

Joinville/SC – 26 a 29 de setembro de 2017
UNESC/UNISOCIESC
“Inovação no Ensino/Aprendizagem em
Engenharia”



COBENGE 2017
XLV CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA

DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA AUTOMATIZADA PARA ENSAIO NÃO DESTRUTIVO DE DETERMINAÇÃO DA ANISOTROPIA MAGNÉTICA

Rayssa Sousa de Andrade Toscano Lins – rayssasatlins@gmail.com
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)
Av. Primeiro de Maio, 720 - Jaguaribe
58015-435 – João Pessoa – Paraíba

Edgard de Macedo Silva – edgardmsilva@gmail.com
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)
Av. Primeiro de Maio, 720 - Jaguaribe
58015-435 – João Pessoa – Paraíba

Walter Macedo Lins Fialho – wmlfialho@gmail.com
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)
Av. Primeiro de Maio, 720 - Jaguaribe
58015-435 – João Pessoa – Paraíba

Alysson Marques Rufino Paula Leite – rufinoalysson@gmail.com
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)
Av. Primeiro de Maio, 720 - Jaguaribe
58015-435 – João Pessoa – Paraíba

Glauber Inocêncio Feitosa de Carvalho – glauber.inocencio@gmail.com
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)
Av. Primeiro de Maio, 720 - Jaguaribe
58015-435 – João Pessoa – Paraíba

Louise Gomes de Lima – lousegomes@gmail.com
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)
Av. Primeiro de Maio, 720 - Jaguaribe
58015-435 – João Pessoa – Paraíba

Bruno Ribeiro de Araújo – braraujo.ee@gmail.com
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB)
Av. Primeiro de Maio, 720 - Jaguaribe
58015-435 – João Pessoa – Paraíba

Organização



Promoção





Resumo: O estudo da anisotropia magnética busca a determinação da direção de fácil magnetização, que é muito utilizado em aços para fins elétricos de grãos orientados e não orientados aplicados em motores elétricos e transformadores. O presente trabalho consistiu no desenvolvimento de uma bancada automatizada capaz de determinar a direção de fácil magnetização de amostras de aço. O sistema de hardware e software desenvolvido contribuiu para a obtenção de resultados mais precisos. Foram aplicados campos magnéticos externos junto a uma amostra de aço inoxidável duplex de 4 mm de espessura, com o objetivo de verificar a potencialidade do método. Entre a peça e a bobina foi posicionado um sensor de efeito Hall. As medições foram realizadas no centro da amostra de forma rotacional, com uma variação angular de 45° até completar um ciclo de 360°. Para a obtenção dos dados das medidas e para a realização do movimento dos motores, foi utilizada a plataforma Arduino. Os resultados mostraram uma variação do campo magnético induzido em função da rotação, revelando a presença da anisotropia.

Palavras-chave: Sensor, Efeito Hall, Arduino, Anisotropia Magnética.

1. INTRODUÇÃO

Os ensaios não destrutivos (END) são considerados uma técnica de análise preventiva, por possibilitar a medição de propriedades específicas de materiais sem causar dano permanente ao mesmo. Esta técnica é capaz de verificar anomalias mecânica, física e química, possibilitando, por exemplo, inspecionar cem por cento de um lote de determinado material, garantindo maior confiabilidade, desempenho e durabilidade desses componentes com menor custo.

O estudo da interação entre intensidade de campo magnético aplicado e material depende da determinação do campo magnético induzido resultante e para isso são utilizados sensores de campo magnéticos. Esse estudo tem obtido resultados promissores na detecção da existência de descontinuidades tanto na superfície como de defeitos internos em materiais (EMURA *et al.*, 2001).

Os sensores de efeito *Hall* que usam como princípio o efeito magnético *Hall* possuem baixo custo e simples utilização, por isto são largamente usados em END. Seu sinal de saída é potencializado com a aproximação da superfície magnética. Contudo, apesar de sua potencialidade, ele possui limitações e variações a serem entendidas e controladas. A faixa de trabalho é um dos problemas, sendo esta da ordem de mVolts/Gauss. Ele satura quando é submetido a campos magnéticos inferiores a 1/10 Tesla (ALLEGRO, 2012).

No presente trabalho, é apresentada a construção do protótipo de uma bancada automatizada com motores de passo, que permite a aplicação de ensaio não destrutivo para determinação da direção de fácil magnetização, bem como a avaliação dos resultados obtidos, utilizando-se os conceitos de magnetização dos materiais, suas propriedades e seu comportamento quando submetidos a um campo magnético. Esses conhecimentos, ministrados na disciplina de Materiais Elétricos, são necessários para a formação do Engenheiro Eletricista e esta bancada será fundamental para dar suporte ao estudo dos aços magnéticos para fins elétricos.

Organização



UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Educação e Tecnologia

Promoção



Associação Brasileira de Educação em Engenharia



2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Bancada de medições

A bancada de medições foi desenvolvida no laboratório do Grupo de Simulação e Comportamento de Materiais (GSCMat) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB). A bancada foi projetada utilizando-se o *software* NX da *Siemens* e foi confeccionada em Poliacetal, utilizando-se a máquina de impressão 3D, ROMI D600, Figura 1.

Na face inferior da bancada foi acoplado o motor de passo que rotaciona a amostra em graus específicos e na lateral da parte superior, foi acoplado o motor que aciona o deslocamento, com precisão milimétrica, da estrutura com o solenoide e o sensor. Foi construída uma peça cilíndrica utilizando-se um torno mecânico, com a finalidade de servir como carretel para fixar o solenoide. E foram acopladas duas caixas plásticas ao protótipo para embutir o *hardware*.

Foi desenvolvido um *software* no ambiente de programação *Arduino*, capaz de controlar a quantidade de passos que os motores irão realizar, por meio dos pinos digitais e receber os dados retornados do sensor *Hall*, por meio de um pino analógico.

Figura 1 – Bancada de medições.



Fonte: própria.

Sua configuração experimental pode ser melhor compreendida por meio da Figura 2, onde está representado o fluxograma de funcionamento da bancada de medições mostrando cada componente do sistema.

Organização

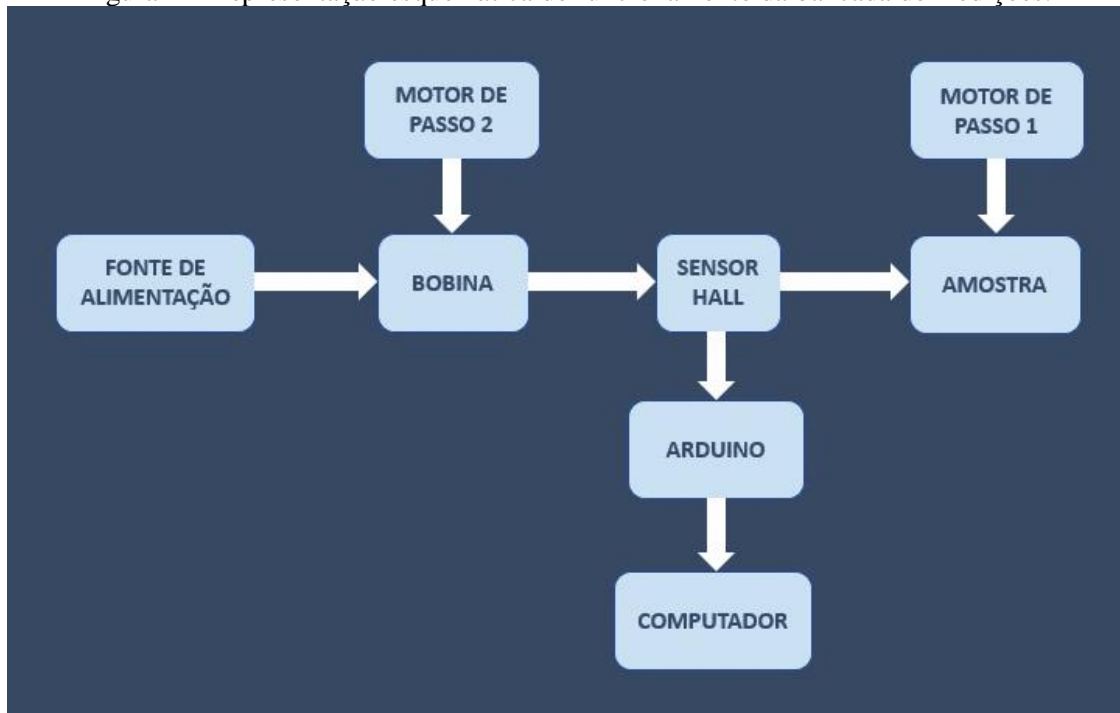


Promoção





Figura 2 – Representação esquemática do funcionamento da bancada de medições.



Fonte: própria.

2.2 Procedimento experimental

Foi utilizada uma amostra de aço inoxidável duplex com 4 mm de espessura e 24 mm de diâmetro. Usando um microscópio óptico foi possível marcar o ângulo zero da amostra, analisando-se a orientação de deformação do material quando fabricado.

Nos ensaios, a amostra foi fixada numa estrutura circular de policarbonato presa ao eixo de um dos motores. Um sensor de efeito *Hall* do tipo SS495A foi posicionado no centro da amostra para realizar as medições das densidades de linhas de campo resultantes da interação entre campo e material.

Foram aplicadas tensões de 5V, 15V e 25V, respectivamente, no solenoide. As medições foram realizadas pelo método de rotação do material, com uma variação de ângulo de 45° até completar um ciclo de 360°. Para cada variação de ângulo foram realizadas 30 medições. O intervalo de confiança dos valores foi obtido para um erro de 5%.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A microestrutura do aço utilizado no presente trabalho é mostrada na Figura 3. Nota-se a presença de grãos alongados devido à deformação do processo de laminação. Duas fases estão presentes nesse aço, uma (α) denominada de ferrita e outra (γ) chamada de austenita. Esta estrutura foi escolhida por possuir uma direção de deformação conhecida e com isso a deformação de fácil magnetização, que fica no mesmo sentido de deformação. Esse material foi escolhido por ser muito utilizado no ser de Petróleo e Gás.

Organização

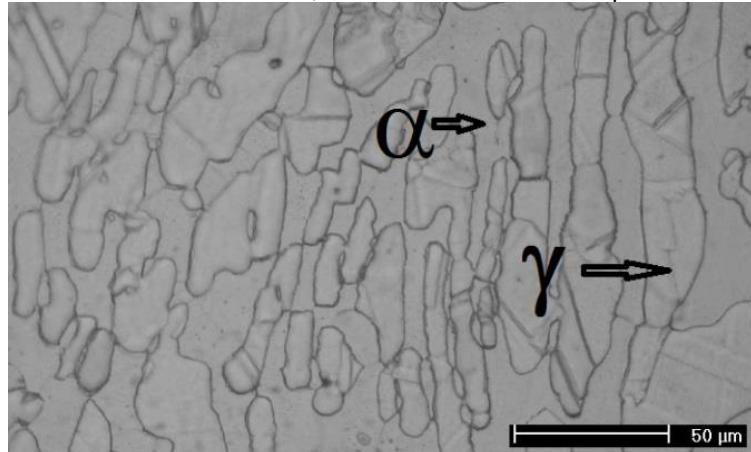


Promoção





Figura 3 – Microscopia óptica da estrutura do AID como recebido, aumento 1000X, onde α é a fase ferrita e γ a austenita.



Fonte: própria.

Vários trabalhos foram desenvolvidos com o propósito de determinar a direção de fácil magnetização de um material, mas alguns são métodos destrutivos e outros necessitam de amostras de grandes dimensões (MORGAN & PADOVESE, 2012), (SÁNCHEZ *et al.*, 2007), (BENITEZ, *et al.*, 2007), (CLAPHAM, *et al.*, 1999), (EMURA, *et al.*, 2001), (ELMASSALAMI, *et al.*, 2011). Esses estudos mostram que as propriedades magnéticas sofrem influências da microestrutura e condições de tensão causadas por deformação plástica. Estas são provenientes dos processos de fabricação dos materiais (LANDGRAF *et al.*, 2003), (LANDGRAF *et al.*, 1999), (FIORILLO, 2006), (FRYSKOWSKI, 2008), (KUMAR & MISRA, 2005). Outros estudos detectaram variação das propriedades magnéticas de materiais em função da rotação de amostras, devido anisotropia magnética (MORGAN & PADOVESE, 2012), (CLAPHAM, *et al.*, 1999), (LANDGRAF *et al.*, 2003).

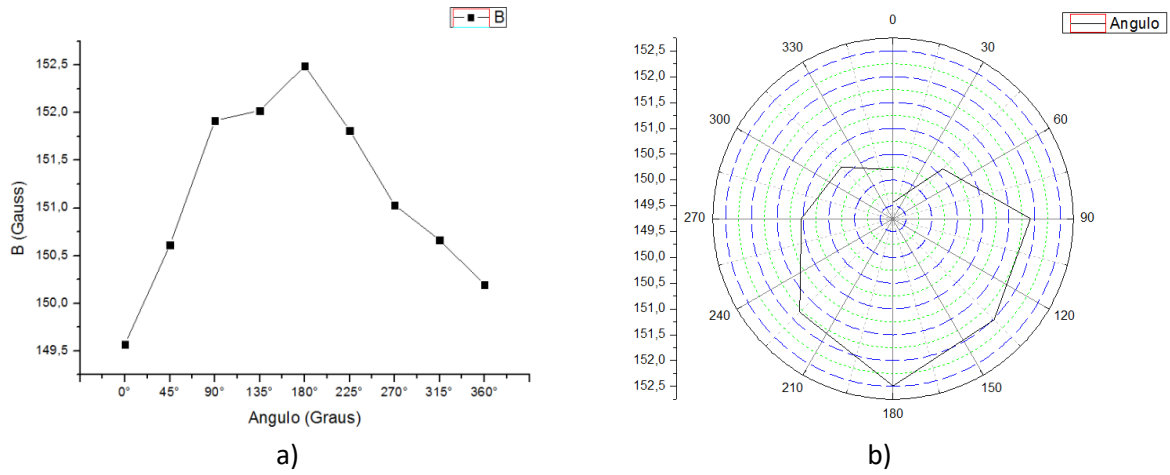
O comportamento obtido do campo magnético induzido em função do ângulo de rotação, para os três valores de tensões aplicados, é mostrado nas figuras 4, 5 e 6. Esses gráficos revelam a presença de anisotropia magnética devido a variação das medidas de campo magnéticos induzidos em função da rotação.

O experimento foi realizado com corrente contínua e polo magnético fixo. Isto significa que, com a mudança do polo, os maiores valores de campo magnéticos induzidos seriam observados no ângulo de 0° . Os ângulos de 0° e 180° correspondem aos sentidos opostos da mesma direção. A deformação observada foi a mesma da de direção de alongamentos dos grãos do material. Resultados semelhantes foram observados por outros pesquisadores (MARTINEZ, *et al.*, 2015) e (EMURA, *et al.*, 2001).

O presente trabalho mostrou que a bancada é capaz de determinar a anisotropia de um material e indicar a direção de fácil magnetização. Os maiores valores de campo magnéticos induzidos foram detectados no ângulo de 180° , que é a direção de laminação.

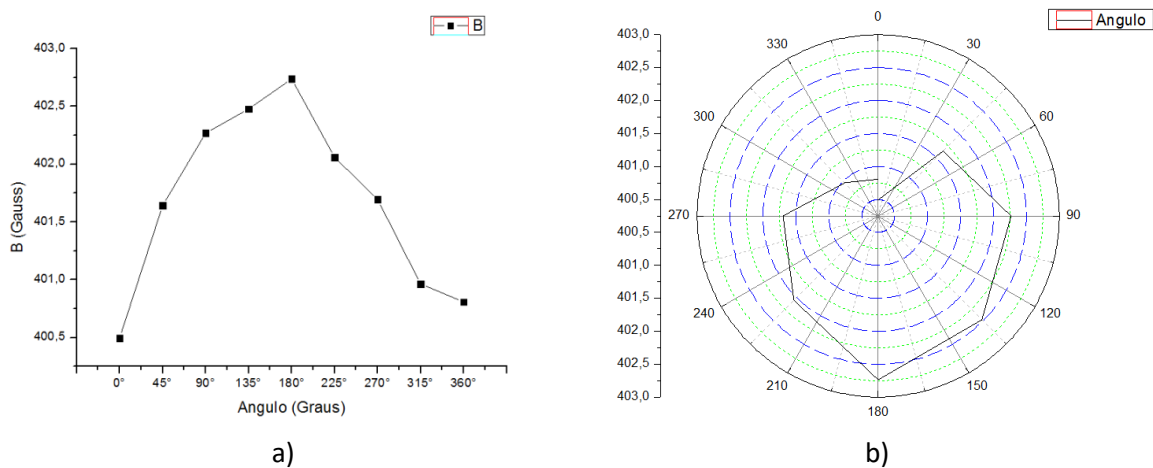


Figura 4 – Campo magnético induzido (B) com rotação (amostra de aço duplex, 4 mm), para uma tensão aplicada na bobina de 5V.



Fonte: própria.

Figura 5 – Campo magnético induzido (B) com rotação (amostra de aço duplex, 4 mm), para uma tensão aplicada na bobina de 15V.



Fonte: própria.

Organização

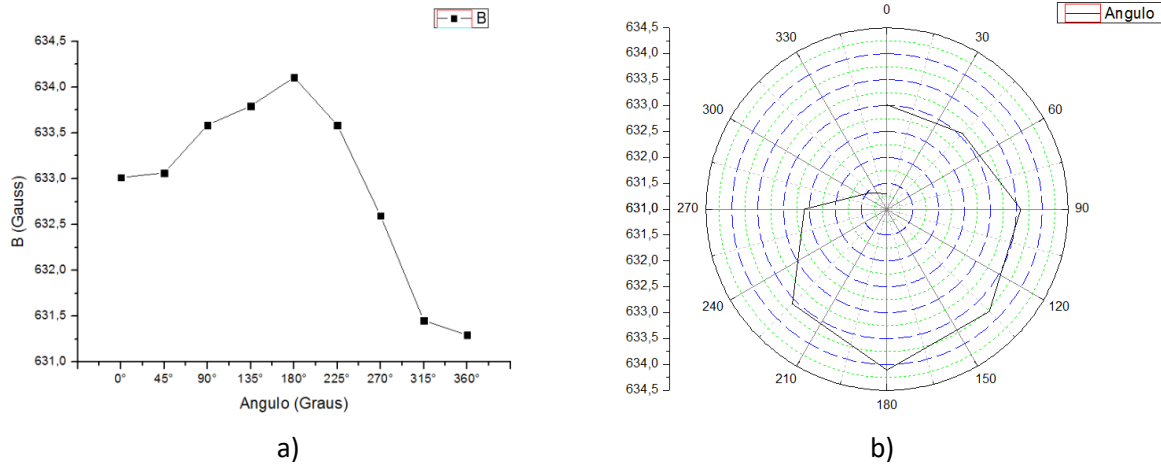


Promoção





Figura 6 – Campo magnético induzido (B) com rotação (amostra de aço duplex, 4 mm), para uma tensão aplicada na bobina de 25V.



Fonte: própria.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho mostrou o desenvolvimento de uma bancada para determinação de anisotropia magnética em um material. Este conhecimento é necessário para o entendimento das propriedades magnética de materiais para fins elétricos, que são utilizados em transformadores e ministrados nas disciplinas de Materiais Elétricos. Os resultados mostraram que as medidas no centro variaram com a rotação da amostra, sendo detectada a anisotropia do material. A metodologia mostrou possuir uma boa reprodução. O material estudado apresentou o ângulo de 180° como sendo o de fácil magnetização.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao IFPB pelo suporte financeiro, bem como pelas bolsas de pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALELEGRO MICROSYSTEMS, INC. Technical Documents, Massachusetts. USA, 2012.

A. KUMAR AND A. MISRA, “Shape anisotropy of magnetic field generation during tensile fracture in steel,” J. Magn. Magn. Mater., vol. 285, no. 1–2, pp. 71–78, 2005.

B. FRYSKOWSKI, “Experimental evaluation of magnetic anisotropy in electrical steel sheets,” J. Magn. Magn. Mater., vol. 320, pp. 515–522, 2008.

EMURA, M.; DE CAMPOS, M. F.; LANDGRAF, F. J. G.; TEIXEIRA, J. C. Angular dependesse of magnetic proprieties of 2% silicone electrical steel. Journal of Magnetism anda Magnetic Materials, n. 226-230, p. 1524-1526, 2001.

Organização



Promoção





- F. FIORILLO, “Anisotropy and magnetization process in soft magnets: Principles, experiments, applications,” *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 304, pp. 139–144, 2006.
- F. J. G. LANDGRAF, M. EMURA, J. C. TEIXEIRA, M. F. DE CAMPOS, AND C. S. MURANAKA, “Anisotropy of the magnetic losses components in semi-processed electrical steels,” *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 196, no. May, pp. 380–381, 1999.
- F. J. G. LANDGRAF, T. YONAMINE, M. EMURA, AND M. A. CUNHA, “Modelling the angular dependence of magnetic properties of a fully processed non-oriented electrical steel,” *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 254, pp. 328–330, 2003.
- J. CAPÓ-SÁNCHEZ, J. PÉREZ-BENITEZ, AND L. R. PADOVESE, “Analysis of the stress dependent magnetic easy axis in ASTM 36 steel by the magnetic Barkhausen noise,” *NDT E Int.*, vol. 40, no. 2, pp. 168–172, 2007.
- J. CAPÓ-SÁNCHEZ, M. ALBERTERIS CAMPOS, AND L. R. PADOVESE, “Magnetic Barkhausen measurements for evaluating the formation of Lüders bands in carbon steel,” *NDT E Int.*, vol. 40, pp. 520–524, 2007.
- L. CLAPHAM, C. HEALD, T. W. KRAUSE, D. L. ATHERTON, AND P. CLARK, “Origin of a magnetic easy axis in pipeline steel,” *J. Appl. Phys.*, vol. 86, no. 3, pp. 1574–1580, 1999.
- M. CALDAS-MORGAN AND L. R. PADOVESE, “Fast detection of the magnetic easy axis on steel sheet using the continuous rotational Barkhausen method,” *NDT E Int.*, vol. 45, no. 1, pp. 148–155, 2012.
- M. EMURA, M. F. DE CAMPOS, F. J. G. LANDGRAF, AND J. C. TEIXEIRA, “Angular dependence of magnetic properties of 2% silicon electrical steel,” *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 226–230, pp. 1524–1526, 2001.
- P. MARTÍNEZ-ORTIZ, J. A. PÉREZ-BENÍTEZ, J. H. ESPINA-HERNÁNDEZ, F. CALEYO, AND J. M. HALLEN, “On the estimation of the magnetic easy axis in pipeline steels using magnetic Barkhausen noise,” *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 374, pp. 67–74, 2015.

Organização



Promoção





DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED BENCH FOR NON-DESTRUCTIVE DETECTION OF MAGNETIC ANISOTROPY

Abstract: *The study of magnetic anisotropy seeks the determination of the direction of easy magnetization, which is widely used in steels for electrical purposes with oriented and unoriented grains, applied in electric motors and transformers. The present work consisted in the development of an automated bench capable of determining the direction of easy magnetization of steel samples. The developed hardware and software system contributed to more accurate results. External magnetic fields were applied together with a 4 mm thick duplex stainless steel sample, with the objective of verifying the potentiality of the method. A Hall effect sensor was positioned between the sample and the coil. The measurements were taken without a rotational model, with an angular variation of 45° until completing a 360° cycle. To obtain the data of the measurements and to realize the movement of the motors, an Arduino platform was used. The results showed a induced magnetic field change as a function of the rotation, revealing the presence of anisotropy.*

Key-words: *Sensor, Hall effect, Arduino, Magnetic Anisotropy.*

Organização



Promoção

