

Trabalho de Conclusão de Curso  
Curso de Graduação em Física

CARACTERIZAÇÃO DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INSERIDAS NA ÁREA DE  
ELETROMAGNETISMO DO PROJETO DE ENSINO DE FÍSICA (PEF)

Otávio Sanches dos Santos

Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos.

Rio Claro (SP)

2022

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
Instituto de Geociências e Ciências Exatas  
Campus de Rio Claro

OTÁVIO SANCHES DOS SANTOS

CARACTERIZAÇÃO DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS  
INSERIDAS NA ÁREA DE ELETROMAGNETISMO DO  
PROJETO DE ENSINO DE FÍSICA (PEF)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Licenciado em Física.

Rio Claro - SP  
2022

S237c

Santos, Otávio Sanches dos

Caracterização das atividades experimentais inseridas na área de eletromagnetismo do Projeto de Ensino de Física (PEF) / Otávio Sanches dos Santos. -- Rio Claro, 2022

50 p. : tabs., fotos

Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura - Física) -  
Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e  
Ciências Exatas, Rio Claro

Orientador: Eugenio Maria de França Ramos

1. Ciências físicas. 2. physics experiments. 3. Material didático. 4.  
PEF. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

OTÁVIO SANCHES DOS SANTOS

CARACTERIZAÇÃO DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS INSERIDAS  
NA ÁREA DE ELETROMAGNETISMO DO PROJETO DE ENSINO DE  
FÍSICA (PEF)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Licenciado em Física.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos (Orientador)

Profa. Dra. Bernadete Benetti (Titular)

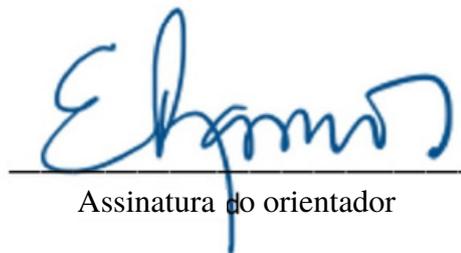
Prof. Ms. Rachel Deboni Papa (Titular)

Prof. Ms. Adriel Fernandes Sartori (Suplente)

Rio Claro, 16 de dezembro de 2022



Assinatura do aluno



Assinatura do orientador

## RESUMO

O Projeto de Ensino de Física (PEF) se trata de um projeto criado na USP durante a década de 1970. Com o objetivo de inovar o ensino de física no Brasil, o PEF procura proporcionar ao aluno novas metodologias de ensino e novas formas de se pensar a física, contando com textos repletos de atividades experimentais, kits experimentais e guia do professor. A presente pesquisa procura caracterizar, classificar e analisar as atividades experimentais inseridas na área de eletromagnetismo do PEF. As atividades experimentais do PEF se mostraram muito ricas em relação a seus conteúdos e possibilidades de uso em sala de aula. Além disso, com características semelhantes às chamadas atividades experimentais tradicionais por muitos pesquisadores de ensino de ciências, fato este que chama a atenção já que até os dias de hoje esse tipo de atividades experimentais são as mais utilizadas no ensino de ciências de nosso país.

Palavras-chave: atividades experimentais; ensino de física; material didático; PEF.

## **ABSTRACT**

The “Projeto de Ensino de Física” (PEF) is a project created at USP during the 1970s. With the objective of innovating physics teaching in Brazil, PEF seeks to provide students with new teaching methodologies and new ways of thinking about physics, with texts full of experimental activities, experimental kits and a teacher’s guide. Therefore, the present research sought to characterize, classify and analyse the experimental activities inserted in the PEF electromagnetism área. PEF’s experimental activities are very rich in terms of content and possibilities for use in classroom. In addition, with similar characteristics to the so-called traditional experiments by many Science teaching researches, a fact that draws attention since even today this type of experimental activities are the most used in Science teaching in our country.

Key-words: experimental activities; physics teaching; didatic material; PEF

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	7
2	JUSTIFICATIVA.....	8
3	OBJETIVOS.....	11
4	REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
4.1	CARACTERIZAÇÕES DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DIDÁTICAS.....	12
4.2	ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DEMONSTRATIVAS E INVESTIGATIVAS COMO RECURSO DIDÁTICO.....	15
4.3	ATIVIDADES EXPERIMENTAIS ILUSTRATIVAS E DESCRITIVAS COMO RECURSO DIDÁTICO.....	17
5	PRESSUPOSTOS ACERCA DO PEF.....	19
5.1	CONTEXTUALIZAÇÃO.....	19
5.2	OBJETIVOS E MÉTODO DE ENSINO.....	20
6	PERCURSO METODOLÓGICO.....	23
6.1	ANÁLISE DO PEF COM BASE NAS PERGUNTAS NORTEADORAS.....	25
6.2	CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS CONTIDAS NO PEF.....	26
6.2.1	CAPÍTULO 1: ELETRICIDADE E ÍMÃS.....	28
6.2.2	CAPÍTULO 2: ESTRUTURA DO ÍMÃS.....	32
6.2.3	CAPÍTULO 3: O CAMPO MAGNÉTICO.....	37
6.2.4	CAPÍTULO 4: CORRENTE EM CAMPOS MAGNÉTICOS.....	39
6.2.5	CAPÍTULO 5: INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA.....	42
6.2.6	CAPÍTULO 6: APLICAÇÕES DO ELETROMAGNETISMO.....	43
6.3	ANÁLISE DO MATERIAL COMO RECURSO DIDÁTICO.....	46
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
8	REFERÊNCIAS.....	49

## 1 INTRODUÇÃO

Na educação no Brasil projetos expressam expectativas didáticas de mudança. Conteúdos e metodologias de ensino inovadoras, que visam revolucionar a forma como a educação deve ser desempenhada pelo corpo docente e até mesmo pelos alunos.

O projeto de física criado pelo Physical Science Study Committee (PSSC) no final da década de 50, nos EUA, é um dos primeiros projetos do mundo que tenta trazer inovações no ensino de física, procurando levar aos estudantes a visão de que a física é uma ciência aberta, onde existe muito por fazer e descobrir (BITTENCOURT, 1977).

É com esse espírito que foi criado o Projeto de Ensino de Física (PEF) em 1971. O projeto conta com textos didáticos, guia do professor e kits experimentais que foram desenvolvidos no objetivo de conseguir alcançar de forma mais eficiente a atenção dos alunos, tornando-os o sujeito principal do processo, e fazendo com que o professor possa ser o coordenador e orientador das atividades que serão desenvolvidas pelos alunos, e não apenas um instrumento de distribuição de conhecimento (FENAME, 1980).

Todos os textos didáticos do PEF são permeados por propostas de atividades experimentais (AE's) que devem ser realizadas pelos alunos de forma que, sem a realização destas atividades, o aluno não conseguiria dar continuidade em seu estudo através do material do PEF (HAMBURGUER; MOSCATI, 1974).

Wesendonk, Pereira e Terrazzan (2011) apontam que, no ensino tradicional, as AE's são geralmente utilizadas antes ou depois das etapas "teóricas" nas salas de aula, fazendo destas atividades apenas um recurso de apoio, e não central. Este tipo de utilização das AE's é perigoso, e tende a ser ligado a uma visão ingênua e simplista da ciência em que se acredita que as teorias criadas acerca do mundo são verdades imutáveis e que a verificação das leis e teorias a partir dos experimentos comprovam esta veracidade (WESENDONK; PEREIRA; TERRAZZAN, 2011).

Considerando isto, no presente trabalho, caracterizamos as AE's inseridas na área de eletromagnetismo do PEF afim de verificarmos, qualitativamente, as possibilidades de utilização de suas atividades como recurso didático para o ensino atual.

## 2 JUSTIFICATIVA

Na educação no Brasil podemos perceber a vasta utilização de livros didáticos (LD's) como um importante instrumento de consulta e estudo para alunos e professores. Tanto nas redes públicas quanto nas redes privadas de educação, do ensino fundamental ao ensino superior, os LD's destacam-se como ferramenta de orientação e auxílio didático para os professores, e como a maior fonte de material conceitual utilizada pelos alunos (WESENDONK; PEREIRA, TERRAZZAN, 2011).

Bittencourt (1977), Ortega e Mattos (2017) apontam diferenças entre os métodos de ensino de ciências inclusos em LD's de ciências e os incluídos em projetos de ensino de ciências. Segundo os autores, também podemos perceber diferenças nos processos de elaboração entre estes materiais.

Os livros didáticos, em sua grande maioria, se pautam nas experiências e métodos de ensino de professores que de alguma forma se tornaram autores. Esses professores tentam imprimir seus métodos de ensino considerados “de sucesso”, através de uma autoavaliação dos resultados seus e de seus alunos, que foram obtidos em sala de aula durante sua carreira, e, muitas vezes também, métodos de ensino “de sucesso” de outros autores renomados.

Apesar das tentativas do governo brasileiro, através das regras inseridas no Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD), de retirar do mercado privado o poder de uma criação livre, e de uma autoavaliação dos LD's que serão distribuídos e utilizados pelas comunidades escolares, o que vemos atualmente são LD's com propostas de autores das décadas de 80 e 90 reeditadas em função das regras de compra impostas pelo PNLD. Para Ortega e Mattos (2017, p. 20), estas propostas continuam a dar ênfase em conteúdos específicos de cada disciplina, mantendo “[...] os métodos de ensino reféns de uma ideologia que não leva em consideração o Ensino Médio como etapa final da educação básica.”

Por outro lado, os projetos de ensino de ciências, que tiveram seu grande foco de produção no Brasil da década de 50 até a década de 70, são caracterizados pela mobilização de grupos de profissionais de diferentes áreas com o objetivo de criar práticas pedagógicas inovadoras e que estabeleçam práticas mais pertinentes a quem se destina (BITTENCOURT, 1977; PACCA, 1976; VIOLIN, 1976).

Esses projetos visam em primeiro lugar produzir um ensino de ciências que forme cidadãos capazes de suprir certas necessidades emergenciais da época, que, no caso dos projetos

criados durante a chamada “Era dos projetos” (década de 50 até a de 70) por Alves Filho (2000), visavam a formação de cientistas, engenheiros e técnicos que pudessem agregar nas pesquisas e trabalhos demandados pela corrida espacial estabelecida durante a Guerra Fria.

Outra diferença histórica que podemos notar entre a construção de LD’s e projetos de ensino é a de que nos projetos de ensino, em sua maioria, os métodos de produção do material didático se aproximam ao da pesquisa científica. Essa característica dos projetos de ensino é evidenciada por seus materiais piloto. Estes geralmente são materiais que serão avaliados, pela equipe responsável do projeto, ao longo de um determinado período, a fim de uma elaboração melhorada da versão definitiva de tal material (BITTENCOURT, 1977).

No texto de introdução dos capítulos de eletromagnetismo do PEF podemos notar o compromisso, que é apresentado pelos autores, com a tentativa de um ensino do método científico para alunos do ensino médio e, ainda, destacam, em relação à estes alunos, a seguinte característica: “[...] ou seja, alunos que, em geral, não mais estudarão física, vencido esse nível” (HAMBURGUER; MOSCATI, 1974), mostrando assim seu compromisso com a tentativa de um ensino que considera o ensino médio como etapa final da educação básica.

Neste texto de introdução, os autores do PEF também destacam a importância da realização dos experimentos incluídos no material: “É importante enfatizar que a parte experimental do PEF é integrada no curso, sendo praticamente impossível seguir o texto sem realizar as experiências lá especificadas”. Eles também deixam frisado que o curso foi desenvolvido de modo que o aluno deve assumir um papel investigativo e ativo, enquanto o professor deve assumir o papel de organizador e orientador das atividades, fazendo com que os alunos consigam descobrir e interligar os conhecimentos, e não apenas seguir um cronograma predestinado (HAMBURGUER; MOSCATI, 1974).

Pode-se dizer então que os autores do PEF, ao menos, possuíam a intenção de desenvolver um projeto de ensino que tivesse como um de seus focos principais colocar o aluno no centro de seu processo de aprendizagem e sempre em relacionamento com a experimentação de forma investigativa, o que para muitos pesquisadores de ensino de ciências (BORGES (2002); AZEVEDO (2004); ARAÚJO e ABIB (2003); CAMPOS e NIGRO (1999)) é o tipo de atividade experimental (investigativa) que proporciona maior potencial de aprendizagem ao aluno.

Acompanhando com isto a obrigatoriedade da inclusão de atividades experimentais em LD’s que é imposta pelo PNL (BRASIL 2018, 2017), o maior comprador de LD’s no Brasil,

faz-se de suma importância a pesquisa, reflexão e revisão das atividades experimentais e materiais didáticos criados através de projetos de ensino como o PEF. Analisar esses materiais vai nos permitir promover um diálogo entre o passado e os fins futuros e, também, possibilitar o resgate de materiais e estratégias que possam se encaixar nas necessidades atuais da educação no país.

Temos então, em nossa história, projetos de ensino muito interessantes a serem analisados e que, se com essas análises tentássemos refletir sobre o potencial de suas características nos tempos atuais, poderiam trazer grandes avanços para o rumo que queremos em nossa educação. Entretanto, poucos são os cursos de formação de professores de física que se utilizam desses projetos e suas experiências como conhecimentos históricos produzidos a partir da ideologia de uma formação científica mais ampla no ensino médio. Na maioria das vezes eles são tratados como “peças históricas estáticas” que não servem de nada para o ensino atual (ORTEGA e MATTOS, 2017).

### 3 OBJETIVOS

Como já foram apresentadas, então, as importâncias dos livros didáticos para professores e alunos, a importância dos experimentos para o aprendizado e até sua obrigatoriedade em LD's, e a importância do resgate e análise dos projetos de ensino para a sociedade e para o conhecimento científico, neste trabalho buscamos desenvolver uma pesquisa qualitativa (LÜDKE e ANDRÉ, 2013; GONSALVES, 2007), tendo como dados documentos e bibliografia de pesquisa em ensino de física, afim de responder à seguinte questão:

- Como experimentos didáticos se inserem na proposta do Projeto de Ensino de Física (PEF) na área de eletromagnetismo, construído na USP na década de 1970?

Para chegar nessa resposta de maneira sistematizada, criamos, ao longo do trabalho, objetivos secundários para nos guiar durante a análise e pesquisas bibliográficas acerca de nosso objeto de estudo. Os objetivos criados foram:

- Identificar, caracterizar e classificar os experimentos didáticos de eletromagnetismo encontrados no Projeto de Ensino de Física (PEF) baseando-se na literatura acerca do tema;
- Analisar aspectos dos experimentos didáticos inseridos na área de eletromagnetismo do PEF como recurso pedagógico para a área de eletromagnetismo.

Sendo assim, podemos classificar este trabalho como uma pesquisa descritiva segundo seus objetivos. (GONSALVES, 2007).

## **4 REFERENCIAL TEÓRICO**

Neste capítulo, apontaremos as bases teóricas, acerca do uso de atividades experimentais como recurso didático, que foram guias de nossas caracterizações, análises, comparações e classificações das atividades experimentais encontradas nos capítulos de eletromagnetismo do PEF.

Juntamente a isso, apontaremos relatos importantes acerca do PEF, desde relatos que contam sobre seu contexto de criação, forma de trabalho de sua equipe de desenvolvimento e objetivos almejados por essa equipe em relação ao projeto até análises mais profundas sobre seus métodos de ensino e possíveis reflexões críticas.

### **4.1 CARACTERIZAÇÕES DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DIDÁTICAS**

Nos dias atuais, a maioria dos materiais e livros didáticos de ensino de ciências possuem atividades experimentais. Isso acontece pela grande crença da sociedade de que o envolvimento do aluno com materiais ou fenômenos reais seja de suma importância no processo de ensino e aprendizagem.

Pode-se perceber, também, em salas de aula as diferenças de empolgação dos alunos dentro de uma atividade totalmente teórica e outra experimental. Mas, apesar de toda essa crença nas atividades experimentais como um bom instrumento de ensino, professores utilizam de AE's, na maioria das vezes, sem refletir os objetivos que querem ser alcançados através delas e, também, sem refletir sobre os objetivos que cada tipo de AE possibilita ser alcançado no processo de ensino e aprendizagem.

Nesta lógica, torna-se de suma importância que façamos caracterizações e classificações das AE's contidas em livros e materiais didáticos, tanto no âmbito do professor em seus planejamentos de aula, quanto para pesquisadores e escritores que procuram inovar e criar melhorias no ensino de ciências, a fim de desenvolvermos uma educação cada vez mais proposital e de acordo com as necessidades dos alunos e da sociedade em que eles permeiam.

Ao procurar formas de se caracterizar ou classificar uma atividade experimental, nos deparamos com inúmeras formas de se fazer isto. Para Dick (2016) pesquisadores da área da experimentação, apesar de nomearem de formas diferentes suas classificações para atividades experimentais, acabam convergindo suas classificações para definições muito próximas.

Concordando com a afirmação de Dick (2016), selecionamos duas formas de classificação de AE's para serem utilizadas no presente trabalho, entendendo-as como mais

adequadas ao objetivo do trabalho. A primeira delas é apontada por Campos e Nigro (1999), que caracterizará as AE's segundo seu tipo de abordagem. E a segunda forma será feita como apontado por Carvalho (2006, apud em ZÔMPERO; LABURÚ, 2011), que caracterizará as AE's segundo seu grau de liberdade entre aluno e professor durante a atividade.

Salientamos também que a escolha desses tipos de classificações foi por suas grandes representatividades. Não acreditamos, também, que a classificação de AE's por meio destas formas esgotará a pluralidade de propostas experimentais que existem na literatura de ensino de ciências.

Campos e Nigro (1999) apontam 4 formas diferentes de se classificar uma atividade experimental didática segundo sua abordagem experimental, sendo elas:

- Atividades práticas de demonstração:

essas atividades são realizadas somente pelo professor, sem nenhum contato direto do aluno com o material, equipamento ou fenômeno. Ao aluno resta apenas a observação. Esse tipo de atividade possibilita ao aluno, principalmente, vivenciar fatos e princípios estudados anteriormente, criar motivação e interesse na matéria, tornar fenômenos mais reais por meio da experiência.

- Atividades experimentais ilustrativas:

atividades ilustrativas são as que o aluno poderá, seguindo orientações do professor ou do LD o tempo todo e sem liberdade para alterar o que foi proposto, entrar em contato com o objeto de estudo. Elas possuem as mesmas finalidades que as atividades de demonstração.

- Atividade experimental descritiva:

neste tipo de atividade o aluno também possui contato direto com o experimento, porém, sem que o professor interfira em todos os passos do processo, dando mais liberdade para o aluno durante a manipulação do objeto de estudo.

- Atividade experimental investigativa:

este tipo de atividade se difere dos outros, principalmente, porque faz com que o aluno necessariamente realize discussões de ideias, elaboração de hipóteses que tentem explicar os fenômenos observados e teste destas hipóteses produzidas por ele. Desta forma, este tipo de atividade exige muito esforço e abstração do aluno, possibilitando que ele tente criar um ciclo investigativo muito parecido com o ciclo percorrido por

cientistas, porém sem trabalhar em áreas de fronteira do conhecimento. (CAMPOS e NIGRO, 1999)

O segundo tipo de classificação, apontado por Carvalho (2006, apud ZÔMPERO; LABURÚ, 2011), pode ser muito bem representado pelo quadro abaixo e sua interpretação que será dada logo em seguida:

**Quadro 1:** Graus de liberdade professor/ aluno em uma atividade experimental.

	Grau I	Grau II	Grau III	Grau IV	Grau V
Problemas	---	P	P	P	A/P
Hipóteses	---	P/A	P/A	P/A	A
Plano de trabalho	---	P/A	A/P	A	A
Obtenção de dados	---	A/P	A	A	A
Conclusão	---	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe	Sociedade

**Fonte:** Carvalho (2006, apud ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

A autora aponta que no grau I a atividade não é caracterizada como uma atividade investigativa, já que o experimento é totalmente manipulado pelo professor. Relacionando este comentário da autora com os tipos de abordagem experimental propostos por Campos e Nigro (1999), podemos dizer que todas as atividades de grau I serão classificadas como atividades de demonstração.

A partir do grau II, a característica investigativa começa a ser aplicada em determinadas etapas da atividade, sendo algumas dessas etapas propostas totalmente pelo professor (P), ou totalmente pelo(s) aluno(s) (A). Porém, pode haver situações em que o professor orienta o(s) aluno(s) na etapa (P/A) ou situações em que o aluno planeja e realiza a etapa e o professor apenas se disponibiliza para tirar dúvidas (A/P). No grau V tem-se uma atividade totalmente investigativa, onde o aluno orienta toda sua atividade, a autora aponta que o grau V é o que se propõe nos cursos de mestrado e doutorado. (IBERSS; ALVES, 2020, p. 283).

Entendemos que as AE's consideradas de grau II possam ser classificadas como AE's ilustrativas ou como AE's descritivas. Isto irá depender dos objetivos e da forma como tal atividade será desenvolvida em sala de aula tanto pelo aluno quanto pelo professor.

Nos graus III e IV, entendemos que se encaixam as atividades com tipo de abordagem descritiva ou investigativa, já que nesses tipos de AE's (grau III e IV) o aluno teria maior liberdade nas fases de criação do plano de trabalho e na forma de obtenção de dados e, por consequência, não teria instruções que precisam ser seguidas o tempo todo nestas etapas e,

consequentemente, teria mais liberdade na manipulação dos experimentos. Para a distinção de AE's desses graus entre descritivas ou investigativas determinamos o fator de conterem ou não o teste de hipóteses criadas pelos alunos.

Por fim, para as atividades de grau V, teremos atividades que serão obrigatoriamente investigativas, já que, como apontado por Campos e Nigro (1999), atividades com tipo de abordagem consideradas investigativas obrigatoriamente devem possuir a criação e teste de hipóteses por parte dos alunos, o que não é apontado em nenhum outro grau de liberdade e nenhum outro tipo de abordagem.

Devemos lembrar que a investigação não é algo que possa ser encontrado apenas nas atividades investigativas ou de grau V. Discordando de Carvalho (2006, apud em ZÔMPERO; LABURÚ, 2011), acreditamos que mesmo atividades demonstrativas ou de grau I, que são totalmente manipuladas pelo professor, podem desencadear ações investigativas por parte dos estudantes, mesmo que estas sejam superficiais e sem grandes impactos na vontade de descoberta e investigação do fenômeno pelo aluno.

#### **4.2 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DEMONSTRATIVAS E INVESTIGATIVAS COMO RECURSO DIDÁTICO**

Para muitos pesquisadores da área de experimentação (WESENDONK; PEREIRA; TERRAZAN (2011), SUART; MARCONDES (2009), AZEVEDO (2004), IBERSS; ALVES (2020)), estimular a participação ativa dos alunos durante uma AE possui potencial de gerar curiosidade e interesse nos alunos, além de oportunizar ao aluno “[...] testar hipóteses, argumentar e discutir com seus colegas, predizer respostas, possibilitando a compreensão do conteúdo.” (IBERSS; ALVES, 2020).

O professor deve estar, então, sempre em busca de apresentar atividades e questões que desafiem e instiguem o aluno, com seu corpo de conhecimentos prévios, a fazer investigações sobre o que objeto de estudo desejado. Carvalho (2006, apud ZÔMPERO; LABURÚ, 2011) afirma que durante este processo o aluno deve receber o mínimo de ajuda possível pelo professor, para que a construção do conhecimento inicie com base em conhecimentos prévios do aluno e não se torne apenas uma substituição de suas teorias prévias pelas teorias “corretas” transmitidas pelo professor e LD.

Apesar de entendermos que as AE's investigativas criam maiores oportunidades de aprendizagem para o aluno, também acreditamos que essas atividades necessitam de um olhar

muito mais crítico e complexo por parte do professor durante a preparação e realização destas atividades.

Segundo Campos e Nigro (1999, p. 150):

O professor deve:

Incentivar o aluno a formular hipóteses explicativas.

Auxiliar na elaboração das hipóteses e dos experimentos para testá-las.

Possibilitar a efetiva comprovação experimental das hipóteses.

Colaborar nas discussões, evitando que os alunos se desviem demais do objetivo central.

Propor atividades em que o aluno perceba claramente o que e porque vai fazer, e as relações com aquilo que já foi feito.

Se torna necessário, então, conhecimentos muito bem aprofundados pelo professor em relação ao objeto de estudo, ferramentas, materiais e fenômenos envolvidos no tema a ser abordado. Caso contrário a realização dos testes de hipóteses e as discussões podem acabar ficando sem embasamento suficiente para serem comprovadas ou desaprovadas.

Outro aspecto que pode dificultar a realização de AE's investigativas é que nestas atividades o ideal seria que cada aluno, ou pequeno grupo de alunos, possuísse um conjunto de materiais e ferramentas a seu dispor, para que pudessem efetuar suas hipóteses e testes de forma mais livre, já que no caso de pouco material disponível alguns dos alunos poderiam acabar se omitindo durante as atividades e “ficando para trás” durante as discussões.

E é justamente aí que começam as vantagens de AE's demonstrativas, principalmente. Já que nestas atividades apenas o professor irá manipular o experimento, elas podem ser a escolha ideal para uma aula onde o objeto de estudo necessitaria de materiais inacessíveis ou de alto custo.

Nelas, o professor pode ilustrar aspectos que foram discutidos teoricamente em suas aulas, permitindo aos alunos terem o contato com fenômenos e materiais reais, transformando assim as teorias abstratas em teorias, agora, mais palpáveis aos alunos.

Assim como as AE's investigativas, as AE's demonstrativas também possuem seus cuidados a serem tomados (assim como qualquer atividade que vá se realizar em sala de aula). Campos e Nigro (1999) apontam que, caso os professores não definam claramente os objetivos que se quer atingir a partir de tal atividade, ela pode se tornar mais um instrumento para entreter do que para ensinar, correndo o risco de transformar os instrumentos, materiais ou fenômenos

como algo mágico para os alunos, algo que apenas grandes cientistas e professores podem desvendar.

#### **4.3 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS ILUSTRATIVAS E DESCRITIVAS COMO RECURSO DIDÁTICO**

Esses tipos de atividades se aproximam muito das atividades que são chamadas por AE's tradicionais por outros pesquisadores. Nas AE's tradicionais, como nas AE's ilustrativas e descritivas, o aluno é quem vai manipular os experimentos seguindo um roteiro que é apresentado pelo professor ou pelo LD.

A separação das AE's tradicionais em AE's ilustrativas e descritivas vai se basear fundamentalmente na distinção entre atividades em que os alunos não possuem nenhum poder de alteração ou criação de etapas durante o desenvolvimento da atividade (ilustrativa) e atividades que os alunos possuam algum poder de alteração e criação (descritiva).

Borges (2002) aponta alguns objetivos que podem ser abordados pelas AE's tradicionais. Entendemos que estes objetivos podem se encaixar nos outros dois tipos de abordagens derivadas desta, tendo apenas a diferença de que nas AE's descritivas estes objetivos serão abordados de forma em que o aluno tenha mais liberdade em seus testes e manipulações.

As AE's tradicionais têm como objetivo “[...] testar uma lei científica, ilustrar ideias e conceitos aprendidos nas ‘aulas teóricas’, descobrir ou formular uma lei acerca de um fenômeno específico, ‘ver na prática’ o que acontece na teoria, ou aprender a utilizar algum instrumento ou técnica de laboratório específica” (BORGES, 2002, p. 13).

Há muitas críticas disponíveis na literatura às AE's tradicionais, já que são as AE's mais utilizadas em sala de aula atualmente. Um dos perigos deste tipo de atividade é a imagem, distorcida, da ciência que pode ser formada pelos alunos. A imagem de que a ciência é uma prática indutiva, por exemplo, é citada por Chalmers (1993) como “o que nos tempos modernos é uma concepção popular de conhecimento científico”, e também acreditamos ser a de maior perigo em ser defendida pelo aluno após uma extensa utilização das AE's tradicionais já que elas podem passar a ideia de que as observações que estão sendo feitas são totalmente objetivas e livres de pré-conceitos que, na verdade, são necessários para fazê-las e chegar as conclusões em que chegaram.

Por muitas vezes, também, estas atividades podem acabar se tornando atividades apenas manipulativas, sem que o aluno tenha a possibilidade de realizar seu papel investigativo acerca

do fenômeno, mas apenas utilize de métodos prontos para chegar ao resultado esperado pela teoria.

Estes tipos de experimentos, então, precisam de reflexões acerca dos objetivos e da forma como se quer chegar neles, por parte do professor e dos alunos, para que eles não criem um olhar indutivo e ingênuo da ciência, que acredita que os conhecimentos gerados por ela são sempre gerados de observações neutras do mundo (CHALMERS, 1993).

## 5 PRESSUPOSTOS ACERCA DO PEF

### 5.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Com o início da Guerra Fria, na década de 1940, e da corrida científica, econômica e militar que se deu a partir dela, muitos países começaram a sentir a necessidade de uma melhora no corpo científico que manipulava e liderava suas pesquisas. Nos EUA, então, iniciou-se uma grande motivação monetária para a criação de projetos e cursos inovadores a fim de melhorias no ensino de ciências.

Um de seus projetos mais conhecidos foi o Physical Science Study Committee (PSSC). O PSSC é um projeto de ensino de física para alunos do ensino médio que, juntamente a outros projetos de ensino de ciências, foi traduzido e altamente utilizado na educação no Brasil (BITTENCOURT, 1977).

O PSSC tinha como foco de interesse, principalmente, fazer com que os alunos do ensino médio se interessassem pela física por meio de experimentos, vídeos e formas de ensino inovadoras na época, a fim de formar gerações de cientistas, engenheiros e técnicos que pudessem suprir as necessidades do país em prol das corridas geradas pela Guerra Fria.

As verbas vultuosas encaminhadas para a criação desses projetos nos EUA chegaram até mesmo ao Brasil, por meio de colaborações financeiras a fim de que o Brasil traduzisse e utilizasse os materiais que eram criados lá.

Porém, depois de alguns anos de uso intenso do PSSC no Brasil, foram encontradas muitas dificuldades para o uso daquele material. Entre estas dificuldades estão, a falta de preparo de professores para lidar com certos assuntos, a dificuldade e não utilização dos experimentos inseridos no projeto, a não utilização da série de filmes, já que eles não eram bem adaptados para a língua portuguesa e as diferenças de currículo presentes entre os dois países (BITTENCOURT, 1977).

Por causa destes problemas, o Brasil começa a fazer um movimento de investimento na produção de projetos de ensino nacionais. Assim, em 1969 no Instituto de Física de São Paulo, um grupo de professores secundários e universitários começa a desenvolver o projeto inicial do PEF.

Em 1971, algumas versões preliminares do PEF começam a ser distribuídas, utilizadas e avaliadas em cerca de vinte escolas de São Paulo, capital.

Por meio de uma avaliação contínua desta utilização do PEF, através da leitura das respostas dos alunos à respeito das questões propostas, da análise do desempenho dos alunos em provas, da análise dos diários de classe dos professores que o utilizavam e conversas mensais com estes professores, a equipe de criação do projeto realizava melhorias nos textos e experimento do material, a fim de melhorar a versão final que seria distribuída de forma mais ampla posteriormente (BITTENCOURT, 1977; PACCA, 1976; VIOLIN, 1976).

Em 1975, é finalizada a produção dos conteúdos e materiais do PEF e iniciada sua difusão. Porém foram encontradas algumas dificuldades na inserção do material no ensino no Brasil. Bittencourt (1977) aponta que a estratégia de tentar criar um método de ensino onde o aluno é independente do professor não foi uma tática viável e ainda indica que o professor é imprescindível no processo de ensino e aprendizagem.

Outro impedimento na alta distribuição do projeto era seu custo. Já que para a realização das atividades do PEF uma sala de aula usual precisaria de cerca de 10 kits experimentais, apesar de serem materiais de baixo custo, ficavam com seus preços finais muito altos quando cotados por editoras privadas, o que faria com que seu uso acabasse sendo apenas para pessoas de classe econômica mais elevada, o que não se tinha como objetivo para o projeto.

Sendo assim, Bittencourt (1977) aponta que a equipe, mesmo sem muita aprovação e vontade, decide fazer uma parceria com a Fundação Nacional do Material Escolar (FENAME), que seria a responsável por editar e produzir os materiais didáticos do projeto. Já que é uma fundação sem propósitos lucrativos, Bittencourt (1977) aponta que não pôde fazer uma grande distribuição do material, sendo utilizado por um número de escolas muito menor do que o desejado.

As dificuldades geradas pela FENAME na distribuição e produção do PEF fez com que, em 1977, o material já não conseguisse ser adotado em nenhuma escola do país. Isto ocorreu principalmente por atrasos na produção do material e até da não produção do fascículo de eletricidade e do guia do professor.

## **5.2 OBJETIVOS E MÉTODO DE ENSINO**

Bittencourt (1977) apresenta em seu trabalho os objetivos iniciais que foram selecionados pela equipe de criação do PEF em sua etapa inicial, sendo eles:

- Criação de um curso mais formativo e menos informativo;

- A partir do estudo dos fenômenos surgiram os conceitos fundamentais, tais como energia, quantidade de movimento, movimento, etc.;
- Os conceitos serão descobertos pelo aluno na medida do possível, e não definidos à priori;
- O aluno deverá ser capaz de trabalhar com estes conceitos, resolver problemas e realizar experimentos simples;

Em seguida, Bittencourt (1977), também apresenta os métodos de ensino definidos durante o desenvolvimento do projeto inicial do PEF:

- Aprendizado com o mínimo auxílio do professor;
- Material de ensino barato, simples e fácil de encontrar;
- Aprendizagem do método científico por meio de fenômenos e conceitos específicos da física;
- Texto permeado por questões e propostas experimentais;
- Linguagem com foco no aluno. Simples, direta e coloquial;
- Dá ênfase na discussão dos conceitos e princípios da física, e não ao fornecimento de dados.

A ideia de se criar um material onde o auxílio do professor possa ser mínimo surge da pequena quantidade de professores no país e também da falta de preparo dos poucos que haviam, como é comentado pela equipe de criação no trabalho de Bittencourt (1977).

Com os objetivos e métodos de ensino aqui citados, pode-se esperar que o material do PEF tomaria uma abordagem investigativa para o ensino dos estudantes, em torno da física. Já que os alunos teriam que descobrir conceitos totalmente novos para eles e aprender os métodos científicos, imagina-se que o aluno observaria certos fenômenos, realizaria o desenvolvimento de hipóteses acerca do conteúdo, e então procuraria testá-las, avaliá-las e procurar encontrar as melhores formas para se descrever tal fenômeno.

Contraditoriamente, Ortega e Mattos (2017), apontam que, na verdade, os textos do PEF podem passar a “falsa aparência de autonomia do aluno”, enquanto dão todo o passo a passo, respostas e conceitos em que os alunos devem focar sua atenção.

Em seu trabalho, Ortega e Mattos (2017) apresentam vários trechos dos textos do PEF que mostram a necessidade do aluno observar e constatar relações teóricas apresentadas pelo texto, guiando assim suas observações e ações na montagem e realização dos experimentos.

Ainda, segundo Ortega e Mattos (2017) os textos da área de eletromagnetismo inseridos no PEF dão ênfase nos aspectos técnicos da física, formando um aluno não que seja investigador e crítico acerca dos fenômenos física, mas sim que saiba aplicar certos conceitos e tecnologias desenvolvidos até o momento.

Percebe-se então uma disparidade entre os métodos e objetivos de ensino que a equipe do PEF dizia estar produzindo e os métodos reais impressos no material do PEF juntamente com os objetivos que podem ser alcançados através destes métodos.

Esses conhecimentos, encontrados na literatura, acerca do PEF e de atividades experimentais serão de suma importância para o entendimento das metodologias, dos resultados de pesquisa e das discussões destes resultados que serão apresentados em seguida.

## 6 PERCURSO METODOLÓGICO

Primeiramente, a partir de dados primários e pesquisas bibliográficas e documentais, procura-se identificar, caracterizar e classificar as atividades experimentais encontradas no fascículo da área de eletromagnetismo do PEF.

Os dados primários (GONSALVES, 2007) se referem aos documentos do PEF, sendo eles seus seis capítulos do fascículo referente à área de eletromagnetismo e o guia do professor. Para a análise e classificação das atividades experimentais presentes nesse fascículo utilizam-se, de forma adaptada, perguntas norteadoras propostas por Iberss e Alves (2020) que remetem, de acordo com o que se é proposto pelos textos presentes no material do aluno e no guia do professor, à abordagem com que a AE será aplicada em sala de aula (CAMPOS; NIGRO, 1999) e qual será o grau de liberdade dos alunos em relação a atividade (Carvalho (2006, apud ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

As perguntas que visam, então, contribuir na classificação e caracterização das AE's são as seguintes:

1. O livro didático estabelece tempo para a execução da atividade?
2. O livro propõe como a atividade deve ser realizada, individualmente ou em grupo?
3. O professor monta o experimento?
4. O aluno monta o experimento?
5. Os alunos manipulam o experimento?
6. O professor manipula o experimento?
7. O roteiro do livro dos alunos apresenta minuciosamente todos os passos a seguir?
8. O aluno possui liberdade no manuseio do experimento?
9. Os alunos montam e desenvolvem a atividade, mas toda a orientação é dada?
10. Há a possibilidade de ajustes no experimento por parte dos alunos?
11. Há a obtenção de dados?
12. A obtenção de dados é feita pelos alunos?
13. A obtenção de dados é feita pelo professor?
14. Há análise dos dados obtidos?
15. Há o desenvolvimento de hipóteses para explicação do experimento por parte dos alunos?
16. A proposta apresenta questões com o intuito de gerar um debate conceitual?
17. As repostas às questões são fornecidas no manual ou no livro dos alunos como estanques?
18. O professor fornecerá as explicações conceituais encontradas no experimento?
19. Os alunos, junto ao professor, chegarão a conclusões que explicarão os fenômenos encontrados no experimento?
20. Há a abertura no roteiro para que o professor trabalhe o experimento de formas diferentes?
21. O livro sugere diferentes abordagens para o experimento?
22. Há questão-problema inicial?

23. Há a descrição, no livro dos alunos, sobre o que observar?
24. Há uma lista de materiais necessários à atividade?
25. O livro sugere uma socialização entre os alunos a partir do observado?
26. O livro considera o professor como mediador/ orientador da atividade?
27. Há sugestão para que os alunos levantem hipóteses iniciais?
28. Há a orientação de interferência do professor em momentos específicos da atividade?
29. Há possibilidades para o aluno testar suas hipóteses criadas? (IBERSS; ALVES, 2020, p. 293)

Todas as perguntas são aplicadas para cada um dos seis capítulos de eletromagnetismo do PEF que, apesar de serem capítulos extensos e que são recomendadas entre 3 a 8 aulas para a realização de cada um deles, possuem sempre um tema central em que todas as atividades ali incluídas são relacionadas.

No capítulo 4, o qual se denomina “Corrente em campos magnéticos”, é sugerido pelo guia do professor que se utilize oito aulas (o maior número de aulas sugerido para um capítulo) para a realização completa de seu texto principal. Os títulos de seus subcapítulos são:

- Força sobre um condutor retilíneo;
- Intensidade da força;
- Definição da unidade  $\vec{B}$ ;
- Intensidade da força sobre condutores em função do ângulo;
- Cargas elétricas em movimento num campo magnético;
- Exercícios de aplicação I;
- Intensidade da força sobre cargas em função do ângulo;
- Espira num campo magnético;
- Força entre dois condutores paralelos;
- Exercícios de aplicação II
- Leitura suplementar: Experiências de Ampère (HAMBURGUER; MOSCATI, 1974, cap. 4, n.p.).

Percebe-se, então, que o próprio título do capítulo se trata do fenômeno que será abordado no capítulo todo (a interação gerada em cargas que se deslocam dentro de um campo magnético), porém acerca de diferentes materiais e de forma mais ou menos complexa.

Sendo assim, o presente trabalho se trata de uma pesquisa bibliográfica e documental segundo suas fontes de informação e procedimentos e como uma pesquisa qualitativa segundo a natureza de seus dados e objetivos.

## 6.1 ANÁLISE DO PEF COM BASE NAS PERGUNTAS NORTEADORAS

Segue-se as respostas referentes às 29 perguntas norteadoras que foram apresentadas no capítulo anterior (Percurso Metodológico) do presente trabalho.

**Quadro 2:** Respostas às questões norteadoras para cada capítulo do fascículo de eletromagnetismo do PEF.

N.º da pergunta	Cap. 1	Cap. 2	Cap. 3	Cap. 4	Cap. 5	Cap. 6
1	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
2	Grupo	Grupo	Grupo	Grupo	Grupo	Grupo
3	Não	Não	Não	Não	Não	Não
4	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
5	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
6	Não	Não	Não	Não	Não	Não
7	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
8	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
9	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
10	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
11	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
12	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
13	Não	Não	Não	Não	Não	Não
14	Não	Sim	Não	Não	Não	Não
15	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
16	Não	Sim	Não	Não	Sim	Não
17	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
18	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
19	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
20	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
21	Não	Não	Não	Não	Não	Não
22	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
23	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
24	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
25	Não	Sim	Não	Não	Sim	Não
26	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
27	Não	Não	Não	Não	Não	Não
28	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
29	Não	Não	Não	Não	Não	Não

**Fonte:** Elaboração própria.

Mostra-se então que apenas as perguntas 14, 16 e 25 possuem respostas divergentes entre alguns capítulos, porém essas perguntas não compõem questões essenciais para a classificação das AE's segundo os tipos de classificações abordados por Campos e Nigro (1999) e Carvalho (2006, apud ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

Sendo assim, apresenta-se agora as classificações que foram dadas às AE's de todos os capítulos (já que todos obtiveram praticamente o mesmo tipo de abordagem segundo as

respostas contidas no quadro 2), as justificativas destas classificações segundo as respostas apontadas pelo quadro 2 e exemplos de cada capítulo afim de ilustrar tais características.

## **6.2 CLASSIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS CONTIDAS NO PEF**

Nas perguntas 4 e 5 (“O aluno monta o experimento?” e “Os alunos manipulam o experimento?”), as respostas para todas as AE’s contidas em todos os capítulos de eletromagnetismo é “sim”, como apresenta o quadro 2. Sendo assim, já pode-se descartar a opção de classificá-las como AE’s demonstrativas ou de grau I, já que nos dois casos é apenas o professor quem monta e manipula o experimento enquanto o aluno deveria apenas observar e refletir sobre o tema em questão.

Para as perguntas 7, 8, e 9 (“O roteiro no livro dos alunos apresenta minuciosamente todos os passos a seguir?”, “O aluno possui liberdade no manuseio do experimento?” e “Os alunos montam e desenvolvem a atividade, mas toda a orientação é dada?”), as respostas de todas as AE’s analisadas também é sim. O que nos levaria a assumir que o tipo de abordagem descritivo e o grau III possam ser eliminados dos tipos de classificações possíveis para estas AE’s já que nesses dois tipos de AE’s seria necessário que o aluno possuísse certa liberdade durante sua execução, e não que siga um caminho totalmente predestinado pelo professor e pelo livro.

Porém, na pergunta 10 (“Há a possibilidade de ajustes no experimento por parte dos alunos?”), a resposta para todas as AE’s analisadas foi sim também. A possibilidade, que nos referimos nas respostas à essa pergunta, surgem pelo fato de que, como indicam as respostas de nossa pergunta número 2 (“O livro propõe como a atividade deve ser realizada, individualmente ou em grupo? Sim para todas as AE’s.), todas as atividades analisadas da área de eletromagnetismo do PEF são feitas em grupos, o que nos fez assumir que os alunos teriam certa liberdade em fazer alterações na forma como é montado o experimento, na ordem em que alguns passos são realizados e na forma como serão organizados e extraídos os dados, tanto por erro dos próprios alunos quanto pela intenção de que eles façam com que suas experiências saiam como o esperado.

Com isto, dependendo destas variadas situações que podem ocorrer durante o processo de ensino e aprendizagem dentro de sala de aula, a abordagem descritiva e o grau III de liberdade entre professor e aluno voltam a ser tipos de classificações possíveis para as atividades aqui analisadas. Porém, elas serão descartadas no presente trabalho, já que teremos nosso foco

em classificar as AE's analisadas segundo as orientações do próprio projeto PEF, e não das possibilidades que podem ser desencadeadas ao aplicar seu material em sala de aula.

Recapitulando os tipos de classificações que nos sobram para a classificação temos: as abordagens ilustrativa ou investigativa e os graus II, IV e V de liberdade entre aluno e professor.

Nos graus IV e V de liberdade entre aluno e professor, como apresentado no quadro I do presente trabalho, a etapa "plano de trabalho" deve ser desenvolvida totalmente pelo aluno, o que não acontece em nenhuma das AE's analisadas aqui. Nas AE's de grau V, como apontado no quadro apresentado por Carvalho (2006, apud ZÔMPERO; LABURÚ, 2011), é necessário também que, na etapa de criação do problema, o aluno seja o participante principal, enquanto o professor o orienta, o que também não acontece nas AE's do fascículo analisado.

E por último, a partir das respostas referentes à pergunta 29 ("Há possibilidades para os alunos testarem suas hipóteses criadas?") podemos descartar o tipo de abordagem experimental investigativa de nossas classificações, já que a resposta para esta pergunta é não para todas as AE's presentes no material. Apesar de algumas vezes os textos do PEF pedirem para que os alunos realizem a criação de hipóteses, sempre lhe é dada uma hipótese explicativa de tais fenômenos logo nas páginas seguintes ou anteriores e, ainda, pedido para que o aluno faça testes sobre estas hipóteses explicativas propostas pelo material, passando a ideia de que aquela seria a abordagem correto em que o aluno deveria ter seguido.

Sendo assim, restam, para classificar as AE's de todo o fascículo de eletromagnetismo do PEF, o tipo de abordagem experimental ilustrativo e o grau II de liberdade entre professor e aluno, ignorando-se as possibilidades, aqui descritas, destas atividades se tornarem descritivas e de grau III dependendo de como são realizadas pelo professor e aluno dentro de sala de aula. Abaixo coloca-se novamente as características destes tipos de classificações:

- Atividade experimental ilustrativa: atividades ilustrativas são as que o aluno poderá, seguindo orientações do professor ou do LD o tempo todo e sem liberdade para alterar o que foi proposto, entrar em contato com o objeto de estudo. Elas possuem as mesmas finalidades que as atividades de demonstração.
- Grau II de liberdade entre professor e aluno: neste tipo de atividade o problema inicial, as hipóteses explicativas do problema e o plano de trabalho são orientados aos alunos pelo professor, enquanto as etapas de obtenção de dados e conclusão acerca dos

procedimentos são feitas principalmente pelo aluno que é guiado pelo professor e suas discussões com a classe.

### 6.2.1 CAPÍTULO 1: ELETRICIDADE E ÍMÃS

Os textos do capítulo 1 apresentam todos os passos que os alunos devem seguir durante a atividade, apresentando a eles as formas como os materiais devem ser utilizados, os fenômenos que devem ser observados, as questões que eles devem refletir e responder, e conclusões que devem ser tiradas a partir de certos fenômenos (ver imagem 1). Resta ao aluno apenas seguir estas propostas, responder às perguntas e as vezes criar hipóteses sobre problemas propostos pelo texto, porém logo em seguida o próprio texto cria uma hipótese explicativa para o problema proposto, pedindo para que o aluno realize seu teste, e, no final, o texto ainda afirma a comprovação da hipótese criada (ver imagens 2, 3 e 4).

**Imagem 1:**

## 1. Interação entre ímãs e uma bússola

Todos já viram uma bússola e sabem que ela sempre aponta aproximadamente para o norte geográfico da Terra.

Utilize uma bússola e determine a direção norte-sul, marcando-a com giz sobre sua carteira ou no chão. Compare seus resultados com os obtidos por seus colegas.

**Q1** — Todas as bússolas indicam direções paralelas?

O que poderia ter provocado um resultado diferente encontrado por outro colega seu?

**Q2** — Aproxime de sua bússola um ímã de barra; faça isso colocando-o a várias distâncias e em várias posições com

1-2

relação à bússola. O que acontece com a direção indicada pela bússola?

**Q3** — Afastando da bússola o ímã, qual a direção assumida pela agulha?

Repita esse procedimento aproximando da bússola um prego, uma caneta de plástico e outros objetos e observe o que ocorre com a direção da agulha da bússola.

**Q4** — Levando em conta os resultados obtidos, que cuidados você deve tomar para determinar a direção norte-sul da Terra?

Quando se fazem experiências com ímãs e bússolas, deve-se tomar o cuidado de afastar outros ímãs e objetos de ferro.

**Q5** — Que direção assumiria a agulha de uma bússola se ela não estivesse submetida à influência de nenhum ímã?

**Fonte:** HAMBURGUER; MOSCATI (1974, p. 2, cap. 1).

Anteriormente ao que é apresentado na “imagem 2”, o texto pede para que os alunos posicionem uma bússola próxima a um fio em forma de espira e que liguem esse fio a uma pilha, permitindo assim ao aluno observar os efeitos do campo magnético, gerados pela corrente elétrica do fio, sobre a bússola.

**Imagem 2:**

**Q13** — O que acontece com a agulha da bússola?

Vemos então que uma espira, quando percorrida por corrente elétrica, se comporta como se fosse um ímã.

**Q14** — Em que posição se deveria colocar um ímã para produzir o mesmo efeito sobre a bússola?

Você pode realizar uma experiência análoga usando várias espiras paralelas, percorridas por corrente que flui no mesmo sentido: isso constitui um dispositivo denominado **solenóide**. O solenóide é um fio condutor enrolado em forma de mola, em torno de um cilindro.

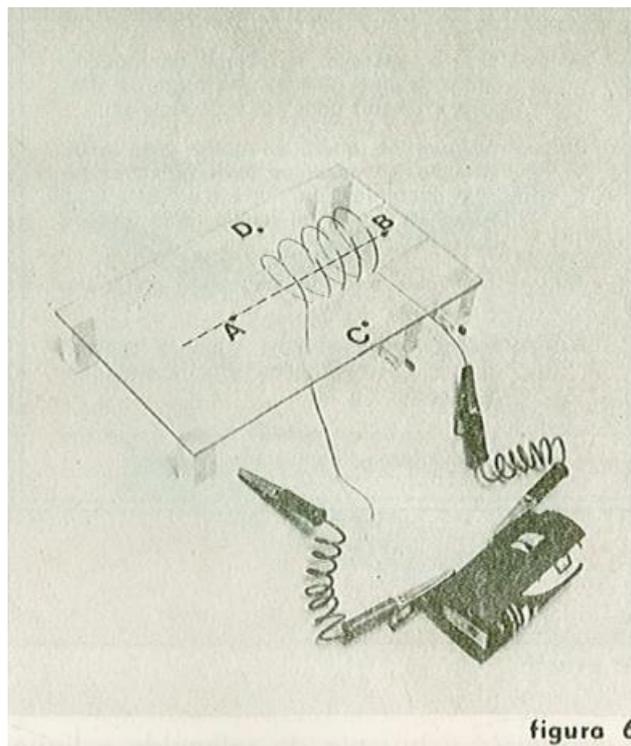
O mesmo fio que você usou para construir uma espira vai ser usado para construir um solenóide; para obter a forma descrita acima, enrole o fio em uma pilha, retirando-o depois.

Coloque o fio, assim enrolado, no suporte, como mostra a figura 6, mantendo a folha de papel.

**Fonte:** HAMBURGUER; MOSCATI (1974, p. 7, cap. 1).

Na questão 14, que é apresentada na imagem 2, o texto pede para que o aluno crie uma hipótese acerca das semelhanças entre os campos magnéticos de uma espira e de um ímã. Porém, como é mostrado nas imagens 2, 3 e 4 (as imagens estão colocadas na mesma ordem em que o texto do material está escrito, apenas precisamos fazer esses recortes por causa da disposição em que as imagens estavam apresentadas), o próprio texto, logo em seguida, apresenta uma hipótese explicativa “correta” do problema proposto e pede para que o aluno realize o teste desta hipótese. Logo em seguida, também, como mostra a imagem 4, o texto afirma a comprovação do aluno acerca da hipótese criada.

Imagem 3:



Fonte: HAMBURGUER; MOSCATI (1974, p. 7, cap. 1).

Imagem 4:

Aproxime a bússola do solenóide e ligue momentaneamente os extremos do fio a uma pilha.

Repita a experiência colocando a bússola em pontos A, B, C e D marcados sobre o papel como mostra a figura 6.

**Q15** – Trace sobre o papel a direção assumida pela agulha da bússola em cada ponto, localizando também as extremidades N e S.

**Q16** – Você chegaria ao mesmo resultado se usasse um ímã colocado convenientemente em lugar do solenóide? Faça a experiência.

Você acabou de verificar que um solenóide se comporta como um ímã quanto à interação com bússolas.

Fonte: HAMBURGUER; MOSCATI (1974, p. 8, cap. 1).

Além disso, para todas as perguntas que são apresentadas aos alunos existem suas respostas em quadros inseridos no texto do material como apresentado na imagem 5.

Imagem 5:

A extremidade do ímã que atrair o pólo sul da agulha será o pólo norte, e vice-versa.



**figura 1**

R1 — A sua bússola e as de seus colegas não indicarão, em geral, exatamente as mesmas direções.

R2 — Quando próximo da bússola, o ímã causa um desvio na direção da agulha. Comentário: O desvio sofrido pela agulha da bússola é tanto maior quanto mais próximos estiverem o ímã e a bússola. Para ímãs pequenos, essa influência começa a ser notada a partir de distâncias da ordem de 50 centímetros; o comportamento da agulha por ação do ímã depende não só da distância entre eles, mas também de onde e como se coloca o ímã em relação à bússola.

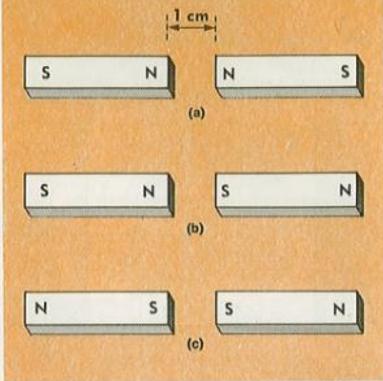
R3 — Afastando o ímã até uma distância maior do que 50 cm da bússola, a agulha volta gradualmente à posição inicial. Não havendo ímãs nas proximidades, a direção que a agulha assume deve corresponder à direção norte-sul da Terra.

R4 — Devem-se afastar da bússola todos os ímãs e outros materiais que contenham ferro, como, por exemplo, pregos, pilhas etc. Tais objetos também podem influir na orientação da bússola e, assim, devem estar longe dela durante as experiências.

R5 — Quando livre da presença de ímãs, a bússola apontará a direção norte-sul da Terra. Se a propriedade magnética da Terra também não existisse, a bússola apontaria indiferentemente para qualquer direção.

R6 — Discuta com seus colegas e com o professor e veja se todos concordam.

1-4



**figura 2**

### 2. Interação entre ímãs

Vamos agora estudar algumas características da interação entre ímãs.

Com o auxílio da bússola, você pode determinar os pólos magnéticos dos ímãs. Aproxime um ímã de barra da bússola, como mostra a figura 1. A extremidade do ímã que atrair o pólo norte da agulha será o pólo sul, e vice-versa.

Tome dois ímãs de barra e identifique cada uma de suas extremidades marcando-as com "N" e "S" (com giz, por exemplo).

**Q7** — Coloque dois ímãs separados por uma distância de 1 cm, na posição indicada em (a) na figura 2; repita o procedimento fazendo os ímãs se disporem como em (b), e depois como em (c). Descreva o que acontece em cada caso.

**Q8** — O que você conclui a respeito da força que se estabelece entre os ímãs?

Utilize mais uma bússola, por exemplo, a de um colega, para realizar a seguinte experiência: coloque uma das bússolas sobre sua carteira e movimente a outra em torno dela, mantendo as duas sempre bem próximas.

**Fonte:** HAMBURGUER; MOSCATI (1974, p. 10, cap. 1).

As respostas às questões que são propostas para os alunos, então, se apresentam de uma forma que os alunos possam lê-las antes de finalizar suas ações investigativas, de forma a diminuir consideravelmente as possibilidades de aprendizado do aluno. Com tudo isto, pode-se classificar as AE's deste capítulo como AE's de abordagem ilustrativa, já que o aluno será guiado pelas instruções do texto durante todo o percurso das atividades e já que não possibilita ao aluno realizar testes de suas hipóteses criadas (portanto não poderia ser investigativa). Elas são classificadas, também, como AE's de grau II.

### 6.2.2 *CAPÍTULO 2: ESTRUTURA DO ÍMÃS*

No capítulo 2, o PEF apresenta textos introdutórios que tentam explicar ao aluno conceitos acerca das propriedades magnéticas dos átomos e domínios magnéticos de materiais, e a partir da página 5 começa com suas propostas experimentais como apresentado na imagem 6.

Apesar de que as perguntas que são feitas para os alunos acerca do fenômeno observado, de magnetização e desmagnetização de pregos, serem perguntas que geram a criação de hipóteses explicativas pelos alunos, toda a base teórica para a explicação de todas as perguntas é dada através dos textos das páginas anteriores e posteriores, tanto nos textos conceituais quanto nos quadros de gabarito.

Segue-se uma citação direta de um parágrafo do texto que é apresentado na página 4 deste capítulo e ajudaria os alunos a responderem as questões propostas, a imagem 6 que foi capturada a partir da página 5 deste capítulo (que contém os procedimentos e perguntas que o aluno deve realizar e responder) e a imagem 7 que foi capturada a partir da página 6 do mesmo capítulo também (que possui o quadro com o gabarito das respostas às questões propostas):

Ao se aproximar um ímã de um material que tenha domínios magnéticos, as orientações dos domínios tendem a se alinhar na direção norte-sul do ímã, e, dessa forma, o material passa também a constituir um ímã. Quando o material é afastado do ímã, alguns dos domínios voltam à situação original; outros, contudo, permanecem alinhados. (HAMBURGUER; MOSCATI, 1974, cap. 2, p. 4)

Imagem 6:

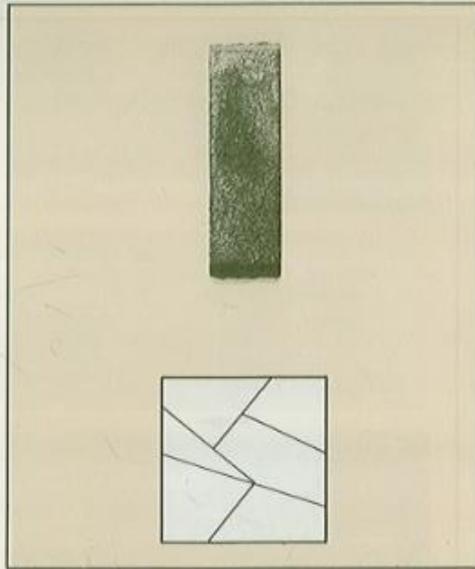


figura 5

dos domínios voltam à situação original; outros, contudo, permanecem alinhados (figura 4).

**Q4** — Indique, na figura 5, as orientações dos domínios magnéticos.

Você vai agora verificar experimentalmente o processo de orientação e desorientação dos domínios magnéticos de um material ferromagnético, submetido à influência de um ímã.

Segure um prego em uma das mãos e encoste um de seus extremos a um dos pólos de um ímã de barra. Aproxime um segundo prego da extremidade livre do primeiro (veja a figura 6).

**Q5** — Por que o segundo prego fica suspenso?

**Q6** — Afaste vagarosamente o ímã do conjunto, sem largar o prego. O que acontece com o prego que estava suspenso, e por quê?

**Q7** — Explique o que ocorreu com os domínios magnéticos dos dois pregos no decorrer de toda a experiência.

Discuta com seu grupo e com seu professor as respostas **R1** a **R7**.

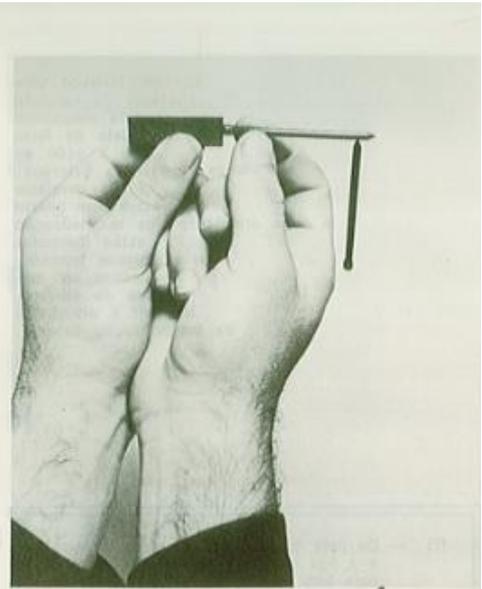


figura 6

## RESPOSTAS

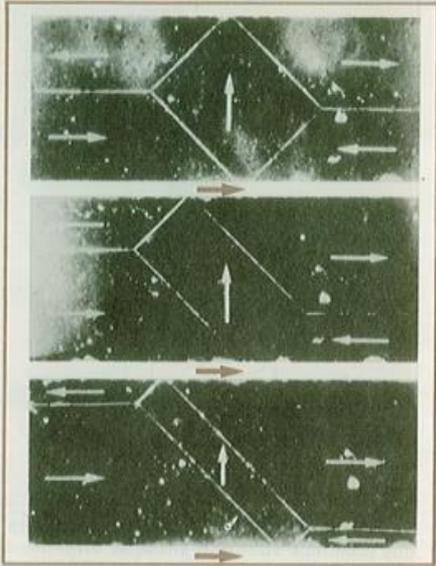
**R<sub>5</sub>** -

**R<sub>6</sub>** -

**R<sub>7</sub>** -

Imagem 7:

Ao lado aparece uma seqüência da variação da estrutura magnética de um filote de ferro sob a ação de efeitos magnéticos externos. Os domínios aparecem bem nítidos e suas orientações de magnetização estão indicadas pelas flechas brancas. As flechas em cor, abaixo da amostra, indicam a orientação da magnetização externa.

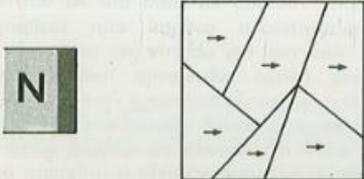


R1 — Da lista apresentada, somente o ferro e a liga de níquel-cromo são atraídos pelo ímã. Assim, das substâncias citadas, apenas essas são ferromagnéticas.

R2 — A direção N—S do átomo será perpendicular ao plano da órbita do elétron.

R3 — O efeito magnético resultante será nulo, devido à desordem das orientações atômicas.

R4 — Uma possível orientação dos domínios é a seguinte:



R5 — Quando o primeiro prego é aproximado do ímã, ele passa, também, a constituir um ímã, pois seus domínios magnéticos se orientam. Nessas condições, é capaz de atrair o segundo prego, que, por sua vez, também fica magnetizado.

R6 — O segundo prego cai. Ao se afastar o ímã, diminui a magnetização dos pregos e, como consequência, não há mais atração suficiente para manter o segundo prego suspenso.

R7 — Encostando o primeiro prego no ímã, seus domínios magnéticos se alinham e ele passa a constituir um ímã para o segundo prego, cujos domínios também se alinham. Dessa maneira, os pregos passam a se atrair. Afastando-se o ímã, as orientações dos domínios (ou de uma parte deles) voltam a se dispor ao acaso, o que causa uma diminuição na magnetização dos dois pregos.

2-6

#### 4. Magnetização e desmagnetização

Para alterar a magnetização de uma substância ferromagnética, é necessário rearranjar convenientemente os seus domínios. Como você verificou na seção anterior, a proximidade de um ímã pode alterar o estado de magnetização de um corpo.

Você vai agora realizar uma experiência, para verificar como se pode magnetizar e desmagnetizar um material.

Aproxime um pequeno pedaço de níquel-cromo (que é um material ferromagnético) de um dos pólos de um ímã. Aproxime-o, depois, da bússola.

Q8 — Qual o efeito que você notou? Por que ele se manifestou?

Tomando o cuidado de segurar o pedaço de níquel-cromo pela mesma extremidade que anteriormente, aproxime-o da extremidade oposta do ímã. Depois, leve-o à bússola.

Fonte: HAMBURGUER; MOSCATI (1974, p. 6, cap. 2).

Pode-se notar que, como no capítulo 1 e no restante deste capítulo também, os textos apresentados pelo PEF dão a entender que o papel do aluno deva se basear nos conceitos e informações colocadas no texto afim de poderem explicar os fenômenos que serão gerados por suas atividades. Por isso, podemos considerar que os objetivos das AE's presente neste capítulo

são baseados na verificação de conceitos e fenômenos por parte dos alunos, se encaixando novamente como AE's ilustrativas e de grau II.

Como foi dito, todo o restante do capítulo possui AE's que se classificam da mesma forma. Segue-se mais uma sequência de imagens para exemplo:

Imagem 8:

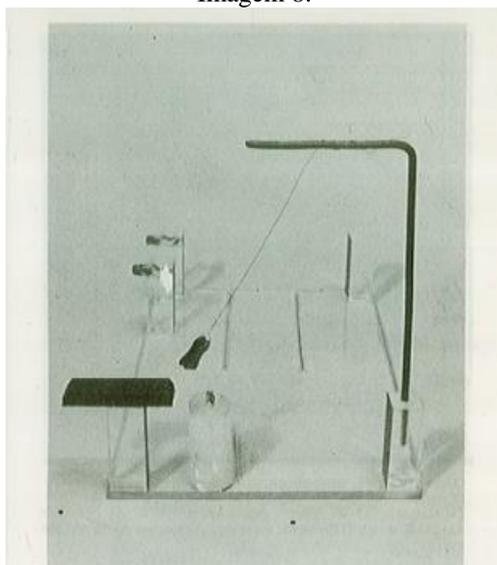


figura 10

#### Ações térmicas

Outro processo para desmagnetizar um material é o aumento da temperatura. Para ver como isso funciona, você vai realizar uma experiência em que um pedaço de níquel-cromo é desmagnetizado quando se eleva sua temperatura.

Esta experiência poderia ser feita nos mesmos moldes que as executadas para evidenciar o processo de desmagnetização por choques mecânicos e por aproximação de ímãs.

Entretanto, neste caso, você vai utilizar um dispositivo que tornará a experiência um pouco mais complexa e interessante que as anteriores.

Amarre um pedaço de níquel-cromo com um fino fio metálico e suspenda-o no suporte, como mostra a figura 10.

Coloque o ímã sobre o suporte, de forma que o níquel-cromo seja atraído por ele; o níquel-cromo não deve tocar o ímã, mas ficar a uma distância de mais ou menos 0,5 cm (veja a figura 10).

**Q14** — Por que o fio que suspende o níquel-cromo fica inclinado, fora da vertical?

**Q15** — Você obteria o mesmo resultado se suspendesse no fio um pedacinho de latão? Por quê?

Acenda uma vela embaixo do níquel-cromo, para aquecê-lo, e espere uns 20 segundos. É importante que a chama da vela não oscile muito.

Fonte: HAMBURGUER; MOSCATI (1974, p. 10, cap. 2).

Na parte do capítulo, presente na imagem 8, o texto pede para que o aluno realize um experimento para identificar outro tipo de processo de desmagnetização de materiais, propondo, também, que o aluno observe certos aspectos do experimento a fim de responder as perguntas colocadas no texto.

Logo em seguida, como apresentam as imagens 9 e 10, o texto oferece as hipóteses explicativas e respostas às perguntas dos problemas colocados.

Imagem 9:

MATERIAL	TEMPERATURA °C
disprósio	-168
gadolínio	16
níquel-cromo	300
níquel	358
magnetita	585
ferro	770
cobalto	1 140

tabela 1

- Q16** — O que você observa quando o níquel-cromo se aquece?
- Q17** — Deixe a experiência montada, isto é, mantenha a vela, o ímã e o fio com níquel-cromo nas mesmas posições em que ficaram após o níquel-cromo ter-se aquecido; descreva o que ocorre.
- Q18** — Enquanto aquecido, o níquel-cromo tem comportamento semelhante ao do latão?
- Q19** — A que você atribui o fato da atração do ímã pelo níquel-cromo desaparecer quando este último é aquecido?

Acima de uma determinada temperatura, o níquel-cromo deixa de ser ferromagnético. Essa temperatura, chamada **temperatura ou ponto de Curie**, é diferente para cada material.

A tabela 1 dá valores da temperatura de Curie para alguns materiais. Um corpo só pode ser magnetizado se sua temperatura estiver abaixo da temperatura de Curie. Acima do ponto de Curie, o material torna-se não-magnético.

Para temperaturas muito baixas, próximas do zero absoluto — 273°C, as propriedades magnéticas dos materiais, assim como as elétricas, apresentam grandes alterações; esses fenômenos são o objeto de estudo da Criogenia (veja a "Leitura Suplementar" do capítulo 8, **Eletricidade**, PEF).

## RESPOSTAS

R<sub>14</sub> -R<sub>15</sub> -R<sub>16</sub> -R<sub>17</sub> -R<sub>18</sub> -R<sub>19</sub> -

Imagem 10:

R12 — Você deve ter verificado que o níquel-cromo perdeu a magnetização. Se a agulha da bússola ainda se defletir um pouco, você pode tornar essa deflexão praticamente nula, golpeando a peça um pouco mais.

R13 — Ao golpear o material, seus domínios tendem a se distribuir de modo que as orientações magnéticas fiquem desordenadas; o efeito magnético resultante é, então, nulo.

R14 — O níquel-cromo é um material ferromagnético; assim, o ímã o atrai, mantendo o fio em posição inclinada com relação à vertical.

R15 — Não. Com o latão o resultado não seria o mesmo, porque o latão não é atraído por um ímã.

R16 — Ao se aquecer, o níquel-cromo deixa de ser atraído pelo ímã e o fio volta à posição vertical.

R17 — Depois de alguns segundos em que o fio de sustentação permaneceu na posição vertical, o níquel-cromo volta a ser atraído pelo ímã. Com isso, é novamente aquecido, deixa de ser atraído, e o fio volta à posição vertical. Resfriando-se o níquel-cromo é outra vez atraído etc.

R18 — Sim. Quando aquecido, o níquel-cromo perde a propriedade de ser atraído pelo ímã, passando a se comportar como o latão.

R19 — No início da experiência, o ímã atrai o níquel-cromo, porque alinha as orientações dos seus domínios magnéticos. Com o aquecimento, os domínios magnéticos são destruídos, o que faz com que o material se torne não-magnético. **Comentário:** Quando o material atinge a temperatura de Curie, sua estrutura atômica sofre alterações tais que as forças entre os átomos de um domínio são insuficientes para manter os átomos vizinhos com orientações concordes. Dessa maneira, os domínios deixam de existir (veja a nota de rodapé na pág. 2-4).

2-12

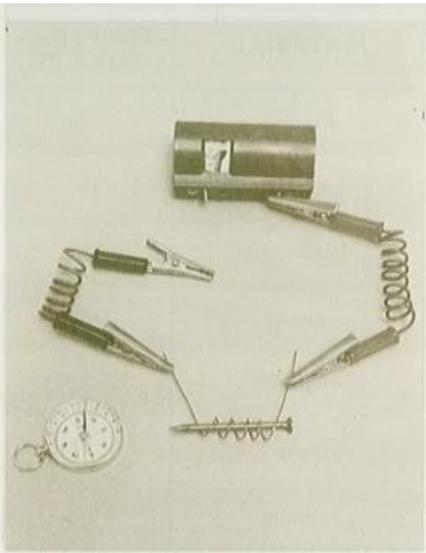


figura 11

### 7. Ímãs e eletroímãs

Os materiais ferromagnéticos prestam-se à construção de ímãs. Quando magnetizados por influência de um outro ímã, por exemplo, tal magnetização se mantém durante certo tempo. Quando a magnetização se mantém por tempo muito grande, e não se altera facilmente por ações externas, temos um ímã chamado **permanente**.

No capítulo anterior, você viu que um solenóide, quando percorrido por corrente elétrica, constitui um ímã; você viu também que o solenóide perde essa propriedade assim que a corrente deixa de circular.

Existe uma forma de intensificar a influência que um solenóide pode exercer sobre uma bússola. Você fará uma experiência para verificar esse fato.

Construa um solenóide, enrolando um fio condutor num lápis. Dê cerca de cinco voltas com o fio; em seguida, retire o lápis e coloque a bússola próxima a uma das extremidades do solenóide. Verifique o desvio sofrido pela agulha, quando o solenóide é ligado a uma pilha.

Tome um prego e, usando os métodos que você já conhece, desmagnetize-o ao máximo.

Introduza um prego de ferro dentro do solenóide. Verifique novamente o desvio sofrido pela agulha da bússola, quando passa corrente pelo solenóide. Veja a figura 11.

Fonte: HAMBURGUER; MOSCATI (1974, p. 12, cap. 2).

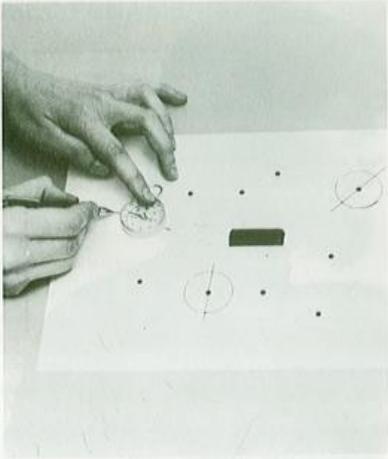
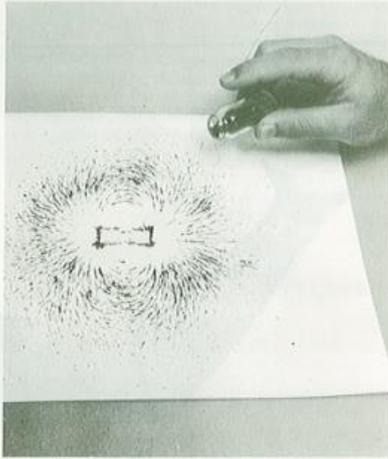
### 6.2.3 CAPÍTULO 3: O CAMPO MAGNÉTICO

Nesta parte do capítulo (imagem 11) o texto apresenta reflexões acerca das atividades realizadas nos capítulos anteriores, pelos alunos, a fim de iniciar AE's que terão como objetivo a descobrimento das linhas de campo produzidas por um ímã.

Na questão 2 o texto pede ao aluno que preveja a direção que a bússola assumiria em um ponto aleatório escolhido por ele, fomentando assim a criação de hipóteses deste novo

fenômeno por parte do aluno. Porém pode-se ver que em nenhum momento o texto se preocupa em discutir ou testar essas hipóteses que foram criadas pelo aluno (imagem 11, 12).

Imagem 11:

**figura 1**

**figura 2**

Um estudo das características e propriedades dos campos magnéticos é importante, para podermos compreender as interações magnéticas.

No seu trabalho com bússola e ímãs, você deve ter observado que a bússola indica direções diferentes, quando colocada em vários pontos ao redor do ímã. Você vai agora montar experiências para atribuir, a cada um desses pontos, características que determinam o efeito magnético. Mas leia com atenção o que vai ser pedido e não comece a experiência sem concluir a leitura da sua descrição.

Fixe sobre sua carteira uma folha de papel e sobre ela um ímã de barra. Desenhe no papel o contorno do ímã e mantenha-o nessa posição durante toda esta experiência (figura 1). Evite a proximidade de objetos de ferro. Você deve sempre lembrar-se de que qualquer material ferromagnético na sua mesa de trabalho poderá prejudicar as medidas.

Aproxime a bússola do ímã até que a ação deste se faça sentir (cerca de 10 cm); marque no papel a posição do centro da agulha da bússola e sua direção naquele ponto. Repita este procedimento em cerca de 10 pontos diferentes, procurando abranger a maior região possível; não tome pontos muito próximos uns dos outros (figura 1) nem distâncias menores do que 5 cm. Em todas as suas tentativas, procure sempre manter o centro da bússola a uma distância do ímã maior que o tamanho da bússola, caso contrário, a orientação será alterada.

**Q1** — É possível, para cada ponto que você tomou, traçar mais de uma direção?

Marque no papel mais um ponto. Com base nas medidas que você já fez, tente prever que direção tomaria a bússola nesse ponto.

**Q2** — Marque no papel a direção prevista.

Coloque a bússola sobre esse ponto e verifique se sua previsão foi correta.

As medidas que você fez podem servir para prever efeitos magnéticos do ímã nas suas proximidades. Quanto mais direções tiverem sido determinadas previamente, mais precisa será a previsão.

A cada ponto nas proximidades do ímã podemos associar uma direção característica, que seria tomada por uma bússola aí colocada.

3-2

Fonte: HAMBURGUER; MOSCATI (1974, p. 2, cap. 3).

Na página seguinte (Imagem 12) o texto já apresenta uma imagem que representa as direções que seriam assumidas por uma porção de limalha de ferro sobre o efeito do campo eletromagnético de um ímã, o que também será realizado pelo aluno logo após a foto. Confirma-se, dessa forma, a classificação de abordagens ilustrativa e de grau II para estas atividades também.

Imagem 12:

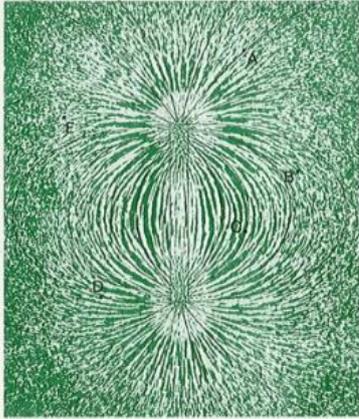


figura 3

**RESPOSTAS**

R<sub>1</sub> -

R<sub>3</sub> -

R<sub>4</sub> -

### 2. Linhas de campo

Se você tivesse várias pequenas bússolas, poderia colocá-las todas sobre a mesa, e verificaria simultaneamente a direção assumida por elas em cada ponto do campo magnético. Mas, na realidade, você não precisa de muitas bússolas para obter essa mesma informação. Vejamos como isso pode ser obtido de uma forma simples.

Um alfinete colocado no campo magnético de um ímã também se orienta. A orientação tomada pelo alfinete é a mesma que tomaria a agulha da bússola, se colocada nesse ponto.

Então, você pode utilizar alfinetes, em vez de bússolas, para estudar o campo magnético. Mas aqui vamos empregar, para esse fim, limalha de ferro. Cada pedacinho de limalha se comportará como um alfinete.

**Q3** – Poder-se-ia usar limalha de qualquer material para substituir as bússolas? Por quê?

Vamos agora estudar o campo magnético, utilizando limalha de ferro.

Coloque sobre sua carteira um ímã de barra. Cubra o ímã com uma folha de papel e espalhe sobre ele um pouco de limalha de ferro. Tome cuidado para não perder a limalha, recolocando-a no frasco ao fim da experiência. A limalha deve cobrir uniformemente quase todo o papel e dispor-se de tal forma que você possa visualizar nitidamente a formação de linhas. A figura 2 mostra uma fotografia de experiência deste tipo.

Transponha para outra folha de papel as direções traçadas na experiência representada na figura 1. Nessa mesma folha, esquematize as linhas obtidas com a limalha.

**Q4** – Que relação existe entre as direções que você traçou com a bússola e estas linhas obtidas com a limalha?

**Q5** – Trace as direções que a agulha da bússola assumiria, se fosse colocada nos pontos A, B, C e E indicadas na figura 3. Essa figura representa algumas linhas obtidas por processo análogo ao que você usou.

3-3

Fonte: HAMBURGUER; MOSCATI (1974, p. 3, cap. 3).

#### 6.2.4 CAPÍTULO 4: CORRENTE EM CAMPOS MAGNÉTICOS

No capítulo 4 o texto começa apresentando reflexões acerca das semelhanças entre campos magnéticos produzidos por correntes elétricas e ímãs. Com isto o texto pretende que o aluno relacione estes fenômenos a fim de realizar experimentos que irão ilustrar a interação entre estes campos citados.

Imagem 13:

**figura 3**

fio condutor

reta de simetria

**figura 4**

**figura 5**

A figura 4 representa, em três dimensões, um trecho do condutor da figura 1 e a força  $\vec{F}$  sobre ele no ponto C.

Note que o condutor tem forma de U, mas o trecho que está sendo considerado é retilíneo.

**Q6** – Indique na figura 4 o sentido da corrente no condutor e o sentido do campo  $\vec{B}$ .

Inverta, agora, com relação à experiência anterior, o sentido da corrente elétrica que atravessa o condutor. Faça a ligação, rápida, com a pilha e observe o novo deslocamento do condutor.

**Q7** – Represente, na figura 5, o sentido da corrente, do campo  $\vec{B}$  e da força.

Considere, nos esquemas das figuras 4 e 5, o plano formado pela direção do vetor  $\vec{B}$  e pela corrente que percorre o condutor.

**Q8** – Qual a posição do vetor  $\vec{F}$  com relação a esse plano?

**Q9** – O sentido do vetor  $\vec{F}$  é o mesmo nas figuras 4 e 5?

**RESPOSTAS**

**R<sub>1</sub>** -

**R<sub>2</sub>** -

**R<sub>5</sub>** -

**R<sub>8</sub>** -

**R<sub>9</sub>** -

4-3

Fonte: HAMBURGUER; MOSCATI (1974, p. 3, cap. 4).

A imagem 13 apresenta a montagem do aparato que será montado pelo aluno. Após a montagem, realização do experimento e a etapa de resposta dos alunos acerca do que observaram o texto já dá novamente as respostas das questões propostas e inicia o aprofundamento das hipóteses explicativas da literatura, apresentando as explicações e até métodos eficientes para a resolução destas questões de forma mais ágil, que no caso deste trecho é a “regra da mão direita” (imagem 14).

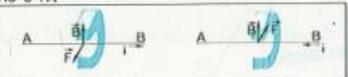
Imagem 14:

R1 — Você deve ter notado que o fio sofre um deslocamento enquanto passa corrente por ele. Se não conseguiu obter esse deslocamento, verifique se não há mau contato no seu circuito ou se há demasiado atrito do fio com os apoios da base. Feitos esses ajustes, tudo deve funcionar bem, desde que a pilha não esteja gasta.



R2 — A força indicada na figura corresponde a uma das componentes da força que age no condutor, quando é percorrido pela corrente elétrica. Se houvesse outras componentes, elas não seriam percebidas nessa experiência. Entretanto, outras experiências mostram que, nestas condições, essa é a única componente que existe.

R3 e R4 —



R5 — De acordo com a montagem feita, a corrente passa de A para B.

R6 e R7 —

R8 — O vetor  $\vec{F}$  é perpendicular ao plano formado pelas direções de  $\vec{B}$  e de  $\vec{i}$ .

R9 — Não, depende do sentido da corrente.

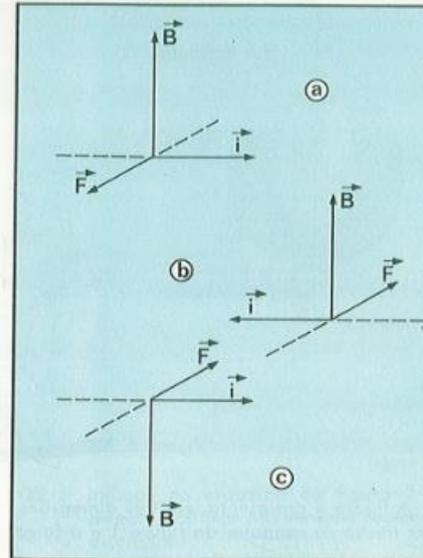


figura 6

A figura 6 mostra em (a) e (b) os dois resultados obtidos, correspondentes às figuras 4 e 5, respectivamente.

Se invertermos o sentido da corrente, o sentido da força que age sobre o condutor também se inverte, passando do caso (a) para o caso (b) da figura 6. Você também poderia ter mantido constante o sentido de  $\vec{i}$  e variado o sentido de  $\vec{B}$  (invertendo as posições dos pólos do ímã). Da mesma forma notar-se-ia uma inversão no sentido de  $\vec{F}$ : passar-se-ia do caso (a) ao caso (c) da figura 6.

As três situações (a), (b) e (c), que podem parecer distintas, correspondem na verdade a uma única posição relativa dos três vetores  $\vec{F}$ ,  $\vec{i}$  e  $\vec{B}$ .

**Q10** — Em torno de que eixo os vetores devem ser girados, para passar do caso (b) para o (c) da figura 6?

Da experiência podemos extrair uma regra prática para a determinação do sentido da força  $\vec{F}$  que aparece no condutor.

4-4

Imagine que você coloca três dedos da mão direita (polegar, indicador e médio) indicando três direções, como mostra a figura 7.

Faça o indicador apontar na direção e sentido da corrente  $\vec{i}$  e o médio apontar na direção e sentido do campo magnético  $\vec{B}$ . O polegar representará a direção e o sentido do vetor  $\vec{F}$ .

**Q11** — Utilize essa regra prática para determinar o vetor força  $\vec{F}$  na figura 7. Indique esse vetor na figura.

Verifique que a regra se aplica aos três casos da figura 6.

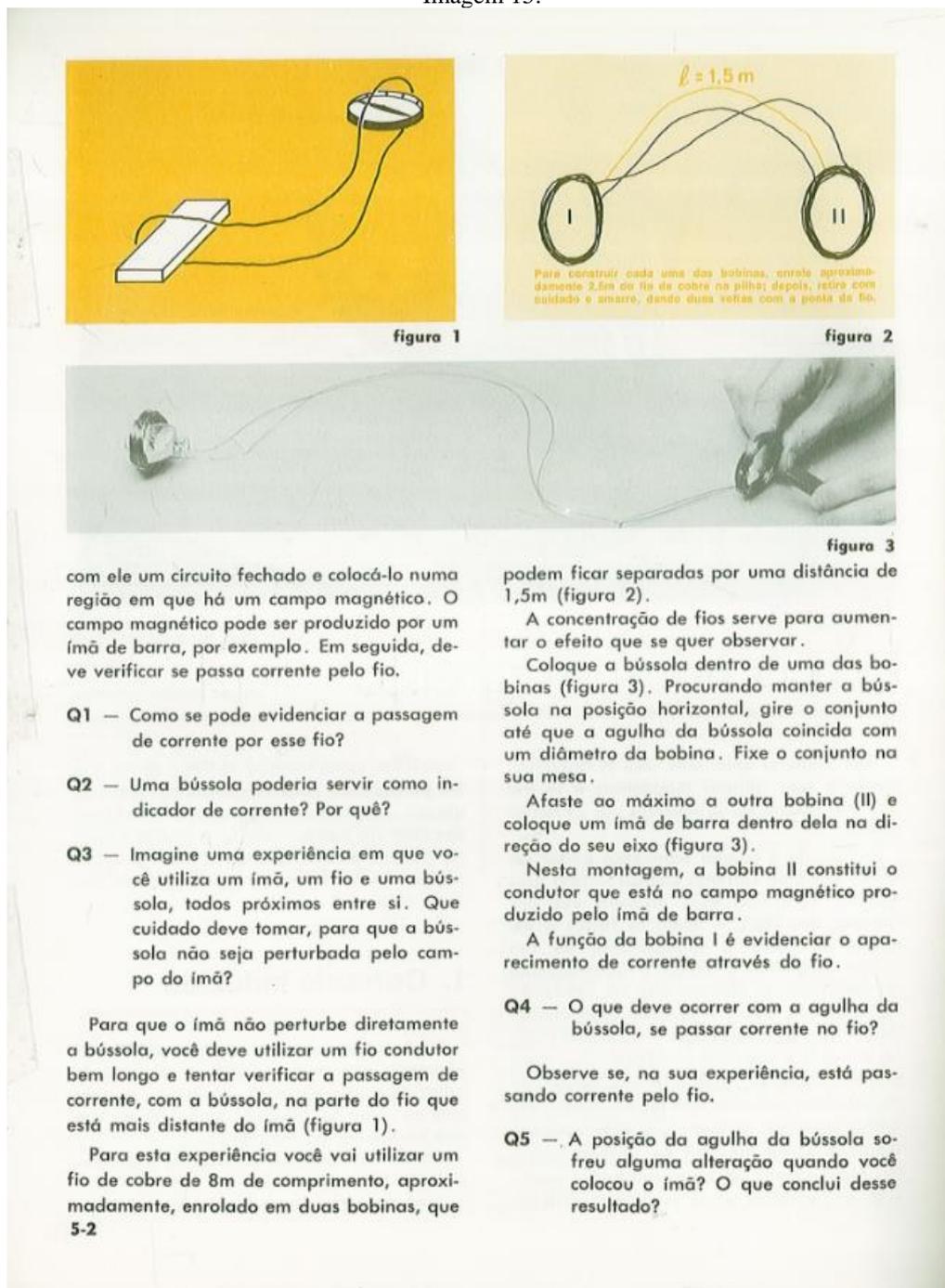
Refaça a experiência, invertendo a posição dos pólos do ímã, para verificar como variam os resultados.

Das experiências que você realizou e de outras realizadas em laboratório, podemos dizer que, sobre um condutor retilíneo colocado num campo magnético, perpendicularmente às linhas de campo, age uma força. A direção dessa força é perpendicular às di-

### 6.2.5 CAPÍTULO 5: INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Neste capítulo os alunos irão verificar se há geração de campo magnético, portanto criação de corrente também, por um fio e bobinas quando na presença de um campo magnético variável. Novamente todas as hipóteses explicações e passo a passo são dados pelo texto posteriormente.

Imagem 15:



Fonte: HAMBURGUER; MOSCATI (1974, p. 2, cap. 5).

### 6.2.6 CAPÍTULO 6: APLICAÇÕES DO ELETROMAGNETISMO

Neste capítulo, o texto começa lembrando conceitos observados nos capítulos anteriores a fim de começar a dar bases para os alunos pensarem em como montar certos experimentos que serão abordados pelo capítulo.

Para a montagem de um motor elétrico o texto apresenta as seguintes imagens e reflexões ao aluno:

Imagem 16

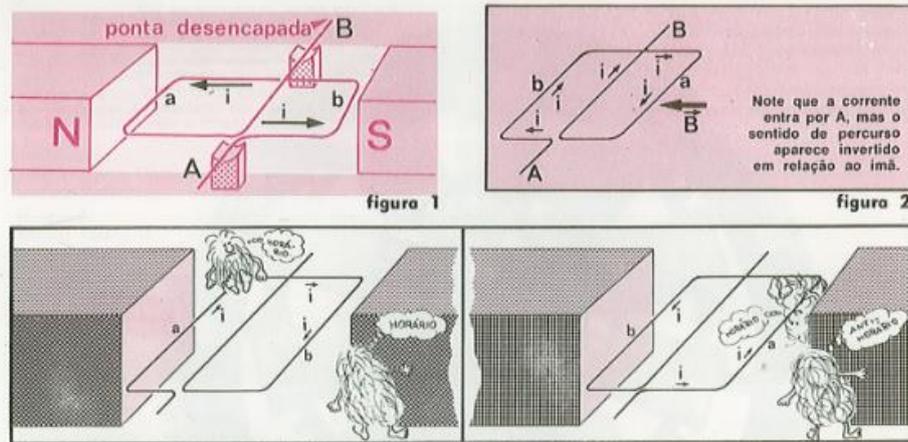


figura 3 — Note que, para o observador, na espira o sentido da corrente não muda.

entretanto, tais campos magnéticos poderiam ser produzidos por correntes elétricas.

Vamos inicialmente analisar as forças que aparecem sobre uma espira situada num campo magnético e que tendem a produzir sua rotação.

**Q1** — Indique na figura 1 as forças que aparecem nos lados *a* e *b* da espira retangular, quando percorrida por uma corrente  $i$ , no sentido indicado.

Suponhamos que a espira, depois de girar meia volta, adquira a posição indicada na figura 2; isto é, as posições dos lados *a* e *b* se apresentam invertidas em relação às posições da figura 1.

**Q2** — Nesta nova situação indique as forças que aparecem nos lados *a* e *b*.

**Q3** — O sentido da rotação que estas forças tendem a produzir no caso da figura 2 é o mesmo do caso da figura 1?

Como você deve ter notado, a inversão no sentido de rotação da espira se deve a uma inversão no sentido de percurso da corrente. Neste caso, a inversão se faz em relação ao ímã, quando a espira dá um giro de

180°, trocando as posições dos lados *a* e *b* (figura 3).

Aplicando esse conhecimento, vamos tentar descobrir uma forma de manter a rotação da espira sempre num mesmo sentido. Esse será o primeiro passo na construção de um motor elétrico.

Na figura 4 estão representadas várias posições de uma mesma espira numa região em que o campo magnético é uniforme.

**Q4** — Indique, na figura 4, a direção e o sentido das forças em *a* e *b* para cada posição.

**Q5** — Indique, para cada posição, o sentido de rotação que as forças tendem a produzir.

**Q6** — Considerando a resposta dada anteriormente, a partir de qual posição as forças invertem o sentido com que tendem a fazer girar a espira?

**Q7** — Supondo que a espira continue em rotação, em que nova posição a corrente deverá ser invertida para que a rotação se mantenha no mesmo sentido?

Imagem 17:

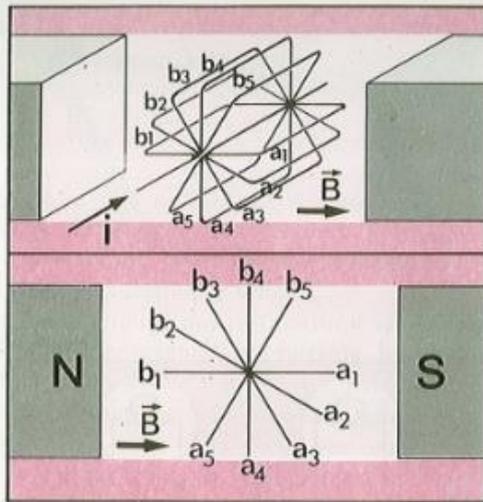


figura 4

De que forma poder-se-ia manter o mesmo sentido do torque depois que a espira passa pela posição vertical ?

Uma forma seria inverter o sentido da corrente cada vez que a espira passasse pela posição em que o torque muda de sentido. Outra maneira seria inverter o sentido do campo magnético, quando a espira alcançasse essa posição. Esta outra forma é mais complicada e, em geral, não é usada em motores de corrente contínua.

A inversão do sentido da corrente deve ser feita de forma automática, pois não seria prático fazê-lo manualmente.

O processo usado para esta inversão consiste em colocar no eixo da espira um contato girante (comutador), como mostra esquematicamente a figura 5.

#### Montagem do motor

No nosso motor faremos uma modificação para simplificar a montagem do comutador.

Vejamos inicialmente o que ocorreria no motor da figura 5, se um dos fios de ligação fosse interrompido no ponto A.

**Q8** — Como ficaria alterada a passagem da corrente na espira em a e b?

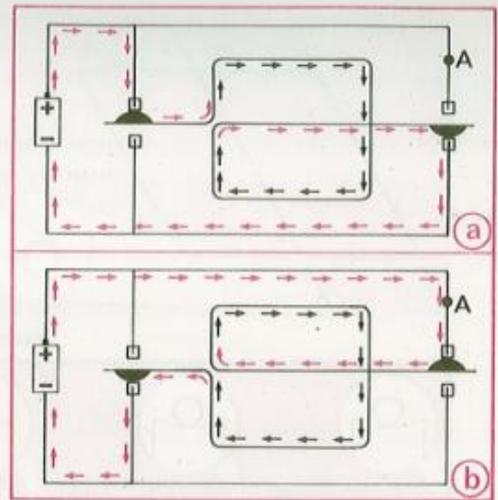


figura 5

## RESPOSTAS

**R<sub>3</sub>** -

**R<sub>6</sub>** -

**R<sub>7</sub>** -

**R<sub>8</sub>** -

**R<sub>9</sub>** -

Imagem 18:

**Q9** — Supondo que não haja atrito e que a espira não realize trabalho, ela continuaria girando na situação da figura 5b?

Assim, se a corrente é desligada quando a espira está na vertical, a força que age sobre ela desaparece e ela continua girando livremente até que o contato seja restabelecido depois de meia volta.

Dessa forma é possível construir um motor sem inverter o sentido da corrente, bastando para isso interrompê-la a cada meia volta.

Um comutador que apenas interrompe a corrente a cada meia volta, sem inverter o seu sentido, é de construção mais simples do que o da figura 5.

Para interromper a passagem da corrente a partir da posição vertical em que a rotação muda de sentido, vamos manter uma parte de uma das pontas da espira isolada. Ao raspar o esmalte do fio de cobre numa das pontas da espira, podemos fazê-lo de modo a manter uma lista longitudinal de esmalte, exatamente na região em que se quer desfazer o contato com a pilha (figura 6).

A figura 7 representa a espira em várias posições sobre o suporte que se liga à pilha.

**Q10** — Em quais situações da figura 7 há passagem de corrente?

Para aumentar as forças que agem sobre a espira, vamos substituí-la por um conjunto de vários retângulos superpostos, percorridos por uma corrente elétrica (figura 8). Essa peça constituirá o **rotor** do motor.

Quando o rotor é colocado no suporte de modo que se estabeleça a ligação com a pilha, ele começa a girar até que atinge uma posição próxima da vertical. Nessa posição, a lista isolante de uma das pontas interrompe a passagem da corrente elétrica; assim, ele continua a girar, movido pelo impulso inicial, até que o contato é restabelecido.

Desta forma, você construiu um motor simples que funciona ligado a uma pilha.

Existem outros tipos de motores elétricos

## RESPOSTAS

**R<sub>10</sub>** -



que funcionam com corrente alternada e podem ser ligados às tomadas de forças das residências e fábricas. Nos motores de corrente alternada pode-se aproveitar a inversão do sentido da corrente da rede de distribuição, evitando assim a necessidade de um comutador.

Existem vários tipos de motores de corrente alternada que acionam toda sorte de equipamentos, como geladeiras, liquidificadores, enceradeiras, tornos, ventiladores etc. Os motores de corrente alternada funcionam baseados em princípio semelhante ao que acabamos de estudar.

O motor que você construiu é de corrente contínua; estes motores são geralmente alimentados por pilhas ou acumuladores. O motor de partida e o motor do limpador de pára-brisas de um automóvel são motores de corrente contínua. Embora possa haver uma grande variação nos seus tamanhos e potências, todos os motores elétricos de corrente contínua funcionam de forma semelhante ao que você construiu.

6-5

### 6.3 ANÁLISE DO MATERIAL COMO RECURSO DIDÁTICO

A partir dos resultados do presente trabalho, caracteriza-se todas as AE's presentes no PEF como AE's de abordagens ilustrativas e de grau II de liberdade entre professor e aluno.

Desta forma, concordamos com Ortega e Mattos (2017) quando afirmam que os objetivos almejados pelos autores do PEF, que são apresentados tanto nos guias do aluno quanto na literatura de pesquisa acerca deste projeto, se divergem dos objetivos que as atividades inseridas no material possibilitam ao aluno alcançar.

Enquanto nos guias do aluno, por exemplo, os autores afirmam que o material proporcionará uma experiência ativa e investigativa ao aluno, na verdade, o que é proposto nos textos do material são atividades tradicionais que possuem o objetivo de ensinar aos alunos teorias e aspectos estudados e desenvolvidos pela física afim de terminarem o curso com conhecimentos “corretos” acerca dos fenômenos estudados, que nesse caso seriam fenômenos relacionados ao eletromagnetismo.

Sobre esta contradição entre a proposta inicial do autores do PEF e as propostas que são inseridas no material final do PEF, no entanto, devemos lembrar que as formas como era pensado um ensino investigativo na década de 70 é diferente das formas como definimos atualmente. Na época, o simples fato de criar um material que interaja mais com os alunos, faz perguntas teóricas, pede para que ele crie hipóteses, manipule materiais, pode ser algo que já fosse considerado como características de um ensino investigativo pelos autores do PEF.

Confirma-se também na área de eletromagnetismo do PEF, através dos resultados do presente trabalho, as características de um ensino com ênfase nos conceitos acabados da ciência, a fim de possibilitar a formação de indivíduos que possam aplicá-las em produtos tecnológicos, manipular e dissertar sobre tais instrumentos, e, assim, gerar também possíveis candidatos ao mercado de trabalho que era demandado pelo país na época, o que também foi afirmado por Ortega e Mattos (2017).

Apesar das críticas acerca dos tipos de AE que também são inseridas no PEF, sua utilização não é totalmente invalidada. Cursos técnicos e profissionalizantes que tenham foco na interação dos alunos com certos mecanismos e ferramentas com certeza podem fazer um bom uso deste tipo de AE's.

Apesar de termos caracterizado os experimentos inseridos no PEF como AE's de abordagem ilustrativa, acreditamos que, na prática em uma sala de aula com vários grupos de alunos, as AE's inclusas no fascículo de eletromagnetismo do PEF provavelmente tomariam

um caráter descritivo segundo sua abordagem e de grau III de liberdade, já que o professor dificilmente seria capaz de controlar todo o passo a passo que os alunos realizariam durante a atividade. Outro ponto importante é que nada limitaria um professor, que queira utilizar este material, a alterar a forma que se é dada a aula, criando espaços para os alunos testarem suas hipóteses e, assim, transformando essas AE's em AE's de abordagem investigativa, porém o intuito do presente trabalho é o de classificar as AE's como foram propostas pelos autores do projeto, e não todas as possibilidades que o material do PEF teria em sala de aula a partir de certas alterações.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mostra-se, então, que a utilização de pesquisas bibliográficas acerca de caracterizações prévias de AE's e suas implicações com o aprendizado do aluno e com as crenças dos professores foi um instrumento útil e efetivo para a classificação, caracterização e análise das AE's presentes no PEF.

Juntamente a isto, confirma-se a importante relevância das perguntas norteadoras na classificação e caracterização das atividades. Sem elas o trabalho de caracterizar e diferenciar os tipos de classificações possíveis para tais experimentos com certeza teriam sido muito maiores.

Volta-se a reforçar, a partir dos resultados aqui apresentados, a importância que se tem na análise de AE's que serão utilizadas por um professor em sala de aula e na implementação de diferentes tipos de AE's por escritores de LD's.

Se não bem definidos os objetivos almejados com a utilização de AE's com características como a do PEF, podem fazer com que professores as utilizem como meios de ensinar as “verdades” descobertas pela ciência até então, e não como meios para os alunos testarem a precisão de leis científicas e teorias, ilustrar ideias ou aprender a utilizar instrumentos específicos, que são os objetivos mais beneficiados e realistas para este tipo de experimento.

Devido, também, à riqueza e variedade de possibilidades que o fascículo de eletromagnetismo do PEF apresenta, mostra-se de grande relevância a busca, crítica e inserção de projetos de ensino como este nos planejamentos de aula de professores da rede de ensino atual. Acreditamos que com algumas pequenas manipulações e aprimoramentos elas podem ser muito efetivas e proveitosas no ensino de física.

Já para os escritores de materiais e livros didáticos, faz-se de suma importância a reflexão dos aspectos mais importantes a serem almejados no aprendizado de seu público-alvo, podendo, através disto, inserir AE's que contribuam da melhor forma para sua formação e, para que a inserção deste recurso didático seja feita de forma intencional.

O presente trabalho se limita na análise, classificação e caracterização das AE's inseridas no fascículo de eletromagnetismo do PEF, não tendo a intenção de caracterizar e classificar as AE's contidas nos fascículos de mecânica e eletricidade, algo que pode ser feito em pesquisas futuras a fim de possibilitar a análise de suas AE's como um todo.

## 8 REFERÊNCIAS

- ALVES FILHO, J. P. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista**. 2000. Tese (Doutorado em educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Rev. Bras. de Ens. de Fís.**, v.25, n. 2, p. 176-194, jun. 2003.
- AZEVEDO, M. C. P. S. et al. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: **Pioneira Thomson Learning**, v. 3, p. 19-33, 2004.
- BITTENCOURT, D. R. **Uma análise do projeto de ensino de física – Mecânica**. 1977. 145 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo. 1977.
- BORGES, A. T. Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências. **Cad. Bras. de Ens. de Fís.**, v.19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.
- BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Guia de livros didáticos: PNLD 2018: Física. Brasília: MEC/SEB, 2017.
- CAMPOS, M. C. C; NIGRO, R. G. Didática de ciências: o ensino-aprendizagem como investigação. São Paulo, FTD, 1999.
- CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765-794, 15 dez. 2018.
- CHALMERS, A. F. **O que é Ciência, afinal?**. Tradução: Fiker R. São Paulo: Brasiliense, 1993. 210 p.
- DICK, A. P. **Aprender experimentando: Uma possibilidade para o ensino da Matemática, da Física e da Química no contexto da formação de professores da Educação Infantil e das Séries Iniciais**. Curitiba, 2016.
- GONSALVES, E. P. **Conversas sobre iniciação à pesquisa científica**. 4 ed. Campinas, SP: Alinea. 2007. 93 p.
- HAMBURGUER, E. W.; MOSCATI, G. (Orgs.). (1974). **Projeto de Ensino de Física (Vol. 3 – eletromagnetismo)**. Rio de Janeiro: Fename.
- IBERSS, P.; ALVES, M. F. Experimentos no ensino de física: uma proposta de metodologia de análise das atividades experimentais dos livros do PNLD 2018. **Arquivos do Mudi**, v. 24, n. 3, p. 277-294, 2020.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. Rio de Janeiro, EPU, 2013.

ORTEGA, J. L. N.; RODRIGUES, A. M.; MATTOS, C. R. Revisitando projetos de ensino de Física numa perspectiva bakhtiniana. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 22, n. 3, p. 16-39, 2017.

PACCA, J. L. A. Análise do desempenho de alunos frente a objetivos do PEF. 1976, 129 p. Dissertação (Mestrado em educação). Instituto de física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976

PEF Guia do professor. Projeto de ensino de física. Rio de Janeiro, Fename, 1980.

SÉRÉ, M. G; COELHO, S. M; NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino de Física. **Cad. Bras. de Ens. de Fís.**, v.20, n.1, 2003.

SUART, R. C; MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. *Ciências & Cognição*, v.14, n.1, 2009.

VIOLIN, A. G. O Projeto de Ensino de Física. Dissertação (Mestrado em Educação). Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.

WESENDONK, F. S; PEREIRA, A. S.; TERRAZZAN, E. F; Atividades experimentais de física e química em livros didáticos do PNLD. *Ensino de Ciências e Tecnologia em revista*, v.1, n.2, 2011.