

PREGO VOADOR: UMA APLICAÇÃO DE ELETROMAGNETISMO

WALDOW, K. O.¹, VAZ, C. C. F.¹, FERRAZ, F. V.¹, GARCIA, E. D.¹, RAMOS, C. R.¹

¹ Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) – Bagé – RS – Brasil –

kauaniwaldow.aluno@unipampa.edu.br, carlavaz.aluno@unipampa.edu.br,

felipeferraz.aluno@unipampa.edu.br, enoquegarcia@unipampa.edu.br, caisonramos@unipampa.edu.br

RESUMO

Este resumo descreve a confecção e testes de um experimento didático de baixo custo intitulado “Prego Voador”, realizada para o aprimoramento prático da disciplina de eletromagnetismo no curso de Engenharia de Energia da Universidade Federal dos Pampas (UNIPAMPA), campus Bagé. O experimento fundamenta-se na interação de campos eletromagnéticos com materiais ferromagnéticos para promover o movimento de um projétil metálico. A montagem emprega materiais simples e acessíveis, consistindo em um tubo transparente envolto por fio de cobre esmaltado, formando um solenoide. O circuito com interruptor foi conectado à rede elétrica convencional, permitindo a passagem de corrente, enquanto pregos comuns foram utilizados como núcleo móvel. Durante a prática, o prego apresentou dinâmicas distintas. Quando inserido integralmente após a estabilização da corrente, o projétil oscila. Esse fenômeno ocorre devido aos efeitos de borda de campo magnético, nos quais o gradiente do campo atua como uma força direcionada ao centro da bobina. Contudo, o fenômeno principal, a ejeção do prego pelas extremidades, ocorre no instante do fechamento do circuito. A análise teórica demonstra que a expulsão não é causada pelo campo magnético estacionário, mas sim pela energia cinética adicional transferida ao prego pelo pico de corrente no regime transiente. Conclui-se que o experimento aos futuros engenheiros trouxe uma vivência investigativa, exigindo a aplicação de conceitos complexos, como campos eletromagnéticos e comportamentos transientes, para explicar o fenômeno e consolidar a teoria.

Palavras-chave: Eletromagnetismo, Experimento didático, Campo magnético, Materiais ferromagnéticos, Ensino de Engenharia.

1 INTRODUÇÃO

O ensino de eletromagnetismo nos cursos de engenharia frequentemente esbarra na dificuldade de materializar conceitos matemáticos e físicos em fenômenos observáveis. A utilização de experimentos práticos e de baixo custo surge como uma possível ferramenta pedagógica capaz de conectar a teoria à prática (BARBOZA et., al., 2023; RODRIGUES et., al., 2023).

Dentre os fenômenos estudados, a interação entre campos magnéticos e materiais ferromagnéticos apresenta comportamentos que desafiam a intuição inicial dos estudantes. O experimento "Prego Voador", que se assemelha ao funcionamento de atuadores e eletroímãs de núcleo móvel, é um excelente exemplo dessa complexidade (KRAPAS et al., 2005). Ao ter um prego inserido em um solenoide real, o observador não se depara com um núcleo estático, mas sim com movimentos inesperados: o prego pode oscilar continuamente dentro do tubo ou ser ejetado de forma abrupta por uma de suas extremidades.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo relatar a montagem e a análise do experimento didático "Prego Voador", visando investigar a dinâmica de movimentação de um núcleo ferromagnético sob a ação de um solenoide. Por meio da observação empírica de suas oscilações e ejeções, busca-se consolidar a compreensão teórica sobre gradientes de campo magnético e comportamentos transientes na disciplina de Eletromagnetismo do curso de Engenharia de Energia da Universidade Federal do Pampa.

Além disso, o presente trabalho alinha-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU, em especial ao ODS 4 (Educação de Qualidade), por promover metodologias ativas, acessíveis e de baixo custo para o aprimoramento do ensino superior; e dialoga com o ODS 7 (Energia Limpa e Acessível), ao fortalecer a fundamentação teórica de futuros engenheiros de energia em conceitos de conversão eletromecânica e eficiência de circuitos.

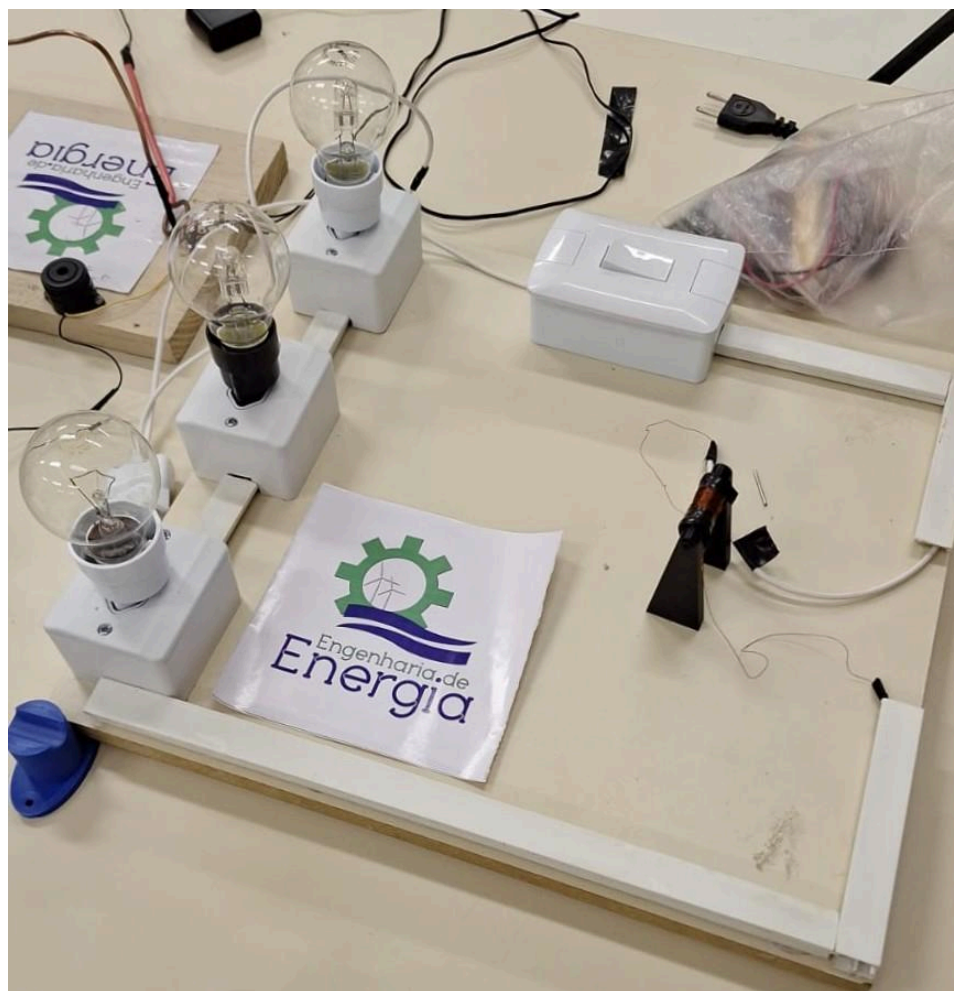
Para tanto, este trabalho está estruturado da seguinte forma: a Seção 2 detalha os materiais e métodos utilizados na montagem; a Seção 3 discute os resultados observados; e, por fim, a Seção 4 apresenta as considerações finais.

2 METODOLOGIA (MATERIAL E MÉTODOS)

Esta seção descreve os componentes utilizados e as etapas de montagem e execução do experimento "Prego Voador", adaptado da proposta original de Krapas *et al.* (2005) para o contexto dos estudantes de Engenharia de Energia. O experimento é representado pela Figura 1.

Para a confecção do aparato experimental, priorizou-se o uso de materiais de baixo custo e fácil aquisição, compreendendo: 1 tubo cilíndrico de plástico transparente (corpo de caneta esferográfica), 25 metros de fio de cobre esmaltado AWG 30, pregos de ferro comuns sem cabeça, com diâmetros compatíveis com o interior do tubo, 1 base de madeira para fixação do arranjo, 1 interruptor tipo campainha, 3 lâmpadas incandescente de 120 W com bocal, fios de cobre paralelos, tomada macho, terminais e garras jacaré para as conexões elétricas e suportes isolantes para sustentar o tubo.

Figura 1. Experimento Prego Voador



Fonte: Autores.

A construção do solenoide consistiu no enrolamento do fio de cobre esmaltado AWG 30 de maneira uniforme na região central do tubo plástico, cobrindo uma extensão de aproximadamente 8 cm, deixando sobras de fio nas extremidades para as conexões

elétricas. O tubo foi afixado horizontalmente sobre a base de madeira utilizando os suportes isolantes.

O circuito elétrico foi montado conectando-se em série a rede elétrica de alimentação, o interruptor, as lâmpadas de 120 W e o solenoide. As lâmpadas no circuito atuam não apenas como uma carga para evitar um curto-circuito pleno na rede, mas também como um limitador da passagem de corrente.

Para investigar as diferentes dinâmicas do sistema eletromagnético, a prática experimental foi dividida em duas etapas de observação, visando isolar os efeitos do regime transiente e do estado estacionário da corrente: análise de oscilação e da ejeção. Para a análise de oscilação o interruptor foi mantido pressionado para garantir que a corrente elétrica atingisse seu estado estacionário no solenoide. Somente após essa estabilização do campo magnético, o prego foi introduzido manualmente no interior do tubo.

No regime transiente, o circuito inicialmente aberto (desenergizado), o prego foi inserido parcialmente em uma das extremidades do tubo. Em seguida, o interruptor foi acionado de forma abrupta.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes práticos confirmaram que a dinâmica do prego depende do instante de sua inserção no solenoide, fundamentando-se em três conceitos: campos magnéticos, força magnética e regime transiente.

Na primeira etapa, o prego foi inserido no tubo após o fechamento do circuito, com a corrente já estabilizada. O resultado foi um movimento oscilatório contínuo. Esse comportamento ocorre devido ao gradiente do campo magnético, que é máximo no centro da bobina e decai nas extremidades (efeitos de borda) (GRIFFITHS, 2011). O gradiente atrai o material ferromagnético para a região de maior intensidade magnética. Devido à inércia, o prego ultrapassa o centro do tubo e, ao alcançar a extremidade oposta, o gradiente reverso o freia e o puxa de volta. Com a corrente contínua, o campo atua como uma força restauradora, mantendo a oscilação até a dissipação da energia mecânica pelo atrito.

O fenômeno de ejeção ocorreu na segunda etapa, posicionando-se o prego na borda do tubo antes de energizar o circuito. Ao acionar o interruptor, o projétil foi arremessado para fora. Essa expulsão é explicada pelo regime transiente do circuito resistor-indutor (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016). Ao fechar o circuito, a corrente elétrica atinge um pico antes de estabilizar, gerando uma variação abrupta no campo magnético. Esse pulso intenso aplica uma força impulsiva de alta magnitude sobre o prego. A energia cinética extra transferida ao projétil nesse instante supera a barreira de energia potencial do campo estacionário, sendo suficiente para vencer a atração magnética e ejetar o material do tubo de caneta.

4 CONCLUSÃO

O experimento "Prego Voador" demonstrou ser uma ferramenta pedagógica eficaz para o ensino de eletromagnetismo. A prática permitiu desmistificar o comportamento de materiais ferromagnéticos no interior de bobinas reais.

Conclui-se que o trabalho atingiu seu objetivo de tornar visuais abstrações matemáticas complexas para fenômenos físicos diretamente observáveis. Além da viabilidade garantida pelo baixo custo, o experimento estimula o raciocínio investigativo e a consolidação prática de conceitos fundamentais para a formação analítica dos estudantes de Engenharia de Energia.

REFERÊNCIAS

BARBOZA, A. P. L. *et al.* Da gravidade à eletricidade: um experimento didático em uma mini usina. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 45, e20230089, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2023-0089>.

GRIFFITHS, David J. **Eletrodinâmica**. 3. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2011.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, volume 3: eletromagnetismo**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

KRAPAS, Sonia *et al.* Prego voador: um desafio para estudantes de eletromagnetismo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 599-602, dez. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172005000400014>.



9º ENCONTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO IFSUL - CÂMPUS BAGÉ

RODRIGUES, J. J. V. *et al.* Uma proposta de estudo de Indução Eletromagnética via modelo de Ensino Híbrido de Rotação por Estações. **Educação**, São Paulo, v. 45, n. 1, p. 1-20, 2023.