

## ENSAIO NÃO-DESTRUTIVO - ULTRA-SOM

### Procedimento

Esta Norma substitui e cancela a sua revisão anterior.

Cabe à CONTEC - Subcomissão Autora, a orientação quanto à interpretação do texto desta Norma. O Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma é o responsável pela adoção e aplicação dos seus itens.

**Requisito Técnico:** Prescrição estabelecida como a mais adequada e que deve ser utilizada estritamente em conformidade com esta Norma. Uma eventual resolução de não segui-la ("não-conformidade" com esta Norma) deve ter fundamentos técnico-gerenciais e deve ser aprovada e registrada pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada pelos verbos: "dever", "ser", "exigir", "determinar" e outros verbos de caráter impositivo.

**Prática Recomendada:** Prescrição que pode ser utilizada nas condições previstas por esta Norma, mas que admite (e adverte sobre) a possibilidade de alternativa (não escrita nesta Norma) mais adequada à aplicação específica. A alternativa adotada deve ser aprovada e registrada pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada pelos verbos: "recomendar", "poder", "sugerir" e "aconselhar" (verbos de caráter não-impositivo). É indicada pela expressão: **[Prática Recomendada]**.

Cópias dos registros das "não-conformidades" com esta Norma, que possam contribuir para o seu aprimoramento, devem ser enviadas para a CONTEC - Subcomissão Autora.

As propostas para revisão desta Norma devem ser enviadas à CONTEC - Subcomissão Autora, indicando a sua identificação alfanumérica e revisão, o item a ser revisado, a proposta de redação e a justificativa técnico-econômica. As propostas são apreciadas durante os trabalhos para alteração desta Norma.

***"A presente Norma é titularidade exclusiva da PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. – PETROBRAS, de uso interno na Companhia, e qualquer reprodução para utilização ou divulgação externa, sem a prévia e expressa autorização da titular, importa em ato ilícito nos termos da legislação pertinente, através da qual serão imputadas as responsabilidades cabíveis. A circulação externa será regulada mediante cláusula própria de Sigilo e Confidencialidade, nos termos do direito intelectual e propriedade industrial."***

### Apresentação

As Normas Técnicas PETROBRAS são elaboradas por Grupos de Trabalho - GTs (formados por especialistas da Companhia e das suas Subsidiárias), são comentadas pelas Unidades da Companhia e das suas Subsidiárias, são aprovadas pelas Subcomissões Autoras - SCs (formadas por técnicos de uma mesma especialidade, representando as Unidades da Companhia e as suas Subsidiárias) e homologadas pelo Plenário da CONTEC (formado pelos representantes das Unidades da Companhia e das suas Subsidiárias). Uma Norma Técnica PETROBRAS está sujeita a revisão em qualquer tempo pela sua Subcomissão Autora e deve ser reanalisada a cada 5 anos para ser revalidada, revisada ou cancelada. As Normas Técnicas PETROBRAS são elaboradas em conformidade com a norma PETROBRAS N-1. Para informações completas sobre as Normas Técnicas PETROBRAS, ver Catálogo de Normas Técnicas PETROBRAS.

## 1 OBJETIVO

1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis na realização do ensaio não-destrutivo por meio de ultra-som.

1.2 Esta Norma se aplica na medição de espessura, inspeção de chapa grossa e inspeção de solda, através de aparelhagem manual semi-automática, utilizando técnica pulso-eco.

1.3 Esta Norma se aplica à ensaios não-destrutivos por meio do ultra-som efetuados a partir da data de sua edição.

1.4 Esta Norma contém Requisitos Técnicos e Práticas Recomendadas.

## 2 DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Os documentos relacionados a seguir são citados no texto e contêm prescrições válidas para a presente Norma.

- Portaria nº 3214, 08/06/78 - Norma Regulamentadora nº 6 (NR-6) - Equipamentos de Proteção Individual - EPI;
- PETROBRAS N-1590 - Ensaio Não-Destrutivo - Qualificação de Pessoal;
- PETROBRAS N-1738 - Descontinuidades em Juntas Soldadas, Fundidos, Forjados e Laminados;
- PETROBRAS N-2162 - Permissão para Trabalho;
- PETROBRAS N-2371 - Inspeção em Serviço - Medição de Espessura a Quente;
- ABNT NBR ISO 9001 - Sistemas de Gestão da Qualidade - Requisitos;
- ABENDE DC-001 - Qualificação e Certificação de Pessoal em Ensaios Não-Destrutivos;
- ABENDE NA-001 - Qualificação e Certificação de Pessoal em Ensaios Não-Destrutivos;
- ISO 9712 - Non-Destructive Testing - Qualification and Certification of Personnel;
- ASME Section V - Boiler and Pressure Vessel Code;
- ASTM A 609 - Standard Practice for Castings, Carbon, Low-Alloy, and Martensitic Stainless Steel, Ultrasonic Examination;
- ASTM E 317 - Standard Practice for Evaluating Performance Characteristics of Ultrasonic Pulse-Echo Examination Instruments and Systems without the Use of Electronic Measurement Instruments;
- ASTM E 1961 - Standard Practice for Mechanized Ultrasonic Examination of Girth Welds Using Zonal Discrimination with Focused Search Units;
- BSI BS EN 473 - Non-Destructive Testing - Qualification and Certification of NDT Personnel - General Principles Supersedes PD;
- BSI BS EN 12223 - Non-Destructive Testing - Ultrasonic Examination - Specification for Calibration Block No. 1;
- BSI BS EN 12668-2 - Non-Destructive Testing - Characterization and Verification of Ultrasonic Examination Equipment - Part 2: Probes;

BSI BS EN 12668-3	- Non-Destructive Testing - Characterization and Verification of Ultrasonic Examination Equipment - Part 3: Combined Equipment;
BSI BS EN 27963	- Calibration Block No. 2 for Ultrasonic Examination of Welds;
BSI BS EN 45013	- General Criteria for Certification Bodies Operating Certification of Personnel;
DNV OS-F101	- Submarine Pipeline Systems.

### 3 DEFINIÇÕES

Para os propósitos desta Norma são adotadas as definições indicadas nos itens 3.1 a 3.13.

#### 3.1 Acoplante

Qualquer substância (usualmente líquida ou pastosa) introduzida entre o cabeçote e a superfície em ensaio, com o propósito de transmitir as vibrações de energia ultra-sônica entre ambos.

#### 3.2 Ajuste da Sensibilidade

Correções efetuadas no nível de ganho, para ajustar a sensibilidade de varredura, proceder à avaliação de descontinuidades e compensar as diferenças de acoplamento, atenuação sônica, existente entre o material a ser ensaiado e o bloco de referência.

#### 3.3 Bloco-Padrão

Peça de material de composição química, tratamento térmico, forma geométrica e acabamento superficial especificados, por meio do qual o equipamento de ultra-som pode ser calibrado para o ensaio de materiais similares quanto à propagação do som.

#### 3.4 Bloco de Referência

Peça de mesmo material ou mesmo grupo de material, dimensões significativas e forma como as do objeto particular sob ensaio e mesmo tratamento superficial, podendo ou não conter defeitos naturais ou artificiais.

#### 3.5 Cabeçote

Dispositivo elétrico acústico usado para transmitir e/ou receber energia ultra-sônica. O dispositivo geralmente consiste de placa de identificação, conector, carcaça, bloco amortecedor, elemento piezelétrico ou transdutor, sapata de desgaste ou lente.

#### 3.6 Calibração da Sensibilidade

Determinação de ganho em decibéis (dB) necessário, para que o sinal produzido por um refletor-padrão atinja uma dada amplitude.

### 3.7 Chapa Grossa

Chapa de espessura igual ou superior a 4,5 mm.

### 3.8 Medição de Espessura à Frio

Medição realizada em superfícies com temperatura inferior a 60 °C.

### 3.9 Medição de Espessura à Quente

Medição realizada em superfícies com temperatura na faixa entre 60 °C e 550 °C.

### 3.10 Sistema Computadorizado de Ultra-Som

Sistema no qual a aquisição e tratamento de dados são efetuados com recursos computacionais.

### 3.11 Transdutor

Dispositivo elétrico acústico (cristal) empregado para conversão de energia elétrica em acústica e vice-versa.

### 3.12 Ultra-Som Manual

Ensaio cuja movimentação do cabeçote e transferência de posição se dá sem auxílio de dispositivos mecânicos.

### 3.13 Ultra-Som Mecanizado

Ensaio cuja movimentação do cabeçote e transferência de posição se dá com auxílio de dispositivos mecânicos motorizados ou não.

## 4 CONDIÇÕES GERAIS

As condições gerais devem ser conforme o código ASME Section V e com as complementações e exceções descritas nos itens 4.1 a 4.9.

### 4.1 Registro de Resultados

4.1.1 Os resultados dos ensaios devem ser registrados por meio de um sistema de identificação e rastreabilidade que permita correlacionar o local ensaiado com o relatório e vice-versa.

4.1.2 A descrição da sistemática de registro de resultados pode ser dispensada de constar no procedimento de inspeção, a critério da PETROBRAS, se o executante (órgão da PETROBRAS ou firma executante) apresentar em seu Sistema de Qualidade, uma sistemática que atenda ao item 4.1.1. **[Prática Recomendada]**

4.1.3 Recomenda-se que a terminologia para denominação das descontinuidades seja de acordo com a norma PETROBRAS [N-1738](#). **[Prática Recomendada]**

4.1.4 Para sistemas computadorizados deve ser elaborada uma sistemática de organização, identificação e arquivamento dos resultados de ensaio, que permita correlacionar o arquivo de dados com o local ensaiado e vice-versa.

#### 4.2 Materiais

Os materiais a serem inspecionados devem ser classificados, de acordo com a TABELA 1, em função de suas propriedades acústicas.

**TABELA 1 - GRUPO DE MATERIAIS SIMILARES**

Grupo	Descrição do Material
1	Aços-carbono
2	Aços inoxidáveis austeníticos
3	Alumínio e suas ligas

Nota: Outros materiais devem ser considerados individualmente como um grupo. Neste caso, deve ser feita uma descrição sucinta da composição do material. Exemplo: Aço com 9 % Cr e 1 % Mo.

#### 4.3 Aparelhagem

4.3.1 Para medição de espessura, deve ser utilizado um aparelho de leitura digital, com exatidão de medição de  $\pm 0,1$  mm, sendo que o uso de outro diferente do citado implica em aprovação prévia pela PETROBRAS.

4.3.2 Para a inspeção de chapa grossa e inspeção de solda deve ser utilizada uma aparelhagem que atenda os requisitos das normas de fabricação, construção, montagem e serviço (como exemplo: norma ASTM E 1961 e norma DNV OS-F101).

#### 4.4 Calibração da Aparelhagem

4.4.1 A aparelhagem e os materiais componentes do ensaio devem estar em conformidade com os requisitos da norma ABNT NBR ISO 9001.

4.4.2 Recomenda-se que a calibração da aparelhagem seja realizada de acordo com as normas BSI BS EN 12668-2 e BSI BS EN 12668-3. **[Prática Recomendada]**

#### 4.4.3 Calibração dos Blocos-Padrão e de Referência

4.4.3.1 A integridade, rugosidade superficial e dimensões devem estar de acordo com as respectivas normas específicas (exemplo: normas BSI BS EN 12223, BSI BS EN 27963, ASTM A 609 e código ASME Section V).

4.4.3.2 A periodicidade de calibração dos blocos depende da freqüência e condições de utilização. Recomenda-se que a periodicidade de aferição não seja superior a 24 meses. **[Prática Recomendada]**

#### 4.4.4 Calibração dos Aparelhos e Cabeçotes

4.4.4.1 As calibrações a serem efetuadas, bem como os métodos, as tolerâncias e a periodicidade, devem estar de acordo com a TABELA 2.

**TABELA 2 - CALIBRAÇÃO DOS APARELHOS E CABEÇOTES**

	Item a ser Calibrado	Método	Tolerância	Periodicidade Mínima	
				US - Manual (ver Notas 3 e 4)	US - Mecanizado (ver Notas 3 e 5)
Aparelho	- Linearidade Horizontal	ASTM E 317/ BSI BS EN 12668-3 item 3.2.1	BSI BS EN 12668-3 item 3.2.1 (ver Nota 1)	Semanal	Semanal
	- Linearidade de Controle/Ganho	ASTM E 317/ BSI BS EN 12668-3 item 3.2.2	BSI BS EN 12668-3 item 3.2.2 (ver Nota 1)	Diária	Diária
Cabeçotes	- Ponto de Saída do Feixe Sônico	BSI BS EN 12668-3 item 3.3.1 ou item 3.3.3	BSI BS-EN 12668-3 item 3.3.1	Diária	Semanal (ver Nota 3)
	- Ângulo Real do Cabeçote	BSI BS EN 12668-3 item 3.3.2 ou item 3.3.3	± 2°	Diária	Semanal (ver Nota 3)
	- Perfil do Feixe Sônico (ver Nota 2)	BSI BS EN 12668-2	± 1° no ângulo de divergência do feixe	Semanal (ver Nota 2)	Mensal (ver Nota 3)
	- Alinhamento do Feixe Sônico	BSI BS EN 12668-2 item 7.9.4.1, alínea b)	BSI BS EN 12668-2 item 7.9.4.2	Mensal	Mensal
Conjunto Aparelho/ Cabos/ Cabeçotes	- Estado Físico e Aspecto Externo	BSI BS-EN 12668-3 item 3.4	BSI BS EN 12668-3 item 3.4	Diária	Diária
	- Sensibilidade e Relação Sinal/Ruído			Semanal	Semanal
	- Duração de Pulso			Semanal	Semanal
	- Resolução	(ver Nota 6)	(ver Nota 7)	Mensal	Mensal

- Notas:
- 1) Não é permitida a utilização de aparelhos que excedam à tolerância.
  - 2) A calibração do perfil do feixe sônico só é requerida quando for executado o dimensionamento da altura das descontinuidades.
  - 3) A periodicidade especificada é estabelecida para condições normais de trabalho. Esta periodicidade pode ser alterada, em função da freqüência de utilização, rugosidade superficial e características dos equipamentos.  
**[Prática Recomendada]**
  - 4) Qualquer reparo ou manutenção na aparelhagem implica na necessidade de nova calibração, independentemente da periodicidade estabelecida.
  - 5) Outras normas e periodicidades podem ser aceitas a critério da PETROBRAS.  
**[Prática Recomendada]**
  - 6) Devem ser utilizados 2 refletores adjacentes, com distância na base de tempo entre os picos maximizados para a altura total da tela, equivalente a 2 1/4 comprimento de onda.
  - 7) A diferença em amplitude entre o ponto de interseção entre os sinais e o pico do menor sinal descritos na Nota 6 deve ser de, no mínimo, 6 dB.

4.4.4.2 As calibrações indicadas na TABELA 2 devem ser registradas apropriadamente e devem estar disponíveis para apreciação da PETROBRAS.

#### 4.5 Acoplante

O acoplante deve ter boa propriedade de molhar a superfície, podendo ser líquido ou pastoso, não sendo permitido acoplante oleoso quando prejudicar a preparação (limpeza) da superfície para a realização de outro ensaio não-destrutivo.

#### 4.6 Preparação de Superfície

4.6.1 A superfície de ensaio deve ser adequada para permitir a inspeção ultra-sônica na sensibilidade indicada. Se for necessário, as superfícies podem ser esmerilhadas, jateadas, escovadas, raspadas ou preparadas de alguma outra forma, para a realização do ensaio. Deve ser citado o método a ser empregado na preparação da superfície.

Nota: O bloco de referência deve ter na superfície de contato do cabeçote e na superfície oposta, o mesmo tratamento superficial da peça em exame.

4.6.2 Para aços inoxidáveis austeníticos e ligas de níquel, as ferramentas de preparação de superfície destes materiais devem ser utilizadas apenas para eles e atender aos seguintes requisitos:

- a) ser de aço inoxidável ou revestida com este material;
- b) os discos de corte e esmerilhamento devem ter alma de náilon ou similar.

#### 4.7 Qualificação de Pessoal

4.7.1 Os inspetores de ensaio não-destrutivo devem ser certificados de acordo com as normas PETROBRAS [N-1590](#), ABENDE DC-001 e ABENDE NA-001.

4.7.2 Para os serviços de inspeção executados no exterior, os inspetores de ensaio não-destrutivo devem ser certificados conforme norma BSI BS EN 45013 e norma ISO 9712 ou norma BSI BS EN 473, sendo neste caso, necessária a aprovação prévia pela PETROBRAS.

#### **4.8 Qualificação de Procedimento**

4.8.1 Todos os procedimentos de ensaio devem ser qualificados por profissional nível 3 de acordo com a norma de projeto, fabricação, construção e montagem e as evidências da qualificação devem estar disponíveis para apreciação da PETROBRAS.

4.8.2 Quando não especificado na norma de projeto, fabricação, construção e montagem, a qualificação do procedimento deve ser efetuada em corpos-de-prova representativos da inspeção a ser efetuada. As características e a quantidade dos corpos-de-prova devem ser aprovadas pela PETROBRAS.

#### **4.9 Requisitos de Segurança e Ambientais**

4.9.1 Devem ser considerados os aspectos ambientais, impactos ambientais e riscos e perigos causados pela atividade de inspeção em serviço.

4.9.2 Antes do início dos trabalhos de inspeção dentro das instalações PETROBRAS, deve ser obtida uma permissão de trabalho, conforme a norma PETROBRAS [N-2162](#), onde são definidos os requisitos de segurança para a execução dos trabalhos de inspeção. Em caso de não-conformidade, comunicar ao órgão gestor da segurança industrial e meio ambiente.

4.9.3 Utilizar os EPIs necessários para execução dos serviços de inspeção, conforme a norma regulamentadora nº 6 (NR-6).

4.9.4 Verificar se os acessos, andaimes e iluminação são suficientes e adequados.

4.9.5 Verificar se os trabalhos de manutenção em paralelo não oferecem riscos à segurança.

### **5 CONDIÇÕES ESPECÍFICAS**

#### **5.1 Medição de Espessura à Frio**

##### **5.1.1 Procedimento de Inspeção**

5.1.1.1 Devem constar os seguintes itens, na seqüência indicada:

- a) objetivo;

- b) normas de referência, incluindo edição/revisão;
- c) material, faixa de espessura a ser medida (exemplo: aço-carbono, espessura de 25 mm a 30 mm);
- d) aparelho, tipo, fabricante e modelo;
- e) sistema de aquisição de dados computadorizado incluindo programa de computador (software) e versão do programa, quando aplicável;
- f) cabeçote, tipo, dimensões, freqüência, faixas de espessura e temperatura, citando fabricante e modelo;
- g) método de calibração;
- h) condição superficial, técnica de preparação e temperatura da superfície;
- i) acoplante, citando faixa de temperatura;
- j) descrição do sistema de varredura (manual ou mecanizado), quando aplicável;
- k) requisitos adicionais;
- l) requisitos de segurança e ambientais conforme item 4.9 desta Norma;
- m) sistemática de registro de resultados;
- n) modelo de relatório de registro de resultados.

Nota: As alíneas c), d), e), f), g), h), i) e j) são citadas no código ASME Section V.

5.1.1.2 O procedimento deve ter o nome do emitente (órgão PETROBRAS ou firma executante), ser numerado e ter indicação da revisão.

### **5.1.2 Método de Calibração**

A calibração deve ser executada em um bloco-padrão. O aparelho deve ser considerado calibrado para medir espessura numa faixa de  $\pm 25\%$  da espessura do bloco-padrão (exemplo: se a calibração for feita em um bloco-padrão de 100 mm de espessura, o aparelho está calibrado para medir espessura de 75 mm a 125 mm). Para aparelhos que possuem sistema interno de compensação do “Caminho-V” (“V-Path”) devem ser seguidas as recomendações do fabricante. A calibração deve ser efetuada, diariamente, a cada:

- a) início de serviço;
- b) etapa que não deve ultrapassar a 1 hora de serviço;
- c) reinício do serviço após cada interrupção.

### **5.1.3 Bloco-Padrão**

Deve ser de material do mesmo grupo da peça a ser medida e a sua espessura deve estar numa tolerância de  $\pm 0,05$  mm da espessura nominal.

### **5.1.4 Qualificação do Procedimento de Inspeção**

Deve ser efetuada fazendo-se uma série de 5 leituras em, no mínimo, 3 blocos-padrão com espessuras diferentes, compreendidas na faixa para a qual o aparelho é considerado calibrado. O procedimento deve ser considerado qualificado se o desvio de cada uma das leituras for igual ou inferior a 0,2 mm, em relação ao padrão.

### **5.1.5 Revisão e/ou Requalificação do Procedimento de Inspeção**

5.1.5.1 Sempre que qualquer das variáveis citadas no item 5.1.1.1 for alterada, deve ser emitida uma revisão do procedimento.

5.1.5.2 Sempre que qualquer das variáveis citadas nas alíneas c), d), e), f), g), h) e i) do item 5.1.1.1 for alterada, o procedimento deve ser requalificado.

### 5.1.6 Registro dos Resultados

Deve ser emitido um relatório contendo:

- a) nome do emitente (órgão da PETROBRAS ou firma executante);
- b) identificação numérica;
- c) identificação da peça, equipamento ou tubulação;
- d) número e revisão do procedimento;
- e) identificação, incluindo o número de série, do aparelho e cabeçote;
- f) sistema de aquisição de dados computadorizado incluindo programa de computador (software) e versão do programa, quando aplicável;
- g) equipamento de varredura, quando usado;
- h) condição da superfície inspecionada;
- i) temperatura da peça;
- j) velocidade sônica e espessura do bloco de calibração utilizado;
- k) registro dos resultados;
- l) normas e/ou valores de referência para interpretação dos resultados;
- m) laudo indicando aceitação, rejeição ou recomendação de ensaio complementar;
- n) data;
- o) identificação e assinatura do inspetor responsável.

Nota: Para inspeção em serviço, a alínea m) somente é requerida quando solicitada pela fiscalização da PETROBRAS.

### 5.2 Medição de Espessura à Quente

Conforme norma PETROBRAS [N-2371](#).

### 5.3 Inspeção de Chapa Grossa

#### 5.3.1 Procedimentos de Inspeção

5.3.1.1 Devem constar os seguintes itens, na seqüência indicada:

- a) objetivo;
- b) normas de referência, incluindo edição/revisão;
- c) material e faixa de espessura a ser ensaiada (exemplo: aço-carbono, espessura de 25 mm a 30 mm);
- d) aparelho, tipo, fabricante e modelo;
- e) sistema de aquisição de dados computadorizado incluindo programa de computador (software) e versão do programa, quando aplicável;
- f) cabeçote, tipo, dimensões e freqüência, citando fabricante e modelo;
- g) método e periodicidade de aferição da aparelhagem;
- h) método de calibração;
- i) condição superficial e técnica de preparação;

- j) acoplante;
- k) técnica de varredura;
- l) descrição do sistema de varredura (manual ou mecanizado), quando aplicável;
- m) requisitos adicionais;
- n) critério de registro e aceitação de descontinuidades;
- o) método de dimensionamento das descontinuidades;
- p) sistemática de registro de resultados;
- q) requisitos de segurança e ambientais conforme item 4.9 desta Norma;
- r) relatório de registro de resultados.

Nota: As alíneas c), d), e), f), g), h), i), j), k) e l) são citadas no código ASME Section V.

5.3.1.2 O procedimento deve ter o nome do emitente (órgão da PETROBRAS ou firma executante), ser numerado e ter indicação da revisão.

5.3.1.3 Devem prevalecer os requisitos da norma de fabricação do produto quando forem diferentes dos citados nos itens 5.3.2 e 5.3.6.

### 5.3.2 Cabeçotes

Devem ter as seguintes características:

- a) tipo normal (ondas longitudinais);
- b) dimensões de diâmetro variando de 10 mm a 30 mm ou quadrado com 10 mm a 25 mm de lado, podendo ser usado também transdutor com uma área mínima ativa de  $25 \text{ mm}^2$ ;
- c) freqüência na faixa de 2 MHz a 5 MHz. **[Prática Recomendada]**

### 5.3.3 Método de Calibração

5.3.3.1 Deve ser conforme prescrito na norma de fabricação.

5.3.3.2 A calibração da escala de distância deve ser feita por meio de bloco-padrão nº 1 e/ou nº 2, segundo as normas BSI BS EN 12223 e BSI BS EN 27963 e ser efetuada diariamente a cada:

- a) início de serviço;
- b) etapa que não deve ultrapassar 1 hora de serviço;
- c) reinício do serviço após cada interrupção.

### 5.3.4 Técnica de Varredura

5.3.4.1 A superfície da chapa deve ser demarcada segundo uma das 3 opções da TABELA 3.

### TABELA 3 - TÉCNICA DE VARREDURA

Tipo de Varredura	Diâmetro do Cabeçote (mm)	Distância Entre Linhas Varredura (mm)
Linhas perpendiculares entre si formando reticulado quadrado	$\leq 15$	100
	$> 15$	230
Linhas paralelas transversais ao maior eixo da chapa	$< 15$	40
	$> 15$	100
Linhas paralelas ao maior eixo da chapa	$\leq 15$	30
	$> 15$	75

5.3.4.2 Chapas sujeitas a danos em operação, exemplo degradação pela ação de H<sub>2</sub>S, a varredura pode ser diferente da TABELA 3 a critério da PETROBRAS. **[Prática Recomendada]**

#### 5.3.5 Critério de Registro e Aceitação

O critério de registro e aceitação de descontinuidades, deve estar de acordo com as normas de referência e/ou especificações de projeto. Para inspeção em serviço, o critério de aceitação deve ser aquele indicado pela fiscalização da PETROBRAS.

#### 5.3.6 Qualificação do Procedimento de Inspeção

5.3.6.1 Deve ser efetuada em padrão contendo descontinuidades planas situadas na metade da espessura do padrão.

5.3.6.2 O padrão deve ter espessura dentro de  $\pm 25\%$  da espessura da peça, equipamento ou tubulação a ser ensaiada e o procedimento é considerado qualificado, se detectar e avaliar corretamente os refletores considerados no padrão.

#### 5.3.7 Revisão e/ou Requalificação do Procedimento de Inspeção

5.3.7.1 Sempre que qualquer das variáveis citadas no item 5.3.1.1 for alterada deve ser emitida uma revisão do procedimento.

5.3.7.2 Sempre que qualquer das variáveis citadas nas alíneas c), d), e), f), g), h), i) e l) do item 5.3.1.1 for alterada, o procedimento deve ser requalificado.

#### 5.3.8 Registro dos Resultados

Deve ser emitido um relatório contendo:

- a) nome do emitente (órgão da PETROBRAS ou firma executante);

- b) identificação numérica;
- c) identificação da peça, equipamento ou tubulação;
- d) número e revisão do procedimento;
- e) condição da superfície;
- f) registro dos resultados, incluindo, espessura do material, aparelho e cabeçote empregado, incluindo número de série, delimitação e posicionamento da descontinuidade em relação a uma das faces;
- g) sistema de aquisição de dados computadorizado incluindo programa de computador (software) e versão do programa, quando aplicável;
- h) equipamento de varredura, quando usado;
- i) normas e/ou valores de referência para interpretação dos resultados;
- j) laudo indicando aceitação, rejeição ou recomendação de ensaio complementar;
- k) data;
- l) identificação, assinatura e nível do inspetor responsável.

Notas: 1) As alíneas c), d), e), j), k) e l) são citadas no código ASME Section V.  
2) Para inspeção em serviço, a alínea j) somente é requerida quando solicitada pela fiscalização da PETROBRAS.

## 5.4 Inspeção de Solda

### 5.4.1 Procedimento de Inspeção

5.4.1.1 Devem constar os seguintes itens, na seqüência indicada:

- a) objetivo;
- b) normas de referência, incluindo edição/ revisão;
- c) material (metal de base e metal de adição) e espessura;
- d) desenho com detalhes dimensionais da solda;
- e) aparelho, tipo, fabricante e modelo;
- f) cabeçote, tipo, dimensões, ângulo, freqüência e faixa de espessura de utilização, citando fabricante e modelo;
- g) técnica a ser usada (exemplo: método contato direto, técnica pulso-eco);
- h) método e periodicidade de calibração da aparelhagem;
- i) método de calibração;
- j) ajuste da sensibilidade do aparelho;
- k) condição superficial e técnica de preparação;
- l) acoplante;
- m) técnica de varredura;
- n) sistema de aquisição de dados computadorizado incluindo programa de computador (software) e versão do programa, quando aplicável;
- o) descrição do sistema de varredura (manual ou mecanizado), quando aplicável;
- p) requisitos adicionais (se houver);
- q) critério de registro e aceitação de descontinuidade;
- r) sistemática de identificação e rastreabilidade dos resultados;
- s) registro de resultados;
- t) modelo de relatório de registro de resultados;
- u) limpeza final;
- v) requisitos de segurança e ambientais conforme item 4.9 desta Norma.

Nota: As alíneas c), d), e), g), i), l), m), n), o), q), r) e t) são citadas no código ASME Section V.

5.4.1.2 O procedimento deve ter o nome do emitente (órgão da PETROBRAS ou firma executante), ser numerado e ter indicação de revisão.

#### 5.4.2 Cabeçotes

5.4.2.1 Devem ser conforme a norma de projeto ou construção do equipamento.

5.4.2.2 Recomenda-se, no caso de dutos, o emprego de sistemas mecanizados/computadorizados com cabeçotes de feixe focalizado. **[Prática Recomendada]**

5.4.2.3 Os cabeçotes não devem produzir grama excessiva, de modo a permitir a fácil identificação de um eco com altura de 10 % da altura total da tela, na sua área de utilização.

5.4.2.4 Recomenda-se, para juntas de topo, a seleção dos ângulos dos cabeçotes observando os seguintes requisitos: **[Prática Recomendada]**

- a) deve ser compatível com o detalhe dimensional da junta soldada;
- b) ser compatível com o tipo de descontinuidade a ser detectada;
- c) -60° e 70° para espessuras até 15 mm;
- d) -60° e 70° ou 45° e 60° para espessuras entre 15 mm e 25 mm;
- e) -45° e 60° ou 45° e 70° para espessuras entre 25 mm e 40 mm;
- f) -45° e 60° para espessuras acima de 40 mm.

5.4.2.5 Para tipos de juntas diferentes das juntas de topo aplicar as alíneas a) e b) do item 5.4.2.4 e devem ser utilizados, no mínimo, 2 cabeçotes de ângulos diferentes.

#### 5.4.3 Método de Calibração

5.4.3.1 Deve ser conforme prescrito na norma de projeto ou construção de equipamento.

5.4.3.2 Se na traçagem da curva de referência de Distância x Amplitude (DACP), os últimos pontos ficarem abaixo de 20 % de altura da tela, deve ser construída uma nova curva a partir destes pontos, denominada curva de referência auxiliar.

5.4.3.3 No caso de sistemas de inspeção computadorizados, os dados e parâmetros de calibração (setup de calibração do aparelho) utilizados em cada inspeção devem fazer parte da documentação eletrônica de registro de resultados gerada. A forma de apresentação deve ser aprovada pela PETROBRAS.

#### 5.4.4 Ajuste da Sensibilidade

5.4.4.1 A correção, devido à perda por transferência para cabeçotes normais e duplo-cristal, deve ser executada da seguinte maneira:

- a) maximizar um eco de fundo do bloco de referência e com o auxílio do controle de ganho, posicioná-lo a 80 % da altura total da tela do aparelho;
- b) com o mesmo ganho, posicionar o cabeçote na peça a ser examinada;
- c) verificar a diferença na altura dos ecos em decibéis, sendo esta diferença denominada perda por transferência (PT), que deve ser acrescida ou diminuída no ganho primário (GP);
- d) o ganho resultante é denominado ganho corrigido ( $GC = GP \pm PT$ ).

5.4.4.2 A correção, devido à perda por transferência para cabeçotes angulares, deve ser executada da seguinte maneira:

- a) com o bloco de referência deve ser traçada a curva mostrada na FIGURA A-1 do ANEXO A, com 2 cabeçotes de mesmo ângulo, freqüência, tipo e fabricante, utilizados no ensaio, um como emissor e outro como receptor;
- b) os cabeçotes devem ser posicionados conforme FIGURA A-1 do ANEXO A, de modo a se obter o sinal E/R1, sendo o sinal maximizado e colocado a 80 % de altura da tela;
- c) sem alterar o ganho, os sinais das posições E/R2 e E/R3 devem ser marcados na tela;
- d) interligar os pontos de E/R1 a E/R3 obtendo-se uma curva sobre a tela;
- e) com o mesmo ganho, posicionam-se os cabeçotes na peça a ser examinada (ver FIGURA A-1 do ANEXO A), na posição E/P1 e, se a altura do eco deste posicionamento for igual à altura da curva [ver alínea b)], não são necessárias correções;
- f) havendo diferenças, ajusta-se a altura encontrada no material da peça para a mesma altura da curva [ver alínea b)] e anota-se o número de decibéis (PT) que devem ser acrescidos ou diminuídos no ganho primário (GP) ou ganho auxiliar (GA);
- g) o ganho resultante é denominado ganho corrigido ( $GC = GP \pm PT$ ) ou ( $GC = GA \pm PT$ ).

5.4.4.3 O ganho para varredura deve ser o ganho corrigido acrescido de 6 dB.

5.4.4.4 Para avaliação de descontinuidades, o ganho deve ser o ganho corrigido, sem o acréscimo de 6 dB.

#### 5.4.5 Técnica de Varredura

5.4.5.1 Deve ser conforme prescrito na norma de projeto ou construção do equipamento.

5.4.5.2 A área percorrida pelo cabeçote angular deve ser suficiente para que seja ensaiada toda a solda e mais 20 mm de metal de base de cada lado da solda, ao longo da seção transversal, com incidência do feixe sônico o mais perpendicular possível com a zona de ligação (ver FIGURA A-2 do ANEXO A). O ensaio, sempre que possível, deve ser feito por ambos os lados da solda. Deve ser efetuada a marcação física dos limites da área a ser percorrida pelo cabeçote, por meio de tinta, lápis, riscador, fita magnética ou outro meio adequado.

5.4.5.3 Para cada tipo de equipamento ou instalação devem ser anexados ao procedimento desenhos esquemáticos das juntas indicando ângulos de cabeçote, superfícies e lados de varredura a serem utilizados para inspecionar o volume total da solda.

5.4.5.4 Para juntas do tipo “narrow gap”, recomenda-se a utilização da técnica “Tandem”. **[Prática Recomendada]**

#### 5.4.6 Critério de Registro e Aceitação

5.4.6.1 O critério de registro e aceitação de descontinuidades deve estar de acordo com as normas de referência e/ou especificações de projeto. Para inspeção em serviço, o critério de aceitação deve ser aquele indicado pela fiscalização da PETROBRAS.

5.4.6.2 Quando não for definido pelas normas de referência, o seguinte critério deve ser utilizado:

- a) devem ser registradas todas as descontinuidades longitudinais à solda que tiverem a refletividade:
  - maior que a curva de 50 %; ou
  - maior que a curva de 20 % e comprimento superior a 20 mm;
- b) devem ser registradas todas as descontinuidades transversais à solda que tiverem refletividade maior que a curva de 20 %;
- c) descontinuidades registradas com posição longitudinal à solda são consideradas defeitos e devem ser reparadas se:
  - tiverem refletividade maior ou igual a curva de referência; ou
  - tiverem refletividade entre as curvas de 50 % e 100 % ( $curva\ 50\% \leq\ refletividade < curva\ 100\%$ ) e comprimento superior a 2/3 da espessura ou 15 mm, o que for maior, ou tiverem refletividade entre as curvas de 20 % e 50 % ( $curva\ 20\% \leq\ refletividade < curva\ 50\%$ ) e comprimento superior a 1,5 da espessura ou 25 mm, o que for maior;
- d) descontinuidades registradas, com posição transversal à solda, isto é, que tenham sido detectadas por varredura paralela ou aproximadamente paralela à direção longitudinal da solda, são consideradas defeitos e devem ser reparadas.

5.4.6.3 O comprimento das descontinuidades registráveis deve ser determinado pelo método da queda dos 6 dB nos extremos das descontinuidades.

5.4.6.4 A determinação da altura das descontinuidades, quando requerida, deve ser realizada pelo método de dimensionamento mais indicado para as características, orientação e morfologia da descontinuidade.

Nota: Recomenda-se, sempre que possível, o emprego de técnicas baseadas em difração. **[Prática Recomendada]**

#### 5.4.7 Qualificação do Procedimento de Inspeção

5.4.7.1 Deve ser efetuada nos blocos-padrão e de referência utilizados para calibração do aparelho, e o procedimento é considerado qualificado se a calibração puder ser efetuada atendendo ao descrito no item 5.4.3.1.

5.4.7.2 Para sistemas mecanizados/computadorizados adicionalmente ao estabelecido no item 5.4.7.1, o procedimento deve apresentar resultados satisfatórios em, no mínimo, 2 corpos-de-prova representativos das situações mais críticas a que o procedimento deve ser aplicado, contendo descontinuidades naturais ou artificiais.

#### 5.4.8 Revisão e/ou Requalificação do Procedimento de Inspeção

5.4.8.1 Para ultra-som manual sempre que qualquer das variáveis citadas no item 5.4.1.1 for alterada, deve ser emitida uma revisão do procedimento.

5.4.8.2 Sempre que quaisquer das variáveis citadas nas alíneas c), e), f), g), h), i), j), n) e o) do item 5.4.1.1 for alterada, o procedimento deve ser requalificado.

5.4.8.3 Para o ultra-som mecanizado deve ser realizada uma análise para verificar a necessidade de requalificação do procedimento em função de alteração de qualquer uma das demais variáveis não citadas no item 5.4.8.2.

#### 5.4.9 Registro de Resultados

Deve ser emitido um relatório contendo, no mínimo:

- a) nome do emitente (órgão da PETROBRAS ou firma executante);
- b) identificação numérica;
- c) identificação da peça, tipo, grau, diâmetro, espessura;
- d) número e revisão do procedimento;
- e) identificação, incluindo número de série, dos aparelhos e cabeçotes utilizados;
- f) sistema de aquisição de dados computadorizado incluindo programa de computador (software) e versão do programa, quando aplicável;
- g) equipamento de varredura, quando usado;
- h) identificação do registro da calibração da aparelhagem;
- i) condição superficial;
- j) acoplante utilizado;
- k) superfície por onde o ensaio foi realizado;
- l) identificação do bloco de referência utilizado;
- m) registro de resultados:
  - nível de resposta;
  - localização em relação à direção longitudinal da solda;
  - croqui da localização aproximada na seção transversal da solda;
  - identificação e dimensões da descontinuidade;
  - cabeçote utilizado na detecção da descontinuidade;
  - superfície de detecção;
- n) normas, incluindo edição/ revisão, e/ou valores de referência para interpretação dos resultados;

- o) laudo indicando aceitação, rejeição ou recomendação de ensaio complementar;
- p) data;
- q) identificação, assinatura e nível, do inspetor responsável.

Notas: 1) As alíneas c), d), e), f), g) h), i), j) e k) deste item são citadas no código ASME Section V.  
2) Para inspeção em serviço, a alínea o) somente é requerida quando solicitada pela fiscalização da PETROBRAS.

---

**/ANEXO A**

## ANEXO A - FIGURAS

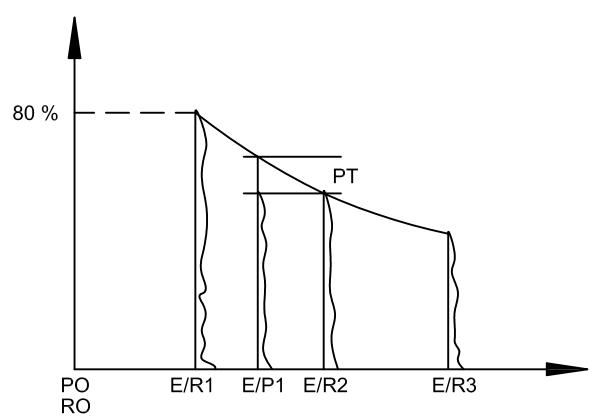
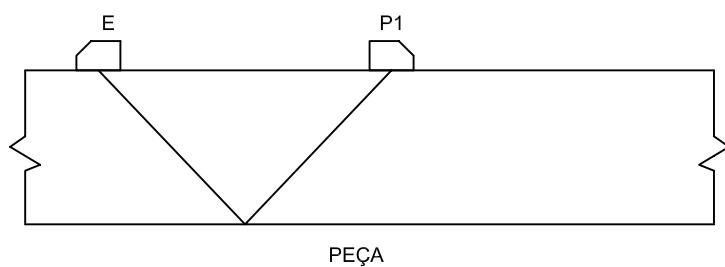
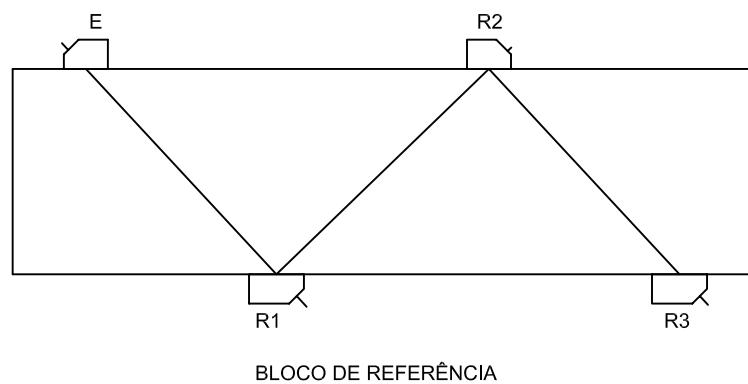
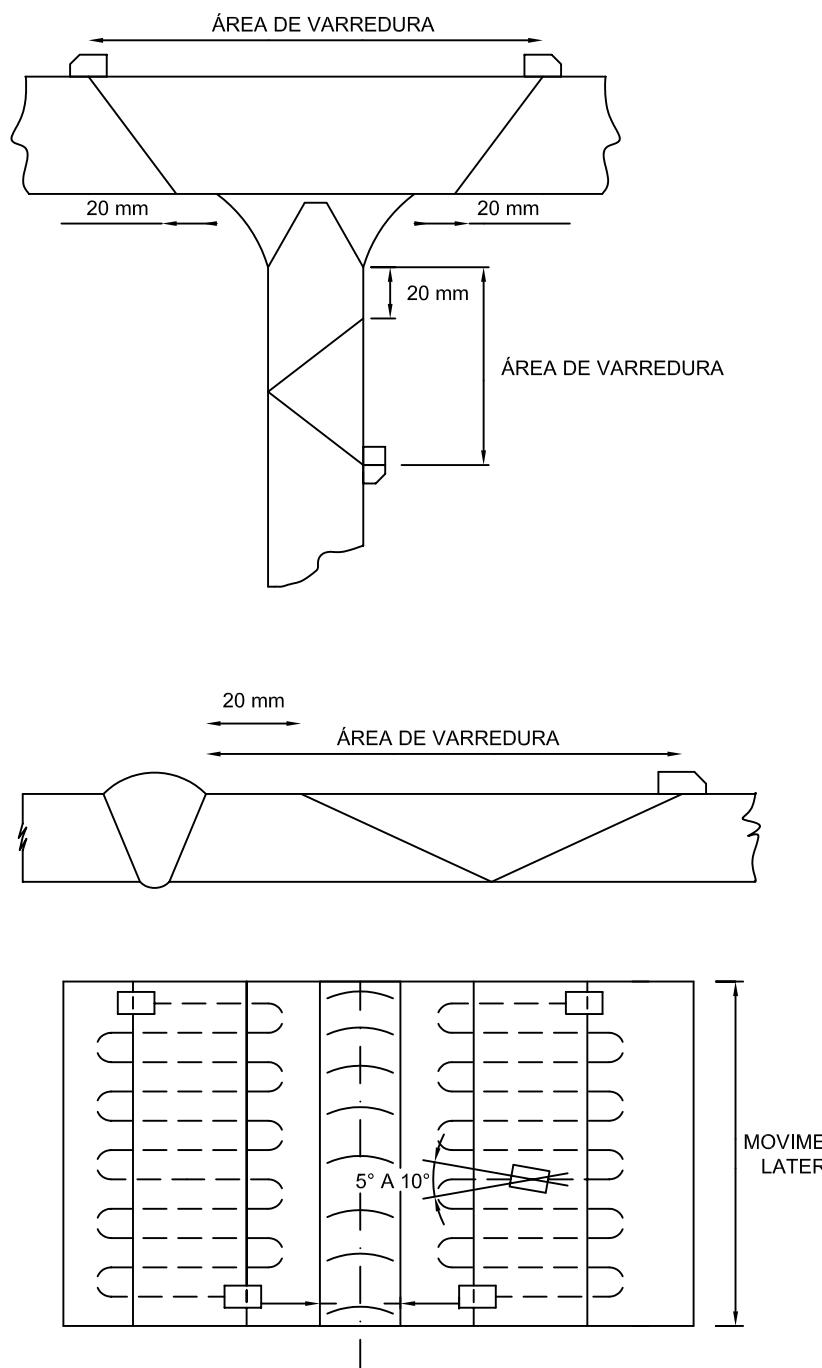


FIGURA A-1 - CORREÇÃO DA PERDA POR TRANSFERÊNCIA



**FIGURA A-2 - MOVIMENTO DO CABEÇOTE E ÁREA DE VARREDURA**

**ÍNDICE DE REVISÕES****REV. A, B, C e D**

Não existe índice de revisões.

**REV. E**

<b>Partes Atingidas</b>	<b>Descrição da Alteração</b>
2	Revisado
3	Revisado
4	Revisado
4.9	Incluído
5.1.1.1	Revisado
5.1.2	Revisado
5.1.4	Revisado
5.1.5.2	Revisado
5.1.6	Revisado
5.2	Incluído
5.3	Revisado e Renumerado
5.4	Renumerado
5.4.1.1	Revisado e Renumerado
5.4.2.2	Revisado e Renumerado
5.4.2.4	Revisado e Renumerado
5.4.2.5	Incluído
5.4.3	Renumerado
5.4.4	Renumerado
5.4.4.2	Revisado
5.4.5	Revisado e Renumerado
5.4.6	Revisado e Renumerado
5.4.7	Revisado e Renumerado
5.4.8	Revisado e Renumerado
5.4.9	Revisado e Renumerado

**REV. F**

<b>Partes Atingidas</b>	<b>Descrição da Alteração</b>
1.1	Revisado
2	Revisado

