



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS PARNAÍBA
CURSO LICENCIATURA EM FÍSICA**

OCIEL FERREIRA DA SILVA

**UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE
ELETROMAGNETISMO NO ENSINO MÉDIO**

PARNAÍBA

2023

OCIEL FERREIRA DA SILVA

UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE
ELETROMAGNETISMO NO ENSINO MÉDIO

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Licenciatura do Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do
Piauí. Campus Parnaíba.

Orientador: Prof. Me. Bruno Pires Sombra

PARNAÍBA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Silva, Ociel Ferreira da
S586u Uma proposta de sequência didática para o ensino de
eletromagnetismo no ensino médio / Ociel Ferreira da Silva. — 2023.
58 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) –
Instituto Federal do Piauí, Campus Parnaíba, 2023.
Orientador: Prof. Me. Bruno Pires Sombra.
1.Física. 2.Aprendizagem significativa. 3.Eletromagnetismo. I.Título.

CDD – 530

Elaborado por Micheline Angélica Aragão Gouveia CRB 3/1244

UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE
ELETROMAGNETISMO NO ENSINO MÉDIO

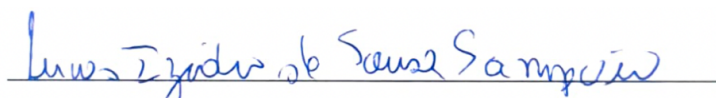
OCIEL FERREIRA DA SILVA

Aprovado em 13/01/2023

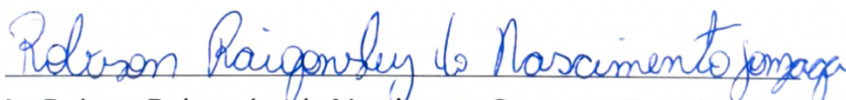
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado junto ao Curso de Licenciatura em Física do
IFPI/*Campus* Parnaíba, aprovado pela Banca Examinadora:



Prof. Me. Bruno Pires Sombra (Orientador) - Presidente
IFPI/*Campus* Parnaíba-PI



Prof. Me. Lucas Izídio de Sousa Sampaio (Examinador interno - IFPI)
IFPI/*Campus* Parnaíba-PI



Prof. Me. Robson Raigonsley do Nascimento Gonzaga (Examinador externo)

Parnaíba PI

2023

Aos pais, família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela graça alcançada.

Ao professor e orientador, Bruno Pires Sombra, que orientou-me, sempre se mostrando disponível, trazendo sugestões, conselhos e esclarecimentos sobre o trabalho, além de todo o apoio motivacional ao longo dessa caminhada.

Agradeço a todo o corpo docente do IFPI do Campus Parnaíba por sua contribuição na minha formação acadêmica.

A todos os amigos que tive a oportunidade de fazer através da licenciatura em física, pois de forma direta ou indireta contribuíram para minha formação humana e acadêmica.

A minha mãe Maria de Lourdes Ferreira da Silva e ao meu pai Samuel Lopes da Silva (in memoriam) por toda a educação, valores e princípios ensinados a mim.

A toda minha família, pelo apoio e força nos momentos difíceis.

“Aprender é a única coisa que a mente nunca se cansa,
nunca tem medo e nunca se arrepende”.

Leonardo da Vinci

RESUMO

No que tange o ensino de física há um consenso entre os pesquisadores que se faz necessário a busca por novos métodos de ensino, afim de romper com o modelo tradicional de ensino e facilitar o processo de ensino-aprendizagem. Diante dessa perspectiva este trabalho tem por objetivo propor um material de apoio pedagógico na forma de uma proposta de sequência didática que aborda os princípios físicos envolvidos no funcionamento de motores elétricos. A metodologia desta atividade é fundamentada no pensamento epistemológico do filósofo cognitivista da educação David Ausubel e sua teoria da aprendizagem significativa, onde afirma que a aprendizagem ocorre quando os novos conceitos são incorporados aos conhecimentos prévios já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. A proposta de sequência didática conta com uma sequência de experimentos feitos com material de baixo custo que deverão ser realizados pelos discentes para serem discutidos em sala de aula ao longo de 5 encontros. Ao final desses encontros espera-se que os alunos sejam capazes de entender os fundamentos de eletromagnetismo responsáveis pelo funcionamento dos motores elétricos.

Palavras-chave: Ensino de Física. Aprendizagem Significativa. Eletromagnetismo.

ABSTRACT

Regarding the teaching of physics, there is a consensus among researchers that it is necessary to search for new teaching methods, in order to break with the traditional teaching model and facilitate the teaching-learning process. Given this perspective, this work aims to propose a pedagogical support material in the form of a proposal for a didactic sequence that addresses the physical principles involved in the operation of electric motors. The methodology of this activity is based on the epistemological thinking of the cognitive philosopher of education David Ausubel and his theory of meaningful learning, where he states that learning occurs when new concepts are incorporated into prior knowledge that already exists in the learner's cognitive structure. The didactic sequence proposal has a sequence of experiments made with low-cost material that should be carried out by the students to be discussed in the classroom over 5 meetings. At the end of these meetings, students are expected to be able to understand the fundamentals of electromagnetism responsible for the operation of electric motors.

Keywords: Physics Teaching. Meaningful Learning. Electromagnetism.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01	- Imagem ilustrando o experimento de Oersted.....	24
Figura 02	- Força magnética sobre uma carga.....	26
Figura 03	- Peça infinitesimal $d\mathbf{l}$ com densidade de corrente.....	27
Figura 04	- Espira retangular em um campo $\mathbf{B}$ uniforme.....	28
Figura 05	- Esquema de um motor elétrico de corrente contínua.....	29
Figura 06	- Espira em um campo magnético.....	30
Figura 07	- a - Bússola próximo ao fio.....	35
Figura 07	- b - Deflexão da agulha com a passagem de corrente elétrica no fio.....	35
Figura 07	- c - Inversão do sentido de deflexão da agulha com a mudança de sentido de corrente no fio.....	35
Figura 08	- Sentido das linhas de campo magnético geradas por um fio condutor retilíneo.....	36
Figura 09	- Orientação das bússolas ao redor de um condutor retilíneo.....	37
Figura 10	- Linhas de campo magnéticos produzidas por um condutor retilíneo.....	38
Figura 11	- Superfície atravessada por uma corrente i	38
Figura 12	- Fio condutor retilíneo no interior de um ímã em forma de ferradura.....	40
Figura 13	- Esquema do motor mínimo 1.....	42
Figura 14	- a - Constituição da bobina (rotor).....	42
Figura 14	- b - Extremidade da bobina parcialmente raspada.....	42
Figura 15	- Força magnética sobre uma espira retangular.....	43

Figura 16	- Esquema do motor elétrico mínimo 3.....	45
Figura 17	- Força sobre o rotor.....	46
Figura 18	- Motor com bobinas.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Quadro cronograma de aplicação do produto.....	33
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
IFPI	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí
PVC	Policloreto de Vinila
SI	Sistema Internacional de Medidas
UEPS	Unidades de Ensino Potencialmente Significativas

LISTA DE SÍMBOLOS

$\int$	Integral
$\oint$	Integral de linha
θ	Letra grega teta
τ	Letra grega tau
Φ	Letra grega fi maiúscula
Σ	Letra grega sigma
Δ	Letra grega delta
μ	Letra grega mi
π	Número pi
∇	Operador Nabla
∂	Operador diferencial parcial
$//$	Paralelo
$\propto$	Proporcional

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	EXPERIMENTAÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA	17
3	A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSEBEL	19
3.1	APRENDIZAGEM MECÂNICA X APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	22
3.2	APRENDIZAGEM POR RECEPÇÃO X APRENDIZAGEM POR DESCOBERTA.....	23
4	UMA BREVE HISTÓRIA SOBRE O ELETROMAGNETISMO.....	23
4.1	O CAMPO MAGNÉTICO.....	25
4.2	FORÇA MAGNÉTICA SOBRE UMA CORRENTE.....	26
4.3	LEI DA INDUÇÃO DE FARADAY - LENZ.....	29
5	MATERIAIS E MÉTODOS	31
6	RESULTADOS.....	32
6.1	PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	32
6.2	EXPERIMENTOS.....	34
6.2.1	Experimento de Oersted.....	34
6.2.1.1	Objetivos.....	34
6.2.1.2	Materiais.....	35
6.2.1.3	Montagem e procedimento.....	35
6.2.1.4	Análise e explicação.....	35
6.2.2	Campo magnético de um condutor retilíneo.....	36
6.2.2.1	Objetivos.....	36
6.2.2.2	Materiais.....	36
6.2.2.3	Montagem e procedimento.....	37
6.2.2.4	Análise e explicação.....	37
6.2.3	Força magnética sobre um condutor com corrente elétrica.....	39
6.2.3.1	Objetivos.....	39

6.2.3.2	Materiais.....	39
6.2.3.3	Montagem e procedimento.....	39
6.2.3.4	Análise e explicação.....	40
6.2.4	Motor elétrico mínimo 1.....	41
6.2.4.1	Objetivos.....	41
6.2.4.2	Materiais.....	41
6.2.4.3	Montagem e procedimento.....	41
6.2.4.4	Análise e explicação.....	43
6.2.5	Motor elétrico mínimo 2.....	44
6.2.5.1	Objetivos.....	44
6.2.5.2	Materiais.....	44
6.2.5.3	Montagem e procedimento.....	44
6.2.5.4	Análise e explicação.....	45
6.2.6	Motor Elétrico Com Bobinas.....	46
6.2.6.1	Objetivos.....	46
6.2.6.2	Materiais.....	46
6.2.6.3	Montagem e procedimento.....	46
6.2.6.4	Análise e explicação.....	47
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
	REFERÊNCIAS.....	50
	APÊNDICE A – TESTE DE DETECÇÃO DE SUBSUNÇORES	
	APÊNDICE B – TESTE DE VERIFICAÇÃO DE APRENDIZAGEM....	

1 INTRODUÇÃO

Ao falar em ciências é quase impossível não se lembrar da Física, uma das integrantes das ciências da natureza responsáveis por estudar vários assuntos, entre eles o eletromagnetismo. Contudo, o ensino da ciência Física em muitas unidades educacionais em pleno século XXI encontra-se ainda seguindo uma metodologia arcaica, ainda voltado para o ensino tradicional, centralizado somente no docente, com uma aprendizagem mecânica, perpetuando os moldes de ensino de séculos passados.

De acordo com Sampaio (2018) a aprendizagem de física é tida por grande parte dos discentes como sendo de difícil compreensão, tendo como um dos principais fatores as operações matemáticas que fazem parte dela. Além das reclamações das estratégias utilizadas pelos professores que utilizam métodos “decorebas” para tentar provocar o entendimento do fenômeno físico por parte dos alunos, sendo totalmente contrário as metodologias que mostram que o significado é necessário para aquisição do conhecimento

Em particular no ensino de eletromagnetismo, motores elétricos podem ser utilizados como ferramenta para ensinar de uma maneira significativa conceitos pertinentes a essa área da Física. Nesse trabalho será proposto uma sequência didática que tem por objetivo ensinar os princípios físicos presentes em motores elétricos, visando melhorar o processo de ensino-aprendizagem nas turmas de ensino médio, assim como desenvolver nos alunos as competências e habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), utilizando como base o pensamento epistemológico de Ausubel e a sua teoria da aprendizagem significativa. O trabalho está dividido em tópicos e subtópicos que será discriminado a seguir.

O tópico da fundamentação teórica foi dividido em subtópicos, no primeiro é abordada a experimentação para o ensino de física, demonstrando como essa prática tem um papel fundamental no ensino dessa disciplina. No segundo subtópico é abordada a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, nesse ponto é apresentada a ideia do autor de como é esperado que ocorra a aprendizagem, dos fatores que irão influenciar diretamente etc. No terceiro subtópico é discutida a aprendizagem mecânica, e é apresentada como contraponto a aprendizagem significativa, explicitando a diferença entre elas. Além disso, também são abordadas a aprendizagem por descoberta, e por recepção.

Em seguida serão discutidos tópicos de física relacionados ao eletromagnetismo, que estão presentes nos experimentos que fazem parte dessa proposta de sequência didática, como por exemplo, a lei de Faraday, força magnética, entre outros.

Dessa forma, toda pesquisa ressalta a importância de experimentos nas aulas de Física, em especial os experimentos sobre motores elétricos, que serão utilizados como ferramenta para melhorar o ensino de Física para os alunos do Ensino Médio. A escolha do tema se justifica já que aulas práticas de Física podem mudar o comportamento, influenciar no rendimento escolar e o desenvolvimento cognitivo do discente, onde essa pesquisa trará contribuição como uma nova leitura no âmbito educacional e físico, e também levando a quem ler refletir e buscar novos experimentos da disciplina Física que sejam ferramentas de ensino.

2 EXPERIMENTAÇÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA

A ciência evoluiu muito nos últimos anos, isso se deve ao fato de que a sociedade também vem evoluindo e exigindo que surjam novas tecnologias para resolver suas demandas. Seguindo esse pensamento, no campo do ensino não poderia ser diferente, a sociedade passou por mudanças, fazendo-se necessário a busca por novas metodologias e ferramentas de ensino que venham auxiliar o professor em sala de aula, a fim de que o aluno possa entender e compreender com clareza o conteúdo abordado. Uma dessas ferramentas que tem se mostrado eficiente no ensino de ciências (Física, Química e Biologia) é a realização de experimentos didáticos em laboratórios ou em sala de aula (MORAES; SILVA JUNIOR, 2015).

A busca por novas metodologias e ferramentas de ensino com o objetivo de melhorar a qualidade do ensino brasileiro, tem sido discutido por pesquisadores e educadores a alguns anos. Os alunos da atual sociedade não são os mesmos para qual o sistema educacional foi criado. Com isso se faz necessário a busca por novos meios de ensino que produzam uma aprendizagem com significado, ao contrário do modelo tradicional que preza apenas pela memorização de conteúdo (PRENSKY, 2001).

Diante de uma perspectiva freiriana o modelo tradicional é chamado de educação bancária, pois o aluno é visto como um “banco” onde o conhecimento é depositado, participando de forma passiva do processo de ensino-aprendizagem.

Buscando romper essa passividade, a experimentação tem se mostrado uma excelente ferramenta para envolver os alunos nas atividades desenvolvidas em sala de aula (MOREIRA, 2017).

Segundo Brito (2019, *apud* FERREIRA, 1978) as atividades experimentais têm por objetivo auxiliar na compreensão dos conteúdos científicos desenvolvidos, bem como proporcionar o estudo de uma maneira agradável e estimular a capacidade de inquirição e pensamento crítico dos estudantes. Dessa forma, essa proposta metodológica permite que os alunos façam seus próprios questionamentos, formulem suas próprias teorias, participem de modo mais ativo no processo de ensino-aprendizagem e consequentemente aprendam conceitos que não serão esquecidos tão facilmente.

Desse modo, atividades experimentais desenvolvem um ambiente favorável para assimilação de diversos conceitos científicos, tornando-se uma ferramenta indispensável no ensino das ciências da natureza, em especial no ensino de física. Ideia também defendida por Preussler, Costa, Hählmann (2017), quando menciona que as aulas experimentais, tanto em sala de aula como em laboratórios, são primordiais para o ensino da física, haja vista que tal atividade propicia uma maior compreensão e assimilação dos conteúdos expostos.

Os professores de Física na tentativa de estreitar a relação dos alunos com o processo de ensino, costumam questionar-se em como aproximar o discente do objeto de estudo e como representar este objeto concretamente, para que se torne mais próximo de seu cotidiano. Nesse sentido, as atividades experimentais permitem aos professores contextualizarem suas aulas, relacionando o conteúdo abordado com vivência dos alunos, deixando-os mais familiarizados com o assunto estudado, o que favorece seu entendimento (MELO, 2021).

Mesmo sabendo que a realização de experimentos facilita o entendimento dos alunos, tais atividades nas escolas públicas são pouco praticadas devido a problemas de infraestrutura, e/ou a falta de treinamento por parte dos professores que poderiam utilizar o espaço. Diante dessa realidade, a utilização de atividades experimentais com materiais de baixo custo tem se tornado uma opção a fim de reduzir tais dificuldades (SILVEIRA; SILVA; SILVA, 2016).

Em se tratando da disciplina de Física, a falta de professores formados na área também é um problema que pode ser mencionado. Essa carência se deve

principalmente à evasão existente nos cursos de licenciatura em Física, que é causada, entre outros fatores, pela desvalorização profissional, pela dificuldade conciliação entre trabalho e estudos, e a insuficiência de programas de apoio financeiro (bolsas) aos estudantes de licenciatura. O que torna a necessidade implícita de dedicação exclusiva ao curso incompatível com as necessidades profissionais, familiares e pessoais (SOARES, 2014).

3 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

O estudo proposto fundamenta-se epistemologicamente na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (1918 - 2008). Várias pesquisas que englobam o ensino da física, embasam-se nessa teoria, podendo ser encontrada, por exemplo, nas dissertações de mestrado de Xavier (2021) intitulado “O ELETROMAGNETISMO NO ENSINO DE CIÊNCIAS: UMA PROPOSTA DE UTILIZAÇÃO DE UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS (UEPS) e em “O LÚDICO NO PROCESSO DE ENSINO APRENDIZAGEM DE FÍSICA: UMA SEQUENCIA DIDÁTICA PARA A CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS DE ELETRICIDADE NO ENSINO FUNDAMENTAL, de autoria de Gester (2019). Nos dois trabalhos, os autores abordam a teoria ausubeliana.

Para David Ausubel o principal elemento subsidiador da aprendizagem significativa é o conhecimento prévio de quem aprende, ou seja, para que aprendizagem ocorra é necessário levar em conta os conhecimentos prévios do aprendiz. Nas próprias palavras de Ausubel, em MOREIRA (2006): “*Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um só princípio, diria, o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe. Averigue isso e ensine-o de acordo*”.

Ao dizer “*aquilo que o aluno já sabe*” Ausubel se refere a estrutura cognitiva do aprendiz, ou seja, a organização das ideias do indivíduo acerca de algum tema. Porém para que a estrutura cognitiva já existente influencie e facilite a aprendizagem subsequente é necessário que o conteúdo tenha sido aprendido de uma maneira significativa, ou seja, as ideias interajam de uma forma não arbitrária e não literal. Não arbitrária quer dizer que a interação não ocorre com qualquer ideia previa, ou de forma aleatória, mas sim com algum conhecimento prévio específico e relevante na estrutura cognitiva do aluno, e não literal quer dizer que é substantiva, não ao pé da letra.

Ausubel chamava de subsunçor ou ideia-âncora, este conhecimento prévio específico e relevante para a nova aprendizagem. Segundo Moreira (2012) os subsunçores são os conhecimentos prévios mais importantes para a aprendizagem significativa, o qual pode ser, por exemplo, um símbolo já significativo, uma proposição, uma imagem, algo que tenha significado para o aluno. Pode se dizer então que a aprendizagem significativa ocorra quando a nova informação interage ou “ancora-se” em conceitos específicos e relevantes (os subsunçores) já existentes na estrutura cognitiva do discente. Ou seja, novos símbolos, conceitos, proposições, ideias, podem ser aprendidos de maneira significativa, na medida em que outros símbolos, conceitos, proposições, ideias, relevantes e inclusivas, estejam organizados de maneira clara e disponíveis na estrutura cognitiva do aluno, e funcionem assim como ponto de ancoragem para às primeiras.

Segundo Moreira (2006) os subsunçores presentes na estrutura cognitiva podem ter maior ou menor estabilidade, ser abrangentes ou limitados, bem elaborados ou pouco desenvolvidos, claros ou instáveis. Porém, como o processo de aprendizagem é interativo e dinâmico, quando um subsunçor é utilizado de ancora para um novo conhecimento, ele mesmo se modifica, adquirindo significados novos, e gerando conceitos mais consistentes. Por exemplo, o conceito de força presente na estrutura cognitiva do aprendiz servirá de subsunçor para novas informações referentes a certos tipos de forças, como por exemplo, força elástica, força elétrica, força magnética, ou seja, houve uma consolidação e modificação do subsunçor força.

Segundo Moreira (2012) existem duas condições facilitadoras para que ocorra a aprendizagem significativa, a primeira é o material de aprendizagem ser potencialmente significativo e a segunda é o aluno ter uma pré-disposição para aprender. Sendo assim, para atender a primeira das condições é necessário que o material (livros, aulas, aplicativos, experimentos e etc.) a ser utilizado possa ser relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do indivíduo, de maneira não arbitrária e não literal. Um material com essas características é chamado de potencialmente significativo.

Ainda segundo Moreira (2006) para que um material seja potencialmente significativo é necessário atender duas condições principais, uma diz respeito a natureza do material em si e a outra sobre a natureza da estrutura cognitiva do aprendiz. Quanto a natureza do material, ele deve ter significado lógico, isso quer dizer, não ser suficientemente não arbitrário e não literal, sendo possível se relacionar

de modo substantivo e não arbitrário, à ideias correspondentemente relevantes na estrutura cognitiva. No que tange a estrutura cognitiva do aprendiz, nela devem existir os subsunçores específicos e relevantes para que o novo material possa ser relacionável.

A outra condição para que ocorra a aprendizagem significativa é o aprendiz manifestar uma disposição para aprender, ou seja, relacionar de maneira substantiva e não arbitrária, o novo material potencialmente significativo a sua estrutura cognitiva. Isso implica em dizer que não importa o quão potencialmente significativo seja o material a ser aprendido, se o aprendiz tiver a intenção somente de memorizá-lo de maneira arbitrária e literal, tanto o processo quanto o produto serão mecânicos. E do mesmo modo, se o material não for potencialmente significativo, independentemente do quão disposto esteja o aprendiz, nem o processo, nem o produto serão significativos.

Caso não existam subsunçores, Ausubel propõe o uso de organizadores prévios que sirvam de ponto de ancoragem para o novo conhecimento, e ajudem na formação de subsunçores que facilitem a aprendizagem subsequente. Estes organizadores prévios são materiais introdutórios, que são apresentados antes do próprio material que deve ser aprendido, são apresentados em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade. Entretanto, estes organizadores não são configurados como sumários, introduções ou visões gerais do assunto, os quais normalmente são apresentados no mesmo nível de abstração, generalidade e inclusividade do material que os segue. Com os organizadores apenas alguns aspectos são destacados (MOREIRA, 2006; MOREIRA, 2008).

Ainda de acordo com Moreira (2008) para Ausubel os organizadores prévios tem como principal função servir de elo que liga o que o aluno já sabe e o que precisa saber, para que o novo conhecimento possa ser aprendido de maneira significativa. Nesse sentido, o professor deve ter sensibilidade de escolher ou construir um material que seja potencialmente significativo que vise diminuir as distâncias entre o que precisa ser aprendido e o que o aluno já contém em sua estrutura cognitiva

No ensino de Física, o docente deve primeiramente, moldar os subsunçores de tal forma que ajudem a introduzir os novos conceitos alusivos ao conteúdo. Por exemplo, no estudo do eletromagnetismo, existem várias palavras comuns aos discentes: campo, corrente elétrica, magnetismo, indução, dentre outros. Tais termos

podem ter um significado diferente do sentido científico para o aluno. A partir desse viés, o educador deve, portanto, direcionar o aluno a refazer a sua percepção de um modo eficaz, objetivando o significado ao qual deseja explicar.

Para alcançar tal resultado o professor pode usar alguns princípios programáticos que facilitam aprendizagem significativa, por exemplo: a diferenciação progressiva, e a reconciliação integradora.

De acordo com Moreira (2010) a Diferenciação progressiva é o princípio programático segundo o qual as ideias mais gerais e inclusivas da matéria que deve ser ensinada, devem ser apresentadas desde o início da instrução e, progressivamente, diferenciadas em termos de detalhes e especificidades. As ideias mais gerais e inclusivas devem ser retomadas periodicamente, favorecendo dessa maneira, a sua progressiva diferenciação. Não sendo assim um enfoque dedutivo, mas uma abordagem onde o que é mais relevante deve ser introduzido desde o início, e em seguida trabalhado através de exemplos, situações e exercícios.

Já reconciliação integradora, ou integrativa, diz que a programação da matéria de ensino também deve explorar, explicitamente, as relações entre os conceitos e as proposições, mostrar as diferenças e semelhanças, e reconciliar as inconsistências reais e as aparentes. Ainda segundo Moreira (2010) Ausubel propõe estes dois princípios programáticos da matéria de ensino como uma resposta natural a dois processos da dinâmica da estrutura cognitiva. Ou seja, em busca de organizar a estrutura cognitiva, o aprendiz vai concomitantemente diferenciando progressivamente e reconciliando integrativamente os conhecimentos adquiridos.

3.1 APRENDIZAGEM MECÂNICA X APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Conforme visto anteriormente, a aprendizagem significativa é aquela onde ocorre a interação entre os subsunçores e as novas informações, e através dessa interação as novas informações adquirem significados e passam a integrar a estrutura cognitiva de maneira não arbitrária e não literal, permitindo ao indivíduo fazer a diferenciação, elaboração e estabilização dos subsunçores já existentes e consequentemente da sua própria estrutura cognitiva.

Em sua abordagem Ausubel define ainda o que seria o oposto da aprendizagem significativa, o que chamou de aprendizagem mecânica. Neste tipo de

aprendizagem não há praticamente interação entre as novas informações e os conceitos relevantes na estrutura cognitiva, ou seja, a “ancoragem” em subsunções específicos não ocorre.

Dessa forma a nova informação é guardada de maneira arbitrária e literal, não interagindo com aquela já existente na estrutura de ideias do indivíduo, e pouco ou nada contribuindo para a sua elaboração e diferenciação. Esse tipo de aprendizagem é muito recorrente no ensino básico, os alunos apenas decoram os conteúdos para as provas, muitas vezes incentivados pelos próprios professores que criam até “músicas” para facilitar a memorização, que são esquecidos logo em seguida, não restando nenhum significado na sua estrutura cognitiva.

É importante destacar que a aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica não constituem uma dicotomia, ambas estão ao longo de um mesmo espectro metodológico, o que irá diferenciar o tipo de aprendizagem é forma como o ocorre o processo de ensino-aprendizagem. Dessa forma cabe ao docente utilizar as estratégias e recursos que facilitem a aprendizagem significativa (MOREIRA, 2012).

3.2 APRENDIZAGEM POR RECEPÇÃO X APRENDIZAGEM POR DESCOBERTA

Segundo Ausubel, a aprendizagem receptiva é aquela onde o que se deve aprender é apresentado na forma final para o aluno, ao contrário da aprendizagem por descoberta em que o conteúdo a ser aprendido, ainda vai ser descoberto pelo aprendiz. Entretanto, a aprendizagem por descoberta só será significativa se o conteúdo a ser descoberto, fizer relações com os subsunções já existentes na estrutura cognitiva do aluno. Ou seja, tanto por recepção, quanto por descoberta, a aprendizagem só será significativa se o novo conhecimento for incorporado na estrutura cognitiva de forma não arbitrária e não literal (MOREIRA, 2006).

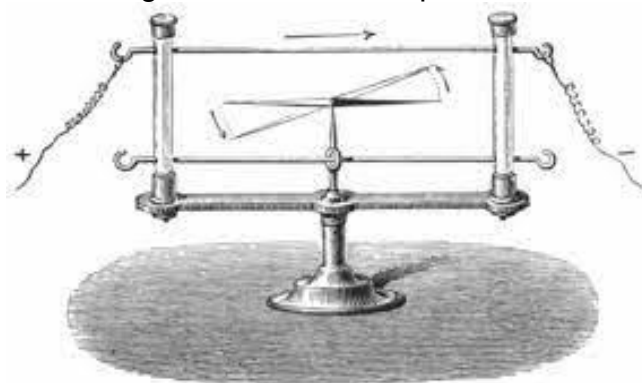
4 UMA BREVE HISTÓRIA SOBRE O ELETROMAGNETISMO

De acordo com Pires (2011, p. 265) na Grécia antiga os gregos sabiam que esfregar um pedaço de âmbar (*elektron* em grego), que era uma espécie de resina vegetal, em um pedaço de lã, conferia ao âmbar a capacidade de atrair alguns objetos pequenos e leves como pedaços de palhas por exemplo. A partir dessa constatação no decorrer dos anos iniciaram-se várias observações desse fenômeno dando origem

ao estudo da eletricidade enquanto ciência. De acordo Nussenzveig (2015, p. 126) os gregos da Grécia antiga sabiam que algumas “pedras”, as magnetitas, encontradas na cidade de Magnésia, tinham a capacidade de atrair objetos de ferro. A partir dos estudos dessa propriedade se originou a ciência do magnetismo.

Os estudos sobre eletricidade e magnetismo ocorreram de forma separadas durante muito tempo. De acordo com Pires (2011, p. 269, 270) foi publicado em 1735 no *Philosophical Transaction* um artigo que descrevia que uma caixa, contendo garfos e facas, teria sido atingido por um relâmpago. Como consequência disso a caixa foi destruída e alguns garfos e facas forma derretidos, porém foi observado que as facas ficaram imantadas e atraindo pregos. A partir da publicação desse artigo foi que em partes surgiu a ideia de haver uma relação entre os fenômenos elétricos e magnéticos. Vários experimentos foram realizados com o objetivo entender o fenômeno, porém sem êxito. Só em 1820 que o físico dinamarquês Hans Christian Oersted (1777 – 1851) realizou um experimento que conseguiu observar a relação entre os dois fenômenos, após isso os estudos sobre eletricidade e magnetismo passaram a correr juntos, dando origem ao eletromagnetismo. Em seu experimento, Oersted observou que uma agulha imantada ao ser colocado próxima de um fio condutor percorrido por uma corrente elétrica sofria uma deflexão, logo concluiu que um campo magnético poderia ser gerado por uma corrente elétrica que passa por fio condutor. A Figura 01 mostra um esquema do experimento realizado por ele.

Figura 01 - Imagem ilustrando o experimento de Oersted.



Fonte: Disponível

em :<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/13/Oersted_experiment.png >.

Após a descoberta de Oersted vários estudos e descobertas iniciaram-se na área do eletromagnetismo, nomes como o André Marie Ampère (1775-1836), Jean

Baptiste Biot (1774-1862) e Félix Savart (1791-1841) dentre outros mais, ganharam notoriedade com seus trabalhos. Uma das mais relevantes descobertas foi apresentada por Michel Faraday (1791-1867). Faraday conseguiu provar a proposição inversa, ou seja, que um campo magnético variando com o tempo conseguiria gerar uma corrente elétrica, descobrindo assim a lei da indução. Anos depois James Clark Maxell (1831-1879) fez mais algumas contribuições na área do eletromagnetismo, descreveu matematicamente a ideia de campo de Faraday, generalizou a lei de Ampère, utilizou o formalismo matemático através dos operadores diferenciais (rotacional, divergente, gradiente) para descrever os fenômenos dessa área da ciência, definiu a luz como uma onda eletromagnética, entre outros feitos.

Nos tópicos seguintes será abordada parte da teoria do eletromagnetismo que está relacionada à temática da sequência didática proposta neste trabalho.

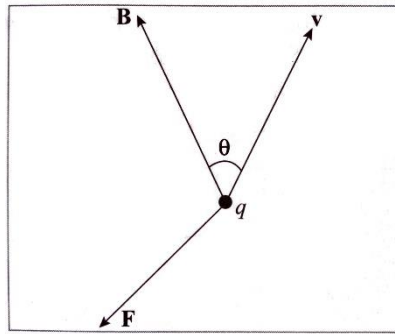
4.1 O CAMPO MAGNÉTICO

Para definirmos o campo magnético $\mathbf{B}$ podemos fazer uma analogia com o campo elétrico $\mathbf{E}$. Por exemplo, para definir o campo elétrico $\mathbf{E}$, uma carga de prova puntiforme q é colada em uma região onde existe tal campo e é submetida a uma força elétrica dada por $\mathbf{F} = q\mathbf{E}$. De modo análogo, poderíamos considerar uma carga de prova q em uma região onde existe um campo magnético e analisar seu comportamento. De acordo com Nussenzveig (2015, p.127) verificou-se experimentalmente que o campo magnético exerce força sobre cargas em movimento, e que essa força é proporcional a quantidade de carga e à intensidade da velocidade da partícula, tendo sua direção ortogonal às direções da velocidade $\mathbf{v}$ e do campo magnético $\mathbf{B}$. A força $\mathbf{F}$ é dada por

$$\mathbf{F} = kq\mathbf{v} \times \mathbf{B} \quad (01)$$

onde k é uma constante positiva que dependerá do sistema de unidade de medida escolhido, e $\mathbf{v}$ é a velocidade da partícula de carga q em relação a um referencial inercial. A Figura 02 ilustra a situação de uma carga puntiforme sob efeito da força magnética.

Figura 02 - Força magnética sobre uma carga.



Fonte: Nussenzveig, Moysés (2015, p. 127).

Pela equação 01 podemos perceber que o $|\mathbf{F}| \propto \sin \theta$, onde θ é o ângulo formado entre $\mathbf{v}$ e $\mathbf{B}$. No sistema internacional de medidas (SI), toma-se $k = 1$. Assim,

$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B} \quad (02)$$

o que define a magnitude de $\mathbf{B}$. Para o caso particular de $\mathbf{v}$ ser ortogonal a $\mathbf{B}$ e se $|\mathbf{v}| = 1 \text{ m/s}$, $q = 1 \text{ C}$ e $|\mathbf{F}| = 1 \text{ N}$, encontramos a unidade de medida de $|\mathbf{B}|$ no SI, que é chamada de Tesla (T):

$$1 \text{ T} = 1 \frac{\text{N/C}}{\text{m/s}}$$

Se a partícula estiver em uma região onde existir além de um campo magnético $\mathbf{B}$, um campo elétrico $\mathbf{E}$, a força resultante $\mathbf{F}$ sobre ela será dada por:

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_{ele} + \mathbf{F}_{mag} \quad (03)$$

assim, temos.

$$\mathbf{F} = q\mathbf{E} + q\mathbf{v} \times \mathbf{B} \quad (04)$$

Logo,

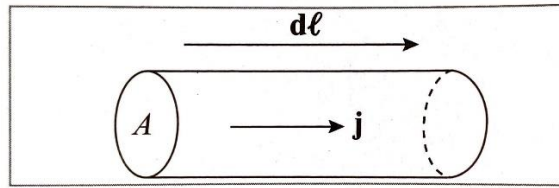
$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) \quad (05)$$

a equação acima é conhecida como força de Lorentz.

4.2 FORÇA MAGNÉTICA SOBRE UMA CORRENTE

Considerando um pequeno pedaço de um fio metálico de comprimento infinitesimal $d\mathbf{l}$ (que pode ser considerado como um elemento de um circuito) que tem área de secção transversal A , sendo percorrida por uma corrente elétrica estacionária e de densidade $\mathbf{J}$, conforme ilustra a Figura 03.

Figura 03 - Pedaco infinitesimal $d\mathbf{l}$ com densidade de corrente $\mathbf{J}$.



Fonte: Nussenzveig, Moysés (2015, p. 130).

Supondo que o fio condutor em questão possui portadores de cargas que sejam elétrons livres, temos que:

$$\mathbf{J} = -ne\langle\mathbf{v}\rangle \quad (06)$$

onde n é o número médio de elétrons livres por unidade de volume e $\langle\mathbf{v}\rangle$ é a velocidade média dos elétrons associado à corrente. Em uma região onde existe um campo magnético $\mathbf{B}$, a força magnética média sobre cada elétron livre será $-e\langle\mathbf{v}\rangle \times \mathbf{B}$, e a densidade volumétrica de força $\mathbf{f}$ exercida pelo campo magnético sobre a corrente será

$$\mathbf{f} = -ne\langle\mathbf{v}\rangle \times \mathbf{B} \text{ ou } \{\mathbf{f} = \mathbf{J} \times \mathbf{B}\} \quad (07)$$

A força total $d\mathbf{F}$ que é exercida sobre os elétrons livres contidos no volume $A dl$ do fio condutor será

$$d\mathbf{F} = \mathbf{f} A dl \quad (08)$$

pela equação (07), temos que a equação acima pode ser escrita como:

$$d\mathbf{F} = (\mathbf{J} \times \mathbf{B}) A dl \quad (09)$$

ainda podemos reescreve-la da seguinte maneira;

$$d\mathbf{F} = \mathbf{J} A (dl \times \mathbf{B}) \quad (10)$$

por outro lado $i = JA$, ou seja, a equação acima fica,

$$d\mathbf{F} = i d\mathbf{l} \times \mathbf{B} \quad (11)$$

De acordo com Nussenzveig (2015, p. 135) $i d\mathbf{l}$ recebe o nome de “elemento de corrente” e $d\mathbf{F}$ é a força total exercida pelo campo magnético sobre o elemento infinitesimal $d\mathbf{l}$ do fio condutor. Considerando um circuito fechado C por onde circula uma corrente estacionária a força resultante sobre ele é dada por:

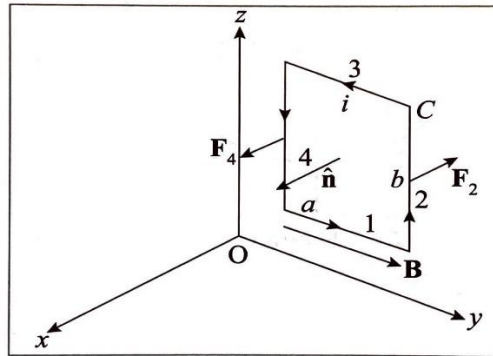
$$\mathbf{F} = i \oint_C d\mathbf{l} \times \mathbf{B} \quad (12)$$

para o caso particular em que o campo magnético é uniforme, temos

$$\mathbf{F} = i \left(\oint_C d\mathbf{l} \right) \times \mathbf{B} = 0 \quad (13)$$

pois $\oint_C \mathbf{dl} = 0$, pela regra da adição de vetores. Assim, em qualquer circuito fechado que é percorrido por uma corrente estacionária a força resultante é nula. Porém, isso não significa dizer que o torque resultante seja nulo. Por exemplo, considerando uma espira em formato retangular de lados a e b em que passa uma corrente estacionária i , situada em região onde existe um campo magnético uniforme, conforme ilustra a Figura 04.

Figura 04- Espira retangular em um campo $\mathbf{B}$ uniforme.



Fonte: Nussenzveig, Moysés (2015, p. 131).

Supondo o lado a paralelo ao campo $\mathbf{B}$ conforme a Figura 04, nesse caso os lados 1 e 3 são paralelos à $\mathbf{B}$, não contribuindo com a força resultante, pois $\mathbf{dl} \times \mathbf{B} = B \, dl \sin \theta$, onde θ é o ângulo formado entre $\mathbf{B}$ e $\mathbf{dl}$ que tem valores iguais a 0° e 180° nestes dois trechos do circuito. Com base no sistema de coordenadas da figura acima, a espira fica sujeita às forças $\mathbf{F}_2$ e $\mathbf{F}_4$. A força $\mathbf{F}_2$ que atua sobre o lado 2 é dada por $\mathbf{F}_2 = ib\hat{\mathbf{z}} \times (B\hat{\mathbf{y}}) = -iBb\hat{\mathbf{x}}$, e tem o mesmo módulo e sentido contrário à $\mathbf{F}_4$ que é a força que atua sobre o lado 4, dada por $iBb\hat{\mathbf{x}}$. Assim, o torque que atua sobre a espira é dado por:

$$\boldsymbol{\tau} = \mathbf{l} \times \mathbf{F} = a\hat{\mathbf{y}} \times (-iBb\hat{\mathbf{x}}) = iSB\hat{\mathbf{z}} = \mathbf{m} \times \mathbf{B} \quad (14)$$

em que $S = ab$ é a área do circuito C e definimos

$$\mathbf{m} = iSB\hat{\mathbf{x}} = iS\hat{\mathbf{n}} \equiv i\mathbf{S} \quad (15)$$

onde $\hat{\mathbf{n}}$ é o versor normal orientado ao plano do circuito, a orientação da corrente i é no sentido anti-horário, sendo visto da extremidade de $\hat{\mathbf{n}}$. Para Nussenzveig (2015) o circuito se comporta tendo um momento de dipolo magnético, análogo à um dipolo elétrico, que é definido por

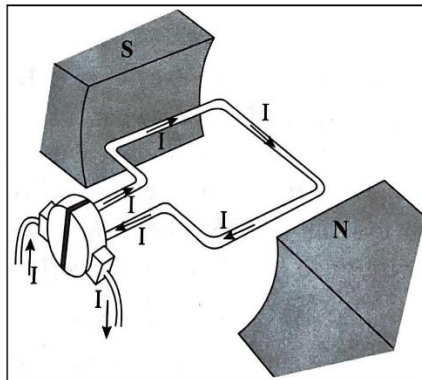
$$\mathbf{m} = i\mathbf{S} \quad (16)$$

em que $\mathbf{S} = S\hat{\mathbf{n}}$ é a sua área orientada. Embora esse seja o resultado encontrado para

um circuito em formato retangular, ele é valido para qualquer circuito fechado independente do formato.

A posição de equilíbrio do circuito ocorre quando $\mathbf{m} // \mathbf{B}$, ou seja, $\hat{\mathbf{n}} // \mathbf{B}$, na pratica isso quer dizer que o circuito tende a orientar-se de forma perpendicular ao campo magnético. Alguns aparelhos funcionam com base no torque sofrido por uma espira ou bobina que é percorrida por uma corrente elétrica e imersa em uma região de campo magnético, é o caso dos motores elétricos. A Figura 05 ilustra os elementos de um motor elétrico de corrente contínua que tem uma espira em formato retangular, por onde circula uma corrente e está livre para gira em torno do próprio eixo, e sendo submetida a um campo magnético. As forças magnéticas produzem um torque que faz a espira girar. Um comutador inverte o sentido da corrente a cada meia volta, para que o sentido rotação seja mantido.

Figura 05 - Esquema de um motor elétrico de corrente contínua.



Fonte: Adaptado de Nussenzveig, Moysés (2015, p. 133).

4.3 LEI DA INDUÇÃO DE FARADAY - LENZ

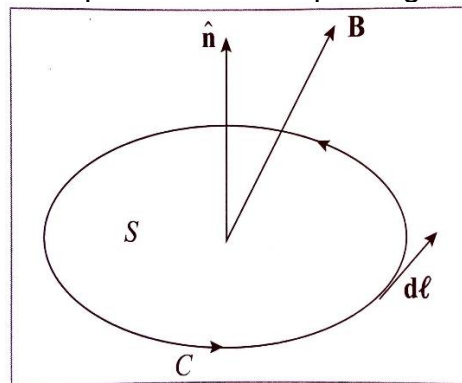
A lei de Faraday ou lei da indução demonstra a relação entre os campos elétrico e magnético. O experimento de Oersted mostrava que ao passar uma corrente elétrica por um fio condutor, uma agulha imantada (um ímã) sofria uma deflexão, o que o fez acreditar que deveria haver uma relação entre os dois fenômenos, elétricos e magnéticos. Segundo Halliday, Resnick, Jearl Walker (2013, p. 249) depois de realizar alguns experimentos, Faraday observou que havia relação entre a quantidade de campo que atravessava uma espira (variação do fluxo do campo magnético) e a produção de corrente elétrica, chamada de corrente induzida.

De acordo com Nussenzveig (2015, p. 156) um dos experimentos realizados

por Faraday consistia em basicamente aproximar um imã permanente de um solenoide que estava ligado a um galvanômetro. À medida que o imã era introduzido dentro do solenoide, uma corrente era acusada no instrumento de medição, e quando afastada era gerada uma corrente em sentido oposto. Ele também percebeu que o mesmo fenômeno ocorria quando deixava o imã em repouso e aproximava ou afastava o solenoide, concluindo que a indução da corrente depende apenas do movimento relativo entre a bobina e o imã.

Vamos representar esse experimento e descrever a lei da indução na forma quantitativa. Consideremos uma espira C feita de um fio condutor, imersa em uma região do espaço onde há um campo magnético $\mathbf{B}$ e orientada conforme indica a Figura 06 abaixo.

Figura. 06 - Espira em um campo magnético.



Fonte: Nussenzveig, Moysés (2015, p. 157).

O fluxo das linhas de campo magnético $\mathbf{B}$ que atravessam a espira é dado por:

$$\Phi_c = \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = \int_S \mathbf{B} \cdot \hat{\mathbf{n}} dS \quad (17)$$

onde S é qualquer superfície delimitada pelo contorno de C , orientada pelo versor normal a superfície $\hat{\mathbf{n}}$. No SI a unidade de medida do fluxo magnético é o Weber (Wb); $1\text{Wb} = \text{T} \cdot \text{m}^2$. Quando ocorre uma variação temporal do fluxo do campo magnético através da espira C uma fem induzida é gerada na mesma, essa é a lei de Faraday. Em termos matemáticos é definida como:

$$\varepsilon = \oint_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = - \frac{d\Phi_c}{dt} \quad (18)$$

A interpretação do sinal negativo é conhecida como lei de Lenz e quer dizer que a fem induzida vai gerar uma corrente induzida no sentido tal que gere seu próprio campo magnético para se opor a variação do fluxo das linhas de campo que

atravessam a espira. Na forma diferencial a lei de Faraday é escrita como:

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (19)$$

Essa equação demonstra a relação entre os campos elétrico e magnético que se buscou durante alguns anos. Ainda segundo Nussenzveig (2015, p. 159) sua interpretação diz que uma variação temporal do campo magnético gera um campo elétrico circulante, não eletrostático, e independe da existência de um circuito material.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho culmina na construção de uma sequência didática fundamentada nos princípios da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, contemplando as unidades temáticas e objetos de conhecimento/habilidades previstas pela BNCC (Base Nacional Comum Curricular) que possuem preferencialmente como tema o eletromagnetismo e suas aplicações. A seguir são apresentadas as habilidades a serem desenvolvidas através da sequência didática proposta.

De acordo com a BNCC no código EM13CNT301 os alunos devem ser capazes de fazerem uma análise crítica dos fenômenos estudados, construindo questões, elaborando hipóteses, previsões e estimativas, empregando para isso instrumentos de medição que lhes permitam representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais com o objetivo de construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

Ainda segundo a BNCC no código EM13CNT308 os discentes devem entender sobre as tecnologias contemporâneas, devendo para isso investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos, além de avaliar seus impactos na sociedade, cultura e no meio ambiente. Assim como devem ser capazes de realizarem previsões sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes de acordo com o código EM13CNT107.

Assim, este material tem por objetivo orientar na produção de uma proposta de sequência didática que deverá ser desenvolvida junto a alunos de turmas de ensino médio, de modo a promover atividades de ensino e aprendizagem relacionadas aos conceitos básicos de eletromagnetismo necessários para o funcionamento de um

motor elétrico. Os experimentos que fazem parte desse trabalho são encontrados no livro de Peruzzo, Jucimar. Experimentos de Física Básica: Eletromagnetismo, Física Moderna e Ciências Espaciais. 1ª edição. São Paulo: Livraria da Física, 2013.

Esta proposta conta com um total de 6 (seis) experimentos que podem ser facilmente realizados em sala de aula. O conjunto de experiências aqui disposto, está elencado de modo a proporcionar aos discentes um entendimento gradual dos fenômenos a serem estudados, de uma forma que a priori, seja possível observá-los, e em seguida compreendê-los e se apropriar de seus conceitos.

Além de um grupo de experiências, dois questionários avaliativos fazem parte desse trabalho. O primeiro conforme a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, seria aplicado antes da aplicação da sequência de didática com o objetivo de detectar os conhecimentos prévios dos alunos, os seus subsunçores. Já o segundo questionário seria para analisar a aprendizagem dos alunos sobre os conceitos de eletromagnetismo abordados.

6 RESULTADOS

O resultado deste trabalho é a proposta de sequência didática que será apresentada com mais detalhes a seguir.

6.1 PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Essa proposta de sequência didática, não exclui a apresentação dos assuntos relacionados ao eletromagnetismo. Contudo é relevante ressaltar que as atividades experimentais devem atuar com o objetivo de promover uma ação investigativa. Nesse sentido o professor será um mediador no processo de aprendizagem do alunado, e os discentes serão os participantes ativos nesse processo.

Para a realização dessa atividade, o local mais apropriado seria um laboratório de física, contudo, algumas escolas não possuem tal espaço, mas a falta desse local não gera prejuízo a execução desse trabalho, podendo ser perfeitamente aplicado em sala de aula. As atividades abordam os seguintes fenômenos:

- A relação entre a corrente elétrica e os fenômenos magnéticos;
- O campo magnético criado por um fio condutor percorrido por uma corrente elétrica;

- Força magnética;
- Motores elétricos.

A seguir na tabela 1 será apresentado o cronograma da aplicação da sequência didática e em seguida a descrição das atividades nela presente.

Tabela 1 - Quadro cronograma de aplicação da sequência didática.

ENCONTROS/AULAS	ATIVIDADES
1º encontro/ 1 aula	Aula expositiva motivacional e Aplicação do teste de verificação de conhecimentos prévios;
2º encontro/ 1 aula	Apresentação de um primeiro grupo de experiências;
3º encontro/ 2 aulas	Breve reapresentação das experiências da etapa anterior e discussão sobre os experimentos;
4º encontro/ 2 aulas	Apresentação do segundo grupo de experiências e discussão sobre os experimentos;
5º encontro/ 1 aula	Aplicação do último teste afim de verificar a aprendizagem.
OBSERVAÇÃO:	Cada aula tem duração de 50 minutos.

Fonte: Próprio autor.

As atividades serão desenvolvidas seguindo as seguintes etapas. A saber:

a) O trabalho é iniciado com uma aula expositiva em que alguns textos, por exemplo, do livro didático serão lidos e discutidos, com o intuito de despertar a curiosidade dos alunos sobre os temas relacionados ao eletromagnetismo. Em seguida é aplicado o teste de detecção de subsunçores com o objetivo de avaliar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os assuntos relacionados com esse campo da física.

b) No segundo encontro será apresentado pelo professor um primeiro grupo de experimentos que será manipulado pelo mesmo e pelos alunos também quando orientados pelo docente para que eles visualizem e vivenciem os fenômenos a serem compreendidos. Os experimentos são: O experimento de Oersted, O campo magnético de um condutor retilíneo, Força magnética sobre um condutor com corrente elétrica 1.

c) Nesse novo encontro os alunos formarão grupos de 4 ou 5 integrantes e será feita uma breve reapresentação das experiências da etapa anterior. Os alunos observarão, discutirão e formularão hipóteses para explicar os fenômenos observados. Após os alunos terminarem de elaborarem suas hipóteses, o professor discutirá com eles em sala de aula sobre as mesmas, fazendo as devidas correções quando necessário. Esse será o terceiro encontro.

d) No quarto encontro os alunos formarão novamente os grupos formados anteriormente. Um segundo grupo de experimentos será apresentado aos alunos, os experimentos apresentados serão: Motor elétrico mínimo 1, Motor elétrico mínimo 3, Motor elétrico com bobinas. Após a apresentação dos experimentos, os alunos discutirão e formularão hipóteses para explicar o funcionamento desses aparelhos. Novamente após o término da discussão entre os alunos, o professor irá discutir com os mesmos sobre as teorias elaboradas, explicando a física por trás dos experimentos e sempre buscando fazer as correções que forem necessárias.

e) No quinto e último encontro será a aplicação do teste de verificação de aprendizagem.

A seguir será apresentado os experimentos que serão realizados durante a aplicação dessa sequência didática:

6.2 EXPERIMENTOS

Os experimentos que fazem parte dessa proposta de sequência didática são todos feitos com materiais de baixo custo e de fácil acesso, por exemplo, pilhas, pedaços de madeiras, fios de cobre que podem ser facilmente encontrados em aparelhos elétricos ou eletrônicos que não funcionam mais, além de outros materiais fáceis de serem encontrados. Os experimentos são os seguintes:

6.2.1 EXPERIMENTO DE OERSTED

6.2.1.1 OBJETIVOS

- Observar a manifestação do campo magnético gerado por uma corrente elétrica em fio condutor;

- Questionar sobre a natureza do campo magnético, identificando as fontes desse tipo de campo;

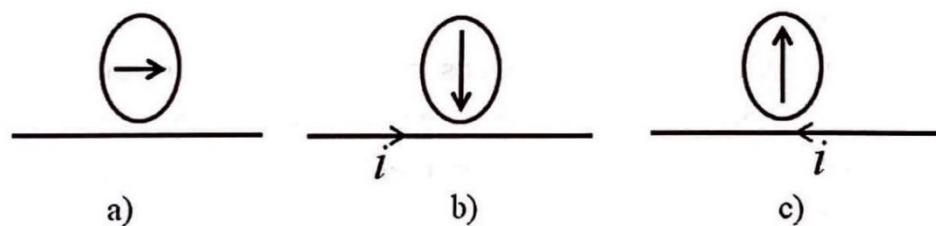
6.2.1.2 MATERIAIS

1 fio metálico, 1 fonte de baixa tensão (1 pilha ou 1 bateria), cabos conectores, 1 bússola.

6.2.1.3 MONTAGEM E PROCEDIMENTO

Coloque o fio metálico sobre a bússola ou próximo a ela, esticado e paralelo ao alinhamento de sua agulha (Figura 07-a). Ligue as extremidades do fio na fonte, fechando o circuito elétrico e observe que a agulha sofre deflexão, ficando perpendicular ao fio (Figura 07-b). Inverta o sentido da corrente trocando os polos da fonte e observe que a agulha da bússola também inverte o seu sentido de orientação (Figura 07-c).

Figura 07 a - Bússola próximo ao fio; b - Deflexão da agulha com a passagem de corrente elétrica no fio; c - Inversão do sentido de deflexão da agulha com a mudança de sentido de corrente no fio.



Fonte: Peruzzo, Jucimar (2013, p.162)

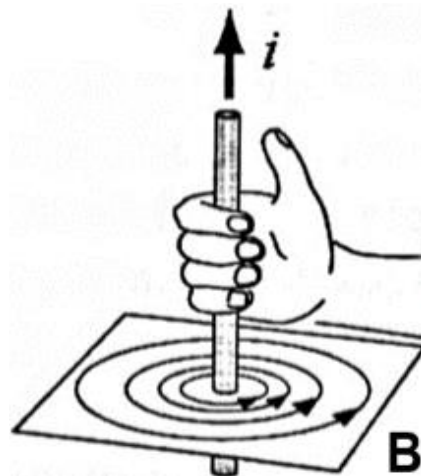
6.2.1.4 ANÁLISE E EXPLICAÇÃO

Durante muitos anos Hans Christian Oersted procurou comprovar que deveria haver uma interação entre eletricidade e magnetismo. Em 1820, durante a realização de uma palestra aos seus alunos, Oersted realizou um experimento que demonstrava a ação de uma corrente elétrica sobre uma agulha magnética colocada próxima do fio.

Para explicar esse fenômeno Oersted concluiu que um fio condutor percorrido por uma corrente elétrica gera um campo magnético ao seu redor, cujas linhas de

campo são circunferências, contidas em planos perpendiculares ao condutor e com centro no condutor. O sentido dessas linhas é determinado pela regra da mão direita, pela qual se determina o sentido do vetor campo magnético $\mathbf{B}$. Coloque a mão quase fechada com o polegar para fora, junto com o condutor no sentido da corrente. A curvatura dos dedos indica o sentido das linhas do campo magnético conforme a Figura 08.

Figura 08 - Sentido das linhas de campo magnético geradas por um fio condutor retilíneo.



Fonte: Peruzzo, Jucimar (2013, p.163).

6.2.2 CAMPO MAGNÉTICO DE UM CONDUTOR RETILÍNEO

6.2.2.1 OBJETIVOS

- Descrever o formato das linhas de campo magnético gerado ao redor do fio condutor;
- Pesquisar sobre a regra da mão direita e aplica-la na atividade;
- Pesquisar sobre a lei de Ampère.

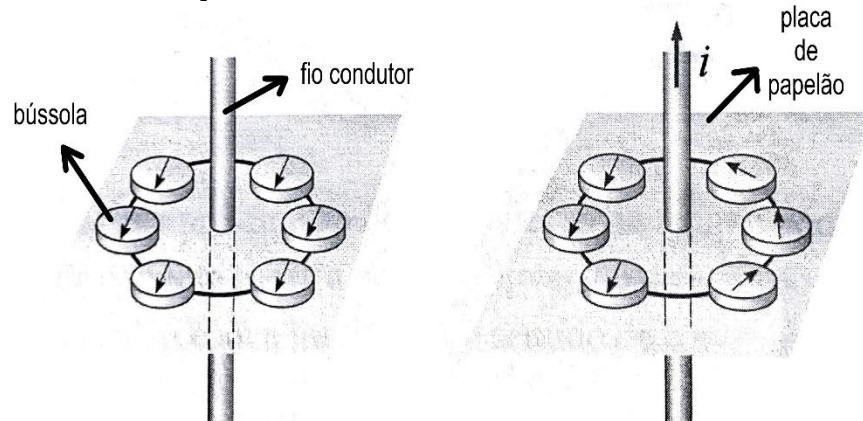
6.2.2.2 MATERIAIS

1 fio metálico (retilíneo e rígido), 1 fonte de baixa tensão (1 pilha ou bateria), cabos conectores, 1 bússola (ou mais de uma), 1 placa de papelão.

6.2.2.3 MONTAGEM E PROCEDIMENTO

Introduza um fio no meio da placa de papelão, deixando a placa na horizontal e o fio na vertical. Coloque uma ou mais bússolas ao redor do fio sobre a placa de papelão e com os cabos conectores, ligue as extremidades do fio na fonte. Observe as direções nas quais as agulhas das bússolas se orientam. Se tiver apenas uma bússola, coloque-a em diversas posições ao redor do fio. Um esquema da montagem do experimento e a orientação das bússolas está na Figura 09.

Figura 09 - Orientação das bússolas ao redor de um condutor retilíneo.

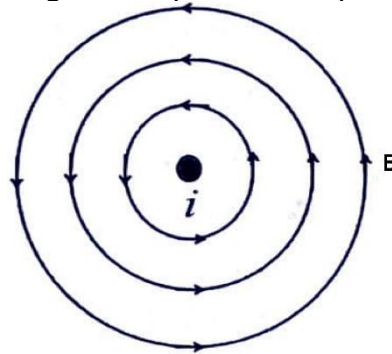


Fonte: Peruzzo, Jucimar (2013, p.164).

6.2.2.4 ANÁLISE E EXPLICAÇÃO

A orientação da agulha da bússola é definida pelo vetor campo magnético $\mathbf{B}$ que é gerado pela corrente i que circula no fio. Pela regra da mão direita, considerando uma corrente saindo do plano da página, conforme representada na Figura 09, as linhas de indução têm sentido anti-horário e são círculos concêntricos e ficam perpendiculares ao fio que é percorrido pela corrente, conforme mostra a Figura 10. O vetor campo magnético $\mathbf{B}$ sempre vai ser tangente às linhas de indução.

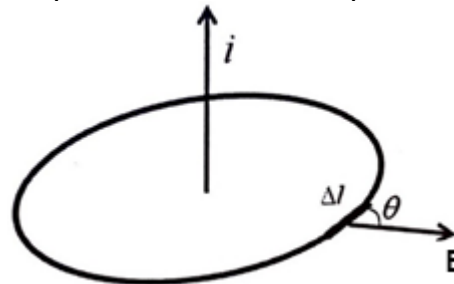
Figura 10 - Linhas de campo magnéticos produzidas por um condutor retilíneo.



Fonte: Peruzzo, Jucimar (2013, p.165).

Agora vamos calcular a intensidade de $\mathbf{B}$ em um ponto qualquer que está a uma distância r do fio. Consideramos uma região do espaço em que existe um campo magnético $\mathbf{B}$, e nessa região está presente uma linha de curva fechada. Onde Δl é o comprimento de um trecho dessa linha e i a intensidade da corrente elétrica que atravessa a região envolvida pela linha, conforme mostra a Figura 11.

Figura 11 - Superfície atravessada por uma corrente i .



Fonte: Peruzzo, Jucimar (2013, p. 165).

De acordo com a lei de Ampère temos:

$$\sum B \Delta l \cos \theta = \mu i \quad (20)$$

onde θ é o ângulo entre as direções de Δl e $\mathbf{B}$ e μ é uma constante denominada constante de permeabilidade magnética do meio. No vácuo tem-se que $\mu = \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Tm/A}$. O somatório é feito sobre a linha curva fechada.

Num condutor retilíneo temos que $\theta = 0^\circ$, pois Δl é paralelo à $\mathbf{B}$, de modo que a partir da equação 20 temos

$$\sum B \Delta l = \mu i \quad (21)$$

Por simetria a intensidade de B é a mesma em todos os pontos da linha de indução, de modo que podemos escrever a equação 21 como

$$B \sum \Delta l = \mu i \quad (22)$$

Como a linha de indução é uma circunferência, temos que $\sum \Delta l = 2\pi r$ e da equação 22 vem que a intensidade de **B** num ponto distante r do fio é

$$B = \frac{\mu i}{2\pi r} \quad (23)$$

6.2.3 FORÇA MAGNÉTICA SOBRE UM CONDUTOR COM CORRENTE ELÉTRICA

6.2.3.1 OBJETIVOS

- Demonstrar a ação da força magnética sobre um condutor retilíneo percorrido por uma corrente elétrica e submetido a um campo magnético;
- Identificar os efeitos de atração ou repulsão de acordo com o sentido da corrente elétrica;
- Pesquisar sobre a regra da mão direita e aplica-la na atividade.

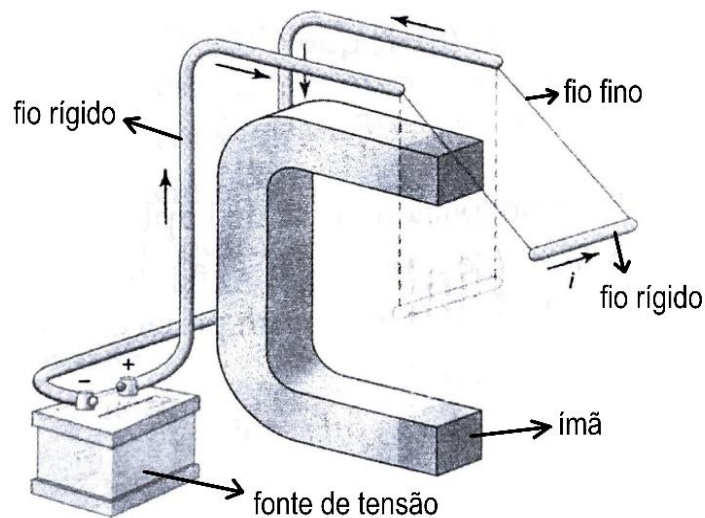
6.2.3.2 MATERIAIS

1 fio metálico (retilíneo e rígido), 1 ímã com forma de ferradura, 1 fonte de baixa tensão (bateria de 9V ou 12V), cabos conectores, fio condutor fino.

6.2.3.3 MONTAGEM E PROCEDIMENTO

Ligue um pedaço do fio condutor fino em cada extremidade do fio rígido, de modo que este fique suspenso e livre para se mover no interior do ímã em forma de ferradura, caso não possua um ímã nesse formato, uma alternativa para substituí-lo seria ligar dois ímãs em forma de barra à um pedaço de ferro formando um “U”. Ligue os fios condutores finos na bateria e observe o condutor rígido se mover, como mostra o esquema da Figura 12. Caso queira diminuir o efeito joule nos fios, adicione um resistor de 1k Ohm na ligação entre os fios e a fonte de tensão.

Figura 12 - Fio condutor retilíneo no interior de um ímã em forma de ferradura.



Fonte: Peruzzo, Jucimar (2013, p.181).

6.2.3.4 ANÁLISE E EXPLICAÇÃO

Considerando uma carga elétrica de módulo q em movimento, que se move com uma velocidade $\mathbf{v}$ em relação a um referencial, em uma região onde existe um campo magnético $\mathbf{B}$. A força magnética ($\mathbf{F}_m$) que atua sobre essa carga tem intensidade dada por $F_m = qvB \sin \theta$, onde θ é o menor ângulo entre $\mathbf{v}$ e $\mathbf{B}$.

Para um fio condutor percorrido por uma corrente elétrica e imerso num campo magnético, a força magnética agirá sobre cada um dos seus elétrons livres. Esta força sempre será perpendicular à direção de $\mathbf{v}$ e $\mathbf{B}$, tendo seu sentido definido pela regra da mão direita.

Sabe-se que por convenção o sentido da corrente elétrica é oposto ao sentido em que se move os elétrons livres. Porém, podemos considerar o movimento das cargas positivas no sentido convencional da corrente elétrica.

Agora vamos calcular a intensidade da força magnética $\mathbf{F}_m$ que atua não somente sobre um elétron, mas sobre um pequeno pedaço do fio. Nesse pequeno pedaço de comprimento Δl há uma carga total Q . Sobre esse pequeno comprimento age uma força magnética $\mathbf{f}_m$ de intensidade dada por:

$$f_m = QvB \sin \theta \quad (24)$$

Em um determinado intervalo de tempo Δt a carga Q transpassa pela seção transversal do fio com velocidade v . Onde $v = \Delta l / \Delta t$ e $i = Q / \Delta t$, assim fazendo algumas substituições temos a partir de (24) que

$$f_m = Bi\Delta l \sin \theta \quad (25)$$

que é conhecida como lei elementar de Laplace.

Sendo que $\sum \Delta l = l$, e que $\sum f_m = F$, a partir de (25) temos que a intensidade de F_m que atua num pedaço de fio de comprimento l é

$$F_m = Bil \sin \theta \quad (26)$$

6.2.4 MOTOR ELÉTRICO MÍNIMO 1

6.2.4.1 OBJETIVOS

- Construir um motor elétrico simples com um ímã e uma bobina;
- Explicar o funcionamento de motor elétrico simples, identificando os princípios físicos envolvidos no seu funcionamento.

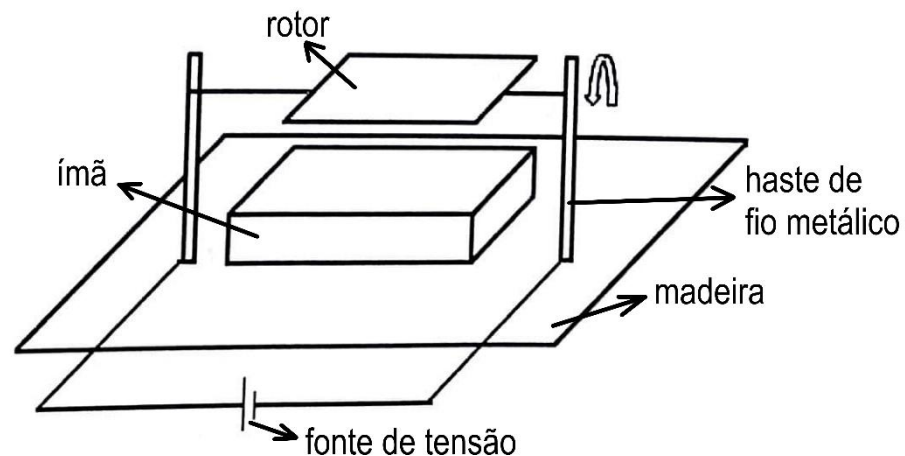
6.2.4.2 MATERIAIS

1 pilha, 1 ímã (em formato quadricular, retangular ou circular), 1 base de madeira, 1 fio metálico rígido, fio esmaltado (um pouco rígido), cabos conectores, 1 estilete.

6.2.4.3 MONTAGEM E PROCEDIMENTOS

Monte o experimento de acordo com a Figura 13. Fixe dois pedaços de fio metálico rígido na base de madeira, os quais funcionarão como mancais para o rotor. As extremidades dos mancais devem estar enrolas de modo a sustentar o eixo da bobina, que formará o rotor. Entre os mancais coloque o ímã rente à base. Com os cabos conectores ligue a fonte aos mancais. Caso queira diminuir o efeito Joule nos fios, adicione um resistor de 1k Ohm na ligação entre o motor e a fonte de tensão.

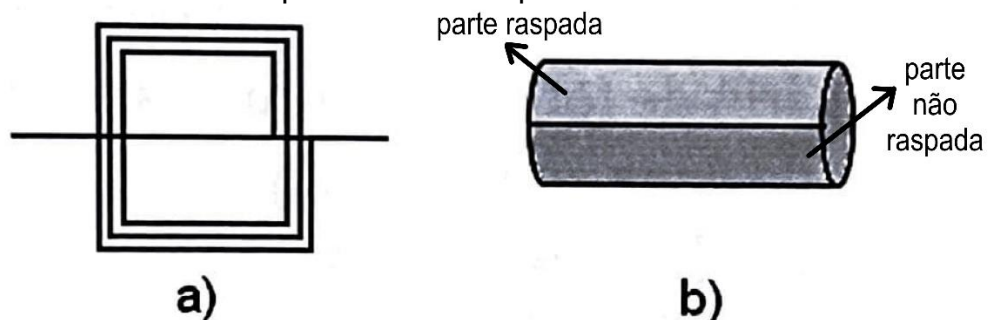
Figura 13 - Esquema do motor mínimo 1.



Fonte: Peruzzo, Jucimar (2013, p.198).

A bobina poderá ser feita apenas com uma espira ou com várias espiras, como mostra a (Figura 14-a). Um número maior de espiras fará o motor girar melhor. Uma das extremidades da bobina, as quais formarão os seus eixos, deve ser totalmente raspada. Já a outra deve ser raspada apenas a metade (Figura 14-b), de tal modo que ela tenha um contato elétrico com os mancais, e conseqüentemente com a pilha, quando as espiras estiverem como eixo de rotação do motor como coletores de corrente elétrica. É importante que o conjunto esteja bem centralizado para que o movimento seja estável.

Figura 14 a- Constituição da bobina (rotor); b- Extremidade da bobina parcialmente raspada.



Fonte: Peruzzo, Jucimar (2013, p.199).

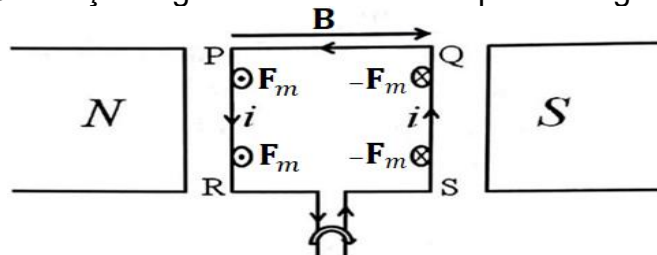
Terminada a montagem, ao dar um pequeno impulso no rotor, ele deve continuar girando. Se não girar adequadamente você deve observar a posição da extremidade semirraspada da bobina e ajustá-la adequadamente, torcendo um pouco o eixo.

6.2.4.4 ANÁLISE E EXPLICAÇÃO

Considerando uma espira no formato retangular sendo percorrida por uma corrente elétrica i , imersa em uma região onde há um campo magnético uniforme $\mathbf{B}$, de maneira que o plano da espira seja paralelo ao plano de $\mathbf{B}$, conforme mostra a Figura 15.

Nos segmentos do fio dos lados RS e PQ haverá forças magnéticas ($\mathbf{F}_m$) nulas, já que são paralelos ao campo magnético, ou seja, os ângulos θ formados pelo campo magnético e o fio (ângulo entre $\mathbf{B}$ e $\mathbf{v}$) tem valores iguais a 0° e 180° , de tal maneira que pela equação (26), $F_m = Bil \sin \theta$, teríamos $F_m = 0$, dessa maneira não contribuindo para a rotação da espira. Já nos segmentos de fio dos lados PR e QS haverá forças magnéticas não nulas, responsáveis pela rotação da espira, essas forças terão a mesma intensidade, porém sentidos opostos.

Figura 15 - Força magnética sobre uma espira retangular.



Fonte: Peruzzo, Jucimar (2013, p.200)

A partir do instante que a espira começa a girar partindo da posição representada na Figura 15. O par de forças formados por $\vec{F}_m$ e $-\vec{F}_m$ responsáveis por fazerem a espira girar, vai diminuindo sua eficiência em produzir rotação à medida que o ângulo θ vai aumentando. Dessa forma quando o plano da espira se tornar perpendicular às linhas de campo magnéticos, as forças $\mathbf{F}_m$ e $-\mathbf{F}_m$ se alinham, não produzindo mais torque. Porém como a espira está em rotação, ela continua seu movimento por inércia, indo além da posição de equilíbrio. Dessa maneira o par de forças, $\mathbf{F}_m$ e $-\mathbf{F}_m$, passariam a atuar sobre a espira de maneira contrária a rotação, fazendo com que ela pare e volte a posição de equilíbrio.

Para que a espira continue a girar, quando ela passar pela posição de equilíbrio, a corrente que passa por ela deve ter seu sentido invertido. Isso faria com que o sentido das forças se invertesse, favorecendo a rotação. Isso poderia ser resolvido usando um comutador, por exemplo, ou desligando o circuito por um instante

com o objetivo de impedir que as forças responsáveis por impedir o avanço da espira atuem sobre a mesma, que é o que de fato acontece nesse experimento.

Nesse experimento as extremidades da espira se comportam com um interruptor, pois foram raspadas de um modo a ligar ou desligar o circuito conforme a espira gira. Quando a espira estiver com o seu lado semirraspado na parte que não foi raspada sobre o mancal, o circuito ficará “fechado” não existindo corrente circulando pela espira, e quando a parte raspada estiver sobre o mancal o circuito estará “aberto”, havendo corrente passando por ele.

Assim, a espira quando for partir da posição representada na Figura 15, ela deverá estar com ambas as partes raspadas em contato com o mancal para que o circuito possa ser ligado e assim possa produzir o seu próprio campo magnético. Dessa forma, o binário de forças deve favorecer a sua rotação até que ela se tornar perpendicular ao campo magnético do ímã, a partir desse ponto a parte não raspada passa a ter contato com o mancal fechando o circuito, passando a não existir mais força magnética sobre a mesma. Porém, como está em movimento, a espira tende a não ficar em equilíbrio, tendendo a continuar seu movimento por inércia. Assim, continuaria girando até que a parte raspada entre em contato com o mancal novamente, e as forças magnéticas passassem a atuar sobre a própria, favorecendo a rotação e continuando novamente o ciclo.

6.2.5 MOTOR ELÉTRICO MÍNIMO 2

6.2.5.1 OBJETIVOS

- Construir um motor elétrico simples com dois ímãs e uma bobina;
- Explicar o funcionamento de um motor elétrico simples com dois ímãs e uma bobina.

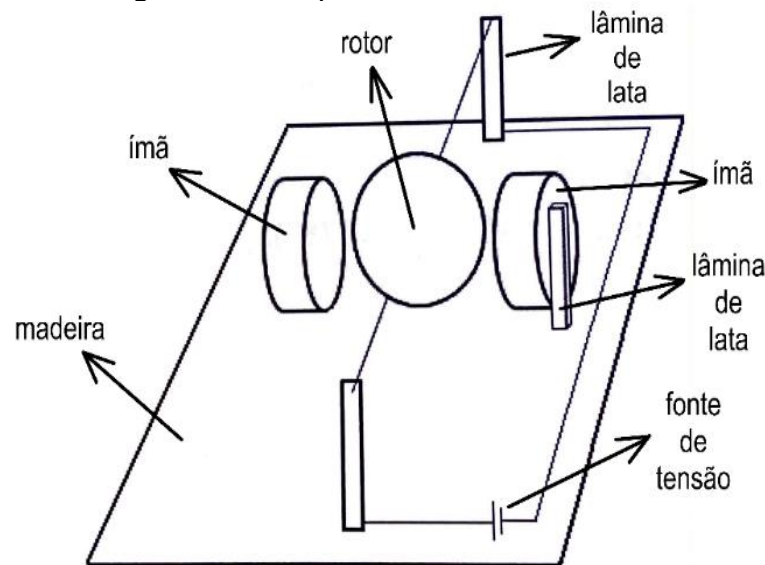
6.2.5.2 MATERIAIS

1 base de madeira, 1 pilha, 2 ímãs iguais, fio esmaltado, 4 lâminas de lata, 4 parafusos, cabos conectores.

6.2.5.3 MONTAGEM E PROCEDIMENTO

Este motor é uma variação mais sofisticada que a anterior, cuja montagem está representada na Figura 16. Ele utiliza dois ímãs ao invés de apenas um, os quais são dispostos na horizontal (poderiam também ser colocados na vertical). Os ímãs e o rotor são sustentados por lâminas de lata fixadas sobre a base de madeira. Nas lâminas que sustentam o rotor deve existir um entalhe numa de suas extremidades, para que o eixo do rotor gire sem cair.

Figura 16 - Esquema do motor elétrico mínimo 2.



Fonte: Peruzzo, Jucimar (2013, p.202)

Os ímãs devem ser colocados de modo que eles se atraiam, ou seja, com os polos contrários um de frente para o outro. A bobina que forma o rotor pode ser construída enrolando o fio num molde, como um cilindro, por exemplo. Após enrolada, as espiras podem ser firmadas prendendo-as com um pedaço de fita. As extremidades do rotor devem ser, uma delas totalmente raspada e a outra parcialmente (da mesma maneira que no experimento anterior).

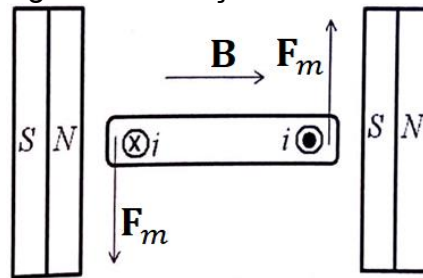
Dessa forma, o eixo fará o papel de comutador com o mancal, dirigindo corrente elétrica para o rotor somente nos momentos adequados. Neste caso o contato deve ocorrer quando o rotor estiver no mesmo plano formado pelos ímãs (plano horizontal).

Conecte a pilha aos mancais do rotor e dê um pequeno impulso para iniciar o movimento de rotação.

6.2.5.4 ANÁLISE E EXPLICAÇÃO

Na Figura 17 temos um esquema que representa o experimento visto por um observador na direção do eixo do rotor do motor. A figura mostra a direção e sentido da corrente elétrica na bobina, das forças magnéticas e do campo magnético que atua sobre ela que é produzido pelos ímãs.

Figura 17 - Força sobre o rotor.



Fonte: Peruzzo, Jucimar (2013, p.203).

Assim como no outro experimento, a espira passará a girar a partir do momento em que o campo magnético produzido por ela, passar a interagir com o campo magnético gerado pelos ímãs, dessa maneira a força magnética atuará sobre a bobina fazendo-a girar e a inércia manterá o movimento, até que a força magnética passe a atuar sobre a espira novamente.

6.2.6 MOTOR ELÉTRICO COM BOBINAS

6.2.6.1 OBJETIVOS

- Construir um motor elétrico com bobinas (sem a utilização de ímã);
- Explicar o funcionamento de um motor elétrico com bobinas.

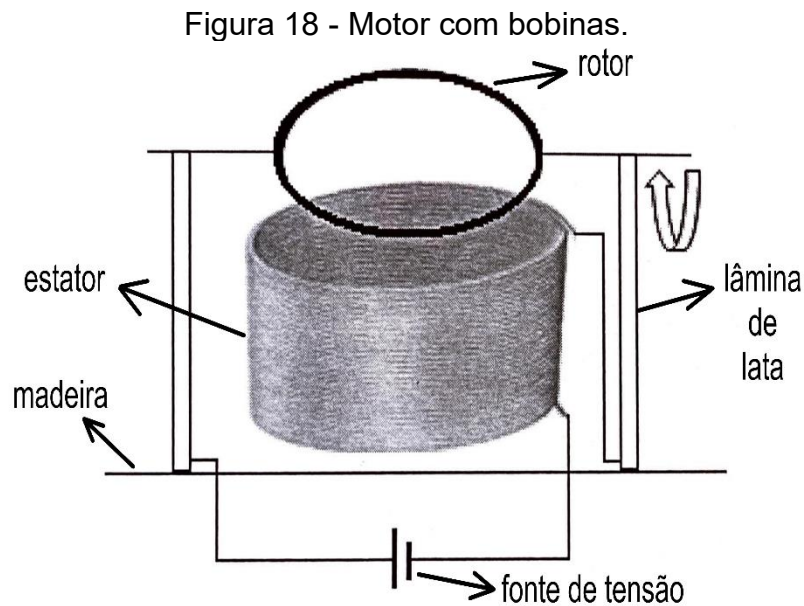
6.2.6.2 MATERIAIS

1 base de madeira, 1 pilha, fio esmaltado, 2 lâminas de latas, 2 parafusos, conectores elétricos, 1 pedaço de tubo de policloreto de vinila (PVC).

6.2.6.3 MONTAGEM E PROCEDIMENTO

Neste tipo de motor elétrico utilizamos uma bobina como rotor e uma bobina

fixa como estator no lugar dos ímãs dos experimentos anteriores. Um esquema da sua constituição está representado na Figura 18.



Fonte: Peruzzo, Jucimar (2013, p.207)

Fixe as duas lâminas de lata na base de madeira, de modo a formar os mancais de sustentação do rotor. Este último é feito do mesmo modo que nos experimentos já realizados. O estator pode ser constituído enrolando várias espiras de fio esmaltado ao redor do tubo de PVC.

Ligue os terminais do estator num dos mancais e o outro na pilha. Do segundo mancal um outro fio é conectado na pilha. Talvez aqui seja necessária uma fonte que tenha uma tensão maior que 1,5V. Para isso, por exemplo, associe duas ou mais pilhas em série, ou utilize duas baterias de 9V ou 12V. Caso queira diminuir o efeito Joule, adicione um resistor de 1k Ohm no circuito.

Os campos magnéticos criados pela bobina (estator) ficam mais intenso quando se coloca, em seu interior, um núcleo de ferro. O ferro tem propriedade de concentrar as linhas de indução produzidas pela corrente elétrica que circula nessas bobinas.

6.2.6.4 ANÁLISE E EXPLICAÇÃO

De modo semelhante aos experimentos anteriores. A partir do instante em que a espira começar a girar partindo de uma posição de equilíbrio, as forças magnéticas

responsáveis por produzir o torque vão perdendo eficiência em gerar rotação, pois o ângulo formado entre o fio e campo magnético vai aumentando. No momento que o plano do rotor se tornar perpendicular ao campo magnético, as forças magnéticas não gerarão mais torque, pois estarão alinhadas entre si e com o campo magnético produzido pelo estator. Para resolver essa situação seria necessário mudar o sentido da corrente ou deixar o movimento continuar por inércia.

Para isso, o rotor tem em suas extremidades um lado totalmente raspado e outro semiraspado, de modo que a corrente elétrica só passará a circular pelo circuito quando as partes sem esmalte (raspadas) estiverem em contato com os mancais. Graças a esse mecanismo a força magnética oriunda do campo magnético criado pelo estator, faz o rotor girar até o ponto onde não existirá mais contato elétrico com o mancal, consequentemente sem força magnética atuando sobre o mesmo, dessa maneira o movimento continuará por inércia, até que ocorra um novo contato elétrico entre as partes raspadas com os mancais e a força magnética atue novamente sobre o rotor, repetindo o ciclo.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No ensino de física é necessário que ciência e cotidiano mantenham uma relação de cumplicidade para que os alunos possam ver aplicações práticas do que se estuda nas unidades escolares. Dessa maneira, mesmo que na educação básica, os alunos devem entender, ainda que de uma forma simplificada, o funcionamento de aparelhos elétricos ou eletrônicos presentes em seu dia-dia, como por exemplo, os motores elétricos. Assim, o ensino de física deve ir além das aulas expositivas e do uso do livro didático para que seja significativo para os estudantes e alcance os objetivos estabelecidos nos novos currículos.

Pensando nisso, a proposta desse trabalho surgiu devido a necessidade de se buscar novas metodologias que facilitem o ensino e promovam uma aprendizagem realmente significativa. Desse modo a sequência didática aqui proposta surge como uma alternativa para o professor trabalhar em sala de aula nas turmas de ensino médio, alguns tópicos dos conteúdos relacionados aos assuntos de eletromagnetismo. Deixando de lado o modelo tradicional de transmissão de conhecimentos, modelo conteudista, que visa apenas a memorização dos assuntos abordados em sala de aula.

Com o objetivo de deixar as aulas mais dinâmicas e atraentes para os alunos, esse material foi elaborado para abordar tópicos referentes aos princípios físicos por trás do funcionamento de motores elétricos. O trabalho por se tratar de uma proposta de sequência didática não será aplicada por este autor, mas esta está devidamente elaborado e pronto para ser aplicado em sala de aula pelo professor para se obter os resultados educacionais. De modo que o papel do professor na aplicação desse trabalho não é apenas ser um transmissor de informação, mas um incentivador do senso crítico e investigativo dos alunos.

Por fim, no tocante ao ensino de física, é de suma importância que as pesquisas sobre essa área do conhecimento continuem acontecendo, pois fazem-se necessárias no cenário atual da educação brasileira, já que mudanças vem acontecendo na grade curricular nos últimos anos com a reforma do novo ensino médio e com o surgimento de currículos novos a partir da BNCC (Base Nacional Comum Curricular). Assim, para corroborar com os objetivos estabelecido nas novas diretrizes pesquisas como essa devem continuar acontecendo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BRITO, Pedro Paulo de. **Uma Abordagem Experimental com Materiais de Baixo Custo no Ensino da Óptica Geométrica**. Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Estadual do Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Física, Programa de Pós- Graduação em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), 2020.

GESTER, Wyber da Trindade. **O Lúdico no Processo de Ensino-Aprendizagem de Física: Uma Sequência Didática para a Construção de Conceitos de Eletricidade no Ensino Fundamental**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós- Graduação em Física, Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos da Física: Eletromagnetismo**, Vol. 3, 9 Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

MELO, Paulo Henrique Pereira de. **O Uso de Atividades Experimentais no Ensino de Física para o Estudo de Indução Eletromagnética**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciência e Tecnologia, 2021.

MORAES, José Uibson Pereira; SILVA JUNIOR, Romualdo S. **Experimentos Didáticos no Ensino de Física com Foco na Aprendizagem Significativa**. Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol, v. 9, n. 2, p. 2504-1, 2015.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem Significativa Crítica**. Versão revisada e estendida de conferência proferida no III Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Lisboa (Peniche), 11 a 15 de setembro de 2000. Publicada nas Atas desse Encontro, pp. 33-45, com o título original de Aprendizagem significativa subversiva. Publicada também em Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación, nº 6, pp. 83-101, 2005, com o título Aprendizaje Significativo Crítico. 1ª edição, em formato de livro, 2005; 2ª edição, 2010.

_____. **Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea**. Revista do Professor de Física, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2017.

_____. **O Que é Afinal Aprendizagem Significativa?** Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Aceito para publicação, Currículum, La Laguna, Espanha, 2012.

_____. **Organizadores Prévios e Aprendizagem Significativa**. *Revista Chilena de Educación Científica*, ISSN 0717-9618, Vol. 7, Nº. 2, 2008, pp. 23-30. Revisado em 2012.

_____. **A Teoria da Aprendizagem Significativa e Sua Implementação em Sala de Aula**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica: Eletromagnetismo**. Vol. 3, 2 Ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2015

PERUZZO, Jucimar. **Experimentos de Física Básica: Eletromagnetismo, Física Moderna e Ciências Espaciais**. 1 Ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2013.

PIRES, Antonio S.T. **Evolução das ideias da Física**. 2 Ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

PRENSKY, Marc. **Digital natives, digital immigrants**. From On the Horizon. MCB University Press, v. 9, n. 5, p. 1-6, 2001.

PREUSSLER, Victória Vidal; COSTA, Cíntia Daniela Schmidt da; MÄHLMANN, Cláudia Mendes. A importância da experimentação no ensino de física. Seminário Institucional do PIBID UNISC, v. 1, 2017.

SAMPAIO, Lucas Izídio de Sousa. **Desenvolvimento e Aplicação de Experimento de Transformação Gasosa Utilizando o App Termoduino**. Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal do Ceará, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Campus Sobral, 2018.

SILVEIRA, Waldemir de Paula; SILVA, Agenor Pina da; SILVA, Luciano Fernandes. **Considerações Sobre Propostas Experimentais de Baixo Custo em Mecânica Apresentadas em Revistas da Área de Ensino**. Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v. 9, n. 1, p. 131-150, 2016.

SOARES, Mosaniel Marques. **A Evasão Nos Cursos de Licenciatura em Física**. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação em Física) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciência e Tecnologia, 2014.

XAVIER, Kélen da Silva. **O Eletromagnetismo no Ensino de Ciências: Uma Proposta de Utilização de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)**. Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Araranguá, Programa de Pós- Graduação em Física, Araranguá 2021.

APÊNDICE A –

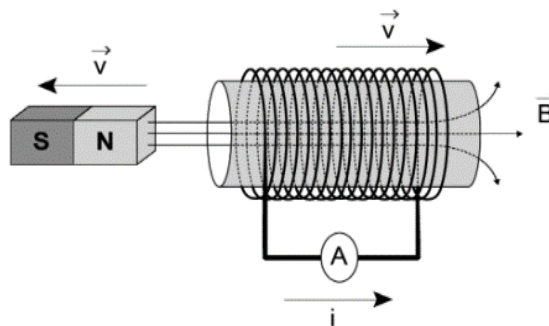
TESTE DE DETECÇÃO DE SUBSUNÇORES

1. De acordo com seu entendimento, o que se estuda no eletromagnetismo?
2. Cite baseados nos seus conhecimentos, onde podemos observar a ocorrência de fenômenos eletromagnéticos no nosso cotidiano?
3. Baseado em seu conhecimento, descreva como fenômenos elétricos e magnéticos estão relacionados no eletromagnetismo.
4. De acordo com seus conhecimentos prévios, o que você entende por indução eletromagnética?
5. Baseado no seu conhecimento, cite uma aplicação prática da indução eletromagnética no seu cotidiano.

APÊNDICE B –

TESTE DE VERIFICAÇÃO DE APRENDIZAGEM

1. (Enem 2014) O funcionamento dos geradores de usinas elétricas baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética, descoberto por Michael Faraday no século XIX. Pode-se observar esse fenômeno ao se movimentar um ímã e uma espira em sentidos opostos com módulo da velocidade igual a v , induzindo uma corrente elétrica de intensidade i , como ilustrado na figura.



- A fim de se obter uma corrente com o mesmo sentido da apresentada na figura, utilizando os mesmos materiais, outra possibilidade é mover a espira para a
- a) esquerda e o ímã para a direita com polaridade invertida.
 - b) direita e o ímã para a esquerda com polaridade invertida.
 - c) esquerda e o ímã para a esquerda com mesma polaridade.
 - d) direita e manter o ímã em repouso com polaridade invertida.
 - e) esquerda e manter o ímã em repouso com mesma polaridade.
2. (UFRN - 2011) O inglês Michael Faraday (1791 – 1867) pode ser considerado um dos mais influentes cientistas de todos os tempos e seus trabalhos científicos ainda hoje têm repercussão na sociedade científico tecnológica. Um dos mais importantes desses trabalhos é a lei de indução eletromagnética que leva seu nome – Lei de Faraday –, que trata de uma situação experimental envolvendo o ímã e uma espira. Essa Lei pode ser enunciada como: “a força eletromotriz induzida em uma espira fechada é proporcional à variação do fluxo magnético que a atravessa e inversamente proporcional ao intervalo de tempo em que ocorre essa variação”.

Em relação à Lei referida no texto, é correto afirmar que a força eletromotriz induzida na espira

- a) depende do produto da variação do fluxo magnético através da espira pelo intervalo de tempo.
- b) não depende do movimento relativo entre o ímã e a espira.
- c) depende do movimento relativo entre o ímã e a espira.
- d) não depende da razão entre a variação do fluxo magnético através da espira pelo intervalo de tempo.

3. (ENEM/2010) Os dínamos são geradores de energia elétrica utilizados em bicicletas para acender uma pequena lâmpada. Para isso, é necessário que parte móvel esteja em contato com o pneu da bicicleta e, quando ela entra em movimento, é gerada energia elétrica para acender a lâmpada. Dentro desse gerador, encontram-se um ímã e uma bobina.

O princípio de funcionamento desse equipamento é explicado pelo fato de que a

- a) corrente elétrica no circuito fechado gera um campo magnético nessa região.
- b) bobina imersa no campo magnético em circuito fechado gera uma corrente elétrica.
- c) bobina em atrito com o campo magnético no circuito fechado gera uma corrente elétrica.
- d) corrente elétrica é gerada em circuito fechado por causa da presença do campo magnético.
- e) corrente elétrica é gerada em circuito fechado quando há variação do campo magnético.

4. (UFRN/2010) O relé é um dispositivo elétrico constituído de uma bobina dotada de um núcleo de ferro doce, a qual, ao ser percorrida por uma corrente elétrica contínua, aciona uma alavanca de ferro, permitindo ligar os contatos elétricos de um circuito externo, representados por A e B nas Figuras I e II, abaixo.

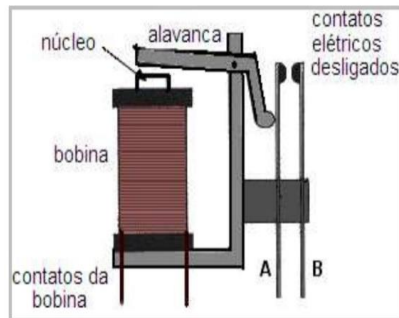


Figura I – Relé com contatos desligados

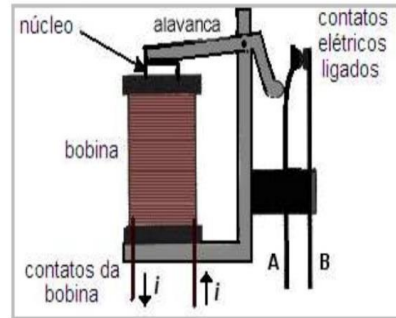


Figura II – Relé com contatos ligados

A alavanca de ferro é atraída pelo núcleo, porque, quando a bobina é percorrida por uma corrente,

- a) é gerado um campo magnético no núcleo da bobina, o qual atrai a alavanca.
- b) induz uma força eletromotriz, que atrai a alavanca.
- c) é gerado um campo elétrico no núcleo da bobina, o qual atrai a alavanca.
- d) induz cargas elétricas que atraem a alavanca.

5. (UFRN/2008–Adaptada) Quando uma espira percorrida por uma corrente elétrica é colocada numa região onde existe um campo magnético, uma força de origem magnética passa a atuar sobre a espira. Por outro lado, quando, através da espira condutora, há variação de fluxo de um campo magnético, é gerada uma força eletromotriz induzida capaz de produzir uma corrente elétrica. A descoberta dos fenômenos acima descritos possibilitou que se construíssem motores e geradores elétricos. A Figura 1 representa uma espira imersa numa região de campo magnético B , na qual circula uma corrente i , e a Figura 2 representa uma espira imersa num campo magnético B , perpendicular ao plano da espira, e a intensidade desse campo magnético está aumentando com o tempo.

- a) Desenhe, na figura inserida no espaço destinado à resposta, a direção e o sentido da força magnética que atua sobre cada um dos lados da espira da Figura 1.

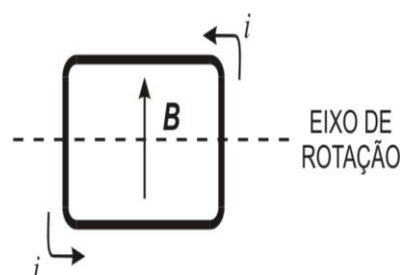


Figura 1

- b) Desenhe, na figura inserida no espaço destinado à resposta, o sentido da corrente induzida na espira da Figura 2 e justifique sua resposta com base na Lei de Lenz

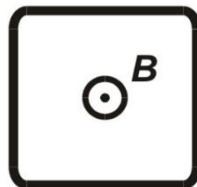
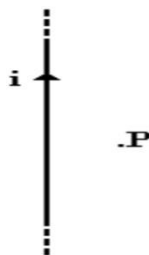


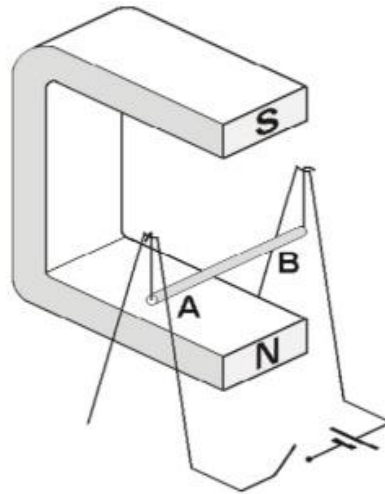
Figura 2

6. (UEFS BA/2011) A área delimitada por uma espira quadrada com 10,0cm de lado encontra-se perpendicular às linhas de indução de um campo magnético uniforme. Sabendo-se que o módulo do vetor indução magnética era de $8,0 \cdot 10^{-3} \text{ T}$ e que, depois de 0,2s, o campo caiu a zero, a força eletromotriz média induzida na espira, nesse intervalo de tempo, medida em milivolts, foi de
- 0,8
 - 0,7
 - 0,6
 - 0,5
 - 0,4
7. (Unesp) A figura a seguir representa um condutor retilíneo, percorrido por uma corrente i , conforme a convenção indicada. O sentido do campo magnético no ponto P , localizado no plano da figura, é



- Contrário ao da corrente
- Saindo perpendicularmente da página
- Entrando perpendicularmente na página

- d) Para sua esquerda, no plano do papel
- e) Para sua direita no plano do papel
8. (UFSM) A corrente induzida em uma espira por um fluxo magnético variável tem sentido tal que o campo magnético que ela cria tende a contrariar a variação do fluxo magnético através da espira. A lei de Lenz citada é a aplicação do princípio da conservação do (a)
- a) Carga
- b) Massa
- c) Energia
- d) Momento linear
- e) Momento Angular
9. (FMTM MG/2003) Para uma demonstração da ação da força magnética sobre um condutor alimentado por corrente elétrica, montou-se a gangorra abaixo, utilizando-se materiais condutores de eletricidade



No momento em que o circuito elétrico for fechado, a barra condutora AB do pêndulo deverá:

- a) manter-se em repouso na sua posição original.
- b) manter-se em posição horizontal e aproximar-se do ímã.
- c) manter-se em posição horizontal e afastar-se do ímã.
- d) procurar a posição vertical, com o ponto A para cima e B para baixo.
- e) procurar a posição vertical, com o ponto B para cima e A para baixo.

10. (UFPR 2011) Na segunda década do século XIX, Hans Christian Oersted demonstrou que um fio percorrido por uma corrente elétrica era capaz de causar uma perturbação na agulha de uma bússola. Mais tarde, André Marie Ampère obteve uma relação matemática para a intensidade do campo magnético produzido por uma corrente elétrica que circula em um fio condutor retilíneo. Ele mostrou que a intensidade do campo magnético depende da intensidade da corrente elétrica e da distância ao fio condutor. Com relação a esse fenômeno, assinale a alternativa correta.
- a) As linhas do campo magnético estão orientadas paralelamente ao fio condutor.
 - b) O sentido das linhas de campo magnético independe do sentido da corrente.
 - c) Se a distância do ponto de observação ao fio condutor for diminuída pela metade, a intensidade do campo magnético será reduzida pela metade.
 - d) Se a intensidade da corrente elétrica for duplicada, a intensidade do campo magnético também será duplicada.
 - e) No Sistema Internacional de unidades (S.I.), a intensidade de campo magnético é A/m.