



AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE
ICP™



Procedimento genérico API para o exame ultrassônico de soldas férreas

API-UT-2

Este procedimento define as Técnicas Recomendadas
para o Programa API de Certificação de
Inspetores de Ensaio Ultrassônicos

1. Escopo

1.1. Este procedimento é aplicável apenas a exames ultrassônicos realizados para o Programa de Certificação de Inspetores de Ensaio Ultrassônicos do *American Petroleum Institute* (API).

1.2. Este procedimento se aplica ao exame manual ultrassônico de contato das formas de produtos materiais e projetos de componentes identificados na Figura 1. Os exames devem ser realizados usando a técnica de exame de eco de pulso.

1.3. O objetivo dos exames realizados de acordo com este procedimento é detectar, caracterizar e medir com precisão as descontinuidades de tamanho dentro do volume de exame especificado a partir da superfície externa. Os mecanismos de descontinuidades esperados para cada um desses componentes são identificados na Tabela 1 da Seção 9.0.

1.4 O acesso lateral das duas faces deve estar disponível para todos os corpos de prova. Os exames devem ser sempre realizados em ambos os lados da solda.

1.5 O estado do reforço de solda deve ser "como soldado".

2. Referência

Código de caldeiras e vasos de pressão da American Society of Mechanical Engineers (ASME), Seção V.

3. Requisitos de Pessoal

O pessoal que executa esta qualificação deve ser, no mínimo, certificável para UT Nível II ou III, de acordo com a prática escrita utilizada por seus empregadores.

4. Equipamentos

4.1. Equipamentos Ultrassônicos

Qualquer equipamento ultrassônico pode ser usado, desde que satisfaça os requisitos deste procedimento. Os equipamentos ultrassônicos devem ser equipados com um ganho de dB calibrado ou controle de atenuação escalonado em incrementos de 2 dB ou menos.

4.2. Transdutores Ultrassônicos

Os parâmetros dos transdutores ultrassônicos são identificados na Seção 6.

4.3. Cabeamento

Qualquer tipo e comprimento conveniente de cabo pode ser usado.

4.4. Acoplante

Pode ser usado qualquer material acoplante.

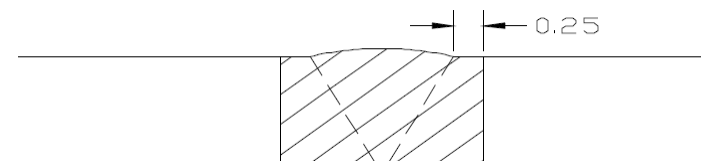
4.5. Blocos de calibração

- 4.5.1. Devem ser fornecidos blocos de calibração para cada componente identificado na Figura 1. O projeto do bloco de calibração está de acordo com ASME B e Código PV Seção V.
- 4.5.2. Os blocos de referência (por exemplo: IIW, DSC, Rompas, etc.) devem ser usados para estabelecer intervalos de tela linear e determinar o ângulo refratado e as informações do ponto de saída. Os blocos de referência devem ser feitos de material férreo.

5. Requisitos da Área de Exame

5.1. Volume ou Região de Exame

A região em exame deve consistir em todo o volume de solda e material de base para uma distância de 1/4 de polegada de cada ponta de solda mostrada abaixo. Este volume se aplica a todas as configurações.



5.2. Requisitos de Condição da Superfície

A superfície de exame deve estar livre de irregularidades, materiais soltos ou revestimentos que interfiram na transmissão da onda ultrassônica.

6. Seleção da Técnica

6.1 Informações Gerais

6.1.1 Esta seção define os requisitos para o modo de propagação do transdutor ultrassônico, frequência, forma/tamanho do elemento e ângulo(s) de exame.

6.1.2 As informações de contorno e espessura da solda devem ser adquiridas e revisadas antes do exame, para garantir que os ângulos de exame e as faixas de tela selecionadas forneçam a cobertura adequada do volume ou região de exame.

6.2 Modo de Propagação do Transdutor Ultrassônico

Os exames devem ser realizados usando transdutor ultrassônico de onda de cisalhamento.

6.3 Frequência da unidade de busca

A frequência central nominal do transdutor ultrassônico deve ser de 5,0 MHz. Outras frequências podem ser usadas a critério do examinador.

6.4 Tamanho do Elemento da Unidade de Pesquisa

6.4.1 O tamanho do elemento do transdutor ultrassônico (e “footprint/pegada” associada) deve ser pequeno o suficiente para permitir contato e acoplamento adequados a cada superfície de exame.

6.4.2 O tamanho do elemento do transdutor ultrassônico de onda de cisalhamento (máximo) deve ser selecionado na tabela abaixo.

Componente	Tamanho Máximo do Elemento Onda de Cisalhamento
Tubo nominal de 8"	0.25"
Tubo nominal de 12"	0.375"
Placa com espessura de 1/2"	0.25"
Placa com espessura de 1"	0.375"

6.4.3 Se o tamanho máximo do transdutor ultrassônico for utilizado, a sapata do transdutor pode exigir condicionamento para permitir maior acesso em áreas limitadas pela largura do reforço da solda. O condicionamento da cunha é definido como a redução da frente da cunha para a dimensão do ponto de saída.

As calibrações devem ser realizadas após a conclusão de todo o condicionamento da cunha.

6.5 Ângulo(s) da unidade de busca

6.5.1 Devem ser usadas sapatas de transdutor projetadas para produzir ângulos de inspeção nominais de 45°, 60° ou 70° em material férrio.

6.5.2 Os ângulos do transdutor ultrassônico selecionados para cada componente devem ser escolhidos com base na configuração do componente e no mecanismo de descontinuidades esperado. Variáveis como projeto de solda, largura do reforço da solda e espessura do material devem ser avaliadas antes de selecionar o(s) ângulo(s) de inspeção.

7. Calibração

O candidato poderá rever qualquer corpo de prova que já tenha concluído, desde que esteja dentro dos prazos do exame.

7.1. Informações Gerais

7.1.1 Os dados de espessura e perfil da solda devem estar disponíveis para revisão antes da calibração.

7.1.2 A calibração deve ser realizada e registrada antes do início de qualquer varredura ou série de varreduras. A calibração deve incluir o sistema de exame ultrassônico completo.

7.2. Configuração do Equipamento

As configurações do equipamento ultrassônico (configurações do pulso e do receptor) devem ser otimizadas durante a calibração para maximizar os recursos de resolução do sistema.

7.3. Ponto de Saída da Unidade de Busca e Medições do Ângulo do Feixe

Os pontos reais de saída do transdutor ultrassônico e os ângulos do feixe devem ser determinados antes da calibração usando um padrão de referência férrio. O seguinte processo é fornecido para referência:

- a) Medição do Ponto de Saída - Posicionar o transdutor ultrassônico perpendicularmente ao raio do bloco de referência e maximize a resposta do sinal. O ponto de saída é o local onde o lado da cunha/unidade de busca coincide com a linha de referência no padrão de calibração.
- b) Medição do Ângulo do Feixe - Posicionar o transdutor ultrassônico perpendicularmente ao refletor de medição do ângulo do feixe aplicável no bloco de referência padrão e maximize a resposta do sinal. O ângulo refratado real é o ponto onde o ponto de saída medido cruza com os gradientes de ângulo inscritos no bloco de referência.

7.4. Calibração da Base de Tempo

Deve ser obtida uma base de tempo linear (faixa da tela) representando o caminho do metal ou a profundidade do material. A base de tempo deve ser calibrada usando um bloco de referência férrio com distâncias de refletor conhecidas.

7.5. Tamanho da Base de Tempo (Intervalo)

7.5.1. O tamanho da base de tempo selecionado deve ser suficiente para fornecer cobertura adequada do volume/região de exame necessário (Figura 1) de cada um dos lados da solda, com tolerância suficiente para a espessura do material e/ou variação do percurso sônico. O tamanho máximo da base de tempo não deve ser excessivo a ponto de comprometer os recursos de resolução. Os tamanhos de base de tempo recomendados são identificados como:

Ângulo de Exame	Tamanho da Base de Tempo (Intervalo)	Refletor(es) de calibração
45°	V- Path Completo (+ ~25%)	Chanfro do Diâmetro Interno/Externo
60°	V- Path Completo (+ ~25%)	Chanfro do Diâmetro Interno/Externo
70°	½ V- Path (+ ~25%)	Chanfro do Diâmetro Interno

7.5.2. O posicionamento do refletor de calibração recomendado para calibrações de ½ V-Path posicionaria adequadamente a resposta do chanfro do diâmetro interno em aproximadamente 7 divisões de tela. O posicionamento do refletor de calibração recomendado para exames V-Path completo posicionaria adequadamente as respostas do chanfro do diâmetro interno e externo em aproximadamente 4 e 8 divisões de tela.

7.5.3. Durante o exame, o tamanho da base de tempo pode ser ajustado para discriminação e caracterização da indicação. O registro final das indicações e o gráfico das indicações devem ser feitos utilizando as configurações de base de tempo estabelecidas durante a calibração.

7.6. Sensibilidade de Referência Primária e Amplitude da Distância Associada (DAC)

O nível de sensibilidade de referência primária e a curva de correção da amplitude da distância associada (DAC) devem ser estabelecidos usando os chanfros da superfície interna e externa da seguinte maneira:

- a) Maximizar a resposta do sinal do chanfro do diâmetro interno (ID) em $\frac{1}{2}$ V-Path e definir a resposta em $\sim 80\%$ FSH, estabelecendo uma linha plana DAC em 80% para exames de $\frac{1}{2}$ V-Path. Para exames além de $\frac{1}{2}$ V-Path, continuar a curva DAC conforme definido na etapa (b).
- b) Sem alterar o controle de ganho estabelecido na etapa (a), determinar e marcar a resposta de sinal máxima obtida do chanfro do diâmetro externo em um V-Path completo. Construir a curva DAC a partir desses pontos.

8. Exame

Sensibilidade do Exame (Ganho de Varredura)

A sensibilidade do exame (ganho de varredura) deve ser no mínimo duas vezes (+ 6 dB) o nível de referência primário.

8.1. Direção de digitalização

Para o exame de refletores orientados paralelamente à solda, o feixe de som deve ser direcionado essencialmente perpendicular ao eixo da solda em duas direções.

8.2. Padrão de digitalização

8.2.1 O movimento do transdutor ultrassônico deve consistir em uma sequência de varredura do tipo *raster* fornecendo sobreposição de feixe adequada na direção de indexação. Este padrão de varredura pode ser complementado conforme necessário com varredura lateral localizada e oscilação do transdutor ultrassônico, para fornecer informações importantes para a caracterização da indicação.

8.2.2 Para exames completos V-Path, o comprimento da varredura deve ser suficiente para permitir a avaliação completa da superfície do diâmetro externo do componente.

8.3. Aplicação da Técnica

8.3.1. A unidade de busca de 70° na calibração em $\frac{1}{2}$ V-Path destina-se a fornecer cobertura em 2 direções da metade inferior do volume de inspeção. Este do transdutor ultrassônico também pode ser utilizado para confirmar indicações na metade superior do volume de inspeção, se a cobertura for obtida.

8.3.2 Os transdutores ultrassônicos de 45° e/ou 60° na calibração VPath completa destinam-se a fornecer cobertura em 2 direções da metade superior do volume de inspeção. Esses transdutores ultrassônicos também podem ser utilizadas para confirmar as indicações na metade inferior do volume de inspeção, se a cobertura for obtida.

8.3.3 A caracterização e o posicionamento das indicações suspeitas devem ser feitos com o(s) ângulo(s) do transdutor ultrassônico que proporcionem maior resposta de indicações.

8.4. Sensibilidade do Exame (Ganho de Varredura)

8.4.1 A sensibilidade do exame (ganho de varredura) deve ser, no mínimo, duas vezes (+ 6 dB) o nível de referência primário. A sensibilidade da varredura deve ser aumentada além do nível de + 6dB enquanto as respostas geométricas permitirem.

8.4.2 A sensibilidade do escaneamento pode requerer ajuste durante o exame para compensar mudanças no tipo de material, espessura, condição da superfície ou para avaliar indicações suspeitas.

8.5. Velocidade da digitalização

A velocidade de digitalização não deve exceder 3,0" por segundo.

9. Avaliação das Indicações

9.1 Informações Gerais

9.1.1 Todas as indicações de descontinuidades suspeitas, independentemente da amplitude, devem ser investigadas na extensão necessária para fornecer caracterização, identidade e localização precisas.

9.1.2 Todas as indicações de descontinuidades suspeitas devem ser plotadas em um desenho da seção transversal da solda, para identificar com precisão a origem específica do refletor.

9.2 Classificação da Indicação

9.2.1 Indicações não relevantes (geométricas/metalúrgicas)

Todas as indicações produzidas por refletores no interior do volume/região a ser examinado que possam ser atribuídas à geometria da configuração da solda (incompatibilidade da superfície interna, geometria da raiz, respostas do reforço da solda, respostas metalúrgicas etc.) devem ser consideradas como indicações não relevantes.

9.2.2 Indicações de Descontinuidade

9.2.1.1 Todas as indicações que são produzidas por refletores dentro do volume/região de exame, que não podem ser claramente atribuídas à geometria da configuração da solda (incompatibilidade da superfície interna, geometria da raiz, respostas do reforço da

solda, respostas metalúrgicas etc.) devem ser consideradas como indicações de descontinuidades. O limite mínimo para reporte de indicações de descontinuidades é identificado na Seção 10.

9.2.1.2 A Tabela 1 identifica os mecanismos de descontinuidades que potencialmente existem nas amostras do exame. Tanto os corpos de prova quanto os conjuntos de exame não são obrigados a conter todas as descontinuidades identificadas nesta tabela.

Tabela 1 – Mecanismo Potencial de Descontinuidades

	Solda de Tubo de 8"	Solda de Tubo de 12"	Placa de 1/2"	Placa de 1"
Trinca conectada à superfície interna (Trinca no Diâmetro Interno)	X	X	X	X
Trinca conectada à superfície externa (Trinca no Diâmetro Externo)	X	X	X	X
Trinca implantada no Centro				X
Falta de penetração na raiz (<i>Lack of Root Penetration</i> - LOP)	X	X	X	
Falta de fusão da parede lateral (<i>Lack of Side Wall Fusion</i> - LOF)	X	X	X	X
Porosidade	X	X	X	X
Inclusão de Escória	X	X	X	X

9.3 Discriminação de Indicação

Indicações de Descontinuidades

Todas as indicações de suspeita de descontinuidades devem ser avaliadas levando em consideração as seguintes características típicas de indicação. Essas características não devem ser consideradas como critérios obrigatórios para relatar indicações como descontinuidades, mas são listadas como pontos significativos de interesse para o examinador considerar durante o exame.

- a. Trinca conectada à superfície interna (Trinca no Diâmetro Interno)**
- b. Trinca conectada à superfície externa (Trinca no Diâmetro Externo)**

- Resposta de amplitude única, significativa e nítida com posições de início e parada definidas
- Movimento de sinal único e significativo ou “caminhada”
- Múltiplos pontos de reflexão (base da descontinuidade, ponta da descontinuidade, facetamento etc.)
- Resposta semelhante a aquela obtida na varredura de direção oposta
- Plota corretamente de ambas as direções (percurso sônico correto, distância da superfície

e posicionamento da trinca em ambas as direções) para a localização esperada da trinca no diâmetro Interno ou externo.

c. Trinca implantada no Centro

- Resposta de amplitude única, significativa e nítida, com posições de início e parada definidas
- Percurso ou “caminhada” de sinal único e significativo
- Resposta semelhante a aquela obtida na varredura de direção oposta (amplitude comparável, posição de superfície, respostas de sinal de cada direção de varredura)
- Não se conecta às superfícies interna ou externa
- Plota corretamente a área da linha central do volume/região da solda em ambas as direções (percurso sônico semelhante e correto, distância da superfície e posicionamento da descontinuidade de ambas ambos os percursos).

d. Falta de penetração na raiz (Lack of Root Penetration - LOP)

- Resposta de amplitude única, significativa e nítida, com posições de início e parada definidas
- Percurso ou “caminhada” de sinal único e significativo
- Resposta semelhante a aquela obtida na varredura de direção oposta
- Plota corretamente perto da linha central da solda em ambas as direções (percurso sônico comparável e correto, distância da superfície e resposta do sinal em ambas as direções)
- Suportado pelo projeto do componente através da dimensão da parede

e. Falta de fusão da parede lateral (Lack of Side Wall Fusion - LOF)

- Resposta de amplitude única, significativa e nítida, com posições de início e parada definidas
- Percurso ou “caminhada” de sinal único e significativo
- A indicação pode fornecer respostas exclusivas das pontas superior e inferior a partir de direções de ângulos favoráveis e varredura
- A resposta da direção de varredura oposta pode ser significativamente reduzida em amplitude ou observável a partir de um percurso sônico e distância superficial muito diferentes
- Plota corretamente perto da linha de fusão da solda

f. Porosidade

- Múltiplas respostas de sinal menos significativas ou clusters de sinal variando aleatoriamente em termos de amplitude e posição
- Plota corretamente para o volume/região da solda
- As posições de início e parada “se misturam” com as respostas de fundo

g. Inclusão de Escória

- Respostas de sinal únicas que representam corretamente o volume/região da solda
- Respostas de amplitude dependentes do tamanho, forma e orientação da inclusão

- Normalmente detectável usando vários ângulos de exame de ambos os lados da solda

9.4 Dimensionamento do Comprimento

9.4.1 O dimensionamento do comprimento geralmente deve ser realizado usando o(s) do transdutor(es) ultrassônico (s) fornecem as respostas de sinal mais significativas.

9.4.2 O dimensionamento do comprimento deve ser executado de maneira semelhante à técnica identificada abaixo. Devem ser avaliados múltiplos ângulos do transdutor ultrassônico para discriminar adequadamente as respostas relativas a descontinuidade das respostas metalúrgicas e geométricas do entorno.

- a) Otimize a resposta do sinal da indicação de descontinuidade.
- b) Examine a área de indicação com foco específico nas respostas do sinal da descontinuidade (por exemplo, formato do sinal, percurso, orientação, efeito de inclinação etc.). Ajuste o ganho do sistema conforme necessário para otimizar a resposta à descontinuidade.
- c) Escaneie uma área adjacente sem descontinuidades no entorno próximo a área da descontinuidade, com foco específico nas respostas geométricas do entorno (ruído de solda, raiz, resposta da capa de solda etc.).
- d) Realize a varredura ao longo do comprimento da descontinuidade em cada direção, até que a resposta do sinal tenha diminuído para ruído de fundo.

10. Registro e relatório do Resultado de Exames

10.1. Informações gerais

10.1.1 Devem ser identificadas na amostra de exame as informações de referência do componente (posição de referência 0, posição, direção do fluxo).

10.1.2 Os resultados do exame devem ser relatados na folha de reporte de resultados do API.

10.2. Indicações Não Relevantes

Indícios não relevantes não precisam ser comunicados.

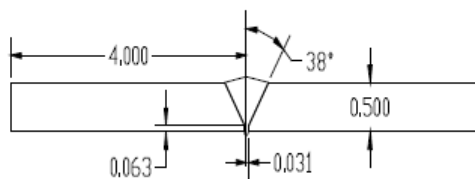
10.3. Indicações de Descontinuidades

10.3.1 Indicações de descontinuidades a partir de 20% de DAC ou mais devem ser relatadas.

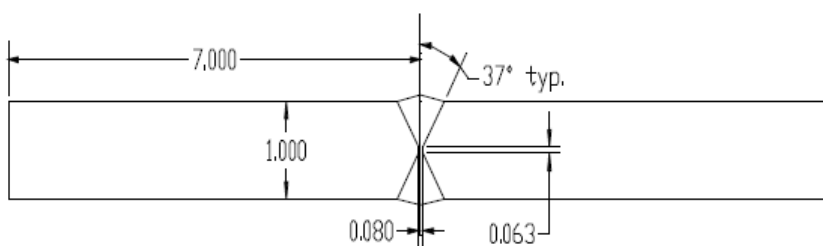
10.3.2 As seguintes informações devem ser registradas nas folhas de reporte de resultados aplicáveis para cada descontinuidade relatada:

- a) A dimensão do comprimento da descontinuidade (L_1 e L_2)
- b) A localização da descontinuidade em relação à linha central da solda (por exemplo, montante, jusante, linha central)
- c) A localização da descontinuidade em relação ao volume/região de solda (por exemplo, superfície interna conectada, superfície externa conectada, embutida)

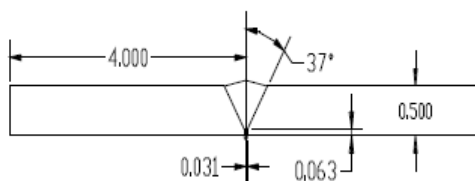
- d) Tipo de descontinuidade (Ver Tabela 1)
- e) e) Resposta de amplitude da descontinuidade como % de DAC e como nível de dB em comparação com a sensibilidade de referência.



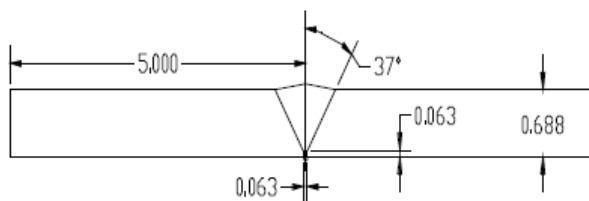
Disposição da Solda de Chapa 1/2



Disposição da Solda de Chapa 1"



Disposição da Solda de Tubo 8" NPS



Disposição da Solda de Tubo 12" NPS