



A LEI DE FARADAY: UMA EXPERIÊNCIA DO LABORATÓRIO DE FÍSICA DA ESCOLA NAVAL

Certa vez Faraday, em uma de suas apresentações da Lei da Indução Eletromagnética na Royal Society, foi interpelado pela Rainha da Inglaterra: "Tudo isso é muito interessante, Senhor Faraday, mas para que serve?". Consta que Faraday teria respondido: "Majestade, para que serve um recém-nascido?". (PARENTE, 1999)

Profa. Dra. Neide Gonçalves¹

Profa. Dra. Tânia Dargam²

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a pesquisa no Ensino de Física, no intuito de colaborar para a melhoria do processo

1 Doutora em Física pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

2 Doutora em Física pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

ensino-aprendizagem, tem se voltado fortemente para novas estratégias que facilitem a compreensão dos conceitos e fenômenos físicos. Neste sentido, tecnologias computacionais vêm sendo utilizadas, tanto na assistência de experimentos em laboratórios didáticos (CAVALCANTE; TAVOLARO, 2000; SOUSA et al. 2011) como em modelagens computacionais (VEIT; ARAUJO, 2005; DARGAM; GONÇALVES, 2012). Mais recente-

mente, a utilização de dispositivos móveis, tais como *tablets* e *smartphones*, tem experimentado avanços significativos no seu potencial e na sua diversidade de usos nas mais variadas atividades (VIEIRA, 2013). É certo que a utilização de novos recursos e estratégias para o processo ensino-aprendizagem, quando utilizados de forma planejada, pode enriquecer a relação entre aluno e professor, uma vez que computadores e dispositivos móveis já fazem parte do cotidiano do aluno.

O Laboratório Didático de Física da Escola Naval possui vários equipamentos com ampla flexibilidade de montagens experimentais para realizações de demonstrações tanto qualitativas quanto quantitativas de temas relacionados à disciplina, nas áreas de mecânica, ondas e eletromagnetismo. A Lei de Faraday, por exemplo, de fundamental importância para os avanços na ciência moderna, é um assunto de difícil assimilação para os Aspirantes, e essa dificuldade pode ser atenuada se sua apresentação teórica for acompanhada de uma demonstração experimental feita pelo professor e/ou de uma atividade realizada pelos Aspirantes, no laboratório.

Experimentos quantitativos da Lei de Faraday, como este que foi desenvolvido no laboratório de Física da Escola Naval, são raros. Devido ao êxito do experimento e do aproveitamento do Aspirante em sala de aula, ele foi apresentado em fevereiro no Simpósio de Ensino de Física de 2015 na Universidade Federal de Uberlândia.

A LEI DE FARADAY: ORIGEM

A Lei de Faraday, também chamada de Lei da Indução Magnética, foi elaborada a partir de contribuições de Michael Faraday, Franz Ernst Neumann e Heinrich Lenz e faz parte de uma das quatro equações de Maxwell do eletromagnetismo clássico.

Por volta do ano de 1830, Faraday, em seus experimentos, observou a passagem de uma corrente elétrica induzida em uma bobina, produzida pela ação de fluxos magnéticos variáveis através da mesma. Resumidamente, a experiência por ele realizada consistia em ligar uma bobina em série a um medidor de corrente elétrica, um galvanômetro, como mostrado na figura 1. Aproximando e afastando um ímã dessa bobina verifica-se o surgimento de uma corrente no galvanômetro, que depende apenas da velocidade relativa entre o ímã e a bobina. A esse fenômeno Faraday deu o nome de indução eletromagnética, um conceito fundamental para a ciência moderna, e princípio básico de funcionamento do gerador, do transformador, do canhão eletromagnético etc.

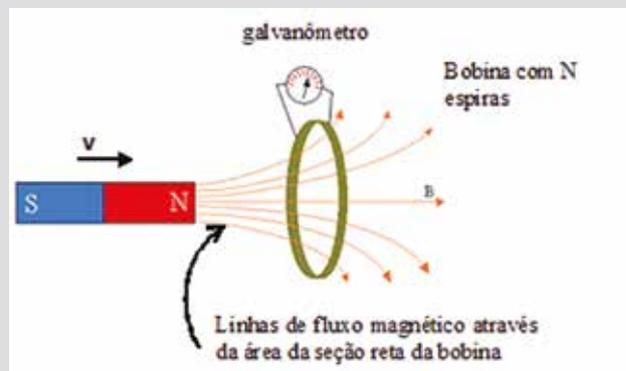


Figura 1 - Experimento de Faraday

Fonte: www.brasile scola.com

Graças a Faraday, a eletricidade deixou de ser vista como uma curiosidade para se transformar em uma das mais importantes formas de energia utilizadas no mundo.

A Lei de Faraday é dada pela expressão matemática,

$$\varepsilon(t) = -N \frac{\partial \Phi}{\partial t} .$$

No lado esquerdo, tem-se a força eletromotriz induzida devida a presença da corrente na bobina. No lado direito, N é o número de espiras da bobina e

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t}$$

corresponde à variação do fluxo magnético total através da área da seção reta da bobina. O sinal negativo da fórmula é explicado pela Lei de Lenz, que diz que a força eletromotriz possui um sentido contrário ao da variação do fluxo magnético.

MONTAGEM EXPERIMENTAL E MATERIAL UTILIZADO

A atividade experimental sobre a Lei de Faraday montada no laboratório didático de Física da Escola Naval utiliza um equipamento da empresa Pasco, onde um ímã cilíndrico de neodímio, preso a um carrinho que desliza sobre um trilho, atravessa uma bobina. A montagem (figura 2) é feita de modo que o ímã atravessa perpendicularmente a seção reta da bobina, tomando-se o cuidado para que o centro do ímã esteja sobre o eixo que passa pelo centro da bobina. Um sensor de movimento ultrassônico faz a leitura das posições do carrinho sobre o trilho e outro sensor, ligado à bobina, faz a leitura da tensão em seus bornes. Ambos

os sensores estão conectados a uma interface, ligada a um computador, que permite uma coleta de dados pelo Programa DataStudio, também fornecido pela Pasco.

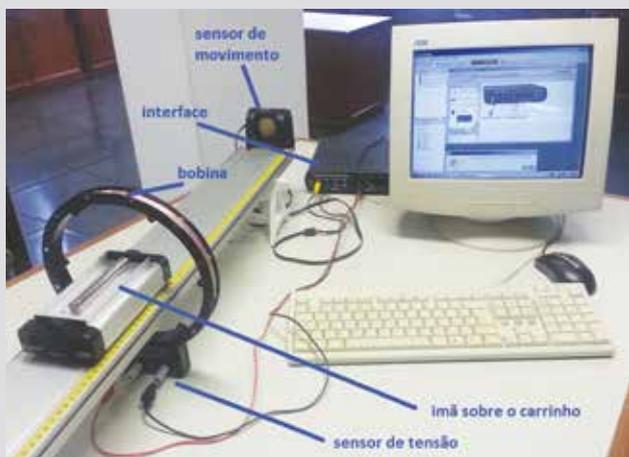


Figura 2 - Foto do equipamento experimental
Fonte: Laboratório de Física EN.

Com os dados obtidos no experimento e utilizando a Lei de Faraday, ministrada em sala de aula, objetiva-se determinar o campo *magnético* médio que atravessa a bobina no instante em que o ponto médio do ímã permanente passa pelo centro da bobina. Com o magnetômetro de um *smartphone*, é possível avaliar a ordem de grandeza desse campo médio e fazer uma comparação de resultados.

DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL

Procede-se ao lançamento do carrinho através da bobina, durante o qual o programa constrói o gráfico da voltagem em função do tempo, o que já é uma verificação qualitativa da indução magnética, pois uma voltagem diferente de zero indica a presença de uma corrente induzida na bobina.

O equipamento, com coleta de dados informatizada e construção automática de gráficos, permite um estudo quantitativo e mais aprofundado do fenômeno da indução, uma vez que se ganha o tempo que, na ausência do equipamento, seria dedicado ao esforço braçal tanto na coleta de dados quanto na construção dos gráficos em papel milimetrado.

Durante o experimento, é proposto aos Aspirantes lançamentos do carrinho com duas diferentes velocidades para que observem as respectivas curvas de voltagem. A Figura 3 expõe os resultados para obtenção

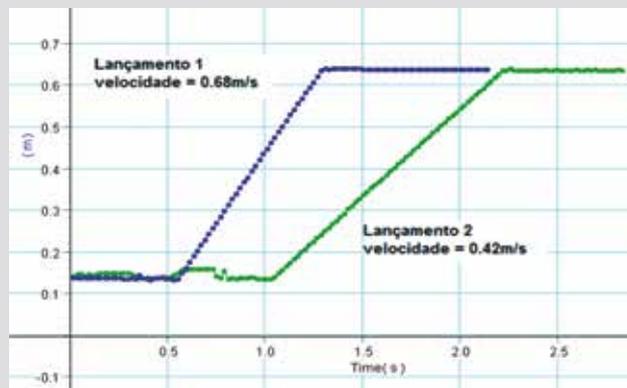


Figura 3 - Posição da bobina em função do tempo
Fonte: Coleta de dados DataStudio – Laboratório de Física EN.

da velocidade, através do gráfico da posição em função do tempo, em dois lançamentos distintos do carrinho. Na figura 4, temos os respectivos resultados para a tensão na bobina em função do tempo. Como se vê, os resultados são diferentes, no entanto, em ambas as medidas verifica-se uma simetria em relação à voltagem igual a zero.

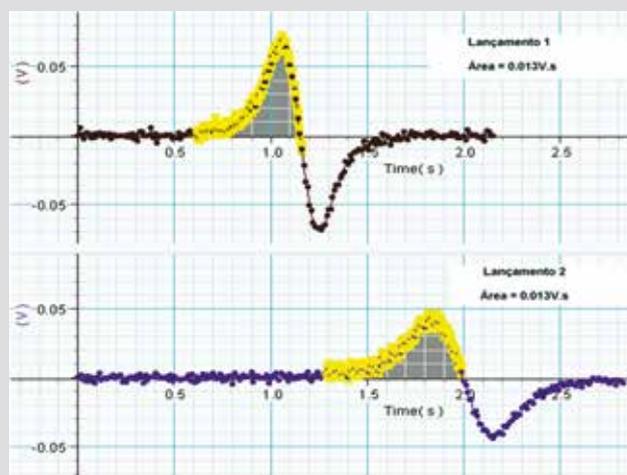


Figura 4 - Tensão na bobina em função do tempo
Fonte: Coleta de dados DataStudio – Laboratório de Física EN.

Em seguida, propõe-se então que, utilizando-se um recurso do programa DataStudio, os Aspirantes calculem as áreas sob as curvas da voltagem (áreas hachuradas na figura 4), onde eles verificam uma igualdade nos valores, $V=0,013V.s$. A partir daí, pede-se que expliquem o significado físico das áreas e o porquê da independência da velocidade do carrinho nos resultados obtidos.

A partir do valor da área e com a Lei da Indução de Faraday, o Aspirante obtém o valor do campo magnético médio que atravessa a bobina, no instante em que

o ponto médio do ímã passa pelo centro da bobina. O valor obtido foi de 2,1mT.

Para verificar a consistência dos resultados obtidos pelos Aspirantes, utiliza-se o magnetômetro de um *smartphone*, onde eles efetuam medidas do campo magnético num ponto a uma distância r do centro do ímã e sobre o eixo perpendicular ao seu eixo longitudinal, na região referente ao interior da bobina (medida esquematizada na figura 5).

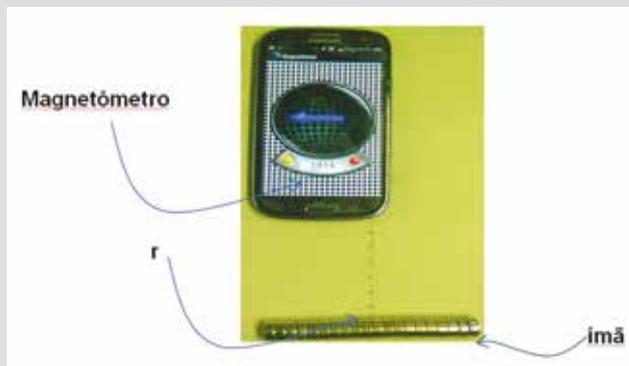


Figura 5 - Esquema para a medida do campo magnético médio
Fonte: Foto do Equipamento do Laboratório de Física EN.

Certos cuidados são tomados nas medidas, tais como, descobrir a posição do sensor dentro do *smartphone* a fim de medir corretamente a distância entre o ímã e o magnetômetro e também na “calibração” do magnetômetro, para compensar o campo magnético terrestre e a influência de objetos magnéticos próximos (VIEIRA, 2013). Na figura 5, temos a foto da tela do aplicativo *MagnetMeter*, que foi utilizado para ler

$r(\text{cm})$	$B(\text{microtesla})$
7	1851
8	1414
9	1078
10	853

Figura 6 - Medidas do magnetômetro
Fonte: Laboratório de Física EN.

e apresentar os dados do magnetômetro. A direção do campo magnético é dada pela seta em 3D e o número na parte de baixo é a intensidade do campo magnético em microtesla.

Na tabela da figura 6, temos os valores medidos do campo magnético, utilizando o magnetômetro, para algumas distâncias do ímã. Verificou-se uma igualdade na ordem de grandeza dessas medidas com o campo magnético médio obtido anteriormente ($2100\mu\text{T}$), sendo um indicativo de consistência dos resultados.

CONCLUSÃO

Experimentos envolvendo a Lei de Faraday-Lenz, na sua grande maioria, são demonstrativos, permitindo ao Aspirante somente uma visualização do fenômeno, que não lhe permite uma verificação quantitativa.

Neste trabalho, desenvolvemos um experimento quantitativo sobre a Lei de Faraday-Lenz, em que os resultados obtidos exigem do Aspirante, na disciplina básica de física, que sejam feitas análises baseadas nos conceitos envolvidos na indução magnética, tais como, o fluxo de um campo magnético e sua taxa de variação, indução de uma tensão em uma bobina devido à passagem de um ímã através dela, estimativa do valor médio do campo magnético em uma região do espaço (interior da bobina) etc.

Na aplicação deste experimento em aula prática no laboratório didático de física da Escola Naval, que foi realizada após o formalismo matemático da Lei de Faraday, verificamos, como resultado, um maior domínio, por parte do Aspirante, sobre os conceitos envolvidos na indução magnética, conceitos esses que fogem ao senso comum das pessoas.

A inserção de novas tecnologias no ensino de física, tais como, a coleta de dados informatizada com o uso de sensores ligados a computadores por meio de interfaces e o uso de *smartphones* e *tablets* com seus aplicativos, inegavelmente se tornaram um atrativo para as aulas de laboratório de física, despertando, assim, um maior envolvimento dos Aspirantes e, consequentemente, um maior domínio dos conceitos envolvidos nas respectivas aulas. Sem dúvida, a coleta de dados informatizada se mostra de grande valia, liberando o Aspirante do trabalho braçal de anotar os resultados, permitindo, assim, que ele se concentre no entendimento do conceito físico envolvido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. Cuidados na Utilização de Sistemas de Aquisição de Dados no Ensino de Física. *Rev. Bras. Ens. Fis.* n.22, p.247-258, 2000.

CAVALCANTE, M. A.; BONIZZIA, A.; GOMES, L. C. P. Aquisição de Dados em Laboratório de Física: Um Método Simples, Fácil e de Baixo Custo para Experimentos em Mecânica. *Rev. Bras. Ens. Fis.*, v.30, n.2, p 2501.1 2501.6, 2008.

DARGAM, T.; GONÇALVES, N. Ensino de Física: Tendências e desafios. In: IV ENCONTRO PEDAGÓGICO DO ENSINO SUPERIOR MILITAR, Rio de Janeiro, Escola Naval, *Anais...* 4 a 6 set., Escola Naval, Rio de Janeiro, 2012.

HAAG, R.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Por Que e Como Introduzir a Aquisição Automática de Dados no Laboratório Didático de Física? . *Rev. Física na Escola.* v.6, n.1, p. 69-74, 2005.

PARENTE, A. O Hipertextual. *Rev. Famecos*, v. 10, p. 74-85, Porto Alegre, 1999.

SOUZA, A. R. et al. A Placa Arduino: Uma Opção de Baixo Custo para Experiências de Física Assistidas pelo PC *Rev. Bras. Ens. Fis.*, v.33, n.1, p 1702-1-1702-5, 2011.

VEIT, E. A.; ARAUJO, I. S. Modelagem Computacional no Ensino de Física. In: XXIII ENCONTRO DE FÍSICOS DO NORTE E NORDESTE, Maceio, *Anais...* 01 out a 02 nov. Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2005.

VEIRA, L. P. Experimento de Física com *Tablets e Smartphones*, 2013, 107f. Dissertação (Mestrado em 2013) - Instituto de física da Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

