

## 1. Objetivo

- 1.1 Esta Norma estabelece o procedimento a ser utilizado durante a monitoração contínua por emissão acústica (EA) de componentes metálicos ou não, que estejam submetidos a outros esforços utilizados em serviços nucleares ou não. A monitoração pode ser realizada como função de carga, pressão, temperatura e/ou tempo.
- 1.2 Esta Norma tem por objetivo detectar, localizar e caracterizar fontes de EA e interpretar os sinais de resposta de EA para avaliar a significância relativa para integridade do invólucro sob pressão. Estas fontes de EA são limitadas para atividade durante operação do componente em ensaio, ou seja, nenhum carregamento especial é aplicado exclusivamente para produzir EA. No contexto desta Norma, operação normal do sistema pode incluir rotina do ensaio de pressão realizado durante o desligamento da planta.

## 2. Referências normativas

As normas relacionadas a seguir contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta Norma. As edições indicadas estavam em vigor no momento desta publicação. Como toda norma está sujeita a revisão, recomenda-se àqueles que realizam acordos com base nesta que verifiquem a conveniência de se usarem as edições mais recentes das normas citadas a seguir. A ABNT possui a informação das normas em vigor em um dado momento.

ABNT NBR ISO 9712:2004 – Ensaio não destrutivo – Qualificação e certificação de pessoal  
ABNT NBR 15181:2004 - Ensaio não destrutivo – Emissão acústica – Terminologia.  
ABNT NBR 15194:2005 - Ensaio não destrutivo - Emissão acústica em vasos de pressão metálicos durante o ensaio de pressão – Procedimento  
ASTM E976:2000 Standard guide for determining the reproducibility of acoustic emission sensor response.  
ASTM E650:1997 Standard guide for mounting piezoelectric acoustic emission sensors

## 3. Definições

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se as definições da ABNT NBR 15181 e as seguintes:

- 3.1 arranjo de sensor:** Múltiplos sensores de EA arranjados em uma configuração geométrica designada para fornecer detecção/localização de fonte de EA para um dado componente da planta ou área do contorno de pressão a ser monitorada.
- 3.2  $dB_{EA}$ :** Processo de monitoração de componentes, submetidos a esforços contínuos para detectar emissão acústica durante o início, operação e interrupção do serviço.
- 3.3 sistema de EA:** Toda a instrumentação eletrônica e equipamento (exceto sensores e cabos) utilizados para detectar, analisar, apresentar e registrar sinais de EA.
- 3.4 monitoração contínua:** Processo de monitoração de componente, submetido a esforços contínuos para detectar emissão acústica durante o início, operação e interrupção do serviço.
- 3.5 operação da planta:** Operação normal incluindo aquecimento, início, desligamento da planta, e qualquer pressão ou outro estímulo induzido para ensaiar o invólucro de pressão para outros propósitos que a estimulação de fontes de EA.
- 3.6 penetradores:** Em aplicações nucleares, o termo penetrador refere-se a conector de fase contendo seções de cabos eletrônicos de instrumentação instalados através de isolamento ou contendo paredes para permitir a passagem de instrumentação de força e informações de sinais através desta parede de proteção sem comprometer a integridade protetiva da parede.
- 3.7 planta/sistema da planta:** Completo sistema que contenha pressão, incluindo acessórios e controles que constituem a operação.



**3.8 zona limitada de monitoração:** Processo de monitoração de uma porção definida do componente através de um arranjo específico de sensores, parâmetros controláveis da instrumentação ou ambos, para limitar a área monitorada.

## 4. Generalidades

### 4.1 Indicações relevantes

Todas as indicações relevantes detectadas durante monitoração por EA devem ser caracterizadas quanto a morfologia e dimensionadas por outro método de ensaio não destrutivo.

### 4.2 Qualificação de pessoal

Para aplicações de radiografia computadorizada no território brasileiro, os profissionais de nível 1, 2 e 3 devem ser qualificados por sistemas independentes, acreditados pelo INMETRO, operando segundo os requisitos da norma NBR ISO 9712.

### 4.3 Carregamento do componente

Muitos modos de carregamento são aplicáveis ao exame de EA incluindo partida, operação contínua e cíclica, e desligamento dos componentes e sistemas de operação da planta, bem como os ensaios de pressão dos sistemas não operantes da planta. Tensão pode ser induzida por pressão, gradiente térmico, regime normal de operação ou uma combinação de todos. A intenção desta Norma é descrever as técnicas de ensaio que são aplicáveis durante a operação normal do componente ou de sistema da planta pressurizada. Durante a partida, a taxa de pressurização deve ser suficiente para facilitar o ensaio com o mínimo de ruído. Se apropriado, previsões devem ser feitas para manutenção da pressão em patamares designados.

### 4.4 Interferência de ruído

Fontes de ruído que interferem com a detecção do sinal de EA devem ser controlados na medida do possível. Para monitoração contínua, pode ser necessário acomodar o ruído de fundo pela monitoração de altas frequências, levando o sistema de EA à abrir suas proteções, utilizando sensores diferenciais e técnicas especiais de filtragem de dados para reduzir a interferência do ruído.

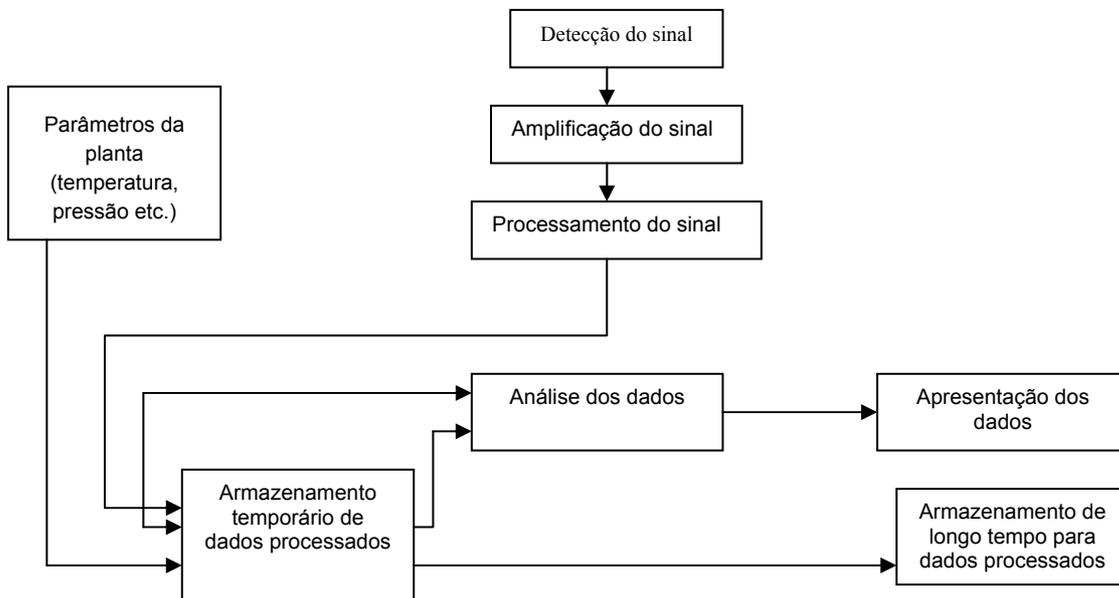
A resposta do sistema de EA para o ruído de fundo deve ser caracterizada. Redução da sensibilidade não é aceitável.

### 4.5 Localização da fonte e montagem de sensores

As fontes devem ser localizadas com a precisão especificada por arranjo de sensor multicanal, localização zonal ou ambos.

## 5. Equipamentos

O sistema em EA consiste em sensores, pré-amplificadores, filtros, processadores de sinal e um dispositivo de armazenamento de dados junto com cabos de interconexão. Fontes simuladas de EA e equipamentos auxiliares como transdutores de pressão e temperatura também são requeridos. O sistema de monitoração por EA deve fornecer as capacidades funcionais descritas na figura 1.



**Figura 1 – Diagrama de fluxo funcional – Sistema de monitoramento contínuo por EA**

O desempenho aceitável, incluindo a faixa dinâmica, da instrumentação de EA (sem os sensores) deve ser verificado usando um gerador eletrônico de forma de onda próprio para a instrumentação. Envelopes de sinais senoidais oriundos do gerador de forma de onda devem ser colocados em cada pré-amplificador para verificar que a amplificação do sinal, função de processamento de sinal, taxa de processamento de dados e análise de dados atendem aos requisitos desta Norma

NOTA - O desempenho de localização de fontes de sinal de EA deve ser ensaiado conforme o item 8.2.1. Com o ganho da instrumentação de EA posicionado em nível de operação, o sistema deve ser avaliado usando sinais de entrada que irão ensaiar os limites inferior e superior da faixa dinâmica da instrumentação de EA. A Frequência do sinal deve incluir amostras dentro da faixa de uso pretendida.

## 5.1 Sensores

Há dois tipos comuns de sensores:

- a) sensores montados diretamente na superfície do componente monitorado;
- b) sensores que são separados da superfície do componente por uma conexão de guia de onda.

A seleção do tipo de sensor deve ser baseada na aplicação, ou seja, baixa ou alta temperatura, nuclear ou não nuclear etc. O sensor selecionado para aplicação específica deve ser identificado no procedimento preparado para esta aplicação.

O sistema sensor (sensores, pré-amplificadores e cabos de conexão) utilizado para detectar EA deve limitar a interferência eletromagnética para um nível não superior a um pico de 0,7 V após amplificação de 90 dB.

## 5.2 Frequência de resposta

Para cada aplicação, a seleção da frequência de resposta do sensor deve ser baseada na caracterização do ruído de fundo em termos de amplitudes *versus* frequência. A mínima frequência compatível com a eliminação da interferência do ruído de fundo deve ser utilizada para maximizar a sensibilidade dos sinais de EA e minimizar a atenuação do sinal.

## 5.3 Sensores diferenciais e harmônicos

Dois projetos de sensores têm sido efetivos na solução de problemas de interferência por ruídos:

- a) sensor diferencial que opera para cancelar os transientes elétricos externos que entram no sistema através do sensor,  
 b) sensor harmônico indutivo que opera para formar a resposta do sensor em torno da frequência selecionada, ou seja, indutância harmônica permite a discriminação contra frequências em ambos os lados da frequência de resposta selecionada como mostrado na figura 2. Estes sensores foram projetados para serem utilizados juntos ou separadamente.

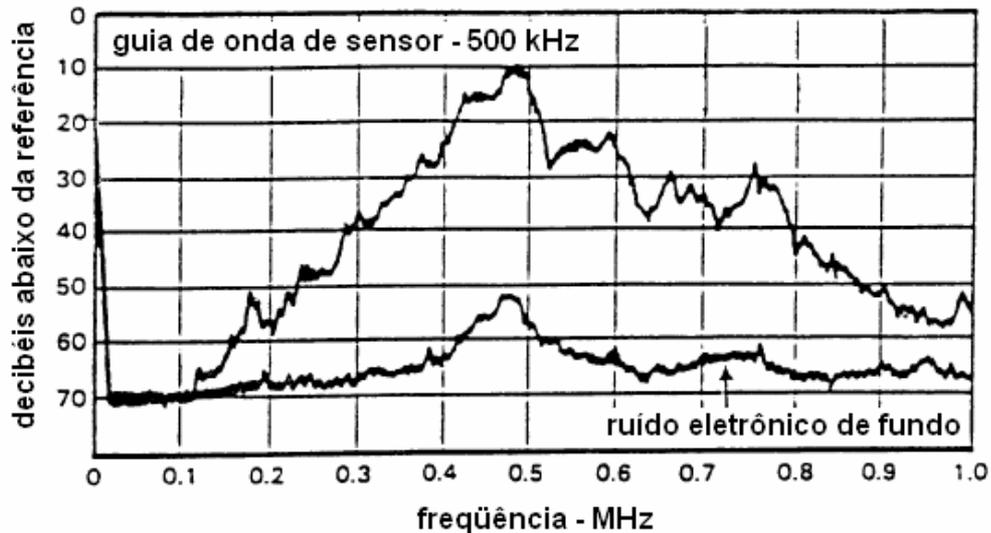


Figura 2 – Resposta de um sensor guia de onda de EA indutivamente harmônico para 500kHz.

### 5.3.1 Montagem de sensor

Os sensores devem ser montados na superfície do componente utilizando dois métodos básicos:

- a) colagem do sensor diretamente na superfície com um adesivo. Temperatura e vibração podem afetar adversamente a ligação entre o sensor e a superfície sendo monitorada. A composição química do adesivo também deve ser verificada para garantir que não seja prejudicial à superfície do componente;  
 b) acoplamento por pressão utilizando fitas ou magnetismo. Uma camada fina de acoplante entre o sensor e a superfície geralmente é efetiva para obtenção do acoplamento acústico com pressão mínima. No caso de sensores de guia de onda, a ponta da guia de onda pode ser construída para reduzir a força requerida para manter o acoplamento acústico.  
 c) Adequado acoplamento acústico entre o sensor e a superfície do componente deve ser verificado, bem como a montagem dos sensores. Isto pode ser feito por leve puncionamento na superfície ou por quebra de barra de grafite contra a superfície do componente enquanto se observa a saída do sensor. Guias para a montagem do sensor são fornecidas em ASTM E650:97.

#### 5.3.1.1 Espaçamento de sensores

Um número suficiente de sensores deve ser posicionado no componente em um arranjo, para propiciar a detecção de sinais de EA e a localização da fonte. Cada sensor deve produzir uma saída com no mínimo um pico de 0,3 mV quando uma barra de grafite 2H com 0,3 mm de diâmetro for fraturada contra a superfície do componente na posição mais remota do sensor esperada pela instrumentação. Quando um algoritmo de localização for utilizado, a localização de cada barra fraturada deve ser circundada com material para absorver ondas superficiais.

A detecção de sinal e precisa localização da fonte para cada arranjo de sensor devem ser medidas utilizando sinais simulados de EA na superfície do componente em não menos que 10 pontos pré-selecionados dentro do campo de monitoração do arranjo. Estes sinais simulados de EA devem ser gerados pela fratura de barras de grafite 2H (diâmetro 0,3 mm) contra a superfície do componente nos pontos prescritos. A barra de grafite deve ser fraturada em um ângulo de aproximadamente 30° com a superfície, utilizando um comprimento de 2 mm ou 3 mm. A localização de cada fratura da barra de grafite deve ser circundada com material para absorver ondas superficiais. A precisão típica da localização deve



estar dentro de uma espessura de parede na localização da fonte ou 5% da menor distância de espaçamento entre sensores, o que for maior.

#### 5.3.1.2 Verificação funcional

Uma ou mais fontes de sinais acústicos, com saída na faixa de frequência de 100 kHz até 700 kHz deve ser instalada dentro da zona de monitoração de cada arranjo de sensor para o propósito de ensaiar periodicamente a integridade funcional dos sensores durante a monitoração. Isto não tem a intenção de fornecer uma calibração precisa do sensor, mas, ao contrário, verificar qualitativamente a sensibilidade. Deve ser possível ativar a fonte simulada de sinal acústico da posição da instrumentação de EA.

A resposta do sistema de EA para a fonte de sinal acústico deve ser medida e registrada para referência durante verificações posteriores do sistema de EA.

#### 5.3.2 Sensibilidade do sensor e frequência da resposta

Cada sensor deve produzir um sinal mínimo com pico de 0,1 mV referidos para a saída do sensor em uma frequência de monitoração selecionada quando montado em um bloco de calibração e excitado com jato de gás de hélio conforme descrito na ASTM E976.

#### 5.3.3 Uniformidade da sensibilidade do sensor

O pico de resposta de cada sensor para o sinal simulado de EA não deve variar mais que 3 dB da média de todos os sensores na frequência de monitoramento selecionado.

Perda de sensibilidade excedendo 4 dB para qualquer canal deve ser registrada e o sensor afetado deve ser recolocado na oportunidade mais próxima.

#### 5.4 Cabos de sinais

Cabos coaxiais podem ser utilizados para conduzir os sinais de EA dos sensores para o equipamento de monitoração (instrumentação). Sempre que uma barreira de proteção ou estrutura de contenção tiver que ser vazada utilizando penetrador para transmitir sinais do sensor para a instrumentação, cuidados devem ser tomados para prevenir perda de sinais ou ruído. Quando cabos coaxiais forem utilizados para fornecer tensão para pré-amplificadores, os cabos devem ter terminações com características apropriadas de impedância.

Os cabos coaxiais e outros utilizados para conectar os sensores de EA devem demonstrar que são capazes de permanecer extensamente expostos a ambientes hostis, como requerido para realizar as atividades de monitoração.

#### 5.5 Amplificadores

Apenas um pré-amplificador deve ser utilizado com cada sensor para amplificar os sinais de EA para transmissão para a instrumentação. Quando grandes comprimentos de cabos são requeridos, um amplificador pode ser necessário entre o sensor e a instrumentação.

Com a alta amplificação de sinal requerida para detectar sinais de EA, o ruído interno dos pré-amplificadores deve ser minimizado para prevenir interferência com a detecção de sinais de EA. A faixa de resposta de frequência dos amplificadores deve ser combinada com o perfil de resposta determinado para os sensores de EA.

#### 5.6 Instrumentação de EA

A instrumentação de EA deve incluir um pós-amplificador, um identificador de sinal e um módulo de processamento de sinal para cada canal. A instrumentação deve também incluir uma tela de vídeo que pode ser utilizada pelo operador para mostrar os dados de EA, bem como uma capacidade de armazenamento de longo tempo não volátil. A função de análise de dados pode ser integral com a instrumentação de EA ou pode ser realizada separadamente com os dados de EA armazenados.



A instrumentação de EA deve ser posicionada em um ambiente limpo, controlado e disponível para longo tempo de operação para um sistema computadorizado. A instrumentação eletrônica (pré-amplificadores e componentes do monitor de EA) devem estar localizados em uma área cuja temperatura seja mantida inferior a 50°C.

O pós-amplificador deve atender ao descrito em 5.3. A instrumentação de EA deve ser capaz de processamento e registro de dados que alcancem a taxa de no mínimo 50 sinais/s para todos os canais simultaneamente por um período de tempo indefinido e uma taxa de no mínimo 100 sinais/s para todos os canais simultaneamente por qualquer período de 15 s.

### 5.6.1 Identificação do sinal de EA

Uma função de discriminação de sinais em tempo real para processar sinais e identificar sinais relevantes de EA deve ser incluída. A função de discriminação pode excluir todos os sinais não identificados como EA de crescimento de trincas ou marcar estes sinais identificados como EA de crescimento de trinca enquanto aceita todos os sinais abaixo do limite de voltagem.

### 5.6.2 Processamento de sinal

A faixa dinâmica do processador de sinal deve ser no mínimo 36 dB para cada parâmetro medido. O processador de sinal deve ser controlado por circuitos limites de voltagem que limitam a aceitação de dados para sinais que excedam o limite de amplitude em voltagem. O limite de voltagem deve ser determinado com base no ruído de fundo.

Os parâmetros do sinal a serem medidos devem incluir contagem de sinais, número total de sinais em cada sensor, pico de amplitude, tempo de subida, MARSE (energia) e a diferença no tempo de chegada em todos os sensores do arranjo utilizado para localização da fonte. Em adição às características do sinal de EA descritas acima, tempo, data e valores de parâmetros da planta (pressão interna, temperatura etc., que podem ser identificados como significantes para o crescimento de trincas) associados com o tempo de detecção do sinal, devem ser registrados para cada sinal. O processador de sinal deve também medir o total do nível de sinal de fundo RMS para cada canal/sensor, para propósitos de detecção de vazamento.

### 5.6.3 Reconhecimento de padrão de sinal

Caso o reconhecimento de padrão de sinal seja utilizado, esta função deve ser demonstrada e qualificada como descrito abaixo:

- a) garantir que a instrumentação de EA, incluindo no mínimo dois sensores representativos montados em um bloco de calibração com o mesmo processo de acoplamento acústico a ser utilizado no monitoramento, sejam excitados dez vezes por cada um dos três métodos seguintes:
  - fratura de barra de grafite 2H com 0,3 mm de diâmetro contra a superfície do bloco de acordo com ASTM E976;
  - impacto na superfície do bloco com a queda de uma esfera de 0,25 pol de diâmetro, de maneira uniforme e de altura suficiente para produzir resposta para todos os sensores, que não sature a instrumentação de EA;
  - injetar um ciclo múltiplo (cinco ciclos no mínimo) de sinal no bloco com o transdutor e um gerador de forma de onda;
- b) a função reconhecimento de padrão deve identificar no mínimo 8 de 10 sinais de fratura de barras de grafite, como crescimento de trinca, e no mínimo 8 de 10 sinais, de cada outro tipo de sinal, como sinais não associados com crescimento de trincas.

### 5.6.4 Caracterização/atenuação dos sinais

Antes da instalação do sistema de EA para monitoração dos componentes da planta, a atenuação acústica do sinal no material deve ser caracterizada. Isto é necessário para determinação do espaçamento entre sensores para detecção efetiva de EA. Medições de atenuação devem ser feitas na frequência selecionada para monitoração de EA e devem incluir superfícies e propagação volumétrica da onda. A medição da atenuação deve ser realizada com a temperatura do material na temperatura esperada durante monitoração do componente atual.



### **5.6.5 Armazenamento de dados**

O armazenamento de dados deve ser não volátil e capaz de armazenar os dados descritos em 5.4.2 continuamente, por períodos desde semanas até meses, dependendo da aplicação.

### **5.6.6 Análise e apresentação de dados**

A função de análise de dados da instrumentação de EA deve determinar a localização das fontes de EA como especificado na seção 7. A precisão da localização deve estar no intervalo de uma espessura do invólucro de pressão ou 5% do menor espaçamento de sensores, o que for maior.

A função análise de dados deve ser capaz de fornecer uma apresentação e impressão de informações selecionadas de EA (ver seção 9) para avaliação de correlações. A análise de dados deve também fornecer garantia contínua da informação dos parâmetros de EA extraídos do sinal de EA.

Quando a taxa de EA de um arranjo exceder a taxa especificada no procedimento escrito, o sistema deve ativar um alarme e identificar o arranjo de sensores que produziu a alta taxa de EA.

## **6. Procedimentos escritos**

Toda atividade de monitoração de EA deve ser realizada conforme procedimentos escritos, que devem conter no mínimo os itens descritos a seguir:

- a) componentes a serem monitorados, incluindo dimensões, materiais de construção, ambiente de operação e duração da monitoração;
- b) descrição do sistema de EA a ser utilizado e sua capacidade operacional para aplicação planejada;
- c) calibração do sistema de EA e requisitos de qualificação;
- d) número, localização e requisitos de montagem para os sensores de EA;
- e) intervalo e método de verificação de desempenho durante o período de monitoramento (5.1.3.2);
- f) sistemática de registros, retenção e armazenamento de dados, incluindo relatórios;
- g) análise de dados, interpretação e critério de avaliação;
- h) requisitos suplementares de ensaios não destrutivos (END);
- i) requisitos de certificação/qualificação de pessoal;
- j) relatório e requisitos de retenção de registros.

O procedimento para a operação do sistema de EA e para o processamento de dados, interpretação e avaliação devem ser específicos, reconhecendo e acomodando os critérios adicionais específicos (ver 8.1 a 8.6) do sistema da planta ou do componente em monitoração.

Cópia do procedimento de operação do sistema de emissão acústica deve ser fornecida ao pessoal responsável pelo sistema de EA.

Cópias do procedimento de processamento de dados, interpretação e avaliação devem ser fornecidas para:

- a) para o pessoal responsável pelo sistema de EA;
- b) pessoal responsável pela interpretação e avaliação dos dados de EA;
- c) proprietário (ou seu representante) do componente a ser monitorado;

## **7. Calibração**

### **7.1 Intervalo**

A instrumentação instalada de EA deve ser calibrada no fim de cada ciclo de operação da planta.

### **7.2 Registro**

O registro da calibração do sistema instalado deve incluir as seguintes informações:

- a) cópia do procedimento de calibração;
- b) qualificação e certificação de pessoal;
- c) descrição do equipamento de EA e calibração usada;



- d) resultados quantitativos da calibração;
- e) assinatura do responsável individual pela calibração;
- f) data da calibração.

A retenção dos registros da calibração deve estar de acordo com a seção 10.

## 8. Ensaio

Durante o acionamento da planta, a taxa de EA e informações da localização da fonte devem ser avaliadas no mínimo uma vez por deslocamento para indicações de crescimento de descontinuidades. Os sinais também devem ser avaliados para indicações de vazamento no contorno pressurizado.

Dados de EA devem ser avaliados no mínimo semanalmente durante a operação normal da planta. Quando uma taxa de atividade confirmada de EA, oriunda de um mais sensores, ocorrer ou quando um agrupamento consistente de sinais de EA for validado dentro de um diâmetro da ordem do triplo da espessura de parede do componente ou 10% da menor distância de espaçamento entre sensores de um arranjo, o que for maior, os dados devem ser avaliados.

### 8.1 Componentes nucleares

Critérios adicionais específicos para monitoração contínua por EA de componentes metálicos nucleares são dados nos anexo A e E.

### 8.2 Componentes metálicos não nucleares

Critérios adicionais específicos para monitoração contínua por EA de componentes metálicos não-nucleares são dados no anexo B.

### 8.3 Componentes não-metálicos

Critérios adicionais específicos para monitoração contínua por EA de componentes não-metálicos são dados nos anexo C.

### 8.4 Zona limitada de monitoração

Critérios adicionais específicos são dados no anexo D para aplicações envolvendo zona limitada de monitoração quando houver necessidade de:

- a) observar o comportamento de uma descontinuidade conhecida em uma localização específica;
- b) restringir a resposta de EA para sinais emitidos de áreas específicas ou volume do contorno de pressão (por exemplo, restringir a área monitorada por EA para uma ou mais soldas de bocais de vasos, monitorar soldas estruturais específicas etc.);
- c) restringir o exame de EA para áreas de susceptibilidade conhecida para falha por fadiga, corrosão ou
- d) aumentar a relação sinal ruído.

### 8.5 Aplicações em ambientes hostis

Critérios adicionais específicos para monitoração contínua por EA de componentes sob alta temperatura (acima de 150°C) e em ambientes hostis (ambientes corrosivos, atmosferas com alto vapor, radiação nuclear, etc.) são dados nos anexo C.

### 8.6 Aplicações em detecções de vazamentos

Critérios adicionais específicos são dados no anexo F para detectar vazamentos em equipamentos pressurizados através da monitoração contínua por EA de componentes metálicos e não-metálicos. O anexo A também é aplicável.

## 9. Resultados



O registro dos resultados deve incluir, no mínimo as seguintes informações:

- a) contagem de eventos de EA *versus* tempo, para cada arranjo de monitoração;
- b) localização zonal e/ou fonte de EA para todos os sinais acústicos aceitos;
- c) taxa de sinal de EA para cada locação de agrupamento de fonte de EA;
- d) parâmetros relevantes de sinais de EA *versus* tempo, para cada canal de dados;
- e) locação monitorada, data e período de tempo de monitoração;
- f) identificação do executante da análise.

Em adição, deve ser incluído no registro dos resultados qualquer outro dado requerido no procedimento .

## 10. Relatórios e registros

### 1.3 Relatórios para o proprietário/operador do sistema da planta.

- i. Um sumário dos resultados da monitoração por EA deve ser preparado mensalmente. Este deve ser objetivo e conciso.
- ii. Requisitos de relatório na ocorrência de indicações incomuns de EA devem ser especificados pelo operador/proprietário do sistema da planta e identificado no procedimento.
- iii. Um relatório sumário da correlação dos dados de monitoração com o critério de avaliação deve ser fornecido para o operador/proprietário do sistema da planta.
- iv. Após o término de cada fase de monitoração, um relatório compreensivo deve ser preparado. Este relatório deve incluir o seguinte:

- a) identificação do sistema da planta/componente monitorado, incluindo tipo de material, método de fabricação, nome do fabricante e número do certificado
- b) esboço ou desenho do fabricante com dimensões dos componentes e localização dos sensores;
- c) condições de operação do sistema da planta, incluindo pressurização do fluido, temperatura, nível de pressão etc;
- d) ambiente de monitoração de EA, incluindo temperatura, radiação e gases corrosivos, se aplicável, acesso de sensores, nível de ruído de fundo e penetradores utilizados;
- e) esboço ou desenho do fabricante, mostrando a locação de qualquer zona na qual a resposta de EA exceder o critério de avaliação;
- f) qualquer evento incomum ou observações durante a monitoração;
- g) tabela de monitoração incluindo identificação de qualquer tempo de não operação do sistema de EA durante o período de monitoração;
- h) nomes e qualificações dos operadores do equipamento de EA;
- i) descrição completa da instrumentação de EA incluindo nome do fabricante, número do modelo, tipo de sensor, ajustes do aparelho, dados de calibração etc.

## 10.2 Registros

### 10.2.1 Registros administrativos

Os registros administrativos para cada aplicação de monitoração por EA devem incluir o plano de teste aplicável, procedimentos, instruções de operação, critérios de avaliação e outras informações relevantes, se aplicável.

### 10.2.2 Qualificação do equipamento e dados de calibração

A qualificação do sistema de EA pré e pós-instalação e registros de calibração, incluindo dados de atenuação de sinal e verificação de desempenho do sistema de EA, devem ser retidos. Disposição destes registros seguindo a recalibração do sistema de EA deve ser especificada pelo proprietário/operador do sistema da planta.

### 10.2.3 Dados brutos e processados



O registro dos dados brutos deve ser retido no mínimo até as indicações de EA terem sido verificadas por órgão independente. O período de retenção para o registro de dados processados deve ser como especificado no procedimento.

### 10.3 Requisitos de retenção de registros

Todos os sinais de EA registrados devem ser mantidos como requerido pelo procedimento.

#### Anexo A (normativo) Componentes nucleares

### A.1 Equipamento

#### A.1.1 Pré-amplificador

O ruído eletrônico interno dos pré-amplificadores não deve exceder 7 MV RMS referenciados à entrada com conector de 50  $\Omega$ . A banda de resposta de frequência da amplitude deve estar de acordo com o perfil de resposta determinado para os sensores de EA.

#### A.1.2 Sistema monitor

O desempenho aceitável, incluindo faixa dinâmica, do monitor completo de EA (sem sensores) deve ser verificado utilizando um gerador eletrônico de pulso próprio da instalação. Sinais de envelope senoidal oriundos do gerador de pulso devem ser introduzidos em cada pré-amplificador para verificar que a amplificação do sinal, funções de processamento de dados, taxa de processamento de dados e análise de dados, apresentação e armazenamento atinjam os requisitos deste anexo.

NOTA - O desempenho da localização do sinal da fonte de EA é ensaiado de acordo com F.4.2. O sistema deve ser avaliado usando sinais de entrada de 0,5 mV e 10,0 mV de amplitude pico a pico; 0,5 ms e 3,0 ms de duração; e 100 kHz, e 1,0 MHz de frequência proveniente do gerador de pulso.

#### A.1.3 Sensores

##### A.1.3.1 Tipo de sensor

Os sensores de EA devem ser capazes de suportar o ambiente de serviço (temperatura, vibrações, radiações nucleares etc.) por um período de dois anos. Para requisitos adicionais dos sensores, ver anexo F.1.2 e E.1. Na monitoração de componentes nucleares, em adição a alta temperatura, ( $\approx 350^\circ\text{C}$  em muitas locações), o ambiente da superfície do componente pode também incluir nêutrons e radiação gama. Em função da radiação de nêutrons, um guia de onda de EA para alta temperatura, como o descrito no anexo E, deve ser utilizado para isolar os elementos críticos do sensor (cristal piezoelétrico e pré-amplificador associado) do campo de radiação de nêutrons.

##### A.1.3.2 Resposta em frequência

A banda de resposta em frequência da combinação sensor/amplificador deve ser limitada para eliminar a interferência do ruído de fundo como a causada pelo fluxo de fluido refrigerante. O ruído de fundo nas locações em monitoração deve ser caracterizado em termos de intensidade *versus* frequência própria para seleção do sensor de EA a ser utilizado. Esta informação deve ser usada para selecionar o comprimento da banda de frequência para monitoração de EA. A resposta do sensor abaixo da frequência de monitoração selecionada deve ser na taxa mínima de 15 dB por 100 kHz, e pode ser obtida pela indução harmônica da combinação sensor/pré-amplificador. O limite superior da banda da faixa de frequência acima de 1 MHz deve ser na taxa mínima de 15 dB por oitava para ajudar a reduzir a amplificação do ruído.

##### A.1.3.3 Processamento de sinal

O limite para todos os canais sensores deve ser ajustado de  $0,5 V_{\text{pico}}$  até  $1,0 V_{\text{pico}}$  acima do nível de ruído de fundo do canal sensor e todos os canais devem ter o mesmo ajuste.

### A.2 Calibração

#### A.2.1 Bloco de calibração

O bloco de calibração utilizado para calibrar os sensores de EA deve ser um bloco de aço com dimensões mínimas de (100 x 300 x 300) mm, com o sensor montado no centro da maior face, usando a técnica de acoplamento acústico que será aplicada durante a monitoração em serviço.

### **A.2.2 Intervalo de calibração**

O sistema monitor de EA instalado deve ser recalibrado de acordo com F.4 durante cada reenchimento ou parada de manutenção, mas não em tempos maiores que 24 meses.

### **A.3 Avaliação dos resultados**

**A.3.1** O critério de aceitação para a taxa de crescimento das trincas deve estar especificado no procedimento escrito para monitoração.

**A.3.2** Os dados de EA devem ser avaliados com base na taxa de EA derivada de sinais aceitos pela função de identificação de sinal e identificados com a área específica do contorno de pressão.

**A.3.3** A análise dos dados deve identificar um aumento da taxa de EA que seja indicativo do aceleração do crescimento de trinca;

**A.3.4** A taxa quantitativa de crescimento de trinca deve ser estimada usando a correlação:

$$\frac{da}{dt} = 290 \left( \frac{dN}{dt} \right)^{0,53}$$

Onde:

$\frac{da}{dt}$  é a taxa de crescimento da trinca em micropolegadas/segundo;

$\frac{dN}{dt}$  é a taxa de EA [EA como definido na alínea b), em eventos/segundo;

**A.3.5** Se a taxa de crescimento de trinca estimada exceder o critério de aceitação, a área da descontinuidade deve ser examinada com outro método de END na oportunidade mais próxima.

## Anexo B (normativo) Componentes metálicos não nucleares

### B.1 Equipamento

#### B.1.1 Resposta do sensor

Sensores de emissão acústica devem ter uma resposta ressonante entre 100 kHz e 400 kHz. A sensibilidade mínima deve ser - 85 dB, referidos a 1 V/M, determinada por ensaio ultra-sônico face a face. Os sensores devem ter a resposta de frequência com variações que não excedam 4 dB do pico de resposta. Os sensores de EA no ensaio ultra-sônico face a face (ou equivalente) não devem variar no pico de sensibilidade mais que 3 dB de quando eles eram novos.

#### B.1.2 Acoplamento

O acoplante deve fornecer eficiência de acoplamento consistente durante a duração do ensaio.

#### B.1.3 Pré-amplificador

O pré-amplificador deve ser posicionado no intervalo de 2 m do sensor e pré-amplificadores diferenciais devem ter 40 dB no modo comum de rejeição de ruído. A frequência de resposta não deve variar mais que 3 dB acima da faixa de frequência dos sensores, quando posicionados. Filtros devem ser do tipo passa banda ou passa alta e devem fornecer um mínimo de 24 dB no modo comum de rejeição.

#### B.1.4 Cabo de sinal

O cabo de sinal de força deve ser revestido contra ruído eletrônico. A perda de sinal deve ser menor que 1 dB por 300 mm de comprimento de cabo. O comprimento máximo recomendado de cabo é 150 m.

#### B.1.5 Fornecimento de energia elétrica

Deve ser utilizada energia elétrica estável e aterrada.

#### B.1.6 Amplificador principal

O ganho do amplificador principal deve estar dentro de 3 dB acima da faixa de 5°C a 50°C.

#### B.1.7 Processador principal

O processador principal deve ter circuitos para processamento de dados do sensor. Os circuitos do processador principal devem ser capazes do processamento de sinais, contagem, picos de amplitude e energia em cada canal, e devem medir o seguinte:

- limite de rejeição: O equipamento de EA deve ter um controle de limite de rejeição com precisão de  $\pm 1$  dB acima da faixa usual;
- contagem: O circuito contador de EA deve detectar contagens acima do limite ajustado com uma precisão de  $\pm 5\%$ ;
- sinais. O instrumento de EA deve ser capaz de medir, registrar e apresentar no mínimo um total de 20 sinais/segundo para todos os canais;
- pico de amplitude: O circuito de EA deve medir o pico de amplitude com uma acurácia de  $\pm 2$  dB. A faixa dinâmica usual deve ser no mínimo de 60 dB, com resolução de 1 dB acima do comprimento de banda de frequência utilizado. Variações na acurácia de detecção do pico não maiores que 2 dB devem ser eliminadas acima da faixa de temperatura normal de operação. Valores de amplitude devem ser especificados em dB e devem ser referenciados a um ganho de saída fixo do sistema (sensor ou pré-amplificador);

- e) MARSE: O circuito de EA deve medir MARSE com uma acurácia de  $\pm 5\%$ . A faixa dinâmica usual para energia deve ser no mínimo 40 dB;
- f) voltagem paramétrica: Se a voltagem paramétrica for medida, ela deve ser medida com uma acurácia de  $\pm 2\%$  da escala total.

## **B.2 Sensores**

### **B.2.1 Montagem/espacamento do sensor**

Localização e espaçamento de sensores devem ser baseados na caracterização da atenuação, com o fluido de teste no vaso, e a fonte simulada de EA. Para localização dos sensores no vaso utiliza-se, a ABNT NBR 15194. Considerações devem ser tomadas para possíveis efeitos de atenuação das soldas.

### **B.2.2 Espaçamento de sensores para localização multicanal de fontes**

Os sensores devem ser posicionados para que a quebra de grafite em qualquer localização dentro da área de exame seja detectável no mínimo pelo número mínimo de sensores requerido pelo algoritmo de localização multicanal de fontes, com a medida de amplitude especificada pela norma referenciada. A acurácia de localização deve estar dentro de 2 espessuras de parede ou 5% da distância de espaçamento do sensor, o que for maior.

### **B.2.3 Espaçamento de sensor para localização zonal**

Quando a localização zonal for usada, os sensores devem ser posicionados para que a quebra de grafite em qualquer localização dentro da área de exame seja detectável no mínimo por um sensor com a amplitude medida não menor que a especificada pela norma referenciada. O máximo espaçamento de sensor não deve ser maior que uma metade da distância limite. A distância limite é definida como a distância do sensor no qual a quebra de grafite no vaso produz uma amplitude medida igual ao valor do limite de avaliação.

## **B.3 Calibração**

### **B.3.1 Calibração do fabricante**

Componentes do sistema de EA devem ser acompanhados pelo certificado do fabricante das especificações de desempenho e tolerância.

### **B.3.2 Calibração anual**

A instrumentação deve anualmente ter uma calibração seguindo as guias fornecidas pelo fabricante, usando a instrumentação de calibração de acordo com os requisitos de um padrão nacional reconhecido.

### **B.3.3 Verificação de desempenho do sistema**

Antes do início do período de monitoração, a instrumentação de EA deve ser verificada pela inserção de sinal simulado de EA na entrada de cada amplificador principal. O dispositivo de geração do sinal simulado deve fornecer um sinal de envelope do tipo senoidal de amplitude, duração e frequência de emissão mensurável. As calibrações do sistema realizadas no campo devem verificar a operação do sistema para limite de rejeição, contagem, energia e pico de amplitude. Os valores de calibração devem estar dentro da faixa de valores especificada no B.1.7.

### **B.3.4 Verificação do desempenho do sistema durante a monitoração**

A verificação do acoplamento do sensor e continuidade do circuito deve ser realizada em seguida a montagem do sensor e interligação do sistema e novamente durante o ensaio. A resposta do pico de amplitude de cada sensor para uma repetida fonte simulada de EA a uma distância específica do sensor deve ser medida previamente e durante o período de monitoração. O pico de amplitude medido não deve variar mais que  $\pm 4$  dB da média de todos os sensores. Qualquer canal falhando nesta verificação deve ser

reparado ou recolocado, o que for necessário. O procedimento irá indicar a frequência de verificação de desempenho do sistema.

## B.4 Avaliação

### B.4.1 Critério de avaliação - localização zonal

Todos os dados de todos os sensores devem ser utilizados para avaliação de indicações. O critério de EA mostrado na tabela B.1 fornece uma base para assegurar a significância das indicações de EA. Esses critérios estão baseados no ajuste específico das condições de monitoração. O critério utilizado para cada aplicação deve estar especificado na norma referenciada e no procedimento de EA (ver B.4).

**Tabela B.1 – Exemplo de critério de avaliação para localiza zonal**

Vasos de pressão (primeiro ensaio hidrostático utilizando localização zonal)	
Emissões durante o patamar	Não mais que E sinais em um tempo T
Taxa de contagem	Menor que N contagens por sensor para um acréscimo de carga especificado
Número de sinais	Não mais que E sinais acima da amplitude especificada
Amplitude	Não mais que E sinais acima da amplitude especificada
Energia ou amplitude	Energia ou amplitude não aumentam com o acréscimo de carga
Atividade	Atividade não aumenta com o acréscimo de carga
Limite de rejeição de avaliação em dB	50 dB

### B.4.2 Critério de avaliação - Localização multifone

Todos os dados de todos os sensores devem ser utilizados para avaliação das indicações. O critério de EA mostrado na tabela B.2 fornece uma base para assegurar a significância das indicações de EA. Estes critérios são baseados em ajuste específico das condições de monitoração de EA. O critério utilizado para cada aplicação deve ser como especificado na norma referenciada e no procedimento de EA (ver B.4).

**Tabela B. 2 – Exemplo de critério de avaliação para localizar multifone**

Vasos de pressão (primeiro ensaio hidrostático utilizando localização multifone)	
Emissões durante o patamar	Não mais que E sinais de um agrupamento em um tempo T
Taxa de contagem	Menor que N contagens de um agrupamento para um acréscimo de carga especificado
Número de sinais	Não mais que E sinais de um agrupamento acima de amplitude especificada
Amplitude	Não mais que E sinais de um agrupamento acima da amplitude especificada
Energia ou amplitude	Energia ou amplitude de agrupamento não aumenta com o incremento de carga
Atividade	Atividade de agrupamento não aumenta com o aumento de carga
Limite de rejeição de avaliação em dB	50 dB ou especificado no procedimento

### **Anexo C (normativo)**

#### **Componentes não metálicos**

#### **C.1 Considerações do material**

Alta atenuação e anisotropia do material são fatores que influenciam na escolha da frequência dos sensores, espaçamento entre sensores e precisão da localização da fonte.

#### **C.2 Frequência do sensor**

Sensores utilizados para monitorar equipamento de plástico reforçado com fibra de vidro devem ser ressonantes na faixa de frequência de 20 kHz a 200 kHz.

#### **C.2.1 Precisão da localização da fonte**

**C.2.1.1** Técnicas de solução da localização exata da fonte devem ser utilizadas quando monitorando materiais de plásticos reforçados com fibra de vidro, onde alta precisão seja requerida. Para estas aplicações precauções especiais deverão ser tomadas considerando variações imprevisíveis da velocidade acústica no material. A distância entre sensores não deverá exceder 500 mm.

**C.2.1.2** Técnicas de localização zonal requerem que o sinal de EA atinja somente um sensor para prover dados úteis de localização. Espaçamentos de 1 500 mm a 6 000 mm entre sensores podem ser utilizados para cobrir grandes áreas ou o vaso inteiro.

#### **C.3 Calibração**

**C.3.1** Uma calibração da instrumentação pelo fabricante deve ser feita anualmente. A instrumentação utilizada para calibração deve ser referenciada ao INMETRO.

**C.3.2** Calibração periódica em campo deve ser feita com um gerador de forma de onda para verificação do desempenho do processador de sinais.

**C.3.3** Quebra de grafite e/ou técnicas de verificação de desempenho de jatos de gás devem ser feitas periodicamente para averiguar todos os componentes, incluindo acoplamento, sensores, processador de sinais e exibição.

**C.3.4** O limite de referência inferior deve ser determinado utilizando uma placa de chumbo 99% puro com dimensões 1 200 mm x 1 800 mm x 13 mm. A placa deve estar suspensa, sem contato com o chão. O limite de referência inferior é definido como a média das amplitudes medidas de 10z eventos gerados pela quebra de grafite utilizando uma lapiseira 0.3 mm (2H), a uma distância de 1 300 mm do sensor. Todas as quebras de grafite devem ser feitas a um ângulo de aproximadamente 30° com a superfície e um comprimento de grafite de 2,5 mm. O sensor deve ser instalado a 150 mm do lado de dimensão 1200 mm e ao centro dos lados de dimensão 1 800 mm.

**C.3.5** O limite de referência superior deve ser determinado utilizando uma barra de aço de baixo carbono, com dimensões 3 000mm 50 mm 38 mm. As extremidades da barra devem estar apoiadas sobre calços isoladores acústicos. O limite de referência superior é definido como sendo a média das amplitudes medidas de dez eventos gerados pela quebra de grafite utilizando uma lapiseira 0,3 mm (2H), a uma distância de 2 000 mm do sensor. Todas as quebras de grafite devem ser feitas a um ângulo de



aproximadamente 30° com a superfície e um comprimento de grafite de 2,5 mm. O sensor deve ser instalado a 300 mm da extremidade da barra sobre o lado de 50 mm.

#### **C.4 Avaliação/resultados**

##### **C.4.1 Critério de avaliação**

O procedimento de monitoramento deve especificar um critério de aceitação.

**C.4.1.1** Atividade de EA acima dos níveis definidos indica que danos estão ocorrendo.

**C.4.1.2** A razão Felicity de cargas subseqüentes a um nível definido pode indicar a quantidade de dano prévio.

**C.4.1.3** Atividade de emissão durante períodos de cargas constantes indica que danos estão ocorrendo a uma taxa acelerada.

##### **C.4.2 Mecanismo da fonte**

**C.4.2.1** Trincamento da matriz, deslizamento de fibras e quebra da matriz são caracterizados por numerosos sinais de emissão acústica de baixa amplitude. Trincamento da matriz e deslizamento das fibras são geralmente as primeiras indicações de falha. Quebra da matriz é normalmente uma indicação de corrosão ou excessiva tensão térmica.

**C.4.2.2** Delaminação é caracterizada por sinais de EA de alta intensidade e amplitudes médias. Esse tipo de falha é tipicamente encontrado em juntas com ligamentos secundários.

**C.4.2.3** Atividade de EA de altas amplitudes (acima do limite de referência superior) está associada com quebra de fibras e é uma indicação de dano estrutural significativo.



## **Anexo D (normativo)**

### **Zona limitada de monitoração**

#### **D.1 Geral**

##### **D.1.1 Técnicas**

A zona limitada de monitoração é obtida pela instalação de sensores na ou em torno da área de interesse. Sinais originariamente da área externa de interesse são excluídos da análise usando técnicas como triangulação, discriminação de amplitude, coincidência de detecção ou seqüência de chegada de sinal.

##### **D.1.2 Técnica do sensor de guarda**

Uma técnica de seqüência de chegada de sinal comum usa sensores de guarda para limitar a área de interesse. A técnica de sensor de guarda envolve colocação adicional de sensores fora da área de interesse dos sensores de detecção. Chegada de sinal nos sensores de guarda antes dos sensores de detecção implica rejeição deles. Sinais originariamente dentro da área de interesse chegam no sensor de detecção antes de chegar no sensor de guarda e são aceitos pela aquisição de dados e processo de análise.

##### **D.1.3 Outras técnicas**

A descrição anterior de técnicas de zona limitada de monitoração não deve interferir no uso de outras técnicas para fornecer esta função.

#### **D.2 Procedimento**

**D.2.1** Quando a zona limitada de monitoração for usada, a técnica usada para obter esta função deve ser descrita no procedimento (ver B.5). Qualquer técnica, ou combinação de técnicas pode ser utilizada para obter a zona limitada de monitoração fornecida pela técnica descrita no procedimento aplicável.

**D.2.2** Quando apropriado, sensores redundantes devem ser utilizados para fornecer garantia adicional de que a falha de um único sensor não irá interferir na continuidade operacional do sistema de EA através do período de monitoração especificado.

#### **D.3 Calibração do sistema**

Durante a calibração do sistema realizada de acordo com o F.6.2, a efetividade da técnica de zona limitada de monitoração deve ser demonstrada pela introdução de sinais artificiais de EA no lado interno e externo da área de interesse. O sistema de EA deve aceitar no mínimo 90% dos sinais originários do lado interno da área de interesse, e rejeitar no mínimo 90% dos sinais originários do lado externo da área de interesse. Discriminação do sinal pode ser obtida usando qualquer das técnicas listadas acima como especificado no procedimento (ver B.4).

#### **D.4 Avaliação/resultados**

O processamento e a interpretação dos dados deve ser realizada consistentemente com os objetivos da zona limitada de monitoração. Precauções devem ser tomadas para confirmar que os sinais originários de dentro da área de interesse não sejam confundidos com sinais externos a área de interesse. Cuidados também devem ser tomados para verificar que a habilidade do sistema para monitorar a área de interesse não esteja comprometida pelo ruído excessivo externa a área de interesse.

#### **D.5 Relatórios/registros**

Todos os relatórios dos dados coletados usando a aproximação da zona limitada de monitoração deve identificar clara e precisamente a área efetiva de interesse.

## **Anexo E (normativo)**

### **Aplicações em ambientes hostis**

#### **E.1 Sensores**

Para aplicações em altas temperaturas, sensores especiais para alta temperatura devem ser utilizados. Existem dois tipos básicos de sensores para estas aplicações. Sensores montados na superfície construídos para suportar altas temperaturas e sensores guia de onda que removem o sensor piezoelétrico do ambiente de alta temperatura através do uso de uma conexão de guia de onda. Uma interface de metal leve e fino entre o sensor e a superfície do componente tem provado efetividade para reduzir a pressão requerida na interface para obter adequado acoplamento acústico.

##### **E.1.1 Sensores montados na superfície**

Sensores montados diretamente na superfície devem ser avaliados por sua capacidade de suportar o ambiente durante o período de monitoração planejado. Alguns sensores para alta temperatura são limitados no tempo que eles podem suportar a exposição contínua na temperatura alcançada.

##### **E.1.2 Sensores guia de onda**

Os sensores guia de onda descritos abaixo são aplicáveis para aplicações em ambientes hostis onde a unidade sensora (cristal piezoelétrico e pré-amplificador de 20 dB) pode ser colocada em um ambiente menos hostil (por exemplo, temperatura abaixo de 80°C) através do uso de guia de onda menor que 0,5 m de comprimento. O comprimento da guia de onda não é absoluto; contudo, quando a guia de onda incrementa o comprimento, a atenuação do sinal na guia de onda também incrementa.

#### **E.2 Cabos de sinal**

Cabos coaxiais especiais para a temperatura esperada devem ser utilizados para conduzir a informação do sinal de EA do sensor de EA para a locação externa do ambiente.

## **Anexo F (normativo)**

### **Aplicações para detecção de vazamentos**

O desejo de estender a capacidade da detecção de vazamento tem levado à pesquisas para aumentar a tecnologia de detecção de vazamento incluindo tecnologia que é aplicável para equipamentos pressurizados de reatores nucleares. Muitos métodos estão disponíveis para detecção de vazamentos em componentes de equipamentos pressurizados, incluindo monitoração do ruído acústico devido ao fluxo do fluido no local de vazamento. As vantagens do monitoramento acústico são resposta rápida na presença do vazamento e a capacidade de coletar quantitativamente a informação sobre o vazamento. Métodos acústicos de detecção de vazamento podem ser utilizados para detectar gás, vapor, água e vazamentos químicos de aplicações nucleares e não nucleares.

#### **F.1 Equipamento**

##### **F.1.1 Tipo de sensor**

Sensores de EA com sensibilidade conhecida na faixa de frequência de 200 kHz até 500 kHz devem ser utilizados na presença de alto ruído de fundo. Para componentes na presença de baixo ruído de fundo, a monitoração deve ser realizada fora das baixas frequências. Detecção de vazamentos em frequências abaixo de 100 kHz e abaixo de 1 kHz podem ser necessária para detecção de vazamentos em componentes não metálicos.

**F.1.1.1** A seleção de sensores deve ser baseada nas seguintes considerações:

- a) frequência central;
- b) comprimento da banda;
- c) rugosidade;
- d) resposta para temperatura;
- e) umidade;
- f) capacidade dos cabos e pré-amplificadores em suportar o ambiente específico.

Utilizando simulação, as características de resposta do sensor e curvas de taxa de vazamento *versus* intensidade de sinal acústico devem ser determinadas antes da instalação, para maximizar a utilidade da informação do sinal acústico.

**F.1.1.2** Sensores não especificados neste anexo podem ser utilizados se eles tiverem demonstrado ser apropriados para a aplicação e se atenderem ao estabelecido neste anexo. Sensores alternativos, como acelerômetros, microfones, e hidrofones podem ser incluídos.

##### **F.1.2 Guia de onda**

Guias de onda podem ser usadas para isolar o sensor dos ambientes hostis, tais como altas temperaturas ou radiação nuclear para aplicações em reatores nucleares.

**F.1.2.1** Instalações de guia de onda devem considerar os seguintes parâmetros da guia de onda:

- a) comprimento;
- b) diâmetro;
- c) acabamento superficial;

d) material de construção (por exemplo, aço ferrítico, aço inoxidável, alumínio, e materiais cerâmicos). Guias de onda com 3 mm a 13 mm de diâmetro e até 250 mm de comprimento têm se mostrado efetivas e devem ser utilizadas.

**F.1.2.2** Em E.1.2 é descrito um método para montagem da guia de onda. Outros métodos que tem se mostrado efetivos são:

- a) soldar a guia de onda no equipamento em ensaio;
- b) roscar a guia de onda em chapa anexa para pressionar mecanicamente a guia de onda contra o componente metálico;
- c) roscar a guia de onda diretamente no componente.

Ocasionalmente, os sensores são montados e passados através do contorno de pressão de um componente no sentido de ter o sensor no fluido de processo. Em adição, a análise de segurança para instalação e monitoração do sistema deve ser realizada.

### **F.1.2.3 Filtros eletrônicos**

A resposta dos filtros eletrônicos deve ser ajustada para obter a faixa de frequência de monitoração selecionada de operação necessária (ver anexo A). Comprimentos de banda de frequência na faixa de 200 kHz a 250 kHz devem ser avaliados para ambientes de alto ruído de fundo e 1 kHz a 200 kHz para ambientes de baixo ruído de fundo.

## **F.2 Calibração**

**F.2.1** O procedimento de calibração deve ser estabelecido e deve incorporar as técnicas de quebra de barra de grafite e/ou jato de gás descritas em A.3.

**F.2.2** A verificação da calibração do sensor pode ser conduzida por um pulso eletrônico de um dos sensores enquanto a detecção da onda acústica associada é realizada pelos outros sensores.

**F.2.3** Um procedimento de calibração deve ser estabelecido. Durante o período de monitoração, um sistema de auto-verificação deve ser implementado para garantir que o sistema esteja funcionando apropriadamente.

**F.2.4** A qualificação da instrumentação de emissão acústica e os requisitos dos dados de calibração devem estar em acordo com 5.2.

## **F.3 Ensaio**

No sentido de implementar a detecção acústica de vazamento e sistema de localização, as seguintes fases preliminares devem ser atendidas:

- a) identificar os campos de recepção acústica;
- b) determinar o espaçamento entre as guias de onda ou sensores;
- c) encontrar a sensibilidade necessária para os requisitos do sistema;
- d) estabelecer o nível de ruído de fundo;
- e) estimar a relação sinal/ruído como uma função da distância e nível de ruído de fundo para sinais acústicos na faixa de frequência selecionada.

## **F.4 Avaliação/resultados**

### **F.4.1 Indicações de vazamento**

Detecção de vazamento ou indicação de vazamento próximo ou em um campo de sensor deve ser indicada pelo incremento do sinal RMS sobre o ruído de fundo. O incremento do sinal deve ser no mínimo 3 dB ou maior acima do ruído de fundo por um período de no mínimo 30 min.

### **F.4.2 Localização do vazamento**



A localização geral do vazamento pode ser estabelecida pela análise da amplitude relativa do sinal RMS recebido pelo sensor. A localização do vazamento também pode ser determinada pela análise de correlação cruzada dos sinais recebidos pelos sensores, de ambos os lados do campo de vazamento. Autoverificação e calibração para o sistema devem estar de acordo com F.2.