de operação) por minuto. Taxa de pressurização para componentes e teste de resistência (ver 11.2) não deve exceder 100 % da pressão de teste em 30 segundos. Esta pressão desejada deve ser obtida com líquido (ver 8.1). Um transdutor calibrado deve ser usado para monitorar a pressão.

Ruído de fundo deve ser minimizado e identificado (ver também 8.6 e 10.2). Excessivo ruído de fundo causa a paralisação da pressurização. Na análise dos resultados do ensaio, o ruído de fundo pode ser identificado e deve ser separado e desconsiderado. Fontes de ruído de fundo incluem: bombas, motores, dispositivos mecânicos, interferência eletromagnética, movimento sobre suporte, e fatores ambientais tais como chuva, vento, etc.

11.2 Pressurização

São fornecidas quatro seqüências de pressurização:

- teste de qualificação do fabricante;
- teste de resistência de componente e conjunto (por exemplo, *manifold*);
- teste de resistência do sistema;
- teste do sistema em serviço, opção I ou opção II.

O período de patamar inicial em todos os casos é usado para determinar a linha de base do ruído de fundo. O dado fornece uma estimativa da contribuição total do ruído de fundo durante o ensaio. Patamares intermitentes e na carga final variam de acordo com o teste sendo feito; ver a seqüência apropriada de pressurização. O teste deve ser monitorado continuamente até o período de patamar final, inclusive.

11.2.1 Teste de qualificação do fabricante

A seqüência de pressurização recomendada é mostrada na figura 2. O fluxograma é mostrado na figura 3. A pressão do teste de qualificação deve ser ajustada em acordo entre o usuário, fabricante ou agência de teste, ou combinação deles.

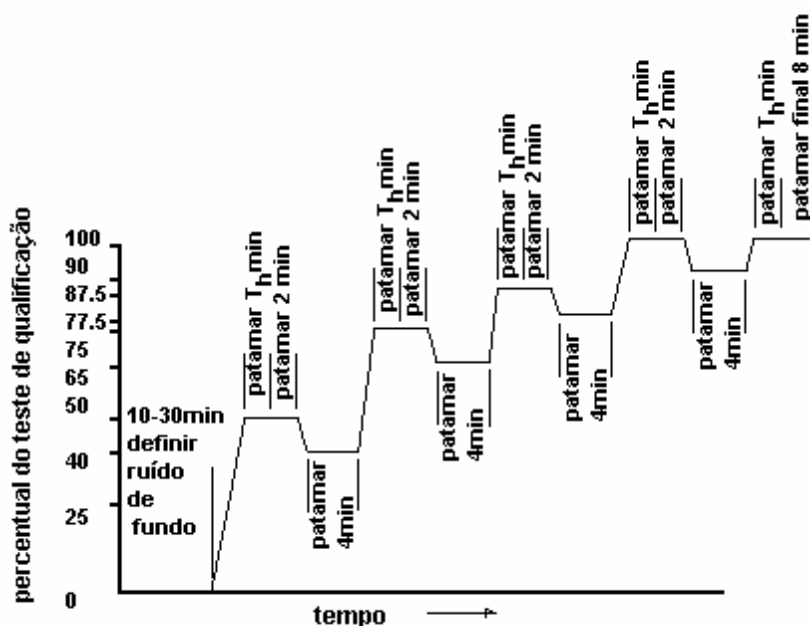


Fig. 2 - Seqüência de pressurização do teste de qualificação do fabricante.

11.2.2 Teste de resistência

11.2.2.1 Teste de resistência do componente e conjunto

A seqüência de pressurização recomendada para testes de resistência do componente e conjunto em TRRT é mostrada na figura 4. Para testes de resistência de componentes, o total de períodos de patamares pode ser reduzido desde que não sejam registradas emissões em um período de 2 minutos.

11.2.2.2 Teste de resistência do sistema

A seqüência de teste recomendada está mostrada nas figuras 5 e 6.

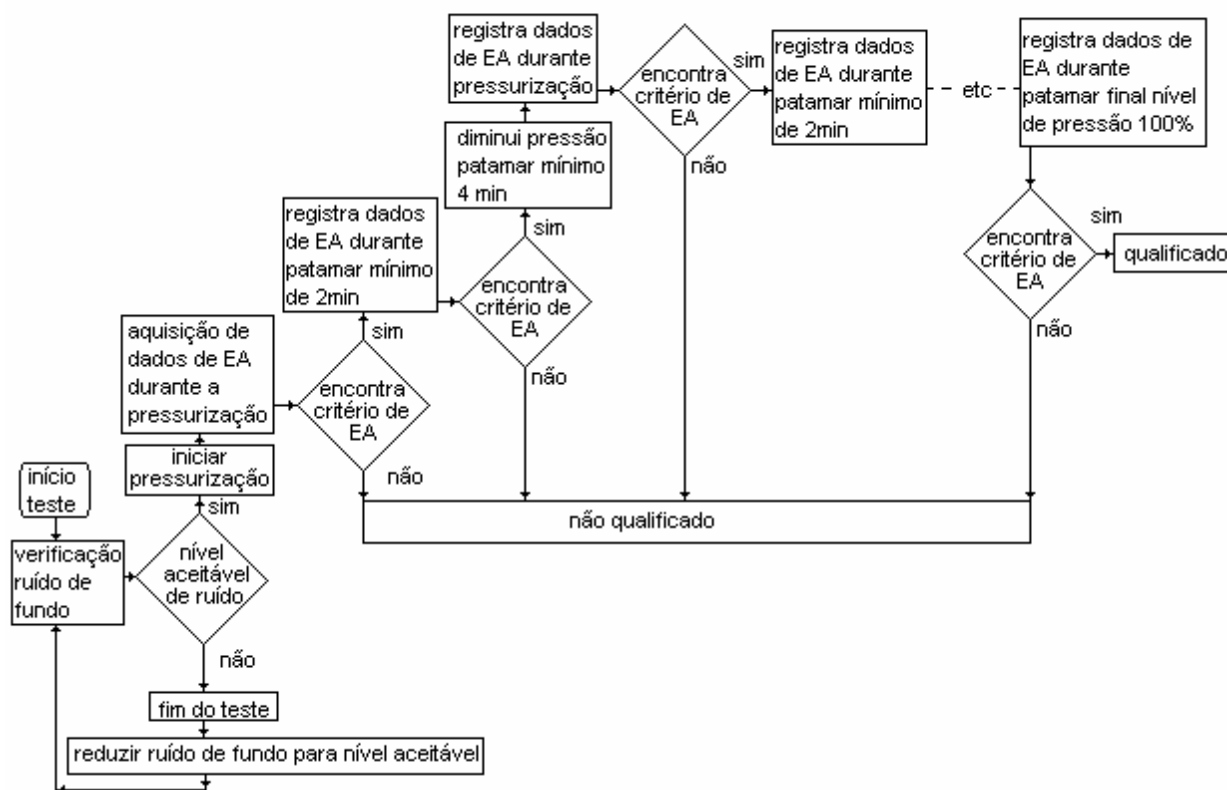


Fig. 3 - Algoritmo de teste de EA, teste de qualificação de TRRT (ver Fig. 2).

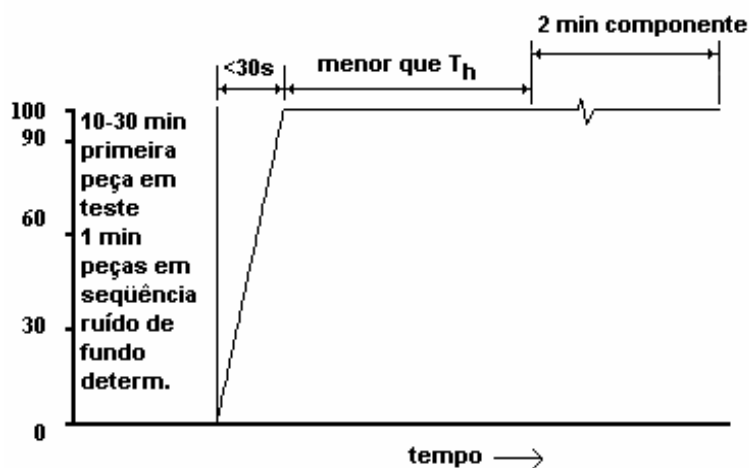


Fig. 4 - Seqüência de pressurização do teste de resistência do componente e conjunto do TRRT.

11.2.3 Teste em serviço

11.2.3.1 Teste do sistema em serviço, Opção I (Preferencial)

A seqüência de pressurização recomendada está mostrada na figura 7.

11.2.3.2 Teste do sistema em serviço, Opção II

A seqüência de pressurização recomendada é mostrada na figura 8. Deve ser usada somente nos casos na qual a sobrepressurização não é obtida.

11.2.4 Fluxograma de teste de EA

Fluxogramas similares ao da figura 3 podem ser desenvolvidos para outras seqüências de carga/pressurização.

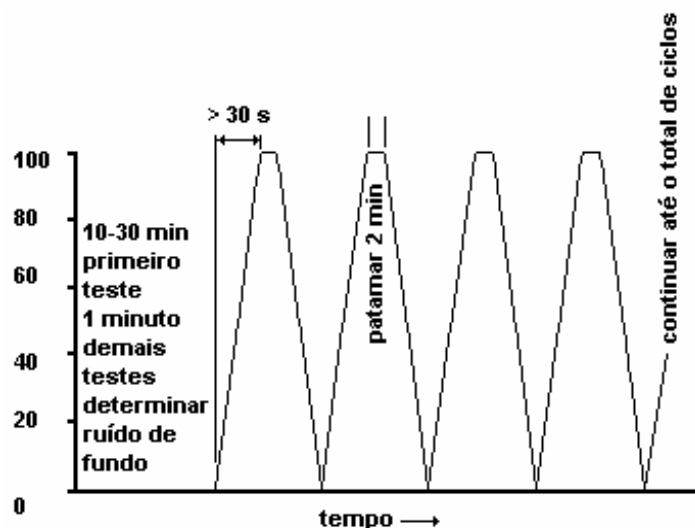
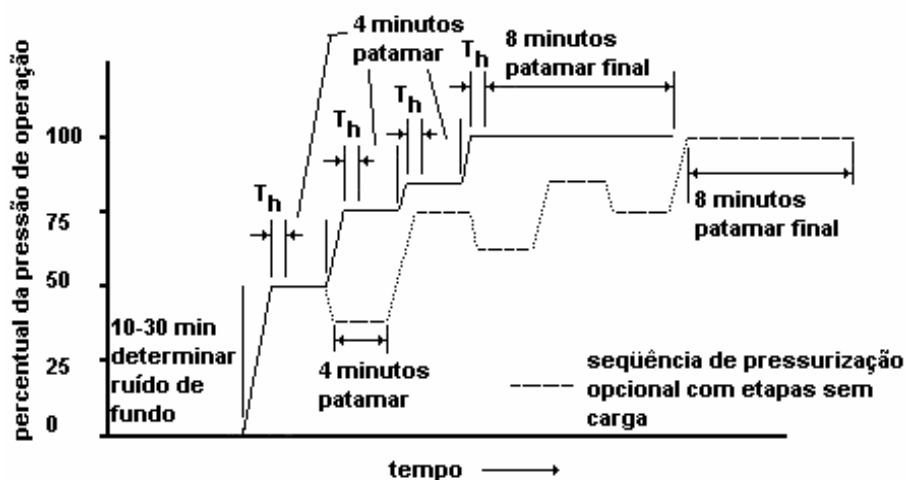
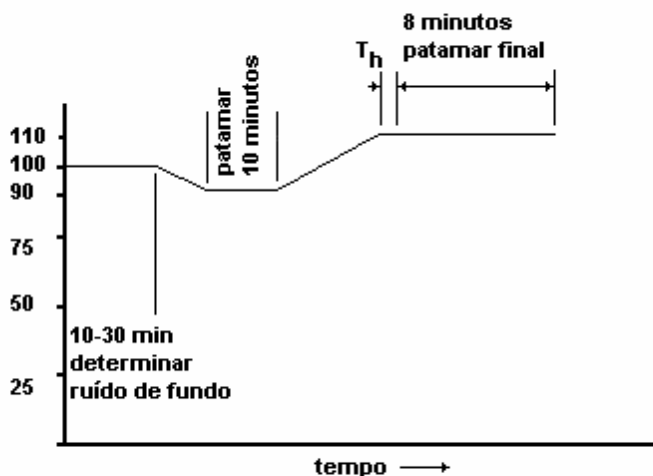


Fig. 5 - Seqüência de pressurização do teste de resistência de sistema TRRT.



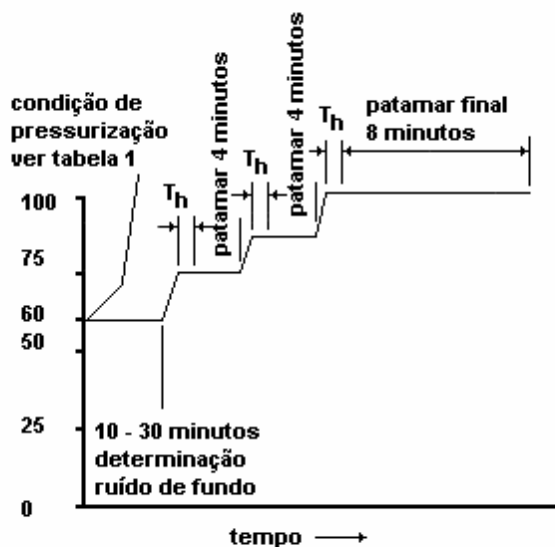
Nota: relação diâmetro espessura (d/t) ≥ 16 , $T_H = 2$ min, relação diâmetro espessura (d/t) < 16 , $T_H = 4$ min.

Fig. 6 - Seqüência alternativa de pressurização de teste de resistência de sistema TRRT.



Nota: relação diâmetro espessura (d/t) ≥ 16 , $T_H = 2$ min, relação diâmetro espessura (d/t) < 16 , $T_H = 4$ min.

Fig. 7 - Sequência de pressurização Opção I para teste em serviço do sistema TRRT.



Nota: relação diâmetro espessura (d/t) ≥ 16 , $T_H = 2$ min, relação diâmetro espessura (d/t) < 16 , $T_H = 4$ min.

Fig. 8 - Sequência de pressurização Opção II para teste em serviço do sistema TRRT.

11.3 Determinação da razão Felicity

A razão Felicity é determinada dos ciclos de carregamento/descarregamento, para testes de resistência e qualificação do fabricante. Seguindo o descarregamento, e durante o carregamento, a razão Felicity é obtida diretamente da relação de tensão da fonte de EA significativa para a máxima tensão prévia na mesma posição.



A razão Felicity para testes em serviço é obtida diretamente da relação de tensão da fonte de EA significativa para a máxima tensão prévia de operação na mesma posição.

11.4 Registro de dados

Antes do exame, o dado do sinal de perda de propagação (atenuação), que é, amplitude em função da distância da fonte do sinal, deve ser registrado em acordo com o procedimento detalhado em 9.4.1.

Durante o exame, o somatório das contagens acima do limite de voltagem de baixa amplitude de todos os canais deve ser monitorado e registrado. A localização de cada zona ativa deve ser determinada e registrada (ver Anexo A2). O valor de sinal M deve ser monitorado e seu máximo registrado (ver Anexo A2). O número de eventos que excederem o limite de voltagem de alta amplitude devem ser registrados. Canais ativos durante os patamares de carga devem ser registrados.

12. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

12.1 Final do teste

Início de uma correlação linear contagem-carga deve sinalizar cuidado. Se a contagem de EA incrementar rapidamente com a tensão, o TRRT deve ser descarregado e o ensaio finalizado. Um rápido (exponencial) incremento da taxa de contagem e dados contínuos indicam descontrole e é indicativo de falha iminente.

12.2 Significado dos dados

Avaliação baseada em emissões durante patamares de carga é particularmente significativa. Emissões contínuas indicam danos contínuos. Pressurização e outros ruídos de fundo irão geralmente ser mínimos durante o patamar de carga. Emissões contínuas durante o período de carga é uma condição na qual o critério de aceitação/rejeição pode ser baseado.

O valor de sinal M é uma medida sensível dos sinais super-impostos abaixo dos limites de voltagem o qual é particularmente importante para indicação de falha da união por adesão na junta do tubo. Valores de sinal variam com o fabricante do instrumento (ver Anexo A2). Valores de sinal que excedam o valor M especificado é uma condição na qual o critério de aceitação/rejeição pode ser baseado.

TRRT, particularmente no primeiro carregamento, tendem para ruído, e portanto, geralmente necessitarão de diferentes interpretações para carregamentos subsequentes.

Avaliação baseada na razão Felicity é importante para TRRT em serviço. A razão Felicity fornece uma medida da severidade de danos induzidos anteriormente. O ajuste de emissão significativa para determinação da razão Felicity é uma matéria de experiência. A seguir referenciam-se linhas gerais para determinar se a emissão é significativa:

- mais que 5 envelopes de emissão durante um incremento de 10% na carga;
- mais que $N_c/25$ contagens durante um incremento de 10% na carga, onde N_c é o valor de contagem definido no Anexo A2.5;
- emissões contínuas no patamar de carga. Para propósitos desta guia, um patamar de carga pequeno e não programado (1 min ou menor) pode ser inserido no procedimento;
- razão Felicity é uma condição na qual o critério de aceitação/rejeição pode ser baseado;

Avaliação baseada em sinais de alta amplitude é importante para TRRT novos. Esses sinais são geralmente associados com quebra de fibra e são indicativos de danos estruturais maiores. Esta condição é menos favorável para controlar TRRT em serviço e previamente carregados onde emissões durante o patamar de carga e razão Felicity geralmente são mais importantes. Sinais de alta amplitude (acima do limite de voltagem de alta amplitude) é uma condição na qual o critério de aceitação/rejeição pode ser baseado.



13. RELATÓRIO

O relatório deve incluir o seguinte:

- identificação completa do TRRT, incluindo tipo de material, fonte, método de fabricação, nome do fabricante e número do código, data e carga/pressão de testes anteriores, e histórico;
- desenho com dimensões ou desenho do fabricante do sistema em TRRT mostrando a localização dos sensores, incluindo o resultado da verificação do acoplamento do sensor e continuidade do circuito;
- líquido de teste empregado;
- temperatura do líquido de teste;
- sequência de teste - taxa de carregamento/pressurização, tempo de patamar e níveis do patamar;
- comparação dos dados do ensaio com o critério de aceitação/rejeição especificado e a localização e severidade das descontinuidades estruturais baseada nos dados;
- apresentação em desenho da localização de qualquer zona com atividade de EA excedendo o critério de aceitação;
- qualquer efeito não usual ou observação antes ou durante o exame;
- data do exame;
- nome(s) do(s) inspetor(és);
- descrição da instrumentação - descrição completa da instrumentação de EA incluindo nome do fabricante, número do modelo, tipo de sensor, ganho do sistema, números seriais ou equivalentes, título do *software*, e número da versão;
- registro permanente dos dados de EA, por exemplo, valor do sinal M *versus* tempo para zonas de interesse, total de contagens acima do limite de voltagem de baixa amplitude *versus* tempo, número de sinais acima do limite de voltagem de alta amplitude, emissões durante patamares de carga, perdas na propagação do sinal (ver 9.4.1).



ANEXOS

(INFORMAÇÕES MANDATÓRIAS)

A1. REQUISITOS DE DESEMPENHO DA INSTRUMENTAÇÃO

A1.1 SENSORES DE EA

A1.1.1 Geral

Sensores de EA devem operar sem ruído espúrio ou eletrônico acima do limite de voltagem de baixa amplitude na faixa de 4° a 93°C, e não devem exibir mudanças de sensibilidade maiores que 3 dB nesta faixa. Sensores devem ser protegidos contra rádio-freqüência e interferência de ruído eletromagnético através de isolamento prático ou projeto de elemento diferencial (anti-coincidente), ou ambos. Sensores devem ter resposta omnidirecional no plano de contato, com variações não excedendo 4 dB da resposta de pico.

A1.1.2 Sensores

Sensores devem ter uma resposta ressonante entre 100 e 200 kHz. Sensibilidade mínima deve ser -80 dB referenciados a 1V/microbar, determinado pelo teste ultra-sônico face a face.

Nota: este método mede aproximadamente a sensibilidade do sensor. Sensores de EA usados no mesmo ensaio não devem variar na sensibilidade do pico mais que 3 dB da média. Informações adicionais para resposta do sensor de EA podem ser encontradas no Guia E976.

A1.1.3 Cabo de sinal

O cabo de sinal do sensor para o pré-amplificador não deve exceder 2 m no comprimento e deve estar protegido contra interferências eletromagnéticas. Este requisito é omitido onde o pré-amplificador é montado na carcaça do sensor, ou um sensor com direcionamento de linha (impedância casada) for usado.

A1.1.4 Acoplante

Acoplantes disponíveis comercialmente para a inspeção ultra-sônica podem ser usados. Adesivos de cura rápida podem ser usados desde que a sensibilidade do acoplamento não seja inferior aos acoplantes líquidos. Seleção do acoplamento deve ser feita para minimizar alterações da sensibilidade do acoplamento durante o ensaio. Considerações devem ser dadas ao tempo de teste e a temperatura da superfície do tubo.

A1.1.5 Pré-amplificador

O pré-amplificador deve ser montado nas vizinhanças do sensor, ou pode ser montado na carcaça do sensor. Se o pré-amplificador é de projeto diferencial, um mínimo de 40 dB no modo comum de rejeição de ruído deve ser fornecido. O passa banda do pré-amplificador deve ser consistente com a faixa de freqüência do sensor e não deve atenuar a freqüência de ressonância do sensor.

Filtros devem ser do tipo passa banda ou passa alta, e devem fornecer um mínimo de 24 dB por oitava de atenuação de sinal. Filtros podem ser localizados no pré-amplificador ou no circuito pós pré-amplificador, ou podem ser integrados dentro do projeto do componente do sensor, pré-amplificador, ou processador para limitar a resposta em freqüência. Filtros ou características de projeto integral, ou ambos, devem garantir que a freqüência de processamento principal dos sensores não é menor que 100 kHz.

A1.1.6 Cabo de sinal de força

O cabo fornecendo força para o pré-amplificador e conduzindo o sinal amplificado para o processador principal deve ser protegido contra ruído eletromagnético. Perdas de sinal devem ser menores que 1 dB/300 m de comprimento de cabo em 200 kHz. O comprimento de cabo máximo recomendado é 300 m para evitar excessiva atenuação de sinal. Transmissão de sinais de rádio ou digitais são consistentemente obtidas com a prática normalizada nestas formas de sinal.

A1.1.7 Amplificador principal

O amplificador principal, se usado, deve ter resposta de sinal com variações não excedendo 3 dB sobre a faixa de frequência de 20 a 300 kHz, e faixa de temperatura de 4° a 50°C. O amplificador principal deve ter ajuste de ganho, ou um limite de voltagem ajustável para detecção e contagem de sinais.

A1.1.8 Processador principal

A1.1.8.1 Geral

O processador principal deve ter um mínimo de um circuito de processamento de dados ativos. Se canais independentes são usados, o processador deve ser capaz de processar sinais e contagens em cada canal. Não mais que três sensores podem ser conectados em conjunto em um único pré-amplificador, e não mais que dois pré-amplificadores podem ser conectados em conjunto em um único canal.

(1) Se o somatório de amplificação é usado, deve fornecer uma mínima capacidade de processamento para detecção de sinais em oito canais (entradas de pré-amplificação). Previsões para somatório ou exclusão de qualquer entrada de canal será dentro do controle do operador em tempo real.

(2) Total de contagens deve ser processada de todos os canais. Valores de sinais devem também ser processados de todos os canais.

A1.1.8.2 Detecção do pico de amplitude

Se é praticada a detecção do pico de amplitude, calibração comparativa deve ser estabelecida em acordo com os requisitos do Anexo A2. Faixa dinâmica usual deve ser um mínimo de 60 dB com resolução de 2 dB. Variação menor que 3 dB na exatidão da detecção do pico deve ser obtida na faixa de temperatura estabelecida. Valores de amplitude podem ser em volts ou decibéis, mas devem ser referenciados para o ganho fixo de saída do sistema (sensor ou pré-amplificador).

A1.1.8.3 Saídas de sinal e registros

O processador deve fornecer no mínimo, saída para registro permanente de total de contagens acima do limite de voltagem de baixa amplitude, total de sinais acima do limite de voltagem de alta amplitude, e valor de sinal M para todos os canais, e eventos por canal (localização zonal). Uma mostra esquemática está apresentada na fig. 9.

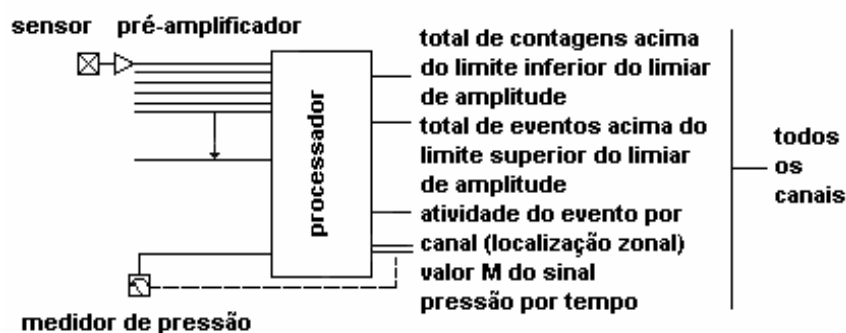


Fig. 9 - Desenho esquemático da instrumentação de EA.

A2. CALIBRAÇÃO DA INSTRUMENTAÇÃO

A2.1 GERAL

O desempenho e definição do limite de voltagem variam para diferentes tipos de equipamento de EA. Processamento de parâmetros como amplitude e energia variam de fabricante para fabricante, e de modelo para modelo do mesmo fabricante. Este anexo define procedimentos para determinar o limite de voltagem de baixa amplitude, limite de voltagem de alta amplitude, valor de contagem N_c , e valor de sinal M.



Os procedimentos definidos neste anexo são direcionados como linhas base para calibração da instrumentação entre 15° e 27°C. É recomendado que o usuário da instrumentação desenvolva, técnica de calibração a partir deste anexo. Para uso no campo, pequena amostra portátil de plástico reforçado com fibra de vidro (PRFV), ou similar, podem ser levadas com o equipamento e usado para verificação periódica dos sensores, pré-amplificadores e sensibilidade do canal.

A2.2 LIMITE DE VOLTAGEM DE BAIXA AMPLITUDE

O limite de voltagem de baixa amplitude deve ser determinado usando uma chapa de chumbo puro com 1200 x 1800 x 13 mm. A chapa deve ser suspensa livre do piso. O limite de voltagem de baixa amplitude é definido como a média da amplitude medida em 10 sinais gerados por uma quebra mecânica de uma barra de grafite 2H com diâmetro 0,3 mm em uma distância de 1300 mm do sensor. Todas as quebras de grafite devem ser feitas em um ângulo de aproximadamente 30° com a superfície de teste com uma extensão de 2,5 mm. O sensor deve ser montado 150 mm do lado de 1200 mm e na meia distância do lado de 1800 mm.

A2.3 LIMITE DE VOLTAGEM DE ALTA AMPLITUDE

Para sinais de alta amplitude, o limite de voltagem de alta amplitude deve ser determinado usando uma barra de aço fundido, limpa, com 3000 x 50 x 20. A barra deve ser suportada nas extremidades por elastômeros ou isolantes similares. O limite de voltagem de alta amplitude é definido como a média da amplitude medida em 10 sinais gerados por uma quebra de grafite 2H com diâmetro 0,3 mm em uma distância de 2100 mm do sensor. O sensor deve ser montado 300 mm da extremidade da barra na superfície com 50 mm.

A2.4 VALOR DE SINAL M, CALIBRAÇÃO ELETRÔNICA

Valor de sinal M é um indicativo da falha da união por adesivo. É uma medida contínua resultante da média de um sinal de entrada em um período de 5 a 10 μ s. O valor de sinal de referência M_0 é a saída da instrumentação que é obtida de uma entrada gerada eletronicamente com duração de 10 μ s, onda senoidal de 150 kHz com pico de voltagem cinco vezes o limite de voltagem de baixa amplitude. Entrada de um envelope senoidal de 150 kHz com 100 μ s de duração com pico de voltagem 50 vezes o limite de voltagem de baixa amplitude deve resultar no valor de sinal não maior que 0,1 M_0 . Para instrumentos que incluem um filtro no processador principal, a frequência do envelope senoidal pode ser na frequência central do filtro, fornecido entre 100 e 200 kHz. Técnicas diferentes são usadas por diferentes fabricantes para medição do valor do sinal. As unidades do valor de sinal variarão dependendo das técnicas e instrumentos usados.

A2.5 VALOR DE CONTAGEM N_c

O valor de contagem N_c deve ser determinado antes ou depois do ensaio usando a quebra de uma barra de grafite 2H com 0,3 mm de diâmetro na superfície do tubo. Todas as quebras de barra de grafite devem ser feitas em um ângulo de aproximadamente 30° com a superfície de teste com uma extensão de 2,5 mm. Os pontos de calibração devem ser escolhidos nas uniões no meio do tubo ou acoplamentos, sendo representativos de diferentes construções e espessuras e deve ser realizada com o tubo cheio do fluido de teste.

Um sensor deve ser montado em cada ponto de calibração e duas calibrações devem ser realizadas em cada locação. Uma calibração deve ser na direção principal das superfícies das fibras (se aplicável), e a segunda calibração deve ser realizada em uma linha a 45° da direção da primeira calibração. Quebras de grafite devem ser em uma distância do ponto de calibração, tal que forneçam um valor de amplitude em decibel no valor médio entre o limite de voltagem de baixa amplitude (ver A2.2) e o limite de voltagem de alta amplitude (ver A2.3).

O valor de contagem N_c em cada ponto de calibração é definido como cinco vezes o total de contagens registrado de 13 quebras de grafite em cada uma das duas posições de quebra de grafite.

Quando aplicando a avaliação por contagem, o valor de contagem, que é representativo da região (construção e espessura) onde atividade é observada, deve ser usado.

A3. LINHAS GERAIS PARA POSICIONAMENTO DE SENSORES

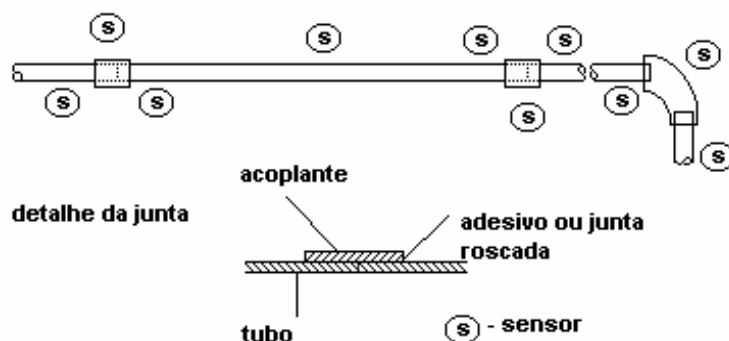


Fig. 10 - Caso 1 - Acoplamento, sistema de junta colada ou rosca.

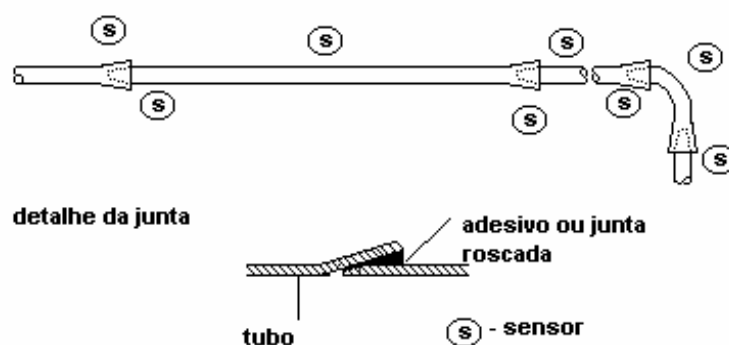


Fig. 11 - Caso 2 - ponta e bolsa, colado ou rosca.

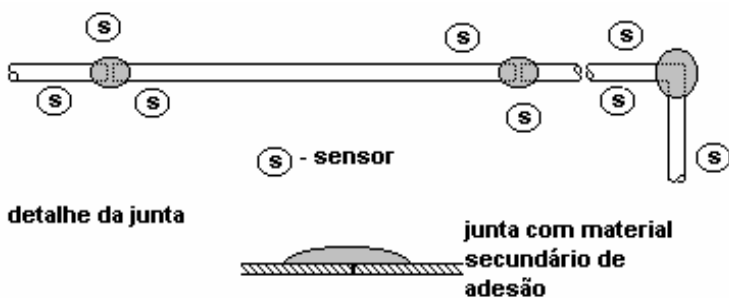


Fig. 12 - Caso 3 - Manual, sistema de junta com material secundário de adesão fabricado em campo no tubo.

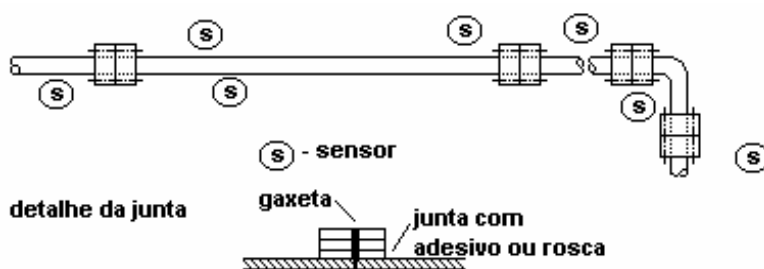


Fig. 13 - Caso 4 - Sistema de junta com flange.