

Segunda edição
30.08.2012

Válida a partir de
30.09.2012

Versão corrigida
13.11.2015

**Ensaios não destrutivos — Ultrassom — Medição
de espessura**

Non-destructive testing — Ultrasound — Measurement of thickness



ICS 19.100

ISBN 978-85-07-03699-9



ASSOCIAÇÃO
BRASILEIRA
DE NORMAS
TÉCNICAS

Número de referência
ABNT NBR 15824:2012
10 páginas

© ABNT 2012



© ABNT 2012

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou utilizada por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito da ABNT.

ABNT

Av.Treze de Maio, 13 - 28º andar

20031-901 - Rio de Janeiro - RJ

Tel.: + 55 21 3974-2300

Fax: + 55 21 3974-2346

abnt@abnt.org.br

www.abnt.org.br

Sumário	Página
Prefácio	iv
1 Escopo	1
2 Referências normativas	1
3 Termos e definições.....	1
4 Qualificação de pessoal	2
4.1 Profissionais de ultrassom	2
4.2 Profissionais de ultrassom submerso	3
5 Procedimento escrito.....	3
6 Instrumento de medição.....	4
7 Calibração do sistema de medição	5
8 Ajuste no sistema de medição.....	5
9 Preparação da superfície.....	6
10 Acoplantes	6
11 Avaliação da espessura.....	7
12 Critérios de aceitação e registro.....	8
13 Sistemática de registro dos resultados e rastreabilidade.....	8
14 Relatório de ensaio	8
15 Requisitos de segurança, meio ambiente e saúde	9
Bibliografia.....	10

Tabela

Tabela 1 – Erro máximo admissível das medidas de espessura de parede na inspeção submersa.....	4
---	----------

Prefácio

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é o Foro Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (ABNT/CB), dos Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e das Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas pelas partes interessadas no tema objeto da normalização.

Os Documentos Técnicos ABNT são elaborados conforme as regras da Diretiva ABNT, Parte 2.

A ABNT chama a atenção para que, apesar de ter sido solicitada manifestação sobre eventuais direitos de patentes durante a Consulta Nacional, estes podem ocorrer e devem ser comunicados à ABNT a qualquer momento (Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996).

Ressalta-se que Normas Brasileiras podem ser objeto de citação em Regulamentos Técnicos. Nestes casos, os Órgãos responsáveis pelos Regulamentos Técnicos podem determinar outras datas para exigência dos requisitos desta Norma, independentemente de sua data de entrada em vigor.

A ABNT NBR 15824 foi elaborada pelo Organismo de Normalização Setorial de Ensaios Não Destrutivos (ABNT/ONS-058), pela Comissão de Estudo de Ultrassom (CE-058:000.006). O seu 1º Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 09, de 14.10.2011 a 12.12.2011, equivocadamente com o número de Projeto 058:000.006-005. O seu 2º Projeto circulou em Consulta Nacional conforme Edital nº 04, de 12.04.2012 a 11.05.2012 com o número de 2º Projeto ABNT NBR 15824.

Esta segunda edição cancela e substitui a edição anterior (ABNT NBR 15824:2010), a qual foi tecnicamente revisada.

Esta versão corrigida da ABNT NBR 15824:2012 incorpora a Errata 1, de 13.11.2015.

O Escopo desta Norma Brasileira em inglês é o seguinte:

Scope

This Standard specifies the method of non-destructive examination using ultrasonic for thickness measurement, in hot and cold conditions and submerged parts of marine facilities, using digital direct readout equipment.

The materials to be inspectioned are those which the ultrasound propagation are linear and it is possible to associate the time of flight by the sound with the through-out distance.

Ensaios não destrutivos — Ultrassom — Medição de espessura

1 Escopo

1.1 Esta Norma especifica o método de ensaio não destrutivo por ultrassom para medição de espessura a quente, a frio e das partes submersas de instalações marítimas com instrumento de medição digital, com leitura direta.

1.2 Os materiais a serem inspecionados são aqueles que apresentam propagação linear do ultrassom, permitindo associar o tempo de trânsito com a distância percorrida pelo som.

2 Referências normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes do referido documento (incluindo emendas).

ABNT NBR NM 335, *Ensaios não destrutivos – Ultrassom – Terminologia*

ABNT NBR 15549, *Ensaios não destrutivos – Ultra-som – Verificação da aparelhagem de medição de espessura de parede para inspeção subaquática*

ABNT NBR NM ISO 9712, *Ensaios não destrutivos – Qualificação e certificação de pessoal*

ASTM D 808, *Test Method for chlorine in new and used petroleum products (bomb method)*

3 Termos e definições

Para os efeitos deste documento, aplicam-se os termos e as definições da ABNT NBR NM 335 e os seguintes.

3.1

ajuste

conjunto de operações efetuadas em um sistema de medição, de modo que ele forneça indicações prescritas correspondentes a determinados valores de uma grandeza a ser medida

NOTA 1 Diversos tipos de ajuste de um sistema de medição incluem a regulagem de zero, a regulagem de defasagem (às vezes chamada regulagem de “offset”) e a regulagem de amplitude (às vezes chamada regulagem de ganho).

NOTA 2 O ajuste de um sistema de medição não deve ser confundido com calibração, a qual é um pré-requisito para o ajuste.

NOTA 3 Após um ajuste de um sistema de medição, tal sistema geralmente deve ser recalibrado.

[VIM 2009]

3.2

calibração

operação que estabelece, numa primeira etapa e sob condições especificadas, uma relação entre os valores e as incertezas de medição fornecidas por padrões e as indicações correspondentes com as incertezas associadas; numa segunda etapa, utiliza esta informação para estabelecer uma relação, visando à obtenção de um resultado de medição a partir de uma indicação

NOTA 1 Uma calibração pode ser expressa por meio de uma declaração, uma função de calibração, um diagrama de calibração, uma curva de calibração ou uma tabela de calibração. Em alguns casos, pode consistir em uma correção aditiva ou multiplicativa da indicação com uma incerteza de medição associada.

NOTA 2 Convém não confundir a calibração com o ajuste de um sistema de medição, frequentemente denominado de maneira imprópria de “autocalibração”, nem com a verificação da calibração.

NOTA 3 Frequentemente, apenas a primeira etapa na definição acima é entendida como sendo calibração.

[VIM 2009]

3.3

ensaio de ultrassom mecanizado

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

[ABNT NBR 6002]

3.4

medição de espessura submersa

medição realizada em superfície de partes de instalações submersas

3.5

medição de espessura a frio

medição realizada em superfície com temperatura menor ou igual a 60 °C

3.6

medição de espessura a quente

medição realizada em superfície com temperatura superior a 60 °C

3.7

sistema computadorizado de ultrassom

sistema no qual a aquisição e o tratamento de dados são efetuados com recursos computacionais

3.8

verificação do sistema de medição

atividade executada periodicamente pelo usuário para verificar se o desempenho de um sistema de medição (equipamento, cabeçote e cabo) atende aos requisitos especificados, conforme evidência objetiva

4 Qualificação de pessoal

4.1 Profissionais de ultrassom

A pessoa que executa o ensaio de ultrassom deve atender aos requisitos da ABNT NBR NM ISO 9712.

4.2 Profissionais de ultrassom submerso

Os profissionais de ultrassom submerso devem atender aos requisitos específicos para o setor subaquático.

5 Procedimento escrito

5.1 O procedimento escrito deve conter no mínimo as seguintes informações:

- a) nome do emitente, numeração do procedimento e indicação de revisão;
- b) objetivo;
- c) normas de referência para a elaboração e qualificação do procedimento;
- d) material, faixa de espessura, temperatura a ser ensaiada e, caso aplicável, diâmetro e raio de curvatura. Para a medição a frio, a diferença máxima entre a temperatura do bloco-padrão e a peça a ser ensaiada deve ser de 14 °C;
- e) instrumento de medição por ultrassom: tipo, fabricante e modelo, faixa de medição e, no caso de inspeção submersa, incluir a profundidade máxima de utilização;
- f) sistemas de aquisição de dados computadorizados, incluindo programa de computador (software), versão do programa e sistema de alarme automático, quando aplicável;
- g) cabeçote: tipo, dimensões, frequência, faixa de medição, fabricante e modelo;
- h) ajuste do sistema de medição;
- i) técnica, periodicidade e registro de calibração do sistema de medição;
- j) qualificação de pessoal;
- k) condição superficial e técnica de preparação;
- l) acoplante, citando a faixa de temperatura;
- m) técnica de varredura, incluindo a superfície de realização do ensaio;
- n) descrição do sistema de varredura (manual ou mecanizado);
- o) técnica de correção de temperatura para a medição a quente;
- p) critérios de registro da medição encontrada, especificados pela contratante;
- q) sistemática de identificação, rastreabilidade e registro de resultados;

NOTA A descrição da sistemática de registro de resultados pode ser dispensada de constar no procedimento de ensaio a critério da contratante, se o executante utilizar um sistema de qualidade certificado.

- r) requisitos de segurança, saúde e meio ambiente;
- s) relatório de ensaio.

5.2 O procedimento escrito deve ser qualificado primeiramente na condição ambiente, conforme descrito em 8.1 e 8.2, de acordo com a norma específica do produto, ou critério definido pelo contratante, e as evidências da qualificação devem estar disponíveis para apreciação da contratante.

NOTA A norma específica do produto pode ser uma norma de projeto, construção, fabricação, montagem ou inspeção em serviço, que estabelece os requisitos técnicos referentes a material, montagem e inspeção nos projetos de fabricação e construção de produtos ou equipamentos.

5.3 Quando não estabelecido na norma específica do produto, a qualificação do procedimento deve ser efetuada no mínimo em três espessuras diferentes do bloco-padrão, realizando em cada espessura uma série de cinco leituras, compreendidas na faixa para a qual o instrumento de medição é considerado calibrado. O procedimento deve ser considerado qualificado nessa faixa de espessura, se o desvio de cada uma das leituras for igual ou inferior a 0,2 mm (ou outro valor especificado no projeto), em relação ao padrão

5.4 No caso da inspeção submersa, o desvio de cada uma das leituras deve atender ao especificado na Tabela 1.

Tabela 1 – Erro máximo admissível das medidas de espessura de parede na inspeção submersa

Faixa de espessura mm	Erro máximo admissível mm
1,0 a 4,0	± 0,1
4,1 a 25,0	± 0,2
25,1 a 99,9	± 0,3

5.5 No caso da medição a quente, quando não citado na norma específica do produto, o procedimento deve ser qualificado somente quando o instrumento de medição for verificado com dois blocos-padrão, sendo um na temperatura ambiente e outro na temperatura a quente na mesma espessura, ou um mesmo bloco nessas duas temperaturas em dois momentos distintos.

5.6 Para calcular o fator de correção, dividir o valor da espessura a frio pelo valor da espessura a quente. Para calcular o valor da espessura real, deve-se multiplicar o valor da espessura medida a quente pelo fator de correção.

5.7 Sempre que quaisquer das informações especificadas em 5.1 forem alteradas, deve ser emitida uma revisão do procedimento escrito.

5.8 Sempre que quaisquer das variáveis citadas em 5.1-c), d), e), f), g), h), i) (quando requerido), k, l), m) e n) forem alteradas, o procedimento deve ser requalificado.

6 Instrumento de medição

6.1 Instrumento de medição por ultrassom para medição de espessura com leitura digital direta, com resolução melhor ou igual a 0,1 mm.

6.2 O instrumento de medição por ultrassom para a medição de espessura submersa deve atender à Tabela 1.

6.3 Cabeçotes do tipo normal ou duplo cristal (ondas longitudinais) que, para a medição de espessura a quente, devem ser apropriados à temperatura de trabalho.

6.4 Acoplante com propriedade de transmissão sônica do cabeçote para a peça e que não contamine ou dificulte a preparação da superfície para a etapa subsequente à inspeção. Deve ser adotado um acoplante adequado à temperatura de ensaio.

6.5 Blocos-padrão de material acusticamente similar ao ensaiado, cuja integridade, rugosidade superficial e dimensões (espessura nominal com tolerância de $\pm 0,05$ mm) estão de acordo com a norma específica do produto.

6.6 A verificação do sistema de medição deve ser realizada periodicamente quanto à integridade do seu estado físico.

6.7 A instrumentação para medição de espessura submersa deve ser verificada conforme a ABNT NBR 15549, quando da qualificação do procedimento e anualmente.

7 Calibração do sistema de medição

Os itens do sistema de medição que devem ser periodicamente calibrados são o instrumento de medição por ultrassom, cabeçote e blocos-padrão.

A periodicidade de calibração do medidor de espessura por ultrassom não pode ser superior a 24 meses.

NOTA 1 Os certificados de calibração são emitidos por laboratórios acreditados conforme a ABNT NBR ISO/IEC 17025. Quando não houver laboratório acreditado para a grandeza a ser calibrada, podem ser utilizados laboratórios com padrões rastreados à Rede Brasileira de Calibração (RBC) ou laboratório com seu sistema metrológico nacional ou internacionalmente reconhecido.

NOTA 2 A periodicidade de calibração dos itens do sistema de medição descritos acima depende da frequência e condições de utilização.

NOTA 3 Qualquer reparo ou manutenção no sistema de medição implica necessidade de nova calibração, independentemente da periodicidade estabelecida.

8 Ajuste no sistema de medição

8.1 O ajuste deve ser executado em um bloco-padrão. O instrumento de medição deve ser considerado regulado para medir espessura em uma faixa de $\pm 25\%$ da espessura do bloco-padrão.

Para instrumentos de medição de espessura submersa que não possuem controle externo de ajuste da calibração, a precisão das leituras no bloco-padrão deve ser conforme estabelecido na Tabela 1. A calibração deve ser efetuada nas condições emersa e submersa, antes e após a realização das medições.

EXEMPLO Se o ajuste for feito em um bloco-padrão de 100 mm de espessura, o sistema de medição está regulado para medir espessura de 75 mm a 125 mm.

8.2 O ajuste da velocidade ultrassônica, se necessário, deve ser efetuado na espessura aplicável do bloco-padrão, na temperatura ambiente. O desvio máximo permitível durante o ajuste deve ser de $\pm 0,1$ mm.

8.3 Para instrumentos de medição que possuem sistema interno de compensação do “Caminho V” (“V-Path”), não se aplica o descrito em 8.1 e devem ser seguidas as recomendações do fabricante. Adicionalmente a estas recomendações, deve ser efetuado pelo menos um ajuste em uma espessura do bloco-padrão maior ou igual a espessura a ser medida, e deve ser verificado se o ajuste é mantido para a menor espessura a ser medida.

8.4 O ajuste deve ser efetuado diariamente a cada:

- a) início da inspeção;
- b) 8 h de inspeção no máximo;
- c) reinício da inspeção após cada interrupção;
- d) final da inspeção;
- e) 10 pontos, no caso de medição a quente, no máximo.

8.5 A verificação do ajuste, quando executado conforme b), c), d) e e), deve ser de $\pm 0,1$ mm (ou outro valor especificado no produto), e as medições devem ser refeitas desde a última verificação satisfatória.

9 Preparação da superfície

9.1 A superfície de ensaio deve ser adequada para permitir o acoplamento. Se for necessário, as superfícies podem ser esmerilhadas, jateadas, escovadas, raspadas ou preparadas de alguma outra forma, para a realização do ensaio. Deve ser citada a técnica a ser empregada na preparação da superfície.

9.2 No caso de medição de espessura submersa, os pontos selecionados devem ser limpos em uma extensão de 50 mm de diâmetro, não podendo ficar qualquer resíduo que possa provocar distorções nas medições.

9.3 A camada de revestimento ou pintura deve ser removida. Caso não seja possível, o bloco-padrão deve possuir o mesmo revestimento e espessura de camada, exceto se o instrumento de medição possuir capacidade de medição desprezando o valor da espessura de camada.

9.4 Para aços inoxidáveis austeníticos e ligas de níquel, as ferramentas de preparação de superfície destes materiais devem ser exclusivamente utilizadas e atender aos seguintes requisitos:

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

10 Acoplantes

10.1 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.

10.2 No caso de medição de espessura de aços inoxidáveis austeníticos, o teor de cloro e flúor deve ser analisado pela evaporação de 50 g do acoplante, colocando-o em uma placa de *Petri* descoberta de 150 mm de diâmetro e aquecendo-o à temperatura de 90 °C a 100 °C por 60 min. Se a massa do resíduo for igual ou superior a 0,0 025 g, este deve ser analisado conforme a ASTM D 808. O teor de cloro somado ao flúor não pode exceder 1 % do resíduo em peso.

10.3 Para medição a quente, utilizar acoplante apropriado para temperaturas elevadas, observando os pontos de fusão e solidificação, nas várias temperaturas previstas. O acoplante deve ser aplicado no cabeçote e não na superfície a ser medida.

11 Avaliação da espessura

11.1 Para medições de espessura a frio, o valor real da medição deve ser obtido através de no mínimo duas leituras consecutivas com desvio igual ou menor que 0,2 mm. Caso não seja possível obter a espessura aceitável na suas primeiras medições, deve ser repetida a medição até que seja satisfeita este item.

11.2 Para medições de espessura a quente, para se obterem as medidas corretas, deve-se aguardar a total estabilização da leitura durante a medição, dentro do tempo máximo de contato do cabeçote com a superfície, recomendado pelo fabricante. O cabeçote deve ser resfriado após cada medição.

11.3 No caso da medição de espessura a quente, deve ser aplicada uma das técnicas de correção descritas em 11.3.1 a 11.3.3.

11.3.1 Esta técnica pode ser utilizada quando for satisfatório determinar um valor aproximado da espessura. Como a velocidade ultrassônica diminui 1 (m/s)/°C com o aumento da temperatura, a espessura aproximada deve ser obtida aplicando-se a seguinte fórmula:

$$E_a = E_{mq} \times \frac{(V_{sa} - k\Delta T)}{V_{sa}}$$

onde

E_a é a espessura aproximada, expressa em milímetros (mm);

E_{mq} é a espessura medida a quente, expressa em milímetros (mm);

V_{sa} é a velocidade ultrassônica no bloco à temperatura ambiente, expressa em metros por segundo (m/s);

ΔT é a diferença de temperatura da superfície do bloco e do material inspecionado, expressa em graus Celsius (°C);

K é a constante de redução da velocidade em função do aumento da temperatura igual a 1 (m/s)/°C.

11.3.2 Esta técnica não pode ser empregada para se obterem valores precisos de medição de espessura. A obtenção de valores precisos deve ser executada conforme 5.4.

11.3.3 Outra técnica de correção pode ser empregada, desde que seus resultados sejam validados, confrontando-os com os obtidos pela técnica descrita em 11.3.2.

11.4 Para a medição de espessura submersa, cada ponto selecionado deve ser objeto de três medições diferentes registrando-se a menor, desde que as medições não difiram entre si em mais de 0,5 mm. Caso ocorra diferença maior que 0,5 mm, deve ser efetuada a calibração do instrumento, repetindo-se as medições. Persistindo a discrepância, os três valores devem ser registrados.

12 Critérios de aceitação e registro

O critério de registro e aceitação do resultado da medição da espessura deve estar de acordo com as normas específicas do produto. Para inspeção em serviço, o critério de aceitação deve ser aquele indicado pela contratante.

13 Sistemática de registro dos resultados e rastreabilidade

13.1 O registro dos resultados deve apresentar um mapa, croqui ou isométrico, indicando a localização dos pontos de medição na peça ou equipamento.

13.2 Os resultados das medições nos relatórios devem ser indicados de forma que seja possível a correlação entre o mapa/relatório e a localização física na peça ou equipamento.

13.3 A descrição da sistemática de registro de resultados pode ser dispensada de constar no procedimento de inspeção, a critério da contratante, se o executante apresentar em seu sistema de qualidade uma sistemática que atenda ao descrito em 13.1.

14 Relatório de ensaio

Os resultados das medições devem ser registrados em um relatório contendo no mínimo as seguintes informações:

- a) nome do emitente (empresa executante);
- b) identificação do relatório que permita a rastreabilidade;
- c) número e revisão do procedimento;
- d) condições da superfície;
- e) modelo, número de série e/ou identificação unívoca do sistema de medição;
- f) sistema de aquisição de dados computadorizados, incluindo programa de computador (software) e versão do programa, quando aplicável;
- g) equipamento de varredura, quando usado;
- h) temperatura da peça;
- i) espessura do bloco-padrão utilizado;
- j) velocidade sônica;
- k) técnica e fator de correção utilizados para medição a quente;
- l) normas e/ou valores de referência para interpretação dos resultados;
- m) registro dos resultados de medição;
- n) parecer indicando aceitação, quando definido pelo contratante;

- o) data da realização do ensaio;
- p) identificação, assinatura e nível do inspetor responsável.

15 Requisitos de segurança, meio ambiente e saúde

15.1 Antes do início dos trabalhos de inspeção dentro das instalações da contratante, deve ser obtida uma permissão de trabalho, conforme a norma específica do produto, 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.

15.2 Devem ser considerados os aspectos e impactos ambientais, riscos e perigos causados pela inspeção por ultrassom. Cuidados adicionais devem ser tomados na inspeção de equipamentos em operação.

15.3 Utilizar os equipamentos de proteção individual necessários para execução dos serviços de inspeção, de acordo com a Portaria nº 3214 do Ministério do Trabalho.

15.4 Os acessos, andaimes e iluminação devem ser suficientes e adequados para a execução da inspeção por ultrassom.

15.5 Os trabalhos executados em áreas próximas não podem oferecer riscos à segurança da equipe e da inspeção por ultrassom.

Bibliografia

- [1] Portaria nº 29/95, Vocabulário Internacional de Termos Fundamentais e Gerais de Metrologia (VIM) – 2009

