

# **ESTUDO DA POTENCIALIDADE DO USO DE MEDIDAS DE TENSÃO HALL PARA DETECÇÃO DE PERDA DE MASSA EM MATERIAIS METÁLICOS**

**Mickael MESSIAS; Melquisedeque GOMES; Pedro VINÍCIUS; Edgard MACEDO; Neilor CESAR; Josinaldo PEREIRA;**

IFPB, 1º de maio 720 – Jaguaribe – João Pessoa - Paraíba, e-mail: mickaelmrodrigues@gmail.com

IFPB, 1º de maio 720 – Jaguaribe – João Pessoa - Paraíba, e-mail: pedrovmeneses@gmail.com

IFPB, 1º de maio 720 – Jaguaribe – João Pessoa - Paraíba, e-mail: edgardmsilva@gmail.com

IFPB, 1º de maio 720 – Jaguaribe – João Pessoa - Paraíba, e-mail: neilor@ifpb.edu.br

UFPB, Cidade Universitária – João Pessoa - Paraíba, e-mail: josinaldo@ct.ufpb.

## **RESUMO**

A integridade estrutural de materiais está relacionada com a possibilidade deles não apresentarem defeitos que venham comprometer sua capacidade de suportar esforços. A detecção desses defeitos, bem como descontinuidades que possam vir a se transformarem neles pode ser analisada por métodos não destrutivos. O presente trabalho tem por objetivo o estudo da potencialidade do uso de medidas de tensão Hall, como método não destrutivo para detecção de perda de massa de materiais metálicos. A metodologia consiste em se aplicar campos magnéticos conhecidos e determinar o valor de tensão Hall gerada. Para esse fim, foram utilizados sensores de efeito Hall com diferentes sensibilidades e campos de 400 e 600 Gauss de intensidade. A perda de massa foi obtida pela corrosão em solução 0,1N de  $H_2SO_4$  (ácido sulfúrico). Os resultados obtidos mostram que a metodologia é promissora para o acompanhamento da perda de massa de materiais metálicos em ambientes agressivos.

**Palavras-chave:** perda de massa, sensor de efeito Hall, materiais metálicos

## **1. INTRODUÇÃO**

O uso intensivo de materiais ferromagnéticos dentro das aplicações na engenharia faz com que a perda de fluxo magnético seja uma das principais técnicas amplamente utilizadas para determinar a presença de descontinuidades tanto na superfície como também no seu interior (ENOKIZONO, 1999). A perturbação do fluxo magnético próximo as descontinuidades permite o sensoriamento sem contato da componente vertical das fugas de campo magnético. Sensores Hall têm sido utilizados para detecção de tamanho e posição de trincas em materiais. Estes sensores são sensíveis também a detecção de falhas superficiais em materiais metálicos, principalmente sob excitação de corrente alternada (BI, 1998).

O efeito Hall, descoberto por Edwin Herbert Hall em 1879, já é conhecido por mais de cem anos, mas só foi colocado à utilização perceptível nas últimas três décadas com o advento da microeletrônica. O efeito Hall é utilizado na indústria em uma ampla variedade de aplicações de sensoriamento, podendo ser encontrado em tacômetros, switches, medidores: de posição, inclinação, nível, pressão, espessura, corrente, tensão, potência, frequência e campo magnético (SILVA 2008). Também podem ser encontrados na indústria de aviação, utilizados em avaliações não destrutivas, detectando fissuras em materiais (KOSMASSA, 2005).

O Uso de propriedades magnéticas também já é bastante difundido na ciência dos materiais, mas até então tais propriedades foram utilizadas mais intensamente na detecção de descontinuidades ou falhas. Cavalcante 2008 apresenta a utilização de sensores de efeito Hall, para a caracterização microestrutural de aços, submetidos a diversos tratamentos térmicos. Amostras de aços carbono 1045, com diferentes tratamentos foram submetidas a um campo de 300 Gauss onde foi medido valores de tensão hall. Os

resultados obtidos mostram que o sensor Hall é sensível a mudança microestrutural, e que o mesmo, sendo utilizado para caracterização, se apresenta como um método não destrutivo promissor. Cavalcante 2008 mostrou a potencialidade da utilização de valores de tensão Hall associada a redes neurais artificiais para reconhecimento de microestruturas em um aço 1045 tratado termicamente. Sinais de tensão Hall serviram para treinar uma rede do tipo backpropagation, mostrando ser possível identificação de microestrutura com a combinação das duas técnicas (CAVALCANTE, 2008).

## 2. METODOLOGIA

Realizaram-se ensaios de corrosão acelerada com uma solução ácida (0,1 N de  $H_2SO_4$ ) em uma amostra de aço SAE 1020 com dimensões 38X38 mm. A amostra ficou submersa por duas horas em cada corrosão, após isso foi lavada com água deionizada e era feita sua secagem em uma estufa a 65°C; após tal etapa eram feitas, ao total, noventa medidas em nove pontos específicos da amostra.

Utilizou-se dois tipos de sensores de efeito Hall (A1323L e SS495A) com diferentes sensibilidades (2.5 mV/G e 3.125 mV/G respectivamente. Aplicou-se campos magnéticos de 400 e 600 Gauss. O campo foi aplicado perpendicularmente ao sensor de efeito Hall e posicionado na superfície oposta da amostra.

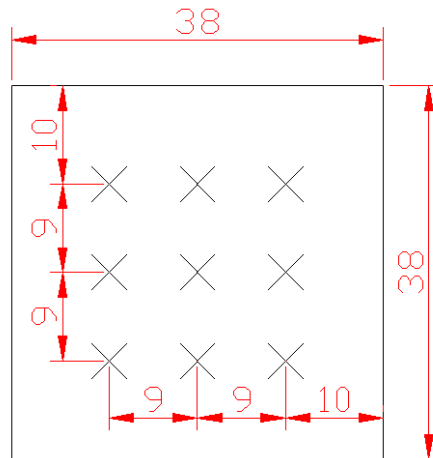


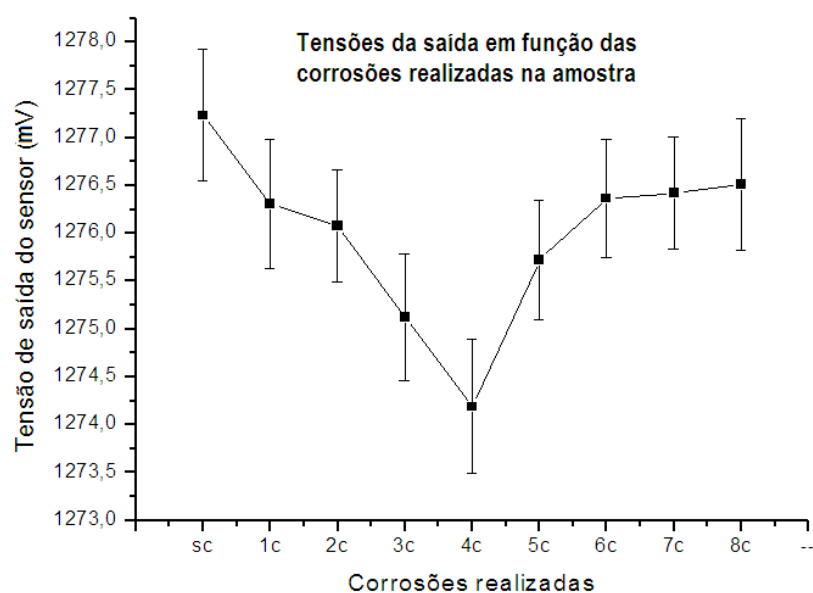
Imagem que ilustra os nove pontos específicos falados acima

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados de tensão Hall para as oito corrosões realizadas são apresentados na Figura 1. O gráfico mostra uma queda dos valores de tensão até a quarta corrosão, sendo seguido pelo aumento desses valores na continuação do experimento. Uma possível explicação para esta situação é que, antes de a amostra ter sido corroída, sua superfície estava “plana” e, conseqüentemente, as linhas de campo chegavam ao sensor com uma angulação próxima de 90°. Como os maiores valores de tensão na saída do sensor ocorrem quando as linhas do campo magnético estão perpendiculares ao sensor, é provavelmente devido a este fato que se tem valores altos de tensão antes da amostra ser corroída.

Até as quatro primeiras corrosões têm-se um decréscimo da tensão de saída, provavelmente devido ao fato da corrosão não se dar uniformemente em toda a extensão da amostra estudada, ou seja, a superfície da amostra torna-se irregular e isso faz com que as linhas de campo sejam desviadas. Deste modo, elas não vão chegar ao sensor com uma angulação próxima a 90°, fazendo que ocorra um decréscimo de tensão Hall.

À medida que mais corrosões são realizadas, temos um aumento dos valores de tensão. Isso pode ser explicado pelo fato de a amostra já estar tão corroída que, mesmo que a sua superfície esteja irregular, a perda de massa já é suficiente para que um maior fluxo de linhas de campo chegue ao sensor e superem a perda devido à irregularidade na superfície.



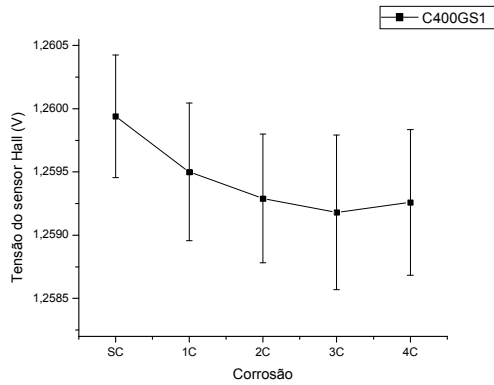
**Figura 1. Tensões do sensor de efeito Hall em função das corrosões aceleradas realizadas.**

**Tabela 1. Perda de massa referente ao gráfico acima**

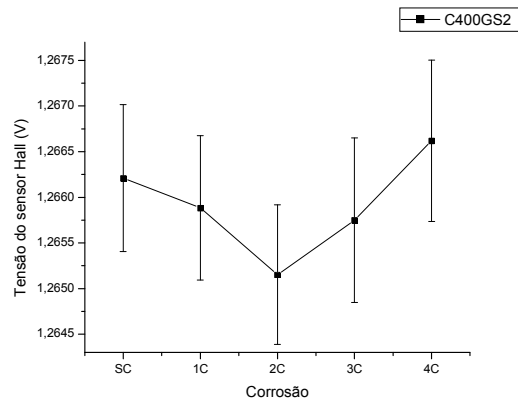
Pesos da amostra ao passar das corrosões	
Sem corrosão	32,0114g
1ª corrosão	31,8153g
2ª corrosão	31,6212g
3ª corrosão	31,6092g
4ª corrosão	31,5648g
5ª corrosão	31,5530g
6ª corrosão	31,5490g
7ª corrosão	31,5330g
8ª corrosão	31,5114g

A figura 2 abaixo mostra a influência da sensibilidade do sensor e da intensidade de campo aplicado nos resultados de tensão Hall. A figura 2a mostra os valores de tensão Hall para quatro corrosões aceleradas, quando a amostra é submetida a 400 Gauss e utilização do sensor S1 (menos sensível). Nota-se uma queda nos valores de tensão para as três primeiras corrosões e uma pequena tendência de aumento, a partir da quarta corrosão. Na figura 2b foi utilizado o mesmo valor de campo magnético e um sensor de maior sensibilidade (S2). Observa-se que a partir da terceira corrosão já temos, de modo claro, o aumento nos valores de tensão. Este efeito se deve a melhor sensibilidade do sensor S2 permitir a maior precisão na detecção de variação do número de linhas de campo. Nas figuras 2c e 2d, utilizamos campo de 600 Gauss e os mesmos sensores utilizados para levantamento de dados apresentados nas figura 2a e 2b. Nos mesmos

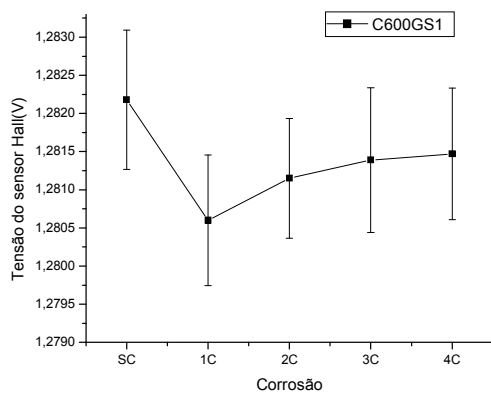
podemos observar comportamento semelhante aos encontrados com aplicação do campo de 400 Gauss, sendo que para menores tempos de corrosão, devido ao aumento da intensidade de linhas de campo, que facilita a detecção de suas variações no sensor Hall.



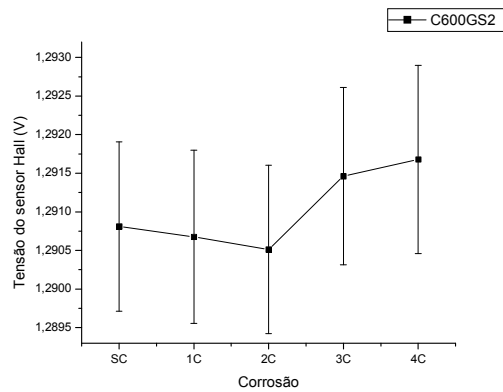
**Figura 2a.**



**Figura 2b.**



**Figura 2c.**



**Figura 2d.**

**Figura 2. Efeito da variação do campo magnético e sensibilidade dos sensores Hall, sobre os valores de Tensão.**

**Tabela 2. Perda de massa referente aos gráficos acima.**

Massa da amostra ao longo das corrosões	
Estágio	Massa (g)
Sem corrosão	34, 1365 g
1ª corrosão	33, 7383 g
2ª corrosão	33, 7245 g
3ª corrosão	33, 7127 g
4ª corrosão	33, 7003 g

## 4. CONCLUSÃO

Através dos resultados obtidos foi visto que é possível detectar variações de massa utilizando sensores de efeito Hall. E que a precisão das medidas está associada à sensibilidade do sensor utilizado, bem como à intensidade de campo aplicada. E que em meio a tantos métodos de análise não destrutivos nos quais o sensor Hall é tido como um mecanismo de monitoramento esse não se mostra diferente, uma vez que sua aplicação na detecção de perda de massa em materiais metálicos traz resultados confiáveis e satisfatórios, podendo ser usado para acompanhamento de materiais em serviços, permitindo assim, um melhor monitoramento da vida útil desses componentes.

## 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao suporte financeiro da Aneel/ Endesa, bem como o apoio do IFPB.

## 6. REFERÊNCIAS

- BI, Y., Jiles, D.C., **Dependence of magnetic properties on crack size in steels**, IEEE, Trans. Magn., v. 34, p. 2021–2224, 1998.
- CAVALCANTE FILHO, A. F.; GADELHA NETO, O. S.; BORGES, F. F. ; SANTOS, N. C. ; SILVA, E. M. In: **Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. Utilização de sensor de efeito Hall para caracterização de microestruturas**, Salvador-BA. CONEM, 2008.
- ENOKIZONO, M., TODAKA, T., TUCHIDA, Y., HACHIKI, N., **Finite element analysis of a moving magnetic flux type sensor developed for nondestructive testing**, IEEE Trans. Magn. V. 35, p. 1853–1856, 1999.
- KOSMASA, K. , CH. SARGENTISB, D. TSAMAKISB, E. HRISTOFOROUA, **Non-destructive evaluation of magnetic metallic materials using Hall sensors**, Journal of Materials Processing Technology, v. 161, p. 359–362, 2005.
- SILVA, E. M., SANTOS, N. C. **Utilização de sensor Hall para caracterização de microestrutura de aços**. Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica, 2008