

---

Copyright 2016, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2016, em Búzios/RJ no mês de maio de 2016.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es)

## **Emprego da Técnica de PEC na Detecção de Descontinuidades em Equipamentos Sob Isolamento**

**Caio V. S. Batista<sup>a</sup>, Mateus C. R. Rebello<sup>b</sup>, Carla B. F. do Carmo<sup>c</sup>, Ygor T. B. Santos<sup>d</sup>  
Ivan C. da Silva<sup>e</sup>, Cláudia T. T. Farias<sup>f</sup>**

### **Abstract**

The process of corrosion under insulation (CUI) is a particular concern due to their difficulty of detection, besides to the removal and replacement costs of the insulation material. This kind of damage occurs with moisture build-up or infiltration between metal and insulating material. In order to assess the integrity of the equipment, non-destructive methods for detecting the CUI may be employed. The non-destructive technique by pulsed eddy current (PEC) have main advantages over other methods, no need to remove protective isolation and ease of operation. In this work, it was used the PEC technique with the use of a differential probe designed and developed for detecting defects made at different depths, simulating corrosive processes. Discontinuities were inserted at different depths in the outer surface of plates simulating corrosive processes. The results showed good ability of detecting discontinuities in the PEC isolation technique, even for different heights coating (lift-off).

**Keywords:** Nondestructive Testing, Pulsed Eddy Current, Corrosion Under Insulation,

### **Resumo**

A corrosão sob isolamento (do inglês *Corrosion Under Insulation, CUI*) é um processo particularmente preocupante devido à sua dificuldade de detecção, além dos custos da remoção e substituição do material isolante. Esse tipo de dano ocorre com o acúmulo de umidade ou infiltração entre o metal e o material isolante. A fim de avaliar a integridade desses equipamentos, métodos não destrutivos para detecção da *CUI* podem ser empregados. A técnica não destrutiva por correntes parasitas pulsadas (*Pulsed Eddy Current, PEC*) possui como principais vantagens, em relação aos outros métodos, a não necessidade de remover o isolamento protetor e a facilidade de operação. Neste trabalho foi utilizada a técnica de *PEC*

---

<sup>a</sup> Graduando em Engenharia Industrial Mecânica - IFBA

<sup>b</sup> Graduando em Engenharia Industrial Mecânica - IFBA

<sup>c</sup> Graduando em Engenharia Industrial Elétrica - IFBA

<sup>d</sup> Graduando em Engenharia Industrial Mecânica - IFBA

<sup>e</sup> Doutor em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Professor - IFBA

<sup>f</sup> Doutora em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Professora - IFBA

com o emprego de uma sonda diferencial projetada e desenvolvida para detectar defeitos feitos em diferentes profundidades, simulando processos corrosivos. Os resultados demonstraram a boa capacidade de detecção das descontinuidades sob o isolamento pela técnica *PEC*, mesmo para diferentes alturas de revestimento (*lift-off*).

**Palavras-chave:** ensaios não destrutivos, correntes parasitas pulsadas, corrosão sob isolamento.

## Introdução

A corrosão sob isolamento (*CUI*) é um problema frequente que ocorre em linhas isoladas e que operam, geralmente, em temperaturas abaixo de 100 °C. O processo é ocasionado por infiltrações ou umidade acumulada por condensação de água em tubulações ou equipamentos isolados termicamente, na região entre o isolamento térmico e o metal (1).

Os locais mais passíveis de corrosão por isolamento são linhas de gás combustível isoladas (em *steam tracing*), sob concreto (*fire proof*), linhas isoladas sem aquecimento ou com trechos mortos e drenos ou revestimentos de tubulações (2). Para evitar infiltrações, muitas vezes é conveniente manter a impermeabilização externa do revestimento (3). Sinais como o aparecimento de limo ou qualquer outra vegetação é um indicativo de corrosão em estágio avançado (4).

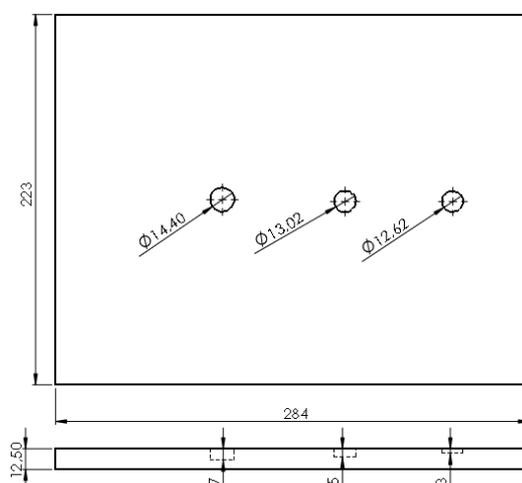
A técnica não destrutiva por correntes parasitas pulsadas (*PEC*) vem demonstrando, através de várias pesquisas, ser capaz de detectar e medir estes tipos de descontinuidades em equipamentos metálicos nos diferentes seguimentos industriais (5). Por ser uma técnica em que a inspeção pode ser feita sem o contato direto do sensor com metal, tem sido aplicada em componentes submersos e principalmente em equipamentos revestidos (6), desde que estes sejam ferromagnéticos (7). As vantagens deste tipo de ensaio sobre a técnica de correntes parasitas convencional são: maior profundidade de penetração; maior riqueza de informação sobre os defeitos e sua robustez (8). O ensaio por *PEC* também exige uma instrumentação menos custosa, se comparado com o ensaio por multifrequência, o que também seria outra vantagem (9).

Neste trabalho são descritos os procedimentos realizados na inspeção de uma chapa em aço carbono 1020 apresentando defeitos em diferentes profundidades utilizando a técnica de *PEC*. Também são descritos a confecção de uma bobina diferencial desenvolvida em laboratório e os resultados obtidos a partir de diferentes alturas de afastamento (*lift-off*).

## Metodologia

### *Corpo de Prova*

O corpo de prova utilizado consistiu de uma placa de aço carbono 1020 de 284 mm X 223 mm X 12,5 mm, onde foram introduzidos três furos de profundidades 7 mm, 5 mm e 3 mm, respectivamente, e, 14 mm de diâmetro. A Figura 1 mostra a configuração do corpo de prova e suas dimensões.



**Figura 1 - Corpo de Prova**

### *Sistema de Inspeção*

Foi utilizada uma sonda com uma bobina de 33 mm de diâmetro externo e 17 mm de diâmetro interno, com altura de 20 mm e 500 voltas de fio de cobre com 0.25 mm de diâmetro. Dentro dessa bobina foram instalados dois sensores *GMR* (*Giant Magnetoresistance*) AAH0022 em posições simétricas de forma que produzam respostas mais similares, como mostrado na Figura 2. O sensor posicionado no topo da bobina serve como referência, pois nessa região a influência das correntes parasitas é menor. O sensor na parte inferior da bobina e mais próximo do material sob teste, detectará a porção do campo magnético mais afetado pelas correntes parasitas. Um pequeno ímã foi colocado próximo aos sensores para polarização.

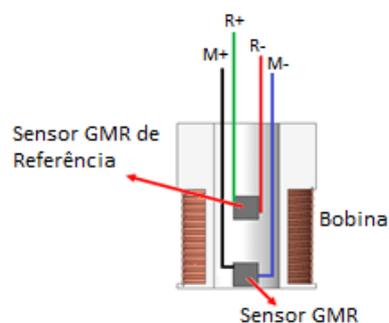


Figura 2 - Configuração da Sonda

Na configuração experimental empregada para a técnica *PEC* foram utilizados os seguintes equipamentos: sonda constituída por uma bobina e dois sensores *GMR*, gerador de funções Tektronix® AFG3022B; osciloscópio Tektronix® TDS2024C, para aquisição e digitalização dos sinais, e posteriormente um computador para análise. A configuração experimental para a captura do sinal pode ser vista na Figura 3.

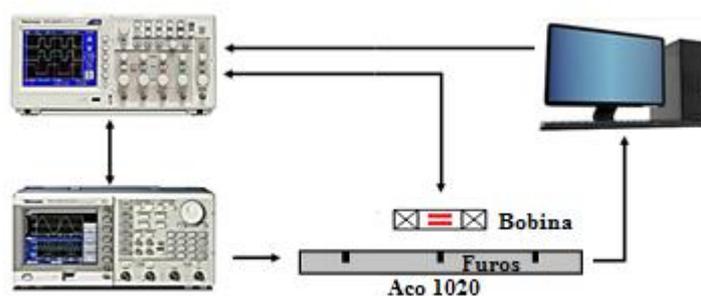


Figura 3 - Esquema experimental para a captura dos sinais de *PEC*.

### *Procedimento Experimental*

Foram coletados sinais em regiões com e sem defeito em diferentes *lift-off*, simulando diferentes alturas de isolamento, através dos dois sensores contidos dentro da bobina: um sensor referencial e um sensor de resposta gerando um sinal diferencial entre eles. Os sinais foram normalizados de modo a permitir a comparação do sinal diferencial e determinação das amplitudes de pico, Figura 4.

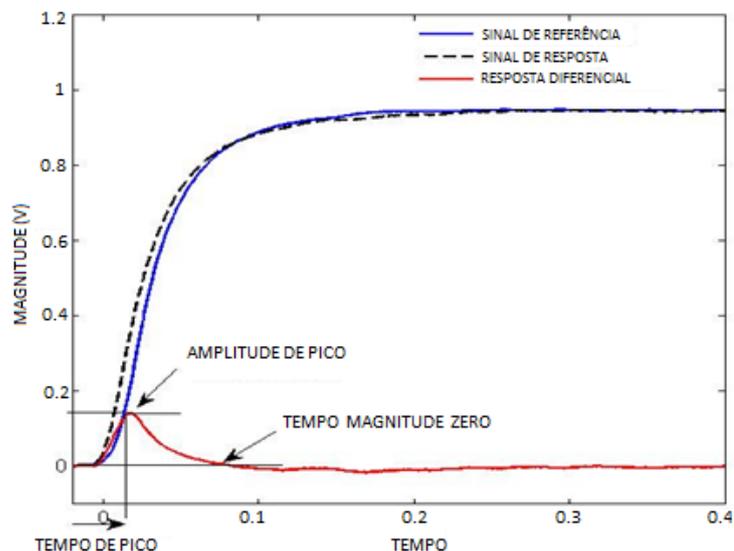


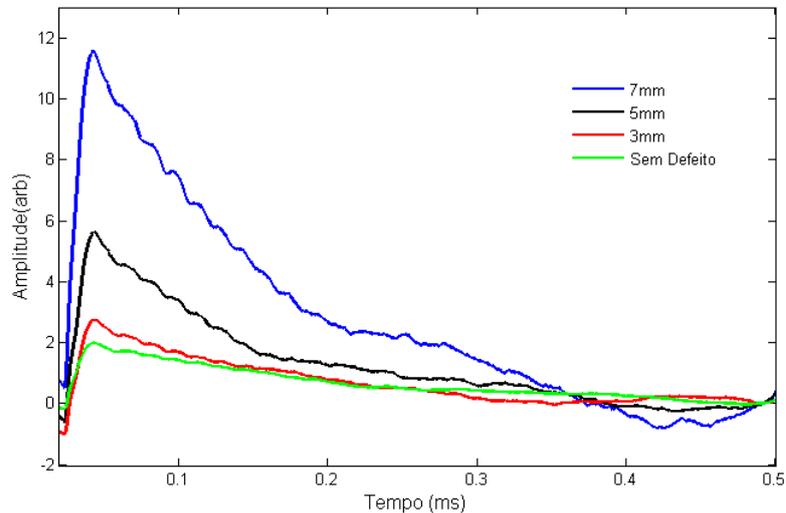
Figura 4. Sinal de *PEC* e característica comum usados para análise de descontinuidades.

Um pulso de 11 V com frequência 1 kHz e ciclo de carga de 0,3 ms foi aplicado à bobina. Os sinais referentes a variação do campo magnético fornecidos pelos dois sensores no interior da bobina, foram processados para obtenção do sinal diferencial empregando-se o programa computacional Matlab®.

A amplitude e o tempo do pico durante o ciclo de carga da bobina foram usados como parâmetros para detecção de descontinuidades.

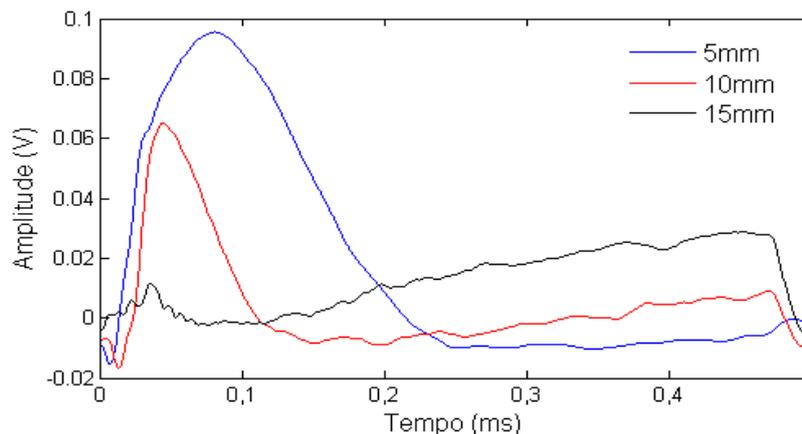
## Resultados e discussão

Na Figura 5 pode ser observada a diferença de sinal obtida pela sonda diferencial em três furos com profundidades distintas e em uma região sem defeito. A distância sonda-peça foi de 5 mm, à medida que a profundidade do defeito aumentou a amplitude do sinal também sofreu uma elevação, sendo possível diferenciá-los claramente.



**Figura 5. Sinais obtidos para diferentes profundidades de defeitos**

A Figura 6 mostra três alturas distintas de *lift-off* para a análise de um furo com 3 mm de profundidade, obtidos a partir de uma sonda diferencial. Pode-se observar uma diminuição no tempo de pico da amplitude variando de acordo com a distância empregada no *lift-off*, para profundidades de 5 mm, 10 mm e 15 mm, os tempos de pico foram 0,1 ms, 0,5 ms e 0,4 ms, respectivamente. Considerando a amplitude do pico obtido, pode-se considerar que o limite máximo de detecção foi de 15 mm. Com o afastamento da sonda no material a intensidade do sinal sofreu uma grande redução.



**Figura 6. Sinais de PEC para diferentes distâncias sonda-peça.**

## Conclusões

Foi realizada a inspeção de uma chapa em aço carbono 1020 apresentando defeitos em diferentes profundidades utilizando a técnica de *PEC*. Os resultados mostraram-se promissores, pois a sonda conseguiu detectar todos os furos para as três distâncias de *lift-off*. Também foi possível discriminar os furos com diferentes profundidades pela amplitude do sinal diferencial. O limiar de detecção alcançado foi de 15 mm de *lift-off* para um furo com 3 mm de profundidade. Para trabalhos futuros espera-se aumentar esta distância com a melhorias dos circuitos excitação da bobina e condicionamento dos sinais dos sensores *GMR*.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao IFBA e a FAPESB pelo apoio financeiro neste trabalho.

## Referências bibliográficas

- (1) Baptista, R; Moraes, D; Santos, R. A., “Corrosão sob isolamento em tubulações de Sistema de Ar-Condicionado”, USC, Santos, UNISANTA - Science and Technology, p. 25-27, Vol. 1, No 1, 2012
- (2) Silva, I.C.; Santos, Y.T.B.; Batista, L.S.; Farias, T.T.C., ” Estudo da corrosão em aço carbono usando a técnica de correntes parasitas pulsadas”, CONAEND&IEV2014 - 094
- (3) Robers, M., Scottini, R.S., “Pulsed Eddy Current in Corrosion Detection.” European Conference on Nondestructive Testing Barcelona (Spain), June 17-21, 2002. Extraído de <http://www.ndt.net/article/ecndt02/251/251.htm>
- (4) Shu L., Song, H., Wei, Z., Peng, Y., “Study of pulse eddy current probes detecting cracks extending in all directions”. Sensors and Actuators A, vol. 141, no 1,13–9, 2008.
- (5) He Y., Luo, F., Pan, M.C., Hu, X.C., Liu, B., Gao, J., “Defect edge identification with rectangular pulsed eddy current sensor based on transient response signals”. NDT & E International, Vol. 43, no 5, 409–415, 2010.
- (6) Brett C. R., Raad J. A.,”Validation of a pulsed eddy current system for measuring wall thinning through insulation.” Nondestructive Evaluation of Utilities and Pipelines, November 14, 1996.
- (7) Tian,G. Y., Sophia,n A,“Defect classification using a new feature for pulsed eddy current sensors.” NDT&E International 38, 77–82, 2005.

- (8) Angani C.S., Park D.G., Kim C.G., Leela P., Kishore M., Cheong Y. M., “Pulsed eddy current differential probe to detect the defects in a stainless steel pipe”. JOURNAL OF APPLIED PHYSICS, vol. 109, no 7, 2011.
- (9) He, Y.; Tian, G.; Zhang, H.; Alamin, M.; Simm, A.; Jackson, P., “Steel Corrosion Characterization Using Pulsed Eddy Current Systems.” IEEE SENSORS JOURNAL, vol. 12, no. 6, 2012.