

**Capitão-Tenente (EN) Rodrigo Nogueira Ribeiro**

Encarregado da Seção de Fiscalização de Obras Industriais do PROSUB

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Augusto Motta - UNISUAM, Pós-Graduado em Engenharia de Segurança pela Faculdade Silva e Souza e Pós-Graduado em Gerenciamento de Projetos pelo Instituto Brasileiro de Engenharia de Custos - IBEC e Mestrando em estruturas pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro - UERJ.

**Primeiro-Tenente (RM2-EN) Ailton Macêdo Medeiros**

2º Ajudante da Seção de Fiscalização de Obras Industriais do PROSUB

Graduado em Tecnologia Mecânica (modalidade Projetos) pela Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo - FATEC SP, graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Paulista - UNIP, cursando pós-graduação em Gerenciamento de Projetos pelo Instituto Brasileiro de Engenharia de Projetos - IBEC.

ENSAIOS NÃO-DESTRUTIVOS EM OBRAS INDUSTRIAIS

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste artigo é apresentar ao leitor uma descrição sucinta de uma das principais ferramentas do controle da qualidade aplicada a materiais e produtos, bem com em instalações diversas, denominada Ensaio Não-Destrutivo (END), do termo inglês *"Nondestructive Testing (NDT)"*. Trata-se de um conjunto de técnicas utilizadas na inspeção de materiais e equipamentos, sem danificá-los, sendo executados nas etapas de fabricação, construção, montagem e manutenção. Contribuem para a qualidade dos bens e serviços, redução de custos e prevenção da vida e do meio ambiente. Nota-se ainda, que apesar da área médica utilizar-se das muitas das técnicas de END empregadas no campo industrial, o termo "ensaio não-destrutivo" não é citado em aplicações médicas.

2. HISTÓRICO

Embora não esteja definida uma data precisa referente ao desenvolvimento dos primeiros métodos utilizados, é certo que o surgimento de técnicas primárias datam de tempos muito remotos. Como exemplo, há relatos de que farinha e óleo eram utilizados em Roma, durante a Idade Antiga, na detecção de trincas em blocos de mármore. Além disso, ferreiros utilizavam técnicas sonoras de END ao detectarem diferentes tipos de metais durante o processo de fabricação, sob ação de marteladas.

3. TIPOS DE TESTE

A denominação dos ensaios, geralmente, refere-se ao tipo de meio penetrante ou equipamento utilizado no desenvolvimento dos mesmos, sendo que os mais utilizados, além do Ensaio Visual (EV), são atualmente: Ensaio de Partículas Magnéticas (PM), Ensaio de Líquido Penetrante (LP), Ensaio Radiográfico (ER), Ensaio de Ultrassom (US) e Ensaio de Estanqueidade (ES).

Ensaio de Partículas Magnéticas (PM)

O Ensaio de Partículas Magnéticas usa um ou mais campos magnéticos para localizar descontinuidades superficiais e adjacentes em aços ferromagnéticos. Quando o campo magnético encontra uma descontinuidade transversal à sua direção, a linha do fluxo magnético produz, por conta própria, um campo de vazamento de fluxo magnético, tal qual indicado na figura 1:

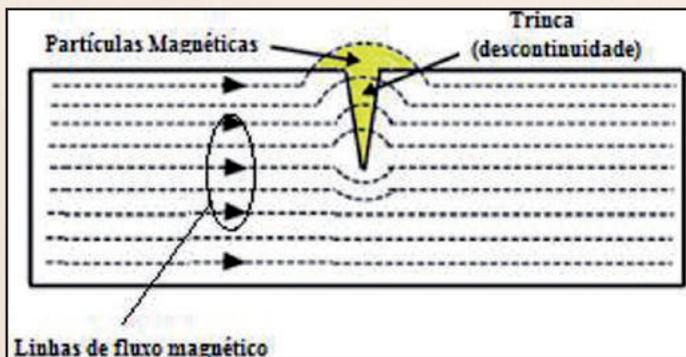


Figura 1 - Princípio de funcionamento de ensaio PM

Como as linhas de fluxo não trafegam bem pelo ar, quando partículas ferromagnéticas coloridas muito finas ("partículas magnéticas") são aplicadas à superfície do material, as mesmas ficarão em destaque ao longo da área de descontinuidade, reduzindo o espaço de ar e produzindo uma visível indicação na superfície da peça. As partículas magnéticas são compostas de pó seco ou em suspensão numa solução líquida, que podem ser coloridas através de corante visível ou fluorescente, as quais se iluminam sob a incidência de luz ultravioleta.

Ensaio de Líquido Penetrante (LP)

O princípio básico do Ensaio de Líquido Penetrante é que quando um líquido de viscosidade muito baixa (líquido penetrante) é aplicado à superfície de uma determinada peça, ele irá penetrar em fissuras abertas a partir da superfície. Uma vez removido o excesso de penetrante, o líquido

absorvido pelas fissuras fluirá de volta à superfície, apresentando uma indicação.

Ensaio por Líquido Penetrante podem ser utilizados em materiais magnéticos e não-magnéticos, porém, não é eficiente em materiais porosos. O processo de infiltração do Líquido Penetrante (LP) é mostrado na figura 2:

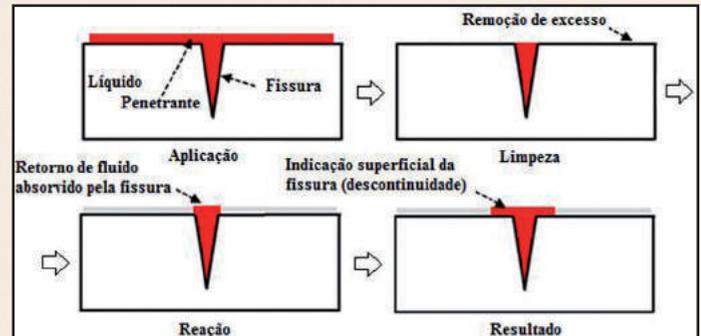


Figura 2 - Processo de infiltração de LP em descontinuidades de peças

Segue abaixo, conforme ilustrado pela figura 3, fiscalização in-loco de ensaios de Líquido Penetrante realizados em juntas soldáveis dos tanques de armazenamento de água potável da Central de Utilidades do Estaleiro e Base Naval para Submarinos (EBN), em Itaguaí -RJ, realizado em outubro de 2014:



Figura 3 - Fiscalização in-loco de ensaio de líquido penetrante nas dependências do EBN, em Itaguaí-RJ.

(A) – Tanques da Central de Utilidades e (B e C) – Etapas subsequentes do ensaio de LP, realizadas na junção soldável entre tubulação de dreno e fundo do tanque

Ao realizar um teste por Líquido Penetrante, é imperativo que a superfície a ser testada esteja limpa e livre de quaisquer corpos estranhos ou líquidos que possam impedir que o penetrante entre nas fissuras abertas até a superfície da peça. Após aplicar os procedimentos de limpeza e preparo citados acima e, com a utilização de uma luz negra para penetrantes fluorescentes, as fissuras (descontinuidades) poderão ser observadas.

Ensaio de Radiografia (ER)

O teste de radiografia industrial envolve a exposição de um objeto de teste de radiação penetrante, de modo que a radiação atravesse a peça inspecionada, podendo alcançar um filme de gravação colocado no lado oposto do referido objeto. Para materiais de baixa espessura ou de baixo peso específico, como o alumínio, testes de RAIO X são comumente aplicados, porém em materiais mais espessos ou de peso específico maiores (Aço-Carbono, aço-liga etc), os testes de gamagrafia (emissão de raios-gama) possuem grande emprego.

As áreas mais escuras representam a ausência de material, enquanto as mais claras demonstram o formato do objeto. Já em caso de trincas ou porosidades na peça a ser inspecionada, maior radiação passará por elas, causando também uma imagem escura no filme, conforme ilustrado na figura 4:

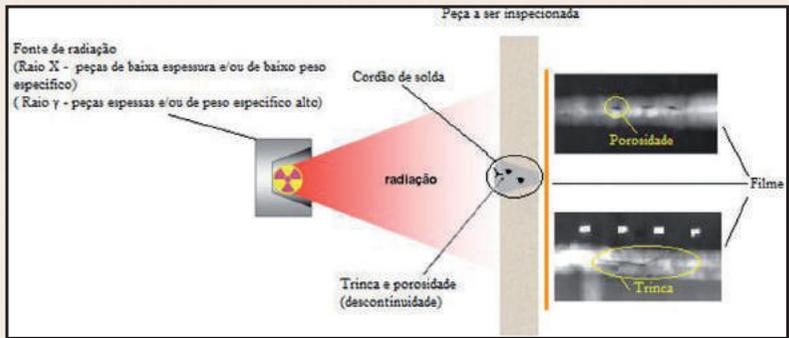


Figura 4: processo de emissão de filmes de radiografia industrial

Segue, conforme ilustrado nas figuras 5, 6 e 7, fiscalização in-loco de testes de radiografia em juntas soldáveis de tubulações das redes de utilidades do Estaleiro e Base Naval para Submarinos (EBN), em Itaguaí –RJ, realizado no dia 10/08/15:



Figura 5 – Localização da rede de utilidades



Figura 6 – Montagem de filme de gravação em solda de tubulação de O2

PROJ. N.	031/15	PROGRAMAÇÃO DE RADIOGRAFIA						ODEBRECHT		
BAIXA	04/02/14							EBN		
PROJETA	01/02							CENTRO RECTOR		
CLIENTE	SEABRINHA DO GRAMA	EMPREGAMENTO		Fiscal - EBN				CENTRO RECTOR		
		INDICAÇÃO	DIAMETRO	Ø	ESP. (mm)	WELDING	SOLDAS	MATERIAL	PROCESSO	TIPO
		SP-EBN-028-4206329-02-4750-02	3,77	2"	3,8	3-102	ASME IX	ASTM A 106	TIG	
		SP-EBN-028-4206329-02-4750-11	3,78	2"	3,8	3-102	ASME IX	ASTM A 106	TIG	
		SP-EBN-028-4206329-02-4750-14	3,82	2"	3,8	3-101	ASME IX	ASTM A 106	TIG	
		SP-EBN-028-4206329-02-4750-13	3,88	2"	3,8	3-102	ASME IX	ASTM A 106	TIG	
		SP-EBN-028-4206329-02-4750-12	3,88A	2"	3,8	3-101	ASME IX	ASTM A 106	TIG	
		SP-EBN-028-4206329-02-4750-14	3,228	2"	3,8	3-101	ASME IX	ASTM A 106	TIG	
		SP-EBN-028-4206329-02-4750-28	3,21	2"	3,8	3-01	ASME IX	ASTM A 106	TIG	
		SP-EBN-028-4206329-02-4750-27	3,25	2"	3,8	3-01	ASME IX	ASTM A 106	TIG	
		SP-EBN-028-4206329-02-4750-26	3,24	2"	3,8	3-222	ASME IX	ASTM A 106	TIG	
		SP-EBN-028-4206329-02-4750-25	3,24	2"	3,8	3-222	ASME IX	ASTM A 106	TIG	
		SP-EBN-028-4206329-02-4750-24	3,21	2"	3,8	3-222	ASME IX	ASTM A 106	TIG	
		SP-EBN-028-4206329-02-4750-23	3,21	2"	3,8	3-04	ASME IX	ASTM A 106	TIG	
		SP-EBN-028-4206329-02-4750-22	3,13	2"	3,8	3-04	ASME IX	ASTM A 106	TIG	

Figura 7 - Programação de spools de tubulações a serem ensaiados

Ensaio de Ultrassom (US)

O ensaio de ultrassom é composto por ondas sonoras, com frequências acima de 20 KHz, geradas por um aparelho eletrônico. No ensaio, as ondas se propagam em um meio elástico, em direção à peça a ser ensaiada e, se for encontrado algum tipo de descontinuidade, será gerado um eco de reflexo na tela do aparelho de ultrassom, caracterizando a referida peça como não-conforme, tal qual ilustrado na figura 8:

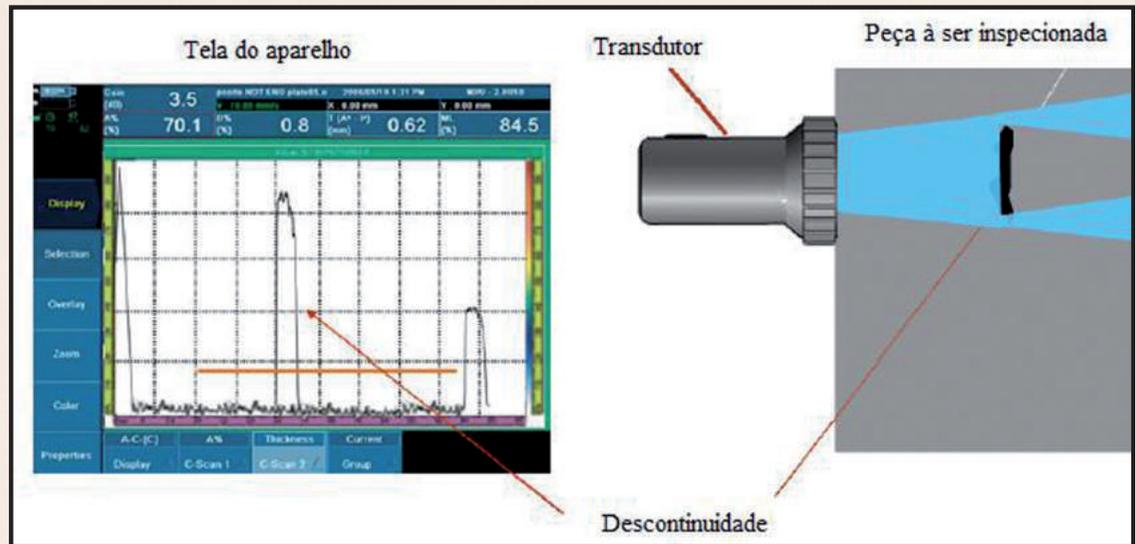


Figura 8 - Ciclo de verificação de descontinuidade por meio de ES

Geralmente, o teste de ultrassom é aplicado na detecção de descontinuidades em peças construídas a partir de metais ferrosos e não-ferrosos, tais como:

- Caracterização de não-conformidades de fabricação;
- Bolhas de gás em fundidos;
- Dupla laminação em itens laminados;
- Micro-trincas em itens forjados; e
- Escórias em uniões soldadas.

Ensaio de Estanqueidade (ES)

A necessidade de uma perfeita estanqueidade em tanques ou tubulações contendo substâncias que façam parte de instalações de alto risco (área química, nuclear, aeroespacial etc.), impulsionou a busca por novos métodos capazes de detectar possíveis vazamentos de gases ou líquidos, a fim de obter uma efetiva garantia de segurança e proteção ambiental. Os métodos aplicados no ensaio de estanqueidade são, respectivamente:

• **Método da bolha com solução formadora de espuma:** Sendo a pressão no interior do objeto de ensaio maior que a pressão externa, o local suspeito de apresentar vazamento é, então, molhado com uma solução formadora de espuma de pequena tensão superficial, a qual apresentará bolhas caso a parede do recipiente possua descontinuidades, conforme figuras 9 e 10.



Figura 9 - Método da bolha com solução formadora de espuma



Figura 10 - Formação de bolhas na localização de vazamento em um tanque

• **Método da variação de pressão:** Neste caso, o objeto é submetido a uma pressão diferente da pressão ambiente e, caso ocorra o vazamento, será então medida e registrada a variação da pressão do sistema fechado após um determinado intervalo de tempo, conforme ilustrado na figura 11.

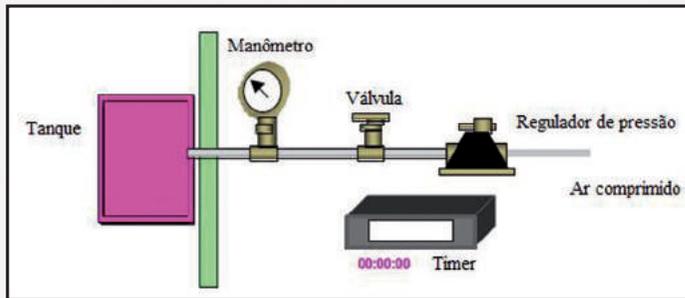


Figura 11 - Esquema do teste de queda de pressão

• **Método da detecção de vazamento por meio de gás Hélio:** A sonda aspiradora de hélio mais simples nada mais é do que uma mangueira, que tem uma de suas extremidades conectada a uma entrada especial do detector de vazamento de hélio e, em outra extremidade, apresenta um pequeno estrangulador (uma espécie de válvula reguladora), cuja função é permitir a passagem de uma pequena quantidade de gás. Assim, havendo vazamento no objeto de ensaio pressurizado, este estrangulador, o qual apresenta uma descontinuidade, permitirá que ocorra a passagem de um pequeno vazamento até a efetiva detecção do gás, vide figura 12.

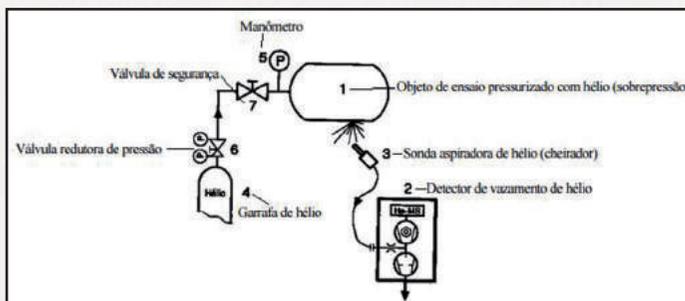


Figura 12 - Esquema do método de ensaio com detector de vazamento de hélio

Como medida preventiva, no sentido de evitar tais ocorrências, o Ensaio de Estanqueidade é largamente empregado em testes de componentes pressurizados ou despressurizados, onde existe o risco de escape ou penetração de produtos possivelmente tóxicos, assumindo desta maneira grande importância, por ser um instrumento que auxilia na proteção ao meio ambiente, bem como na prevenção de acidentes.

4. CONCLUSÃO

Vale lembrar que um ensaio não-destrutivo complementa outros ensaios, ou seja, quando for necessário detectar descontinuidades em uma peça, é recomendável o uso de mais de um ensaio. Por fim, é importante ressaltar que, apesar de todas as vantagens apresentadas nos testes citados, deve-se atentar para que sejam tomadas as devidas precauções a fim de evitar acidentes graves.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. CAMERINI, C.G. Desenvolvimento de sondas de correntes parasitas para detecção e quantificação de fase sigma e aço inoxidável duplex. Dissertação de Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012.
- [2]. ANDREUCCI, R. Ensaio por Líquidos Penetrantes. 2001.
- [3]. ABENDI – Associação Brasileira de ensaios não destrutivos. Ensaio por ultrassom.
- [4]. ASNT – American Society for Nondestructive Testing.
- [5]. QCCC – Quality Control Council of Canada. shtml <http://www.qcccanada.com/ndt.shtml>.
- [6]. ZAHIRIAN, S. Evaluating Non-Destructive Testing (NDT) Methods used for the Inspection of Flowlines on Offshore Production Facilities. Masters dissertation in Offshore Technology – Industrial Asset Management. University of Stavanger, 2011.