



UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

GERSON GONÇALVES

**AS COXIAS DE UMA AULA EXPERIMENTAL: A TÉCNICA SOBE AO PALCO DO
ELETROMAGNETISMO**

**CAMPINA GRANDE
2020**

GERSON GONÇALVES

**AS COXIAS DE UMA AULA EXPERIMENTAL: A TÉCNICA SOBE AO PALCO DO
ELETROMAGNETISMO**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado a Coordenação do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientador: Profa. Dra. Ana Paula Bispo da Silva

**CAMPINA GRANDE
2020**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

G635c Gonçalves, Gerson.

As coxias de uma aula experimental [manuscrito] : a técnica sobe ao palco do eletromagnetismo / Gerson Gonçalves. - 2020.

25 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2020.

"Orientação : Profa. Dra. Ana Paula Bispo da Silva, Coordenação do Curso de Física - CCT."

1. Motor magnético. 2. Atividade experimental. 3. Ensino de Física. 4. Eletromagnetismo. I. Título

21. ed. CDD 537

GERSON GONÇALVES

AS COXIAS DE UMA AULA EXPERIMENTAL: A TÉCNICA SOBE AO PALCO DO
ELETROMAGNETISMO

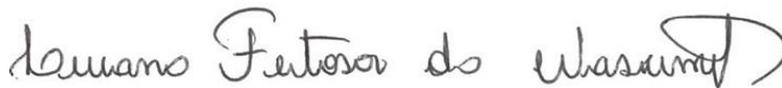
Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado a Coordenação do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

Aprovada em: 05/11/2020.

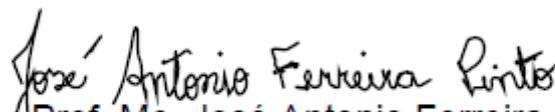
BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Ana Paula Bispo da Silva (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Me. Luciano Feitosa do Nascimento
Instituto Federal da Paraíba (IFPB)



Prof. Me. José Antonio Ferreira Pinto
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

***Dedico este trabalho:
A minha família, meu bem mais precioso, por sua capacidade de
acreditar em mim, pelo cuidado e dedicação. Foram eles que me
deram, em muitos momentos, a esperança para seguir.***

“... uma coisa eu sei: eu era cego e agora vejo.” Evangelho segundo João 9:25 – Bíblia Sagrada.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NA PERSPECTIVA CONSTRUTIVISTA	9
3 CONSTRUÇÃO DO EXPERIMENTO	9
3.1. Breve Histórico	9
3.2. O motor elétrico de corrente contínua	10
3.3. Princípios básicos de funcionamento	12
3.4. Montagem do motor elétrico	12
3.5. Possíveis complicações no uso	18
4 PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO	19
4.1 Etapa pré-experimental	19
4.2 Etapa experimental	19
4.3 Etapa pós-experimental	20
4.4 Atividades experimentais complementares	20
5 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES	22
REFERÊNCIAS	23

AS COXIAS DE UMA AULA EXPERIMENTAL: A TÉCNICA SOBE AO PALCO DO ELETROMAGNETISMO

AN EXPERIMENTAL LESSON BEHIND THE CURTAIN: TECHNIQUE UNDER THE ELECTROMAGNETISM'S STAGE

Gerson Gonçalves*
Ana Paula Bispo da Silva**

RESUMO

A experimentação aparece, constantemente, entre Licenciandos de Física como uma das melhores abordagens para o Ensino de Física. No entanto, além da ausência de trabalhos empíricos que embasem essa afirmativa, a experimentação também possui como desafios a serem superados o conhecimento e a técnica de professores para a construção e manipulação de aparatos experimentais. Considerando que este tipo de expertise é importante para o planejamento de atividades experimentais que enriqueçam as aulas, este trabalho apresenta detalhes da construção de um aparato experimental (motor eletromagnético simples) voltado para utilização didática. O aparato construído permite variar as grandezas envolvidas em seu funcionamento, como campo magnético, corrente e tensão elétricas, de forma a propiciar uma aula que possa se constituir num ambiente de investigação. Ele se constitui um exemplo de como habilidades técnicas acrescidas dos conhecimentos teóricos complementam a formação de um professor de física e trazem novas perspectivas. Como sugestão para outros professores, apresentamos uma proposta de atividade experimental utilizando o objeto, bem como possíveis problemas que podem surgir num manuseio inadequado.

Palavras-chave: Instrumentação em Física. Motor magnético. Atividade Experimental.

ABSTRACT

Most of Physics teachers In-training argue that experimental activities are one of the best approaches for Physics Teaching. However, in addition to the absence of empirical studies to support this statement, experimental activities also has to overcome the absence of knowledge and technique of teachers for the construction and manipulation of experimental apparatus. Considering that this type of expertise is important for the planning of experimental activities that enrich the classes, this work presents details of the construction of an experimental apparatus (simple electromagnetic motor) aimed at teaching use. The built apparatus allows to vary the quantities involved in its operation, such as magnetic field, electric current and voltage, in order to provide a class that can be constituted in an investigation environment. It is an example of how technical skills plus theoretical knowledge complement the training of a physics teacher and bring new perspectives. As a

* Licenciando em Física da Universidade Estadual da Paraíba. Membro do Grupo de História da Ciência e ensino (GHCEN). gersonotto2@yahoo.com.br.

** Professora do Departamento de Física da Universidade Estadual da Paraíba. Líder do Grupo de História da Ciência e Ensino. anabispouepb@gmail.com

suggestion for other teachers, we present a proposal for an experimental activity using the object, as well as possible problems that may arise in improper handling.

Keywords: Physics teaching. electromagnetic Motor. Hands-on Activity.

1 INTRODUÇÃO

Dentre as diferentes abordagens que podem ser utilizadas no Ensino de Física, a experimentação apresenta grande destaque entre professores da Educação Básica. Como argumentos principais, a manipulação e a possibilidade de criar um ambiente investigação parecem ser os responsáveis pela sua atratividade, em contraposição às aulas expositivas, seja de quadro e pincel (ou giz) ou com recursos tecnológicos (PEREIRA; MOREIRA, 2017; GONÇALVES; ANDRADE, 2017).

No entanto, a mesma abordagem também é objeto dos principais desafios para uma execução efetiva, como falta de estrutura e laboratórios bem equipados em sala de aula. Por este motivo, mesmo estando entre as mais destacadas, a experimentação no ensino de física apresenta poucos resultados de pesquisa empíricos em relação ao seu potencial para a sala de aula, conforme apontam Wesendonk e Terrazan (2016)

Sendo assim, vislumbram-se duas lacunas relacionadas à utilização da experimentação no Ensino de Física para corroborar a opinião dos professores da Educação Básica. Uma delas é quanto a aparatos e propostas adaptáveis para utilizar na sala de aula regular (não num laboratório); e a outra se refere às propostas empíricas devidamente analisadas quanto à sua contribuição para o ensino e aprendizagem.

Este trabalho se enquadra na primeira das lacunas. Seu objetivo geral é apresentar um aparato experimental didático, que possa ser empregado por professores em qualquer ambiente. Conhecendo o desafio de se construir aparatos experimentais, fornecemos detalhes de sua construção e possíveis problemas que podem aparecer durante o manuseio inadequado.

O aparato escolhido foi um motor eletromagnético simples. Para que sua utilização possa permitir investigações e se adaptar a diferentes situações de sala de aula, buscamos construí-lo com itens que podem ser variados e incluam as grandezas envolvidas no seu funcionamento, como campo magnético, corrente e tensão elétricas.

Além disso, para auxiliar outros professores, apresentamos uma proposta de atividade experimental, baseada no laboratório construtivista de Rosa e Rosa (2012). A construção do motor eletromagnético, bem como a proposta sugerida com o aparato construído, e outras sugestões que são dadas para incrementar a aula, foram todas realizadas pelo discente (autor 1) durante seu curso de graduação em Licenciatura em Física.

A participação em todas as fases do processo, da construção e estudo teórico do funcionamento do motor eletromagnético, até a elaboração da proposta, foram fundamentais para a formação do futuro professor. Durante esse processo ele empregou habilidades técnicas que, enriquecidas com os conhecimentos teóricos em Física e da prática pedagógica, trouxeram novas perspectivas para sua profissionalização docente.

2 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NA PERSPECTIVA CONSTRUTIVISTA

Segundo Araújo e Abib (2003, p. 176), o uso de atividades experimentais como estratégia de Ensino de Física tem sido apontado por professores e estudantes como uma das maneiras de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente.

Entretanto, a concretização em sala de aula não deve seguir um processo metódico. Seguindo a concepção de Moreira (2006, p. 56), que defende ser preciso ocorrer o abandono de abordagens tradicionais no ensino, as aulas experimentais de Física devem romper com o modelo de ensino que valorizava a experimentação como a execução de processos fixados rigorosamente sem o estímulo do senso crítico dos alunos.

Nesse sentido, a perspectiva construtivista para atividades experimentais considera como fundamental a participação ativa do estudante no processo de aquisição do conhecimento, contrapondo seus conhecimentos prévios às hipóteses e observações, para então revê-los.

A experimentação no Ensino de Física, dentro de uma visão construtivista, é um recurso didático que possibilita o processo de interação entre o conhecimento e os alunos. Quando estudantes interagem com o fenômeno físico, seu interesse pelo assunto pode ser despertado, pelo menos entre aqueles que possuem afinidade com atividades manuais.

Rosa e Rosa (2012) abordam a necessidade de que as aulas experimentais de Física rompam com o modelo tradicional de ensino que, em sua grande maioria, estão baseadas também em um modelo de aula meramente expositiva guiada por “passo a passo” e pela mera observação do aluno. Sendo assim, faz-se necessária a inclusão de práticas que envolvam a perspectiva da experimentação que estimule a investigação por parte dos alunos através de situações-problema.

Desse ponto de vista, os aparatos experimentais também precisam ser pensados de forma a permitirem a manipulação de variáveis, o teste de diferentes hipóteses para solucionar a situação problema relacionada, etc., de forma a não fornecer uma resposta pronta e irrefletida pelo aluno.

Portanto, para que pudéssemos elaborar uma proposta de atividade experimental baseada nas ideias de Rosa e Rosa (2012), construímos nosso próprio aparato experimental, conforme será descrito no próximo item

3 CONSTRUÇÃO DO EXPERIMENTO

3.1. Breve Histórico

A invenção do motor eletromagnético simples se deu na segunda metade do século 19, após vários estudos que mostraram como a variação de um fluxo magnético poderia produzir corrente elétrica. Desse ponto de vista, pode-se dizer que as origens do motor eletromagnético podem ser associadas aos trabalhos de Hans Christian Oersted (1777-1851) e Michael Faraday (1791-1867).

Em torno de 1820, e baseado em pressupostos filosóficos, Oersted realizou experimentos que pretendiam encontrar qual era a natureza da relação entre eletricidade e magnetismo. Ao investigar de que forma a eletricidade produzia a

deflexão de uma bússola, Oersted concluiu que um conflito elétrico agia sobre a bússola porque produzia efeitos magnéticos transversais ao fio (MARTINS, 1986).

O trabalho de Oersted, após publicado, atraiu a atenção de estudiosos de vários lugares, dentre eles Michael Faraday na Inglaterra. Enquanto alguns desses estudiosos questionavam as conclusões de Oersted e argumentavam que o efeito magnético provinha da existência de correntes elétricas dentro do fio (CHAIB; ASSIS, 2007), Faraday investigou se o efeito contrário também ocorreria. Ou seja, uma vez que Oersted havia mostrado que o fluido elétrico produzia um efeito magnético transversal, poderia um ímã, em movimento circular, produzir o efeito do fluido elétrico?

Baseado nesses pressupostos, Faraday construiu outros aparatos que corroboraram sua hipótese (SILVA, 2015, p. 69). Ainda investigando as relações entre a corrente elétrica e a produção de efeitos magnéticos, Faraday diversificou suas hipóteses e fez novos experimentos.

Num desses experimentos, Faraday movimentou um ímã no interior de uma bobina, a qual estava acoplada a um galvanômetro (para medir eletricidade). Ele observou que se o ímã permanecesse parado dentro da bobina, o galvanômetro não defletia. Porém, ao inserir ou ao retirar, portanto no movimento do ímã, o galvanômetro momentaneamente defletia.

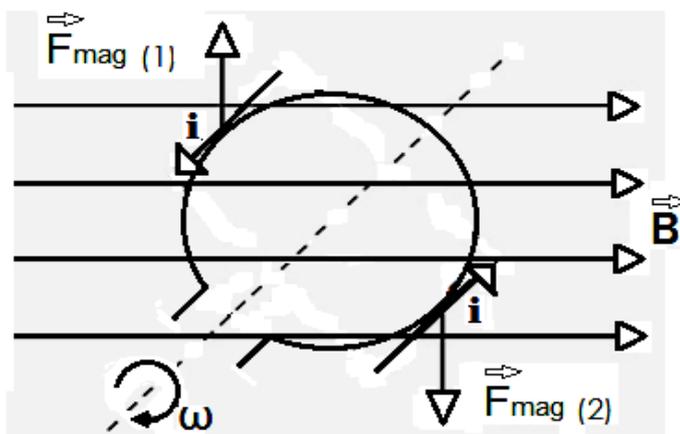
Faraday então foi levado a concluir que era a variação do fluxo magnético no interior da bobina que produzia uma corrente elétrica, o que denominamos de indução eletromagnética (DIAS; MARTINS, 2004).

Não é nosso objetivo abordar detalhes dessa história. Porém convém ressaltar que tanto a conclusão de Oersted, quanto a de Faraday receberam críticas e elogios. Havia outras formas de explicar os fenômenos, mas que não afetavam sua utilidade prática. Com a possibilidade de gerar eletricidade a partir da movimentação de um magneto no interior de uma bobina, conclui-se que talvez se tratasse de uma nova máquina que poderia substituir os motores a vapor. Afinal, o princípio fundamental era o mesmo: uma relação de movimento e transformação muito semelhante a que o calor provocava nos motores a vapor (COELHO, 2012).

3.2. O motor elétrico de corrente contínua

O motor elétrico simples é um aparato que permite explorar experimentalmente conceitos básicos do eletromagnetismo. No seu funcionamento, o motor converte energia elétrica em energia mecânica tendo por base o efeito de rotação gerado nas espiras pela repulsão entre dois ímãs, um natural e outro não natural (eletroímã). O movimento ocorre por meio das forças que interferem na bobina quando a mesma é colocada sob a atuação de um campo magnético como ilustra a figura 1.

Figura 1: Linhas de campo magnético.

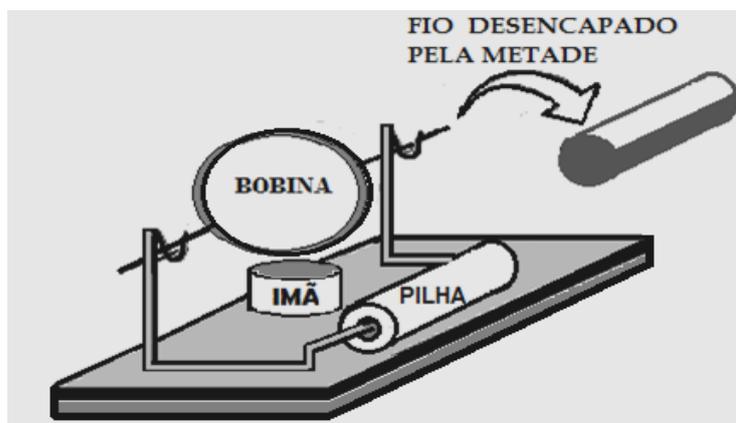


Fonte: autor 1

A bobina, que é percorrida por uma corrente elétrica i , gira em torno de um eixo quando sofre influência de um campo magnético de indução B^1 . As forças magnéticas que agem em dois ramos criam um binário de forças que tendem a girar o condutor em torno do eixo. Logo, é conveniente o uso do eletroímã no aparato, pois há a possibilidade de inversão dos polos magnéticos, por meio da inversão do sentido da corrente elétrica.

O motor elétrico simples que é tratado nesse artigo é constituído por uma base de madeira com dois suportes: um para o encaixe de quatro pilhas (ligadas em paralelo); e outro como base para o ímã natural. A base principal possui também duas hastes de fio condutor de cobre ligadas cada uma aos polos das pilhas. As bobinas utilizadas também são feitas por espiras de fio de cobre e possuem duas extremidades, uma semi-raspada e outra raspada por completo. O passo a passo da confecção é abordado no item 3.4.2 desse artigo.

Figura 2: Esquema do motor elétrico



Fonte: autor 1

¹ Estamos usando negrito para indicar a grandeza vetorial campo magnético e corrente.

3.3. Princípios básicos de funcionamento

No sistema, a pilha fornece energia elétrica quando as partes raspadas da bobina estão em contato com a haste, fechando um circuito elétrico por onde passa uma corrente, que devido ao campo magnético associado, transforma a bobina num eletroímã. De forma que o ímã natural fixo na base interage com a bobina quando ela é percorrida pela corrente elétrica gerada pela pilha. Quando a bobina apresentar o mesmo polo que o ímã natural, ocorre a repulsão que movimentará a bobina ao ser dado um empurrão inicial.

Sabe-se que quando as espiras apresentarem os polos contrários aos do ímã, a força que existirá será de atração podendo o movimento ser amortecido. Assim, para evitar que o motor pare, uma das extremidades da bobina deve ser totalmente raspada, por onde a corrente sempre pode passar, e a outra semi-raspada, onde a corrente só passará quando a parte raspada estiver em contato com a haste.

Dessa maneira, no momento em que as faces de polos opostos estiverem voltadas uma para a outra, a corrente deixa de passar, pois a extremidade das espiras que não está raspada impede a passagem da corrente. A bobina deixa, assim, de ser um ímã, mas mantém seu movimento devido à inércia. No momento em que a parte raspada da espira entra em contato com a haste, o processo se reinicia, possibilitando o movimento constante da espira.

Em motores um pouco mais sofisticados há anéis comutadores, que têm a função de inverter o sentido da corrente no momento em que a espira fica com sua face de polo oposto voltado para o ímã resultando num movimento ininterrupto. Na construção do motor elétrico de corrente contínua proposto nesse artigo, não se utilizará comutador e sendo assim, como alternativa, será aplicado o recurso da interrupção da corrente e da continuidade do movimento da bobina por inércia.

Por fim, a proposta principal de inserir essa atividade experimental em sala de aula é de permitir que os alunos possam refletir sobre a força magnética que age na bobina e como ocorre a transformação da energia elétrica em energia cinética nos motores elétricos.

Os outros conceitos que envolvem o funcionamento do motor e os demais detalhes que podem ser trabalhados em sala são abordados na proposta apresentada no item 4 desse artigo.

3.4. Montagem do motor elétrico

3.4.1. Material utilizado

- 1 Base de madeira MDF (15 cm x 22 cm x 1,5 cm);
- 2 Suportes de acrílico para a bobina (4 cm x 6 cm);
- 1 Suporte de acrílico para o ímã (5 cm x 13 cm);
- 2 Suportes para pilhas palito (paralelo);
- 4 pilhas palito AAA (1,5 V);
- 1 ímã em U (3 cm x 3 cm);
- Fio condutor encapado (100 cm);

- Chave de passagem de corrente;
- Furadeira;
- Solda;
- Lixa;
- Adesivo instantâneo (Cola TEK 793);
- Fita adesiva;
- Fio de cobre nº 22 (7,10 M) para bobinas: 4 bobinas (\varnothing 4,5 cm): 5 voltas; 10 voltas; 15 voltas; 20 voltas.
- 2 Fios de cobre nº 26 rígido (15 cm);

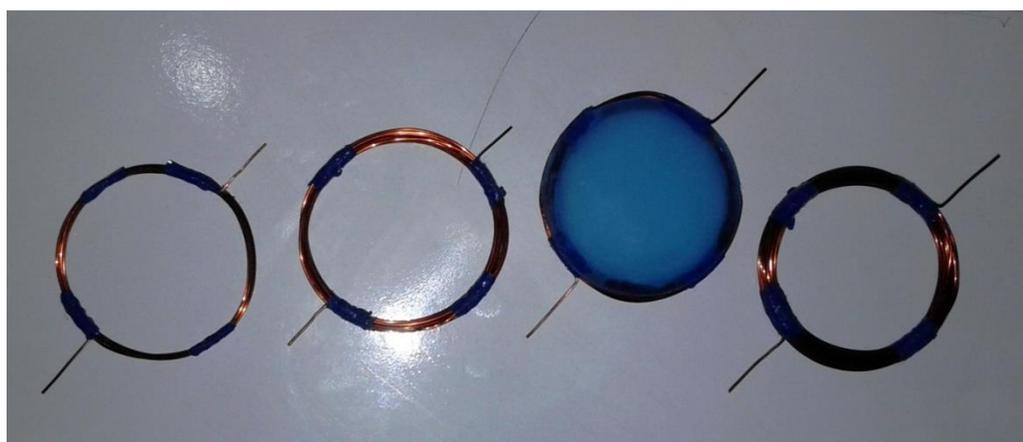
3.4.2. Instruções de montagem

Para facilitar a compreensão do processo de construção do aparato experimental será abordado a seguir o passo a passo da montagem de cada estrutura separadamente, finalizando, em seguida, com a montagem completa do equipamento.

3.4.2.1. Bobinas

Para a confecção da bobina enrola-se o fio de cobre nº 22 num cano ou qualquer outro objeto cilíndrico com aproximadamente 4,5cm de diâmetro. Devem ser construídas quatro bobinas, de 5, 10, 15 e 20 voltas. Deve-se deixar livre em todas as bobinas 2 cm de fio em cada extremidade para serem utilizadas como eixo apoiado nos suportes, em torno do qual ela irá girar.

Figura 3: Jogo de bobinas.

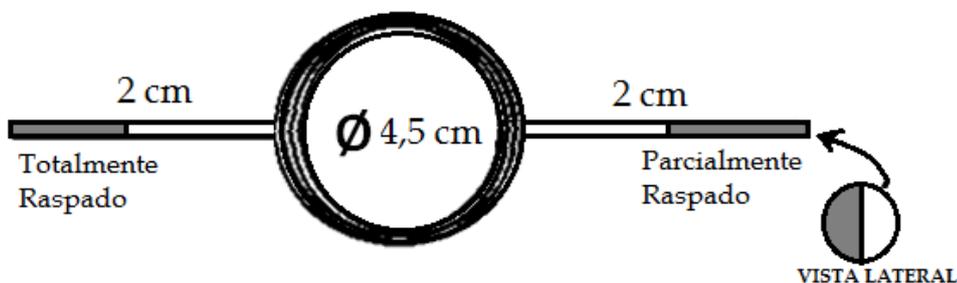


Fonte: acervo do autor 1

As voltas formadas pelos fios em todas as bobinas foram amarradas por fita adesiva como na figura 3 para impedir que o circuito se desfaça. Além disso, na bobina de 15 voltas foi colocada uma tampa plástica (isolante) para demonstrar no experimento que a passagem das linhas de campo magnético independe do fato da bobina ser vazada ou não.

A raspagem do esmalte do fio de cobre nas extremidades da bobina deve ser feita da seguinte maneira: primeiro, deve-se raspar com a lixa todo o esmalte de uma das extremidades, dando uma volta completa no fio. Na outra extremidade, só deve ser raspado metade do fio (meia volta), ficando um lado com esmalte e o outro não conforme a figura 4:

Figura 4: Esquema da bobina.



Fonte: autor 1

Assim, em um dos planos, ambas as extremidades estão raspadas e em contato com o fio dos mancais permitindo passagem de corrente elétrica. Como no outro plano somente uma das extremidades está em contato com o fio do mancal não ocorrerá passagem de corrente elétrica.

3.4.2.2. Suportes laterais para a bobina

Para fazer os suportes laterais da bobina utiliza-se os dois suportes de acrílico (4 cm x 6 cm) e duas tiras de fio de cobre nº 26 rígido de 15cm cada conforme as figuras 5 e 6:

Figura 5: suporte de acrílico



Fonte: acervo do autor 1

Figura 6: fio de cobre rígido nº 26

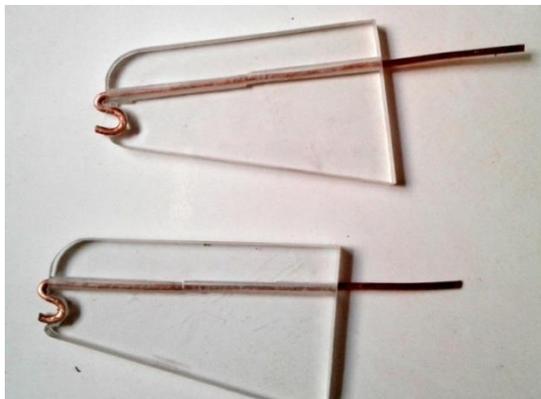


Fonte: acervo do autor 1

Utilizando a furadeira, deve ser feito um furo vazado que coincida com a altura dos suportes de acrílico de modo que o diâmetro do furo seja suficiente para passar o fio de cobre nº 26. Posteriormente se faz um rebaixo no topo do suporte na forma de semicírculo para acomodar o fio de cobre nº 26 na forma de "U" que servirá como mancal (apoio/reentrância) para o giro da bobina conforme indicado na figura 7. A extremidade do fio de cobre nº 26 que servirá com mancal deve ser lixada por

completo para tirar o esmalte isolante e torná-lo ponto de contato elétrico do circuito. Ao fim do processo coloca-se o fio de cobre nº 26 dentro do furo do suporte ajustando com alicate a fim de deixá-lo com a configuração da figura abaixo.

Figura 7: Suportes laterais da bobina.



Fonte: acervo do autor 1

Com os dois prontos, devem ser feitas as marcações na base de madeira MDF para fixá-los. A distância entre os dois suportes deve ser de 6 cm, e eles devem ficar alinhados lateralmente, de modo que as reentrâncias estejam na mesma linha. Depois de verificado o alinhamento, marca-se o local do furo para acomodar o fio da parte inferior do suporte. Verifique se as marcações estão corretas e alinhadas. Utilizando a furadeira se faz um furo vazado no local das marcações.

Acomode os suportes passando os fios dentro do furo. Coloque a bobina sobre o suporte, verificando se ela pode girar livremente. Os suportes de cobre devem ficar altos o suficiente para que o posteriormente o suporte com o ímã caiba abaixo da bobina. Certifique o alinhamento das extremidades da bobina, de modo que estejam retas, e o nível dos semicírculos dos suportes.

Caso ocorra algum problema, as marcações e os furos devem ser refeitos. Se tudo estiver de acordo, cole a parte inferior dos suportes na base de madeira utilizando o adesivo instantâneo. Ao término a configuração do experimento deve ser semelhante ao da figura 8.

Figura 8: Base de madeira com os suportes laterais.



Fonte: acervo do autor 1

3.4.2.3. Suporte para as pilhas

Para concluir a implementação do circuito elétrico, devem ser instalados no aparelho os suportes para as quatro pilhas AAA conforme o da figura 9. Colocados um ao lado do outro, os suportes devem ficar na frente dos suportes laterais da bobina. Utilizando o fio condutor e a solda faça a ligação dos terminais dos suportes de modo que as pilhas fiquem associadas em paralelo.

Figura 9: Suporte para pilha



Fonte: acervo do autor

Junto às ligações do circuito é instalado um botão de passagem de corrente, para ligar e desligar o circuito de acordo com a figura 10.

Figura 10: Instalação dos suportes para as pilhas



Fonte: acervo do autor 1

Na base de madeira, onde ficará o suporte das pilhas, devem ser feitas as marcações de furo para passar os fios do circuito, que estão ligados aos terminais da pilha, para conectá-los os fios de cobre n 26 dos suportes laterais. Por baixo da base de madeira deve ser feito um rasgo para acomodar os fios e isolá-los do contato com outro plano, como mostram as figuras 11 e 12.

Figura 11: Rasgo na base

Fonte: acervo do autor 1

Figura 12: Conexão dos suportes

Fonte: acervo do autor 1

Depois de feito o rasgo, completamos as ligações do circuito utilizando a solda e fixamos os suportes na base de madeira utilizando a cola epóxi. Concluídos esses procedimentos acomoda-se as quatro pilhas AAA dentro do suporte encerrando a implementação do circuito.

3.4.2.4. Suporte para o ímã em U

A confecção do suporte para o ímã é simples, basta colar o ímã em u em uma das extremidades do suporte de acrílico (5 cm x 13 cm) e fazer alguns cortes na outra extremidade para se obter um cabo de apoio. A curvatura do cabo é obtida aquecendo o acrílico e moldando a peça que deverá ficar semelhante as figuras 13 e 14.

Figura 13: Suporte para o ímã.

Fonte: acervo do autor 1

Figura 14: Suporte para o ímã vista superior.

Fonte: acervo do autor 1

Ao término, todas as devidas partes estarão montadas. Nos suportes de acrílico laterais podem ser feitas marcações para indicar o sentido da corrente facilitando a exposição do experimento como na figura 15.

Figura 15: Marcações do sentido da corrente



Fonte: acervo do autor 1

Para verificar o funcionamento do motor deve-se colocar o suporte do ímã entre os suportes laterais, com a bobina na devida posição e o botão seletor ligado pode ser verificado o correto funcionamento do aparelho como mostram as figuras 16 e 17.

Figura 16: Montagem completa.

Figura 17: Montagem completa vista superior.



Fonte: acervo do autor 1



Fonte: acervo do autor 1

3.5. Possíveis complicações no uso

Pode ser necessário iniciar o giro da bobina manualmente dando um impulso inicial para colocar a bobina em uma posição conveniente para começar a girar e manter o movimento. Quando o polo norte da bobina interagir com o polo sul do ímã, há atração e a bobina gira.

Contudo se bobina não mantiver o movimento de giro, deve ser verificado se o ímã está posicionado corretamente, se as extremidades da bobina estão tortas, impedindo-a de girar livremente e se as pilhas estão conectadas corretamente aos fios e aos suportes.

Mesmo assim, persistindo o problema, deve ser verificado se as extremidades da bobina estão corretamente raspadas juntamente com os contatos dos eixos dos suportes laterais.

Desde que montado corretamente, seguindo as instruções, não existirá nenhuma dificuldade em utilizar o aparelho. Depois de algum tempo de uso, devido à oxidação do cobre, o que impede o contato elétrico, recomenda-se raspar novamente a parte do eixo da bobina e os contatos dos suportes em que o eixo encosta.

4 PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO

Para a utilização do motor eletromagnético simples apresentado aqui em sala de aula, propomos seguir o laboratório problematizador de Rosa e Rosa (2012) Segundo esses autores, existem três momentos para esse tipo de laboratório: o “pré-experimental”, o “experimental” e a “pós-experimental”. Sendo o primeiro e o terceiro momento os que mais necessitam de um tempo de execução por envolver a atividade de aprofundamento teórico e de discussão dos resultados. As etapas podem ser retomadas a qualquer momento caso haja necessidade de rever as hipóteses elaboradas pelos alunos e as conclusões a que chegaram. O importante nessa proposta é que as hipóteses para solução da situação problema apresentada na etapa pré-experimental seja alcançada a partir do acompanhamento do professor nas atividades, e não fornecida pelo professor.

4.1 Etapa pré-experimental

Na etapa pré-experimental, há diversas formas que o professor pode utilizar para promover o conhecimento dos estudantes. Uma das formas que sugerimos aqui é partir de um objeto que faça uso do fenômeno envolvido no motor eletromagnético e que seja de conhecimento dos estudantes. Por exemplo, sugerimos levar um motor simples, como o de joystick de vídeo game ou de carrinhos de tração. O ideal é que haja mais de um exemplar para que os grupos possam manipular todas as partes do objeto e tentar explicar *qual o papel de cada uma para o funcionamento*.

Sugere-se então que os grupos elaborem suas respostas e apresentem diante da turma. A partir das respostas dos alunos para o papel de cada uma das partes do motor estudado, o professor estabelece aquelas que serão testadas a partir do modelo didático. Nesse momento é importante que o professor conduza os alunos, através de questionamentos, para que consigam elaborar hipóteses que possam ser testadas no modelo didático.

4.2 Etapa experimental

A etapa experimental se refere ao momento de execução da atividade experimental propriamente dita, no caso desse trabalho, as atividades referentes ao funcionamento do motor magnético simples de espira.

Nesta etapa, os alunos irão testar as hipóteses que fizeram, manipulando as espiras, ímãs e bateria em busca de entender como cada parte influencia no funcionamento, na velocidade de giro e no sentido da rotação.

4.2.1 Considerações sobre a atividade experimental com o motor de espiras

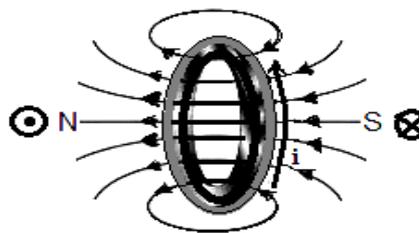
Acerca do procedimento experimental algumas observações devem ser feitas. Em primeiro lugar a bobina de 20 voltas quando colocada no sistema possui aproximadamente quase a mesma velocidade da bobina de 15 voltas. Isso se deve a maior massa da bobina de 20 voltas que acaba interferindo na velocidade de giro. Em segundo lugar a bobina que possui uma tampa deve ser utilizada para mostrar que as linhas de campo magnético atuam na bobina mesmo que colocado uma barreira física.

Figura 18: Bobina com tampa.



Fonte: acervo do autor 1

Figura 19: Linhas de campo



Fonte: acervo do autor 1

Além disso, é possível inverter o sentido de giro da bobina invertendo o lado do ímã que interage com o campo magnético da bobina, assim o ímã pode exercer uma força de atração ou de repulsão mudando o sentido de giro do movimento.

4.3 Etapa pós-experimental

Na etapa pós-experimental os grupos são convidados a apresentarem suas conclusões sobre o funcionamento do motor. A partir da discussão, o professor conduz para que haja uma comparação entre os resultados que obtiveram agora e as hipóteses que colocaram para o objeto apresentado na etapa pré-experimental.

Este é o momento em que o aluno poderá rever suas ideias iniciais e refletir sobre concepções erradas sobre o fenômeno. Caso o grupo não chegue a uma conclusão sobre a variação do fluxo magnético e como produz o movimento, a etapa experimental pode ser retomada, para que ele faça nova investigação.

Vale ressaltar que se trata de uma proposta, e enquanto qual ele precisa ser adaptada às diferentes situações de sala de aula.

4.4 Atividades experimentais complementares

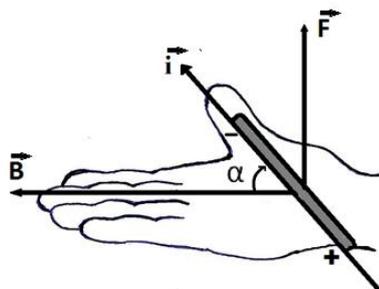
Ainda utilizando o motor elétrico podem ser abordadas em sala de aulas outras atividades que envolvem o eletromagnetismo, como as relacionadas abaixo:

1) A experiência de Ørsted: Com o motor ligado pode-se sugerir aos alunos aproximarem uma bússola da bobina para verificar a descoberta de H. C. Ørsted. O fluxo da corrente elétrica irá desviar a agulha magnética colocada em sua proximidade, concluindo que a bobina emite campo magnético. Lembrando que quando a corrente elétrica i se estabelece no condutor, a agulha magnética assume uma posição perpendicular ao plano definido pelo fio e o centro da agulha.

2) Sentido das linhas de campo magnético: A partir da simetria do problema, pode-se confirmar as linhas de campo magnético sendo transversais ao sentido da

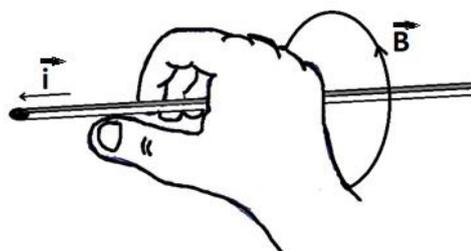
corrente (regra da mão direita)², conforme figuras 20 e 21. Utilizando o aparelho, pode ser sugerido aos alunos definir o sentido do campo magnético. O mesmo pode ser feito segurando o condutor como a mão direita e apontando o polegar no sentido da corrente. Os demais dedos dobrados fornecem o sentido do vetor de campo magnético e o sentido de giro da bobina.

Figura 20: Regra da mão direita



Fonte: acervo do autor 1

Figura 21: Sentido das linhas de campo



Fonte: acervo do autor 1

O professor também pode trabalhar um pouco sobre formalizações matemáticas do conteúdo, partindo dos conceitos trabalhados, por meio da utilização das equações apresentadas no livro didático ou também, como outra opção possível, da apresentação da próxima atividade relacionada.

3) Lei de Biot-Savart: A intensidade do vetor campo magnético, em qualquer ponto do campo magnético produzido por uma corrente elétrica percorrendo um fio condutor, é proporcional à intensidade da corrente e inversamente proporcional à distância do ponto ao fio, definida por (Halliday e Resnick , 2009, p.235)³:

$$B = K \cdot \frac{i}{r}$$

Onde K é uma constante que depende do meio em que o condutor está contido e vale:

$$K = \frac{\mu}{2\pi}$$

Sendo μ a permeabilidade magnética do meio. Assim, pode-se escrever a expressão da forma:

$$B = \frac{\mu}{2\pi} \cdot \frac{i}{r}$$

No Sistema Internacional as unidades correspondente são: Tesla (T) para B; ampère (A) para i; metro (m) para r e (T.m)/A para μ . Para o vácuo, o valor de μ é:

² Sobre os itens 1 e 2, sugerimos a leitura de Pinto, Silva e Ferreira (2017).

³ A ausência da notação vetorial se justifica porque estamos usando apenas as intensidades, sem considerar a direção e o sentido.

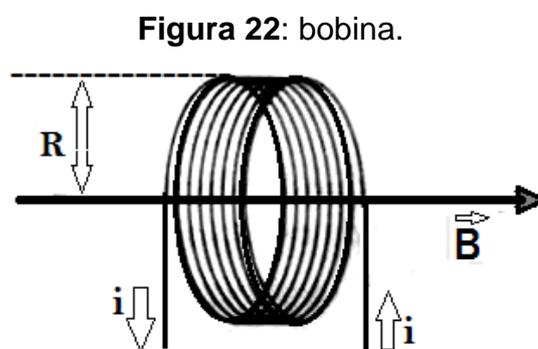
$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$$

Considerando uma espira circular de raio R e centro C , percorrida por uma corrente elétrica. A direção do vetor indução magnética nos pontos do plano da espira é perpendicular a este plano. A intensidade do vetor B no centro da espira vale:

$$B = \mu \cdot \frac{i}{2R}$$

Como o experimento utiliza várias espiras justapostas formando uma bobina chata, o que pode ser observado na figura 22, a intensidade do vetor B no centro da bobina vale:

$$B = N\mu \cdot \frac{i}{2R}$$



Fonte: acervo do autor 1

Sendo N o número de voltas da bobina. Nota-se que a bobina possui dois polos. O lado onde B "entra" é o polo Sul; o outro, o Norte. Defini-los na bobina é outra atividade que pode ser pedida aos alunos.

Outras atividades podem ser elaboradas ainda utilizando a demonstração do experimento. É proposto ao professor que levante com os grupos algumas situações-problema para serem analisadas com o uso do experimento e discutidas em sala de aula, como exemplo: *Se a posição do ímã em relação à bobina for alterada, o sentido de rotação da bobina muda?*⁴

5 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Neste trabalho construímos nosso próprio aparato para utilização em sala de aula. A construção de aparatos científicos não é trivial, mesmo que sejam didáticos. Ela requer habilidades técnicas, de marcenaria e também criatividade, para aproveitar os recursos disponíveis.

Com o detalhamento feito aqui, espera-se auxiliar outros professores que pretendam realizar atividades experimentais em sala de aula mas que se veem diante da ausência de laboratórios equipados e kits didáticos comerciais.

⁴ Mantendo o ímã no mesmo local, mas invertendo sua posição em relação ao sistema é possível visualizar a mudança no sentido de giro da bobina

Cabe ressaltar que a experimentação por si só não implica numa abordagem que vai promover maior interação na sala de aula e possibilitar, talvez, melhorias o Ensino de Física. Juntamente com a experimentação é preciso rever a atuação do professor em sala de aula, de forma que ele estimule a investigação dos alunos, a elaboração de hipóteses e as possibilidades de apresentar diferentes configurações para o experimento proposto. Busca-se, portanto, uma abordagem experimental que não seja a partir de roteiros, mas que permita ao aluno construir significados para suas ações a partir da manipulação e investigação.

No entanto, de grande importância aqui foi o envolvimento do professor na construção do motor e também no desenvolvimento da proposta para sala de aula, o que certamente aprimorou sua formação e sua capacidade de superar os desafios que se apresentam na docência de Física

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. S; ABIB, M. L. **Atividades experimentais no ensino da Física: Diferentes enfoques, diferentes finalidades.** Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, Nº 2, p. 176 – 194. Junho, 2003.
- CHAIB, JPMDC; ASSIS, ANDRÉ KOCH TORRES. Sobre os efeitos das correntes elétricas–Tradução comentada da primeira obra de Ampère sobre eletrodinâmica. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, v. 5, n. 1, p. 85-102, 2007.
- COELHO, Ricardo Lopes. Conexões filosóficas do conceito de energia. **Ensaio Filosóficos**, v. 5, p. 8-21, 2012
- DIAS, Valéria Silva; MARTINS, Roberto de Andrade. Michael Faraday: o caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 10, n. 3, p. 517-530, 2004.
- GONÇALVES, Roberto Nazareno S.; ANDRADE, José Elisandro; OLIVEIRA, Raquel Aline Pessoa. **A aprendizagem através de experimentos no Ensino de Física.** Scientia Plena, v. 13, n. 1, 2017.
- HALLIDAY D., RESNICK R., MERRILL J.. Fundamentos de Física. Vol. 3. 8a. ed. Editora LTC, 2009.
- MARTINS, R. de A. Oersted e a descoberta do eletromagnetismo. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, v. 10, p. 89-114, 1986.
- MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula.** Brasília: Editora UnB, 2006.
- PEREIRA, Marcus Vinicius; MOREIRA, Maria Cristina A. **Atividades prático-experimentais no ensino de Física.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 34, n. 1, p. 265-277, 2017.
- PINTO, José Antonio Ferreira; SILVA, Ana Paula Bispo; FERREIRA, Éwerton Jéferson Barbosa. **Laboratório desafiador e história da ciência: um relato de**

experiência com o experimento de Oersted. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 34, n. 1, p. 176-196, 2017.

ROSA, C. T. W. ROSA A. B. **Aulas experimentais na perspectiva construtivista:** Proposta de organização do roteiro para aulas de Física. Revista Física na Escola, v. 13, n. 1. 2012. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol13/Num1/a02.pdf>> Acesso em: 02 de novembro de 2017

WESENDONK, Fernanda Sauzem; TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. **Caracterização dos focos de estudo da produção acadêmico-científica brasileira sobre experimentação no Ensino de Física.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 33, n. 3, p. 779-821, 2016.

AGRADECIMENTOS

Ao término deste trabalho, quero registrar os meus sinceros agradecimentos a todos que, no longo e difícil caminho percorrido, contribuíram para a sua elaboração.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Ana Paula Bispo, pelo seu compromisso, apoio e dedicação durante todo o processo de realização do trabalho e formação acadêmica, a quem eu tenho profunda admiração.

Ao Departamento de Física da Universidade Estadual da Paraíba, especialmente à Prof.^a Dr.^a Ana Raquel Pereira de Ataíde e coordenadora do curso, pelo convívio, apoio, compreensão, paciência e pela amizade acima de tudo e todos os professores e demais integrantes.

A Capes que foi de grande contribuição financeira no período de minha residência pedagógica e que foi fundamental para realização desse trabalho.

À minha família, pelo incentivo a esse trabalho e a todos nossos momentos de compartilhamentos alegres e tristes.

Por último, um agradecimento especial aos meus amigos da graduação pelo compartilhamento do processo de aprendizagem, os bons e inesquecíveis, momentos vividos.