

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
PROGRAMA DE MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE  
FÍSICA - POLO CAMPO MOURÃO**

**ELISSANDRA BENETI CATELI MANGOLIN**

**DO SENSO COMUM AO CONHECIMENTO CIENTÍFICO: UMA  
PROPOSTA DIDÁTICO-PEDAGÓGICA PARA O ENSINO DE  
INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA NO ENSINO MÉDIO**

**CAMPO MOURÃO  
2016**



## **DO SENSO COMUM AO CONHECIMENTO CIENTÍFICO: UMA PROPOSTA DIDÁTICO-PEDAGÓGICA PARA O ENSINO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA NO ENSINO MÉDIO**

Elissandra Beneti Cateli Mangolin

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *campus* Campo Mourão - como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Cesar Vanderlei Deimling  
Co-orientadora: Prof. Dra. Natalia Neves Macedo Deimling

CAMPO MOURÃO  
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

M277d Mangolin, Elissandra Beneti Cateli

Do senso comum ao conhecimento científico: uma proposta didático-pedagógica para o ensino de indução eletromagnética no ensino médio/ Elissandra Beneti Cateli Mangolin.--. 2016.

147 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Cesar Vanderlei Deimling.

Coorientador: Prof. Dra. Natália Neves Macedo Deimling.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. Campo Mourão, 2016.

Inclui bibliografias.

1.Eletromagnetismo. 2. Indução eletromagnética. 3. Física – Ensino Médio 4. Física – Dissertações. I. Deimling, Cesar Vanderlei, orient. II. Deimling, Natália Neves Macedo, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. IV. Título.

CDD: 530.07

Biblioteca Câmpus Campo Mourão  
Lígia Patrícia Torino CRB 9/1278

**TERMO DE APROVAÇÃO**

Titulo da dissertação:

**DO SENSO COMUM AO CONHECIMENTO CIENTÍFICO: UMA PROPOSTA DIDÁTICO-  
PEDAGÓGICA PARA O ENSINO DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA NO ENSINO MÉDIO**

por

**Elissandra Beneti Cateli Mangolin**

Esta dissertação foi apresentada às 14h do dia **23 de setembro de 2016** como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENSINO DE FÍSICA, do Programa de **Mestrado** Profissional em *Ensino de Física* do Departamento de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campo Mourão - Polo 32 do MNPEF - SBF. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação a banca examinadora considerou o trabalho Aprovado (aprovado ou reprovado).



Prof. Dr. Cesar Vanderlei Deimling  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná



Prof. Dr. Eriton Rodrigo Botero  
Universidade Federal da Grande Dourados



Profa. Dra. Adriana da Silva Fontes  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## **Agradecimentos**

Quero agradecer a minha família pelo apoio durante estes dois anos de estudos, sem vocês nada disso teria acontecido.

Aos meus amigos pelas mensagens de incentivo ao decorrer dos trabalhos.

Serei eternamente grata a você Natalia N. M. Deimling e Cesar V. Deimling por guiarem meus passos, na sabedoria da orientação.

Agradeço a CAPES pela bolsa de estudos.

Um grande abraço aos professores do MNPEF de Campo Mourão, por seus ensinamentos.

Deixo aqui o meu maior incentivo em querer buscar mais conhecimento, minha filha Lara.

“Não sei se estou perto ou longe demais, se peguei o rumo certo ou errado. Sei apenas que sigo em frente, vivendo dias iguais de forma diferente. Já não caminho mais sozinho, levo comigo cada recordação, cada vivência, cada lição. E, mesmo que tudo não ande da forma que eu gostaria, saber que já não sou a mesma de ontem me faz perceber que valeu a pena”.

Albert Einstein

## RESUMO

**BENETI CATELI MANGOLIN, Elissandra. Do senso comum ao conhecimento científico: uma proposta didático-pedagógica para o ensino de Indução Eletromagnética no Ensino Médio. 2016. 156 páginas. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.**

Considerando a importância e a emergência de estudos e pesquisas voltados à análise e à prática do ensino de Física na educação básica, este estudo teve como objetivo principal identificar e analisar as contribuições e as limitações dos livros didáticos de Física do ensino médio, tendo em vista, a partir de suas limitações, elaborar, desenvolver e avaliar uma proposta didático-pedagógica para o ensino de tópicos do conteúdo de Eletromagnetismo, em especial a relação existente entre a força magnética e as correntes de Foucault, decorrentes dos efeitos de indução eletromagnética. Trata-se de um projeto vinculado ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), desenvolvido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Campo Mourão, sob a supervisão da Sociedade Brasileira de Física. Para o alcance do objetivo proposto, desenvolvemos, em um primeiro momento, uma análise documental de quatro livros didáticos de Física utilizados atualmente na rede pública de ensino do Estado do Paraná, dando enfoque ao conteúdo de Indução Eletromagnética e Correntes de Foucault, a fim de que pudessemos identificar as possíveis limitações e lacunas desses materiais em relação a este conteúdo. Em um segundo momento, iniciamos a elaboração de um material didático alternativo para o ensino deste conteúdo no ensino médio, tendo em vista desenvolver e avaliar a viabilidade deste material na prática de sala de aula. Para tanto, foi elaborado um plano de unidade e, a partir deste, uma unidade de conteúdo que contempla atividades teórico-práticas e experimentais, as quais buscaram superar algumas das lacunas encontradas nos livros didáticos analisados. Para o desenvolvimento deste trabalho, tomamos como referencial teórico-metodológico a Psicologia Histórico-Cultural e a Pedagogia Histórico-Crítica. As atividades elaboradas foram desenvolvidas com duas turmas do terceiro ano do ensino médio, ambas de escolas públicas. A análise dos dados obtidos nos deixou observar que o conteúdo trabalhado permitiu que os alunos articulassem teoria e prática e passassem, efetivamente, do senso comum ao conhecimento científico em relação aos tópicos estudados.

**Palavras-chave:** Eletromagnetismo. Ensino de Física. Educação Básica.

## ABSTRACT

**BENETI CATELI MANGOLIN, Elissandra. From the common sense to the scientific knowledge: a didactic-pedagogical proposal for teaching Electromagnetic Induction in the High School. 2016. 156 pages. Dissertation (National Professional Master Degree's of Physics Teaching) – Technological Federal University of Parana, Campo Mourão, 2016.**

Taking into consideration the importance and the emergency of the studies and research related to the analysis and practice of Physics teaching in the High School, this dissertation has as the main goal to identify and analyze the contributions and limitations of the Physics High School books and, by its limitations, develop and test a pedagogic-didactic proposal to teach Electromagnetism, to be more specific, in relation to magnetic power and Foucault theories about the effects of magnetic induction. This is a project attached to a National Professional Master Degree's of Physics Teaching (MsNPEF) at the Technological Federal University of Parana, Campo Mourão *Campus*, under the supervision of the Brazilian Physics Society. To reach the proposed objective, we first, analyzed four Physics books that are being used right now at the Public Schools in Parana State in Brazil, focusing on the contents of Electromagnetic Induction and Foucault currents so that we could identify the lack and limitations of those books in relation to this content. In a second moment, we wrote a didactic material as an alternative to teach this topic for high School students, to develop and test the viability of this material in the classroom. In order to do so, we create de a unit plan and a unit content to have theoretic-practical and experimental activities which tried to overcome some lacks left by those four books analyzed before. To develop this work, we took as theoretical-methodological reference the Historical Culture Psychology and the Historical Critical Pedagogy. The elaborated activities were developed with two classes of the third year in the High School, both public schools. The analysis of the obtained data allowed us to diagnose that the content worked enabled that the students linked theory and practice and went effectively from the common sense to the scientific knowledge in relation to the studied topics.

**Key words:** Eletromagnetism, Physics teaching, High School.



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1:	O condutor retilíneo percorrido por uma corrente de intensidade que gera um campo magnético circular com centro próprio, condutor .....	25
FIGURA 2:	Demonstração da relação entre a corrente elétrica e a variação do fluxo magnético.....	26
FIGURA 3:	Linhas de campo magnético atravessando uma superfície plana .....	26
FIGURA 4:	Esquema da Lei de Lenz, no momento em que o ímã se aproxima da bobina ..	29
FIGURA 5:	Imagem do simulador da Lei de Faraday retirado do PHET .....	29
FIGURA 6:	Demonstração da queda do ímã .....	30
FIGURA 7:	Demonstração da Potência da variação do fluxo .....	31
FIGURA 8:	Esquema do experimento de Faraday .....	32
FIGURA 8:	Demonstração do sentido do campo magnético gerado pela passagem da corrente elétrica em um condutores com diferentes formatos .....	32
FIGURA 10:	Esquema de um disco paramagnético (alumínio) girando entre os pólos dos magnetos .....	34
FIGURA 11:	Esquema simplificado ilustrando o surgimento de uma força contrária ao movimento do disco devido à presença de correntes de Foucault.....	34
FIGURA 12:	Representação da Regra da mão Direita, aplicada à corrente elétrica e ao Campo Magnético .....	36
FIGURA 13:	Esquema de um transformador .....	38
FIGURA 14:	Representação das correntes de Foucault .....	39
FIGURA 15:	Esquema simplificado mostrando o alinhamento dos momentos magnéticos de um material ferromagnético .....	40
FIGURA 16:	Representação do fluxo magnético no transformador em um dado instante de tempo .....	41
FIGURA 17:	Alunos realizando a atividade teórico-experimental sobre o Freio Magnético I ..	60
FIGURA 18:	Alunos confeccionando o Gerador Elétrico, sob a orientação da professora pesquisadora .....	61
FIGURA 19:	Experimento do Freio Magnético II .....	64
FIGURA 20:	Um aluno manuseando o experimento de Freio Magnético II .....	66
FIGURA 21:	Processo de desmontagem e montagem de um transformador .....	67
FIGURA 22:	Alunos verificando a mudança de tensão nos transformadores .....	69

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>01</b>
<b>2. ENSINO DE FÍSICA: CONSIDERAÇÕES HISTÓRICAS E TEÓRICAS SOBRE O TEMA</b> .....	<b>09</b>
2.1 Indução Eletromagnética e Correntes de Foucault .....	23
<b>3. A OPÇÃO METODOLÓGICA E SEUS PROCEDIMENTOS</b> .....	<b>43</b>
<b>4. RESULTADOS</b> .....	<b>48</b>
4.1 Contribuições e limitações dos livros didáticos sobre o conteúdo de Indução Eletromagnética .....	48
4.2 Eletromagnetismo – Partindo da prática social inicial dos estudantes .....	
4.3 Problematizando e instrumentalizando os estudantes dos conteúdos históricos – Indução Eletromagnética .....	52
4.4 Problematizando e instrumentalizando os estudantes dos conteúdos culturais – O gerador elétrico .....	58
4.5 Problematizando e instrumentalizando os estudantes dos conteúdos culturais – Correntes de Foucault .....	60
4.6 Problematizando e instrumentalizando os estudantes dos conteúdos culturais – Transformadores .....	63
4.7 Afinal, o que é indução Eletromagnética? Retornando à prática social dos estudantes .....	67
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>70</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>82</b>
<b>APÊNDICE A – Roteiro de análise dos livros didáticos</b> .....	<b>84</b>
<b>APÊNDICE B – Termo de consentimento</b> .....	<b>90</b>
<b>APÊNDICE C – Questionários Inicial e Final</b> .....	<b>92</b>
<b>APÊNDICE D – Plano de Unidade</b> .....	<b>93</b>
<b>APÊNDICE E – Produto Educacional</b> .....	<b>95</b>
	<b>103</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Diferentes estudos e pesquisas que discutem sobre o ensino de Física no Brasil (BACHELARD, 1996; BORGES, 1997; 1999; MENEZES, 2000; OSTERMANN e MOREIRA, 2000; GRECA e MOREIRA, 2001; ZANETIC, 2004; CARVALHO e COIMBRA 2007) têm discutido, entre outros aspectos, sobre as dificuldades enfrentadas por escolas, professores e estudantes no desenvolvimento da disciplina de Física no ensino médio. Entre as diferentes razões e variáveis que concorrem para essas dificuldades encontra-se, também, a ausência de uma formação específica dos professores que lecionam esta disciplina, especialmente nas redes públicas de ensino.

De acordo com Deimling (2014), os dados da auditoria realizada no ano de 2014 pelo Tribunal de Contas da União (TCU) indicam, no Brasil, um déficit estimado de pelo menos 32.700 professores com formação específica no conjunto das doze disciplinas obrigatórias que compõem o currículo do ensino médio. Física é a disciplina com maior carência - mais de nove mil professores - e é o único caso com déficit em todos os estados. Em seguida vêm as disciplinas de Química e Sociologia, ambas com carência de mais de quatro mil profissionais. Só no Estado do Paraná, há atualmente 2.630 professores sem formação específica na área em que atuam.

Os dados apresentados por essa auditoria se somam à estatística apresentada pelo Conselho Nacional de Educação – CNE em 2007 e evidenciam a alarmante escassez de professores para a educação básica. E esta não é uma exclusividade do Brasil. Segundo dados recentes apresentados por Zeichner (2013, *apud* DEIMLING, 2014), há uma estimativa internacional de que seriam necessários, até o ano de 2015, cerca de 10,5 milhões de professores em todo o mundo para que seja possível atender ao objetivo de universalização da educação fundamental, o que não ocorreu até o recorrente ano. Todavia, como discutido por Deimling (2014), a escassez de professores não pode ser caracterizada como um problema emergencial, mas sim como um problema crônico, produzido historicamente pela retirada da responsabilidade do Estado pela manutenção da educação pública de qualidade e da formação de seus educadores. Todavia, tal qualidade demanda investimento público em políticas que melhorem tais condições na prática. Afinal, como afirma esta

autora, não parece coerente que se projete uma formação com níveis de exigência que representem a importância do papel do professor sem considerar, por exemplo, a necessidade de associá-la a boas condições de trabalho e a uma carreira que seja atraente e que estimule investimento pessoal dos professores.

O aumento de matrículas na educação básica da rede pública nos últimos 20 anos tem resultado num avanço significativo e democrático para a universalização deste nível de ensino; todavia, tal expansão tem sido acompanhada, em muitos casos, de perda de qualidade, com diminuição de salário real dos professores, classes superlotadas, aumento da jornada de trabalho, entre outros aspectos (FREITAS, 1999; FREITAS, 2007). Aliada a essas questões tem-se, também, a escassez de recursos materiais e tecnológicos para o desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem, especialmente nas escolas públicas. Neste cenário, um dos materiais mais utilizados pelos professores em sala de aula é o livro didático, o qual, nas últimas décadas, tem levantado críticas tanto positivas quanto negativas por parte de professores e pesquisadores. De acordo com Fracalanza e Neto (2006, p. 176), “há um razoável estoque de críticas aos livros didáticos brasileiros de Ciências”. Apesar das críticas desenvolvidas, o fato é que o professor, mesmo dispondo de um material que, dadas as suas limitações, pode favorecer o trabalho com os diferentes conteúdos disciplinares em sala de aula, possui uma baixa carga horária de trabalho em cada turma para o desenvolvimento de tais conteúdos, o que, por sua vez, pode gerar dificuldades na condução de um trabalho aprofundado e problematizador que vise à efetiva articulação entre teoria e prática no trabalho com os conteúdos em sala de aula.

Há muitas décadas, a discussão sobre a importância da relação entre teoria e prática e entre conhecimento científico e cotidiano na formação escolar tem permeado diversos estudos e pesquisas de diferentes áreas do conhecimento e, em especial, da área de ensino. Todavia, apesar dos diferentes estudos e análises já realizadas ou em andamento, observamos ainda que, em muitas situações, os conteúdos estudados em âmbito escolar são trabalhados de forma desconexa da prática social, o que, frequentemente,

faz com que os estudantes apresentem algumas dificuldades em relacionar os conteúdos curriculares à realidade cotidiana.

Sabemos que tais dificuldades não estão relacionadas apenas a forma como o professor desenvolve os conteúdos em sala de aula, uma vez que essa forma depende, direta ou indiretamente, dos princípios e concepções, das finalidades e das condições objetivas e subjetivas que norteiam e permeiam a educação escolar e, mais especificamente, o processo de ensino-aprendizagem. Entretanto, partindo do princípio de que a educação, ainda que elemento determinado, não deixa de influenciar o elemento determinante, consideramos que a forma como os conteúdos são desenvolvidos em sala de aula também necessita ser ponderada no momento de análise desse processo, tendo em vista, também, a transformação das concepções, finalidades e condições que são postas. Assim, se consideramos a necessidade de um ensino que vise à articulação entre teoria e prática, precisamos igualmente pensar em algumas das condições materiais que são necessárias para que tal articulação seja favorecida dentro de sala de aula.

Nesse sentido, elencamos<sup>1</sup> como objetivo deste trabalho identificar e analisar as contribuições e as limitações dos livros didáticos de Física do ensino médio, tendo em vista, a partir de suas limitações, elaborar, desenvolver e avaliar uma proposta didático-pedagógica para o ensino de tópicos do conteúdo de Eletromagnetismo. O material foi especificamente focado na Indução Eletromagnética e nas correntes de Foucault, uma vez que este tópico de conteúdo é pouco explorado, de acordo com a análise que realizamos de quatro livros didáticos.

Para tanto, tomamos como referência os princípios e pressupostos que fundamentam a Psicologia Histórico-Cultural (VIGOTSKY, 2008) e a Pedagogia Histórico-Crítica (SAVIANI e GASPARIN, 2007), as quais, entre tantos outros aspectos, defendem a importância da ação educativa mediadora no desenvolvimento dos conceitos e da consciência científica. De acordo com Vigotsky (2008), a elaboração de um conceito não começa e não surge de um campo desconhecido, uma vez que o sujeito já possui conhecimentos prévios a

---

<sup>1</sup> Neste trabalho, optamos por escrever em primeira pessoa do plural devido ao fato de que a pesquisa, em suas diferentes etapas, foi conduzida em colaboração com o orientador e co-orientadora.

respeito de determinado assunto a partir de seu convívio social com as formas estabelecidas pela cultura. No entanto, para que esses conhecimentos prévios possam ascender ao nível de conceito científico é necessário que haja aprendizagem escolar.

Essa relação dialética entre os conhecimentos científicos e cotidianos e o papel da educação escolar na elaboração de saberes sistematizados é o foco de discussão da Pedagogia Histórico-Crítica. Em sua teoria, Saviani (2008) defende que professor e alunos devem ter como ponto de partida da ação educativa os problemas postos pela prática social. No momento inicial de discussão desses problemas são considerados os conhecimentos prévios trazidos pelos alunos. Todavia, a partir da problematização das questões postas pela prática social em suas diferentes dimensões e da apropriação dos instrumentos teóricos e práticos necessários ao equacionamento desses problemas, esses conhecimentos são transformados em saber científico, sistematizado, sendo uma expressão elaborada da nova forma de entendimento da prática social a que se ascendeu. Trata-se, para o autor, da efetiva incorporação dos instrumentos culturais, transformados agora em elementos ativos de transformação social. Nesse sentido, a produção de materiais didáticos que visem favorecer a articulação entre conteúdos abstratos e realidade concreta torna-se um importante instrumento tanto para a internalização do conhecimento científico quanto para compreensão do contexto imediato e mediato. Esta mediação nos remete as diretrizes curriculares do estado do Paraná, uma vez que a mesma segue este mesmo referencial teórico-metodológico.

De acordo com as Diretrizes Curriculares Estaduais do Estado do Paraná – DCE (PARANÁ, 2008), a disciplina de Física no ensino médio deve ter por princípio a formação de estudantes que, com base em conhecimentos teórico-práticos, reflitam sobre o mundo das ciências, tendo em vista uma formação crítica e consciente sobre a prática social mais ampla, em suas diferentes dimensões:

Entende-se então, que a Física, tanto quanto as outras disciplinas, deve educar para cidadania e isso se faz considerando a dimensão crítica do conhecimento científico sobre o Universo de fenômenos e a não-neutralidade de produção desse conhecimento, mas seu

comprometimento e envolvimento com aspectos sociais, políticos, econômicos e culturais (PARANÁ, 2008, p. 50).

A Física tem como objeto de estudo os fenômenos naturais, tudo que está a nossa volta, o universo, em toda sua complexidade e, por isso, como disciplina escolar, propõe aos estudantes o estudo da natureza.

Entre os muitos fenômenos estudados na disciplina de Física no ensino médio está o Eletromagnetismo. Entre outros conteúdos, o Eletromagnetismo ganha destaque por favorecer a articulação interdisciplinar com outras áreas do conhecimento, tais como a Química, a Matemática e Biologia, explicando alguns fenômenos discutidos nesses conteúdos disciplinares. Tal conteúdo engloba várias situações cotidianas que, muitas vezes, deixam de ser problematizadas quando de seu trabalho em sala de aula. O campo magnético, indução eletromagnética, correntes parasitas, são apenas alguns dos conceitos e situações presentes em nosso cotidiano que podem ser explicados e problematizados no âmbito do conteúdo de Eletromagnetismo da disciplina de Física no ensino médio, sendo articulados com as demais áreas do conhecimento em suas diferentes dimensões.

De acordo com as DCE de Física (2008):

O trabalho sobre o eletromagnetismo enseja, ainda, tratar conteúdos relacionados a circuitos elétricos e eletrônicos, responsáveis pela presença da eletricidade e dos aparelhos eletroeletrônicos no cotidiano, com a presença da eletricidade em nossas casas. Esses temas ainda são objetos de estudo em muitas pesquisas, sejam relativas à tecnologia incorporada aos sistemas produtivos ou aos novos materiais e técnicas. Ao serem abordados na escola, é preciso considerar, também, seu papel nas mudanças econômicas e sociais da sociedade contemporânea, bem como o fato de não serem acessíveis para todos (PARANÁ, 2008, p. 60-61).

Segundo Magalhães, Santos e Dias (2002), fenômenos elétricos e magnéticos estão presentes em grande parte dos equipamentos que fazem parte do nosso cotidiano, tais como computadores, televisores, geladeiras, motores. Deste modo, a compreensão do eletromagnetismo tem fundamental importância para o entendimento da prática social e, conseqüentemente, para a formação crítica e cidadã dos estudantes.

Diante da dificuldade da professora-pesquisadora deste trabalho em trabalhar com os tópicos do Eletromagnetismo, e considerando os relatos de outros profissionais da área – tais como, rotatividade de professores nos colégios, ausência de formação continuada específica da Física e, principalmente, baixa carga horária nas turmas, buscamos uma alternativa para auxiliar o professor no trabalho com este conteúdo em sala de aula. Para tanto iniciamos com a análise dos livros didáticos.

Atualmente as escolas públicas contam com apoio dos livros didáticos para auxiliar no aprendizado do aluno. O livro didático como uma produção humana serve a diversos discursos de seus múltiplos agentes e usuários, situa-se entre diferentes forças e reúne parte do imenso conhecimento produzido pela humanidade, transmitindo informações verbais e não-verbais. Ele está envolvido por teorias educacionais e científicas, está impregnado de ideologias e, portanto, tanto pode formar como deformar aqueles que fazem uso dele. O livro didático desempenha ainda um papel importante na construção do conhecimento dos alunos, carrega as marcas do discurso científico e escolar e, dessa forma, pode ser considerado um objeto cultural localizado num determinado tempo (GARCIA e BIZZO, 2010).

Dados de outros estudos também já nos mostraram que o livro didático se constitui na principal ferramenta utilizada pelos professores em suas aulas. A centralidade do livro nas aulas mostra a importância atribuída pelos professores a esse material, incluindo seu papel estruturante e estruturador nas atividades em sala de aula, ou seja, o professor a partir do livro didático organiza as tarefas, os trabalhos e muitas vezes as pesquisas a serem desenvolvidas por seus alunos. O livro assume também uma posição de elemento controlador do currículo, pois para muitos professores, ele dirige os conteúdos a serem trabalhados no dia a dia (GARCIA e BIZZO, 2010).

Com isto, nosso trabalho consistiu, num primeiro momento, na análise de quatro livros didáticos de Física do terceiro ano do Ensino Médio utilizados atualmente, a fim de que pudéssemos diagnosticar nesses livros a ausência ou não de dois tópicos de conteúdo essenciais sobre Eletromagnetismo: a Indução Eletromagnética e o seu vínculo com as Correntes de Foucault e com a Força Magnética. Neste momento, analisamos a qualidade deste material, no sentido



de verificar a presença de erros gráficos ou textuais assim como a presença de generalizações indevidas.

Após a análise dos livros, foi elaborado um plano de unidade com base na Pedagogia Histórico-Crítica como perspectiva didática para o ensino de Física, constituindo-a como referencial teórico norteador deste trabalho. Assim, esta teoria educacional prioriza a realidade social, o que a princípio torna-se o diferencial do método dialético de ensino, uma vez que as relações de hierarquia, poder e desigualdades presentes muitas vezes nas relações entre professor e aluno ficariam em segundo plano, dando lugar para a realidade social em que ambos se encontram inseridos e para a problematização dessa realidade, em suas diferentes dimensões.

Como a Física é uma ciência natural, que envolve o cotidiano do aluno, é relativamente fácil contextualizar o conteúdo a partir da realidade prática, todavia, a dificuldade maior é transformar esse conhecimento espontâneo, cotidiano, em conhecimento científico, fazer do aluno um crítico, pois o mesmo está acostumado por diversas vezes a receber tudo pronto e de forma superficial.

Em muitas situações, o professor não consegue trabalhar em sala de aula todo conteúdo exigido pelas Diretrizes Curriculares da Educação Básica do Estado do Paraná (DCEs), sendo os alunos do terceiro ano do ensino médio os mais prejudicados. Nesta série é trabalhado, entre outros, o conteúdo sobre Eletromagnetismo; porém o que se percebe é um ensino muitas vezes superficial, seja pela falta de tempo, pois com apenas duas horas aulas semanais o aprendizado dos alunos pode ficar prejudicado, seja pela falta de domínio de alguns professores sobre este e outros conteúdos da Física, ou mesmo pela falta de material devidamente adaptado para ser desenvolvido nesta fase do aprendizado dos estudantes.

Considerando todos esses aspectos, buscamos elaborar, desenvolver e avaliar uma proposta didático-pedagógica alternativa que vise à sistematização, problematização e contextualização deste conteúdo em seus aspectos teóricos e práticos e em sua relação com a prática social mais ampla.

Assim, o presente trabalho se encontra organizado em quatro capítulos. No primeiro capítulo apresentamos a fundamentação teórica do trabalho, tendo em vista apresentar um panorama geral sobre o Ensino de Física em sua

perspectiva histórica e teórica, bem como sobre o referencial teórico que norteia o estudo. Em seguida, no segundo capítulo, apresentamos a opção metodológica da pesquisa e seus procedimentos de construção e análise dos dados. No terceiro capítulo, discutimos os principais achados da pesquisa, tendo como norte os objetivos inicialmente traçados e o referencial teórico-metodológico escolhido. Ao final, tecemos algumas considerações acerca dos resultados alcançados.

## **2. ENSINO DE FÍSICA: CONSIDERAÇÕES HISTÓRICAS E TEÓRICAS SOBRE O TEMA**

A necessidade de se discutir uma nova proposta didático-pedagógica para os tópicos de eletromagnetismo no ensino médio surgiu devido às dificuldades em se trabalhar este conteúdo em sala de aula. Por ser um conteúdo do final do terceiro ano do ensino médio, muitos professores não conseguem finalizá-lo ou, quando conseguem, este é por diversas vezes tratado de maneira superficial ou descontextualizada. Além disso, a carga horária destinada à disciplina de Física é baixa - em geral 2 horas/aulas semanais - considerando a quantidade e a complexidade dos conteúdos destinados a essa unidade curricular. Ademais, tem-se, muitas vezes, a falta de formação específica dos professores para trabalhar este conteúdo, bem como a grande rotatividade de professores nas escolas públicas, com suas cargas horárias preenchidas em mais de uma instituição de ensino, o que não os permite estabelecer identidade ou vínculo com seu local de trabalho.

Há que se considerar, também, certa falta de organização no trabalho com os conteúdos de Física em sala de aula. Por exemplo, muito tempo se leva para discutir eletrostática, mas pouco se avança a respeito de suas aplicações. Além disso, pouco se fala de magnetismo e muito pouco de eletromagnetismo propriamente dito, considerando-se todas as suas aplicações do mundo moderno (ALBUQUERQUE, 2008).

Mesmo sendo um conteúdo estruturante de Física presente nas DCEs do Paraná, a forma como ele é abordado por professores e, especialmente, pelos livros didáticos, são por diversas vezes superficiais. De acordo com Fracalanza e Neto (2006):

(...) abre-se também a necessidade de inclusão de subsídios metodológicos para o trabalho com o livro do aluno, de esclarecimentos ao professor sobre a organização de conteúdo, sua conexão com as atividades, as diferentes formas alternativas de aproveitá-las e de sugestões práticas que facilitem seus encaminhamentos. Até mesmo as respostas aos exercícios não podem ser lacônicas ou telegráficas, devendo ser justificadas e exploradas em suas possíveis ambiguidades e contradições (FRACALANZA e NETO, 2006, p. 208).

Assim, propomo-nos a identificar e analisar nos livros didáticos de Física as possíveis contradições e limitações presentes na apresentação do conteúdo de Indução Eletromagnética, tendo em vista, a partir dessa análise, o desenvolvimento de uma proposta didático-pedagógica alternativa que busque suprir essas possíveis limitações na discussão deste conteúdo.

A seguir, tomando como referência o estudo de Almeida Júnior (1979 e 1980), de Barra e Lorenz (1986), Fracalanza e Neto (2006), Albuquerque (2008), Garcia e Bizzo (2010), Carvalho e Gil-Pérez (2011), Geraldo (2009), destacamos alguns acontecimentos relacionados ao ensino de ciências e a condição do livro didático no Brasil e, especificamente, no Estado do Paraná, a fim de investigar os condicionantes da educação e seus reflexos em nossa sociedade.

Em relação a formação do professor de ciências no Brasil, Garcia e Bizzo (2010) comenta que logo após a Proclamação da República, o cenário educacional brasileiro era de contraste. De um lado, uma enorme massa ignorante e, de outro, uma elite política altamente educada, sendo a maioria com curso superior na área jurídica.

Nesse cenário, o desenvolvimento da ciência no Brasil teve de enfrentar quatro problemas principais, segundo Bizzo (1996) em um trabalho individual anterior:

Os estudos a respeito da fauna e da flora brasileiros eram poucos, em grande medida, dependentes de coleções situadas na Europa, particularmente em Paris. A formação de professores, mesmo obtida no exterior, pouco poderia ajudar o desenvolvimento do ensino no contexto tropical brasileiro. Além disso, a atração gravitacional do Direito conferia molduras teóricas à ciência que a transfiguravam inteiramente, dado que em vez de um ordenamento questionador do raciocínio, ela era apresentada, tal como um código legal, como um rol dogmático de afirmações. [...] a tendência e conferir autonomia cada vez maior às províncias, [...] fazia da educação contexto particularmente favorável, dado que implicava despesas adicionais às finanças de Pedro II (BIZZO, 1996, p. 131).

Nesse contexto, os livros didáticos utilizados, desde a instituição do ensino público no Brasil, com a fundação do Colégio D. Pedro II, até meados do século XX, eram, em sua maioria, franceses e refletiam o que havia de

melhor no pensamento europeu sobre o ensino de ciências (LORENZ, *apud* BARRA; LORENZ, 1986).

A partir de meados do século XX, viu-se o incentivo ao desenvolvimento de materiais didáticos na área de ciências. Este também foi um período de mudanças na legislação que regulavam o ensino secundário, e tais mudanças refletiram no livro didático. Nicioli Júnior e Mattos (2007) analisaram livros didáticos das décadas de 50 e 60 e observaram que a abordagem do conteúdo dos livros didáticos de Física do século XIX e do século XX sofreu alterações. Segundo os autores:

Em nossa análise podemos observar que a pedagogia utilizada nos livros didáticos desse período é informativa [...] A ciência não é caracterizada como historicamente construída, pois é posta nos livros como acabada sem nenhuma postura indagadora. [...] Predomina a memorização, caracterizada por um monólogo centrado no professor cujo apenas é praticado o ensino bancário do conteúdo. Sendo assim, a visão da ciência ensinada a um aluno do ensino secundário da época era apenas de cálculos complicados, onde a principal finalidade era a preparação para o ensino superior (NICOLI JÚNIOR e MATTOS, 2007).

Assim, podemos observar que o livro didático é influenciado por diversos fatores: políticas predominantes de cada período, tendências de ensino e propostas curriculares mundiais, investimento financeiro (geralmente ausência), condições objetivas de trabalho, formação e atuação do professor.

Ainda em meados do século XX, mais especificamente em Janeiro de 1970, pessoas envolvidas com o ensino de Física se reuniram no *campus* da Universidade de São Paulo - USP para trocar experiências. O primeiro Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF, fez um diagnóstico nada animador: os problemas do ensino de Física não eram específicos de uma região, mas sim de todo o país. Dos diversos pontos levantados, todos estavam ligados, entre outros aspectos, ao problema da formação do professor (ALMEIDA JÚNIOR, 1980).

Em 1971 foi decretada uma reforma no ensino. A Lei 5.692, promulgada durante o período militar, alterava profundamente todo o sistema educacional. Com tal mudança as metodologias de ensino se tornaram inadequadas para a nova realidade da escola: havia carência de material didático adequado às

exigências legais e faltavam professores capacitados para ensinar ciências da maneira prevista na nova diretriz (BARRA e LORENZ, 1986). Além disso, a ausência de recursos financeiros e as péssimas condições materiais em que se encontravam as escolas públicas neste período agravavam a situação.

Para atender as novas exigências curriculares e metodológicas, o Ministério da Educação - MEC lançou o Projeto Nacional para a Melhoria do Ensino de Ciências, sob a responsabilidade do Programa de Expansão e Melhoria do Ensino (PREMEN), que também recebeu apoio financeiro da United States Agency for International Development (USAID). Desta forma, foi criado mais um órgão especializado na produção de materiais didáticos de ciências. Na área da Física foi desenvolvido a Pesquisa em Ensino de Física - PEF, em convênio com a USP (COIMBRA, 2007).

Todavia, com o findar da década de 1970, o Projeto Melhoria do Ensino de Ciências passou a ser considerado não prioritário pelo MEC, assim como o PREMEN teve seus recursos financeiros reduzidos, dificultando o andamento dos projetos existentes e o financiamento de novo projetos (COIMBRA, 2007).

Considerando o despreço do governo militar pela educação pública, nesta mesma década professores de Física do país se reuniram em três simpósios na tentativa de enfrentar os problemas do ensino. No I Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) foram diagnosticados alguns problemas relacionados ao ensino de Física, dentre eles a influência nefasta dos exames de vestibular, pois os professores eram pressionados pelos próprios alunos para que estes “ensinassem” a realizar tais exames (ALMEIDA JÚNIOR, 1980, p. 68). Com isso, os materiais didáticos passaram a ser adaptados para essa situação e, em consequência, houve a simplificação do livro didático e o estabelecimento de um processo de massificação do ensino.

Chegando ao III Simpósio Nacional de Ensino de Física, neste mesmo período, foram aprovadas moções que indicavam o descontentamento da implementação de uma reforma do ensino médio sem a participação dos professores. Segundo os participantes do evento, a implantação da Lei 5.692/71 implicaria numa superficialidade do ensino de Física, devido à diminuição da carga horária no currículo (COIMBRA, 2007).

Ainda na década de 1970, foram criados dois Programas de Pós-Graduação em Ensino de Ciências na USP e na Universidade Federal do Rio

Grande do Sul - UFRGS, a fim de qualificar e intensificar a pesquisa sobre o ensino de Física. Tais pesquisas buscavam investigar e solucionar problemas relativos ao ensino de Física em diversos âmbitos, com vistas à melhoria da qualidade desse ensino (Coimbra 2007, *apud* MEGID NETO e PACHECO, 2004).

Este breve histórico do ensino no Brasil e o espaço ocupado pelo ensino de Física e livros didáticos nos mostram que ao longo dos anos o processo escolar tem apresentado, segundo Coimbra (2007), mais ou menos as mesmas características:

- ✓ O ensino de ciências/ Física não foi valorizado;
- ✓ Ensino voltado para teoria e experimentação deixada de lado;
- ✓ Ensino de ciências voltado para vestibular, moldando comportamento de professor e aluno, currículo, tipo de avaliação, eliminação de aulas de laboratório e o tipo de livro;
- ✓ A classe dominante que detém o poder é a que faz as reformas, de acordo com os seus interesses, para que a mesma continue no poder;
- ✓ O movimento curricular ocorrido em 1950 e 1980 foi inicialmente estimulado por fatores externos, principalmente do interesse dos norte-americanos, mas também foi estímulo para o desenvolvimento de projetos nacionais, adequados à realidade brasileira;
- ✓ Professores com número excessivo de aulas, devido aos baixos salários, não se atualizam, portanto não buscam melhorias nos livros didáticos;
- ✓ Livros didáticos que apresentam a ciência como pronta e acabada, retirando o seu aspecto dinâmico de interação homem/conhecimento/contexto histórico;
- ✓ Livros didáticos com ênfase conceitual, em especial na formalização matemática;
- ✓ Livros “preocupados” somente em preparar para o ingresso no ensino superior;
- ✓ Livros que pouco têm contribuído para a formação de uma cultura científica.

A inovação do ensino de ciências tem se transformado ao longo dos anos, sendo influenciado por novas teorias de ensino-aprendizagem, por mudanças nos objetivos do ensino de ciências e por transformações políticas, sociais e econômicas (COIMBRA, 2007).

Em busca de uma articulação da educação ao panorama mundial, o Brasil promoveu, na década de 1990 e início dos anos 2000, algumas reformas curriculares na educação básica. Dispositivos legais como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) de 1996, as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCEN) e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), são alguns dos documentos indicadores dessas reformas (COIMBRA, 2007).

Com pesquisas mais recente como a de Carvalho e Gil-Perez (2011) demonstram:

“Conjeturar que as deficiências em nossa preparação docente não constituem nenhum obstáculo intransponível, e que os diferentes problemas podem ser abordados e resolvidos por equipes docentes em um processo criativo e satisfatório. Deste ponto de vista, insistimos, não consideramos necessária, nem conveniente, a transmissão de propostas didáticas, apresentadas como produtos acabados, mas sim favorecer um trabalho de *mudança didática* que conduza os professores (em formação ou em atividade), a partir de suas próprias concepções, ampliem seus recursos e modifiquem suas perspectivas” (CARVALHO e GIL-PEREZ, 2011, pg. 30).

Assim percebemos a luta dos profissionais de ensino para melhoria no Brasil, seja por meio de Formação Continuada ou Pós-Graduação, o importante e continuação por melhorias no ensino básico do país.

Com esta preocupação, ainda em discussão, foi proposta uma nova Diretriz Nacional para o Ensino Médio (DCNEM), homologada em janeiro de 2012, pauta-se na integração curricular por áreas do conhecimento, pois a ideia é adequar o currículo do Ensino Médio ao modelo do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), cuja proposta é interdisciplinar. Assim, não existiriam mais as disciplinas Física, Biologia e Química, mas a disciplina de Ciências Naturais, o que, segundo estudiosos da área, poderia acarretar num prejuízo aos professores e alunos e a todo aprendizado específico mais elaborado.

Antecipadamente no Paraná, a partir de 2003, iniciou-se a construção das diretrizes curriculares estaduais, coletiva, considerando-se a necessidade



de um documento crítico para orientar a prática pedagógica nas escolas paranaenses.

Estas Diretrizes buscam construir um ensino de Física centrado em conteúdos e metodologias capazes de levar os estudantes a uma reflexão sobre o mundo das ciências, considerando que esta não é somente fruto da racionalidade científica. Este documento tenta mostrar que a Física está além de uma equação matemática e que o conhecimento científico é uma construção humana com significado histórico e social. Seus princípios pautam-se na teoria histórico-crítica e histórico-cultural, justamente a teoria que norteia nosso estudo, segundo Gasparin (2007):

A Teoria Histórico-cultural atribui muita importância à apropriação de conhecimentos já produzidos historicamente e que se encontram objetivados na sociedade em que o indivíduo se insere (GASPARIN, 2007, p. 82).

Essa Teoria é muito propícia ao Ensino de Física, pois a Física está em nosso cotidiano. Nessa perspectiva, Geraldo (2009) comenta:

“O conhecimento científico compõe a base de todo o processo produtivo na sociedade, além de estar presente nos elementos tecnológicos com os quais convivemos em nosso dia a dia, portanto, sua apropriação pelas novas gerações, além de um direito, é uma necessidade para o pleno exercício da cidadania em nosso meio” (GERALDO, 2009, p. 87).

Com todos esses fatores preocupantes para a educação, os livros didáticos para o Ensino Médio demoraram um pouco mais a chegar nas escolas públicas, como relata Garcia (2012):

“Para os jovens do Ensino Médio, o acesso aos livros só se efetudou recentemente, com a ampliação do Plano Nacional do Livro Didático e a criação do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio – PNLEM, por meio da Resolução FNDE n.º 38/03. Na última década, portanto, começaram a ser construídas as condições para que os alunos do Ensino Médio das escolas públicas também passassem a receber livros didáticos gratuitamente, o que aconteceu com os de Física, pela primeira vez, em 2009, rompendo, assim, a crônica falta do livro didático dessa disciplina nas mãos dos alunos e professores” (GARCIA, 2012, p.6).

Com a inserção dos livros didáticos no ensino médio, houve também uma grande preocupação com sua qualidade de conteúdo. Sabemos da existência de uma comissão de profissionais da área para certificarem esses livros, porém, esta qualidade é questionada por diversos fatores. Um desses fatores é o mercado financeiro. De acordo com Saab (1999), a indústria dos livros didáticos representa, em média, 54% da indústria nacional de livros. Em 1998, dos 369 milhões de livros produzidos no Brasil, 244 milhões referiam-se aos didáticos, cujo segmento é o mais concentrado, ou seja, com o menor número de editoras: Ática, Scipione, FTD, Saraiva e Moderna (GARCIA, 2012).

Além disso, diversas editoras de livros didáticos estão vinculadas a redes de Ensino Superior, as quais possuem a preocupação de o aluno passar no vestibular. Este resultado é visível em diversas pesquisas, segundo Carvalho (2007):

“Os livros didáticos, de uma maneira geral, apresentam um discurso que mostra a preocupação com a Física como uma ciência que permite compreender uma grande quantidade de fenômenos naturais, indispensáveis para a formação profissional e preparação para o vestibular e a compreensão e interpretação do mundo pelos sujeitos. No entanto, neles a ênfase recai sobre os aspectos quantitativos em detrimento dos qualitativos e conceituais, privilegiando a resolução de “Problemas de Física” que se traduzem em exercícios matemáticos com respostas prontas” (CARVALHO, 2007, p.10).

De todo modo, apesar das novas tecnologias educacionais disponíveis, o livro didático ainda constitui-se no recurso pedagógico mais difundido no Brasil (GARCIA; 2011, CARVALHO; 2007, COIMBRA; 2007), desempenhando importante papel no processo de ensino-aprendizagem.

Diversas dimensões da experiência escolar são afetadas pela presença dos livros nas salas de aulas: o ensino, os métodos, a avaliação, a imagem dos professores, o conhecimento, dentre outros. É inegável a forte tradição de se estudar por meio dos livros, no entanto, são pouco conhecidas as condições pelas quais eles afetam a vida escolar (GARCIA, 2011).

Numa perspectiva histórica, observamos algo contraditório: a ciência está evoluindo a cada instante, com novas tecnologias, o que conseqüentemente atinge a Física que está diretamente relacionada à tecnologia e novas descobertas; por outro lado, percebemos um ensino

induzido, pronto, com foco no resultado proposto pelo professor ou em livros didáticos, sem muito espaço para o aluno, essa visão empirista-indutivista pode resultar em práticas docentes e discentes inadequadas. No entanto, nossa proposta é proporcionar um aprendizado significativo. Segundo Moreira (2010), nos mostra justamente o oposto, a importância do aprendizado significativo:

A aprendizagem significativa como um referente para organizar o ensino depreende-se que um ensino potencialmente significativo é viável, mas implica várias ações, inclusive a preparação de novos materiais instrucionais e o desenho e a implementação de novas estratégias didáticas que levem em conta o conhecimento prévio do aluno, os princípios programáticos da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa, os organizadores prévios, a avaliação como uma busca de evidências. Sem dúvida, um desafio. É muito mais fácil “seguir o livro” e “cumprir o programa” com aulas “estilo narrativa” (MOREIRA, 2010, p. 42).

Além do mais, percebemos de um lado o professor que, em muitas situações, utiliza o livro didático como único recurso metodológico; de outro, muitos alunos que acabam decorando o conteúdo para as provas sem compreendê-lo. Esse processo mecanizado de ensino-aprendizagem, sem ou com pouca relação com o cotidiano e com a prática social mais ampla, pode acarretar, em professores e alunos, dificuldades na compreensão dos conteúdos de Física trabalhados em sala de aula.

Ademais, o conteúdo de Física proposto nos planos e diretrizes de ensino das escolas públicas é muito extenso para os três anos do ensino médio, por ter apenas duas horas aulas semanais. O professor, em geral, dispõe de um tempo muito reduzido para desenvolver a história da ciência, o que torna as aulas somente um momento para resoluções de exercícios. Zanetic (1989), há mais de duas décadas, já discutia sobre o caráter mecanizado do ensino de Física nas escolas:

(...) a Física ensinada em nossas escolas é essencialmente matemático-operacional, metodologicamente pobre, sem experimentos, sem história interna ou externa e desligada da vivência dos alunos e da prática dos cientistas. Por tudo isso, a Física ensinada nas escolas, a Física escolar, nasce sob o signo do distanciamento com relação à “Física real” (ZANETIC, 1989, p. 177).

Como podemos observar, tal realidade não mudou significativamente. Ainda enfrentamos problemas relacionados à dicotomia entre teoria e prática no ensino de Física – e em tantas outras disciplinas curriculares -, bem como entre a realidade e os saberes científicos, imprescindíveis para uma compreensão crítica dessa realidade.

Por esses e outros motivos, a Física acaba sendo considerada uma disciplina de difícil compreensão, também por requerer muita interpretação e matematização. Porém, o ensino de Física não deve se pautar apenas na perspectiva matemática, uma vez que as equações e fórmulas não representam todo o conhecimento científico nele envolvido.

Karam e Pietrocola (2009), fizeram uma pesquisa a fim de verificar a relação existente entre a matemática e a Física, argumentando que ambas estão profundamente relacionadas, comentam ainda das dificuldades que muitos alunos e até mesmo professores tem quando questionados, ou solicitados a explicarem as equações, o seu significado com suas próprias palavras sobre os motivos pelos quais uma determinada expressão tem aquela forma específica, raramente conseguem responder satisfatoriamente a essas demandas. Todavia, os autores argumentam que essas duas disciplinas têm sido trabalhadas de maneira independente no contexto do ensino e que os estudantes dificilmente se dão conta dessa crescente relação.

Além desses aspectos, é preciso considerar que a Física precisa ser trabalhada em sala de aula de maneira que contemple tanto a teoria como a prática, seja por meio de aulas expositivas dialogadas, de experimentação ou mesmo de resolução de exercícios. Outrossim, é preciso trabalhar este conteúdo em suas diferentes dimensões, de maneira integrada, e não fragmentada. Pode-se, por exemplo, problematizar o conteúdo a partir de sua dimensão conceitual, científica, histórica, ambiental, econômica, social, entre outros, sempre numa perspectiva teórico-prática, partindo de um contexto empírico para o desenvolvimento do conhecimento científico. Esta é a proposta da Pedagogia Histórico-Crítica, desenvolvida por Dermeval Saviani já na década de 1970 e amplamente discutida por estudiosos e pesquisadores da área de educação. A partir dessa teoria, parte-se dos conhecimentos prévios dos alunos sobre a realidade prática, conhecimentos esses muitas vezes de senso comum, fragmentados, sincréticos para, a partir da discussão, da

análise, da problematização, da teoria, possíveis por meio da ação educativa e da mediação do professor, voltar-se à realidade prática, não mais aquela da qual se partiu, mas sim para uma compreensão mais elevada, sintética, crítica, científica e elaborada da prática social. Como relata Gasparin (2007):

“Durante o processo de sua formação no ensino fundamental e médio ou na formação inicial em nível superior, o educando ainda não se encontra habilitado legalmente para o exercício da profissão que escolhe. Por conseguinte, sua prática final do conteúdo será sempre uma prática, em maior medida, pedagógico-escolar e futuramente profissional. Todavia, a prática do período de formação extrapola a dimensão acadêmica porque a finalidade da escola, em todos os níveis e áreas do conhecimento, não é apenas preparar um profissional, mas um cidadão. Por isso, a prática social final do conteúdo ultrapassa o nível institucional para tornar-se um fazer prático-teórico no cotidiano extra-escolar nas diversas áreas da vida social” (GASPARIN, 2007, p. 147).

Essa didática objetiva um equilíbrio entre teoria e prática, envolvendo os educandos em uma aprendizagem significativa dos conhecimentos científicos e políticos, para que estes sejam agentes participativos de uma sociedade democrática e de uma educação política (GASPARIN e PETENUCCI 2008).

Nessa perspectiva, o fenômeno da indução eletromagnética, foco deste estudo, poderia ser trabalhado também em sua relação com a realidade prática, em suas diferentes dimensões. Tal fenômeno, descrito por Faraday, é de fundamental importância para a humanidade, pois a grande maioria das coisas a nossa volta é afetada de alguma forma pela eletricidade. A funcionalidade de um simples liquidificador e os mais sofisticados videogames, por exemplo, possuem em seu princípio, direta ou indiretamente, a indução eletromagnética. Além disso, a geração de energia elétrica para cidades inteiras tem como processo fundamental o fenômeno da indução eletromagnética. Portanto, motivos não faltam para que se conheça, estude e entenda melhor como a natureza age nas situações-problema apresentadas, podendo prever o que ocorrerá com cada fenômeno. Sobre este tópico de conteúdo, as DCEs (PARANÁ, 2008) de Física apresentam:

O trabalho sobre o eletromagnetismo enseja, ainda, tratar conteúdos relacionados a circuitos elétricos e eletrônicos, responsáveis pela presença da eletricidade e dos aparelhos

eletroeletrônicos no cotidiano, com a presença da eletricidade em nossas casas. Esses temas ainda são objetos de estudo em muitas pesquisas, sejam relativas à tecnologia incorporada aos sistemas produtivos ou aos novos materiais e técnicas. Ao serem abordados na escola, é preciso considerar, também, seu papel nas mudanças econômicas e sociais da sociedade contemporânea, bem como o fato de não serem acessíveis para todos. (PARANÁ, 2008, p. 60)

Como podemos observar, as DCEs prezam pela discussão e análise do tema em suas diferentes dimensões, tendo em vista sua relação com o cotidiano e sua utilização para uma compreensão mais crítica do mesmo. Por esses e outros motivos, elaboramos um plano de unidade e uma unidade de conteúdo que contempla atividades teórico-práticas sobre a indução eletromagnética. Todas as atividades experimentais envolvidas foram elaboradas com materiais de baixo custo e fácil acesso, uma vez que, nem sempre, as escolas dispõem de laboratórios e equipamentos para as atividades experimentais.

Para a elaboração desse material, tomamos como referencial teórico a Psicologia Histórico-Cultural de Lev Semenovich Vygotsky e a Pedagogia Histórico-Crítica de Dermeval Saviani.

Trata-se, neste momento, da problematização da realidade e da aquisição – instrumentalização - dos conhecimentos teórico-práticos necessários à compreensão dessa realidade, não mais de uma maneira empírica, de senso comum, espontânea, mas científica e elaborada. Esse passo inclui, também, o momento da catarse, momento em que há o efetivo confronto entre aquilo que o aluno sabia (conhecimento cotidiano) e o que aprendeu enquanto conhecimento científico pela mediação do educador no processo de ensino-aprendizagem. Trata-se do momento de elevação da compreensão crítica sobre a realidade. Segundo Vygotsky (2008):

“O momento de maior significado no curso do desenvolvimento intelectual, que dá origem às formas puramente humanas de inteligência prática e abstrata, acontece quando a fala e a atividade prática, então de duas linhas completamente independentes de desenvolvimento, convergem” (VYGOTSKY, 2000, p. 33).

O método de ensino da Pedagogia Histórico-Crítica visa estimular a atividade e a iniciativa do professor e favorecer o diálogo dos alunos entre si e com o professor, mas sem deixar de valorizar o diálogo com a cultura acumulada historicamente. Da mesma forma, visa levar em conta os interesses dos alunos, seus ritmos de aprendizagem e seu desenvolvimento psicológico sem perder de vista a sistematização lógica dos conhecimentos, sua ordenação e gradação para efeitos do processo de transmissão-assimilação dos conteúdos cognitivos (GASPARIM e PETENUCCI, 2008).

Segundo Saviani (2008) a educação escolar implica em três partes:

“a) Identificação das formas mais desenvolvidas em que se expressa o saber objetivo produzido historicamente, reconhecendo as condições de sua produção e compreendendo as suas principais manifestações, bem como as tendências atuais de transformação; b) Conversão do saber objetivo em saber escolar, de modo que se torne assimilável pelos alunos no espaço e tempo escolares; c) Provimento dos meios necessários para que os alunos não apenas assimilem o saber objetivo enquanto resultado, mas aprendam o processo de sua produção, bem como as tendências de sua transformação” (SAVIANI, 2008, p. 09).

Com isto percebe-se a grande importância de valorizar o conhecimento inicial do aluno, sua realidade objetiva. A própria psicologia que embasa a Pedagogia Histórico-Crítica é a Teoria Histórico-Cultural de Vygotsky, onde o homem é compreendido como um ser histórico, formado por meio de suas relações com o mundo natural e social. Ele difere das outras espécies pela capacidade de transformar a natureza pelo meio de seu trabalho, por meio de instrumentos por ele criados e aperfeiçoados ao longo do desenvolvimento histórico-humano. Eles são sempre mediados por outros conceitos; exercem papel preponderante na aprendizagem escolar (VYGOTSKY, 2008).

Vygostky procura analisar a função mediadora presente nos instrumentos elaborados para a realização da atividade humana. Ele comenta sobre três níveis conceituais sobre o aprendizado – a Zona de Desenvolvimento Real, a Zona de Desenvolvimento Proximal, e a Zona de Desenvolvimento Potencial (ZDP) – sendo o real o que a criança traz de informação para a escola, o seu conhecimento prévio, o senso comum. A proximal é o momento em que o professor media o conhecimento com o aluno,

elevando assim o seu aprendizado para um nível superior (ZDP), aumentando o seu potencial para o saber científico, segundo Vygotsky (2008):

“A zona de desenvolvimento proximal hoje, será o nível de desenvolvimento real amanhã – ou seja, aquilo que uma criança pode fazer com assistência hoje, ela será capaz de fazer sozinha amanhã” (VYGOTSKY, 2008, p. 113).

Cada estudante traz consigo conhecimentos, mesmo que de senso comum, sua vivência social. Por este motivo, é muito importante trazer este conhecimento para a sala aula, seja por questões prévias ou debates iniciais, a fim de que seja possível conhecer a experiência e o nível de argumentação de cada um. Esse diálogo com o aluno é essencial tanto para a discussão inicial do conteúdo a ser abordado quanto para sua problematização, análise e compreensão. Conforme relata Geraldo (2009):

“o desenvolvimento de qualidade do processo de ensino depende da delimitação e escolha de objetivos e conteúdos acessíveis, socialmente significativos e assumidos por professores e alunos: capazes de suscitar sua atividade e suas capacidades mentais, seu raciocínio e sua atividade prática de manipulação e reflexão, para que assimilem de forma significativa, consciente e ativa os conhecimentos, os valores e as atitudes educativas” (GERALDO, 2009, p. 146).

A participação ativa do estudante é necessária em todos os momentos do processo pedagógico. No entanto, devemos nos preocupar com as possíveis situações ocorridas durante as aulas, antecipadamente, para isto, é de grande importância o planejamento de aula, com esta preocupação, buscamos como referencia os cinco passos da Pedagogia Histórico-Crítica, a fim de preparar um sequencia de aula, descritas por Gasparin (2007):

- ✓ *A Prática Social Inicial do Conteúdo*: o saber anterior é o ponto de partida, onde o professor busca o conhecimento prévio dos alunos, vivência cotidiana do conteúdo, por meio de perguntas e discussões em sala de aula;
- ✓ *Problematização*: é um elemento-chave na transição entre a prática e a teoria, isto é, entre o fazer cotidiano e a cultura elaborada. É o processo de busca, de investigação para



solucionar as questões em estudo, que o professor leva para a sala de aula;

- ✓ *Instrumentalização*: é o caminho pelo qual o conteúdo sistematizado é posto à disposição dos alunos para que o assimilem e o recriem, ou seja, são os recursos humanos, os materiais utilizados;
- ✓ *Catarse*: é a síntese do cotidiano e do científico, do teórico e do prático a que o educando chegou, marcando sua nova posição em relação ao conteúdo e à forma de sua construção social e sua reconstrução na escola. É a avaliação do que o aluno aprendeu do conteúdo;
- ✓ *Prática Social Final do Conteúdo*: é a confirmação de que aquilo que o educando somente conseguia realizar com a ajuda dos outros agora o consegue sozinho. É a transposição do “senso comum” do que já sabia ao “conhecimento científico” do que aprendeu.

Reafirmando assim a importância do planejamento de aula, foi com base nesses princípios que realizamos uma sequência de atividades teórico-práticas para o ensino do Eletromagnetismo, especificamente da Indução Eletromagnética e Correntes de Foucault, uma vez que, como já discutimos, este tópico de conteúdo é pouco tratado nas escolas públicas ou trabalhado, em muitas situações, de maneira superficial.

Por ser o foco deste estudo, discutiremos este tópico de conteúdo no item a seguir.

## **2.1 Indução Eletromagnética e Correntes de Foucault**

Desde que o professor dinamarquês de Física Hans Christian Oersted (1777 – 1851), em 1820, descobriu que uma corrente elétrica gera um campo magnético, a simetria das relações entre o magnetismo e a eletricidade levou Michael Faraday (1791 – 1867) a acreditar na proposição inversa: se há uma corrente elétrica induzida na bobina, há também uma força eletromotriz induzida, pois sem energia os portadores de carga não se movimentam, (GASPAR, 2011).

Como é abordado por Gaspar (2011), o conceito de campo surgiu com a observação de que um ímã alterava as propriedades da região próxima a ele. Esse efeito produzido nas vizinhanças do ímã que foi chamada de campo magnético. A descoberta de Hans Christian Orsted, publicada em artigo datado de 21 de junho de 1820, desencadeou um grande interesse na comunidade científica, surgindo assim, estudos que buscavam relacionar o campo magnético com outros ramos da Física, como por exemplo, a eletricidade.

A abordagem histórica nos mostra um pouco das contribuições que o pesquisador Michael Faraday, físico e químico inglês fez ao longo de seus estudos. Na Física contribuiu com os estudos do Eletromagnetismo, verificando que a variação do fluxo magnético gerava uma corrente induzida.

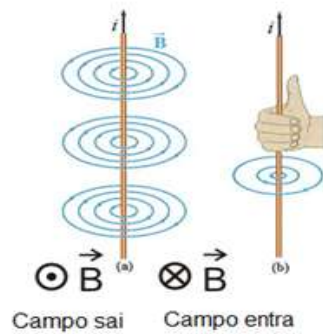
Pouco depois de Faraday descobrir a lei da indução, Heinrich Friedrich Lenz propôs uma regra segundo Halliday e Resnick (2012):

“A corrente induzida em uma espira tem um sentido tal que o campo magnético produzido pela corrente se opõe a variação de campo magnético que induz a corrente” (HALLIDAY e RESNICK, 2012, p. 251).

Assim quando um ímã se aproxima de uma espira, surge uma corrente induzida na espira. Essa corrente faz surgir um campo magnético, cujo sentido pode ser determinado pela regra da mão direita. Ao aplicar essa regra verifica-se que o campo magnético induzido pela espira tem sentido oposto ao campo magnético do ímã na aproximação. Uma visão simplificada do problema pode ser obtida imaginando que a espira possui um comportamento análogo ao de um magneto com polaridade invertida ao do ímã, oferecendo dessa maneira uma força repulsiva durante a aproximação.

Para exemplificar o sentido do campo magnético gerado por uma corrente elétrica, torna-se conveniente o uso da regra da mão direita. Por exemplo, considerando um fio condutor retilíneo, alinhando o polegar no sentido da corrente elétrica, os demais dedos da mão direita indicarão o sentido do campo magnético. Também podemos utilizar a regra da mão direita invertendo o seu “ajuste”, como por exemplo, quando tratamos o campo magnético gerado no interior de uma espira. Neste caso, alinhando o dedo polegar no sentido da corrente elétrica, os demais dedos da mão direita

indicarão o sentido do campo magnético<sup>2</sup>. Cabe citar que existem muitas regras prática que descrevem este fenômeno, sendo que uma das mais comuns está representada na **Figura 1**.



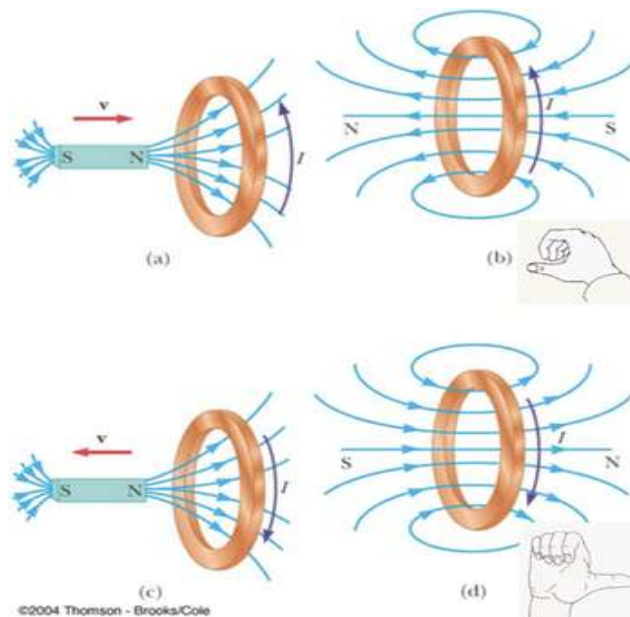
**Figura 01:** O condutor retilíneo percorrido por uma corrente de intensidade  $i$  gera um campo magnético circular com centro próprio condutor, cujo vetor campo magnético  $\vec{B}$  tem direção e sentido dados pela regra da mão direita

**Modificado da Fonte:** Portal Uol Educação

Por outro lado, se fizermos o contrário, ao afastarmos o ímã da bobina perceberemos que a corrente induzida apresenta sentido contrário ao da situação anterior e ao utilizar novamente a regra da mão direita é possível perceber que o campo magnético criado pela corrente induzida na espira tem o mesmo sentido do campo magnético do ímã. A **Figura 2** apresenta esquematicamente a Lei de Lenz, ilustrando os casos de aproximação e afastamento do ímã.

---

<sup>2</sup> De uma maneira geral, o vetor campo magnético sempre poderá ser obtido por meio da Lei de Biot-Savart.



**Figura 2:** Demonstração da relação entre a corrente elétrica e a variação do fluxo magnético.

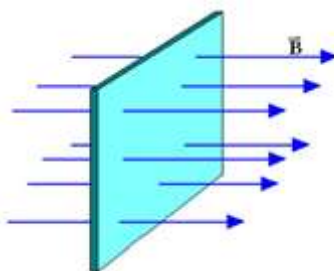
Na imagem (a) o ímã está se aproximando da espira, gerando uma corrente induzida no sentido anti-horário que gera um campo magnético contrário, imagem (b), dificultando a entrada do ímã. Uma vez que o ímã entrou na bobina, desejamos que ele se afaste, como representado na imagem (c), a variação do fluxo magnético produz uma corrente induzida no sentido horário, gerando um campo magnético oposto ao do ímã, impedindo-o de sair, como mostra a imagem (d).

**Fonte:** Serway (2006)

Uma vez que o movimento do ímã cessa, a corrente elétrica na espira se torna nula, indicando que a sua existência está condicionada à variação de fluxo magnético, gerada pelo movimento do ímã.

Essa variação de fluxo e tempo está representada a partir de variações infinitesimais do fluxo magnético, pois em muitos casos o fluxo magnético não varia linearmente com o tempo, necessitando dessa maneira o uso de derivadas para a determinação da Força Eletromotriz.

O fluxo magnético, está relacionado ao número de linhas de campo magnético que atravessam determinada superfície de área (A). Como mostra a **Figura 03**.



**Figura 03:** Linhas de campo magnético atravessando uma superfície plana.

**Fonte:** Portal Mundo Educação Bol-Uol

Desta forma, podemos dizer que o número de linhas de campo que atravessam uma superfície plana, de área **A**, colocada perpendicularmente a um campo magnético, é proporcional ao produto do campo magnético pela área da superfície.

As Equações 1 e 2, demonstram a relação entre o fluxo magnético e a força eletromotriz, a partir das variações infinitesimais diferentes das encontradas em livros de Ensino Médio, representada por variações delta. A Equação 1 é denominada de lei de Faraday, representada matematicamente:

$$\varepsilon = - \frac{d\phi}{dt} \quad (1)$$

$\varepsilon \Rightarrow$  Força Eletromotriz Induzida, unidade de medida é Volts (V);  
 $d\Phi \Rightarrow$  Variação do fluxo, unidade de medida é Weber (Wb);  
 $dt \Rightarrow$  Variação do tempo, unidade de medida é segundos (s);

Por meio da Equação 2 podemos obter o fluxo magnético que atravessa a espira:

$$\phi = \vec{B} \cdot \vec{A} \quad (2)$$

$\Phi \Rightarrow$  Fluxo magnético, unidade de medida é Weber (Wb);  
 $B \Rightarrow$  Campo magnético, unidade de medida é Tesla (T);  
 $A \Rightarrow$  Área, unidade de medida é metros quadrados (m<sup>2</sup>).

Considerando um caso genérico, onde o campo magnético **B** faz um ângulo  $\theta$  com a normal de uma espira de área **A**, devemos utilizar apenas a projeção da área na direção do campo magnético. Dessa maneira, o fluxo magnético pode ser obtido por meio da Equação 3. Portanto, temos que:

$$\phi = |\vec{B}| \cdot |\vec{A}| \cos\theta \quad (3)$$

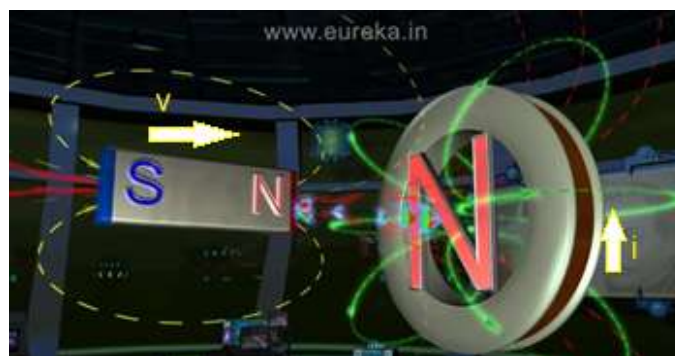
Neste cenário, uma variação de fluxo magnético induz uma f.e.m. (força eletromotriz) no corpo, que determina, por sua vez, o aparecimento de uma corrente elétrica no volume do disco submetido à essa variação. Essa corrente induzida gera um novo campo magnético que se opõe ao campo magnético indutor (lei de Lenz).

Um modo prático de representar graficamente o campo magnético relacionado à Equação 1 ocorre por meio do uso de linhas de campo magnético. A variação de número de linhas de campo magnético, ou seja, a variação de fluxo magnético no interior de uma bobina gera o aparecimento de uma força eletromotriz induzida. Neste sentido, usando de um rigor matemático mais simplista, podemos representar a Lei de Faraday conforme encontrada nos livros de Ensino Médio sempre que a dependência entre o fluxo magnético e o tempo for linear, como mostrado pela Equação 4.

$$\left( \varepsilon = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right) \quad (4)$$

Deve-se observar, que o nome força eletromotriz é mantido por questões históricas. Essa grandeza não representa fisicamente uma força e sim, uma diferença de potencial elétrico.

De acordo com a Lei de Lenz, quando o ímã é aproximado ou afastado da espira, uma força magnética oferece resistência ao movimento e, portanto, é preciso realizar um trabalho positivo para executar o movimento. Ao mesmo tempo, uma energia térmica é produzida na espira por causa da passagem da corrente elétrica pelos fios da bobina, que apresentam uma pequena resistência elétrica. A energia transferida ao ímã pela força aplicada acaba sendo transformada em energia térmica. Uma abordagem mais completa deste fenômeno deve também considerar a energia irradiada pelas espiras na forma de ondas eletromagnéticas durante a indução (usualmente essa energia é pequena e por isso pode ser desprezada). Quanto mais rápido o movimento do ímã, mais trabalho é realizado em um dado intervalo de tempo e maior será a potência convertida em energia elétrica pelo dispositivo. A **Figura 4** ilustra a indução de correntes por meio de um ímã, como na passagem do ímã na bobina descrito anteriormente.

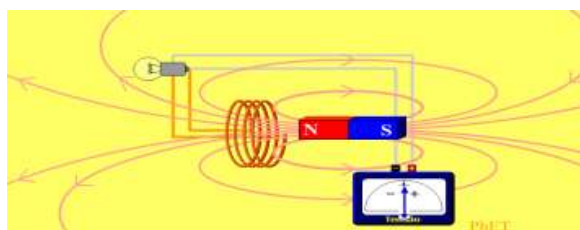


**Figura 4:** Esquema da Lei de Lenz, no momento em que o ímã se aproxima da bobina.

**Fonte:** Canal Youtube – Lei de Lenz

É bem sabido que quando um ímã é movimentado nas imediações de uma espira condutora a *Lei de Faraday* prediz a ocorrência de uma força eletromotriz induzida na espira. A força eletromotriz induzida é consequência da variação do fluxo magnético produzido pelo magneto que se aproxima ou se afasta da espira. A existência de uma força eletromotriz sobre um circuito condutor fechado (a espira) causa o aparecimento de uma corrente elétrica e, devido à resistência elétrica da espira, ocorre dissipação de energia, (SILVEIRA; LEVIN e RIZZATO, 2007).

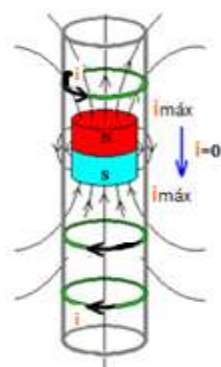
Neste contexto, a energia cinética do ímã, convertida em energia térmica é precedida por uma força dissipativa com sentido oposta ao movimento. Esta força de frenagem no ímã é maior se a velocidade dele em relação à espira for maior, pois, de acordo com a *Lei de Faraday*, o valor da força eletromotriz induzida na espira depende da rapidez com a qual o fluxo magnético varia através da espira. Essa afirmação pode ser visualizada com mais facilidade por meio do simulador que está representado na **Figura 5**, e pode ser encontrado facilmente no site de simulações interativas em ciências e matemática, do programa PHET da universidade do Colorado<sup>3</sup>.



**Figura 5:** Imagem do simulador da Lei de Faraday retirado do PHET

<sup>3</sup> Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/faradays-law](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/faradays-law)

Por outro lado, quanto maior for a força eletromotriz, tanto maior será a corrente induzida. Conseqüentemente, como a força magnética de frenagem depende da corrente induzida, a força aumenta quando cresce a velocidade do ímã em relação à espira (este comportamento é análogo ao que acontece quando um objeto se move através de fluido viscoso) (SILVEIRA; LEVIN e RIZZATO, 2007). Neste sentido, a **Figura 6** representa um magneto se deslocando no interior de um tubo condutor, no caso um tubo de cobre. Podemos imaginar o tubo condutor como sendo constituído pela justaposição de muitas espiras condutoras das quais algumas estão indicadas na figura.

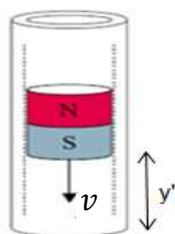


**Figura 6:** Demonstração da queda do ímã  
**Fonte:** Adaptada de (SILVEIRA; LEVIN e RIZZATO, 2007).

Como existe variação do fluxo magnético através do tubo, que pode ser comparado como uma série de espiras empilhadas (a variação está em decorrência do movimento de queda do magneto), surgem correntes induzidas ao longo da circunferência do tubo, que por sua vez, geram forças magnéticas que oferecem resistência à queda do ímã. Conforme aumenta a velocidade de queda do magneto, cresce também a força magnética obtida a partir da interação do campo magnético gerado pelas correntes induzidas no cano e o campo magnético do ímã. Logo após o início da queda do ímã, é atingida a velocidade terminal, a partir da qual o movimento vertical apresenta velocidade constante, ou seja, a força magnética apresenta a mesma intensidade da força gravitacional (força peso) exercida sobre o ímã. Neste caso toda a potência desenvolvida pelo trabalho da força peso será igual ao módulo da potência associada às correntes induzidas no cano. Sendo assim, o magneto que cai com velocidade constante, pode, no entanto, ser utilizado até mesmo para os estudos de cinemática, movimento retilíneo uniforme – MRU. Outro fato



considerável é que converte energia potencial gravitacional integralmente em calor devido ao efeito Joule relacionado com as correntes induzidas no tubo<sup>4</sup>, conforme a **Equação 7**.



$$P_{potência} = \frac{mgy'}{\Delta t} \quad (5)$$

$$v_y = \frac{y'}{\Delta t'} \quad (6)$$

$$P_{potência} = mgv_y \quad (7)$$

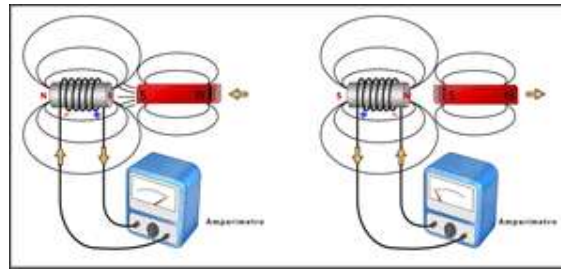
**Figura 7:** Demonstração da Potência da variação do fluxo.  
**Fonte:** adaptado de (SILVEIRA; LEVIN e RIZZATO, 2007).

A corrente elétrica se estabelece em um condutor quando nele for aplicado uma diferença de potencial (ddp), em consequência de um campo elétrico. Este campo atua sobre as cargas (elétrons) presentes nos materiais condutores. Os condutores, por sua vez, definem uma classe de materiais que possuem parte de seus elétrons fracamente ligados aos átomos, possibilitando com que baixos campos promovam o seu movimento, dando origem ao movimento ordenado dos elétrons, que chamamos de corrente elétrica.

A questão era saber como isso poderia ser feito, o que acabou sendo descoberto pelo próprio Faraday, em 1831, quando percebeu que o aparecimento da corrente elétrica em uma bobina ocorria devido a uma variação do campo magnético, que aparecia quando um ímã era aproximado ou afastado da mesma e desaparecia quando o movimento era cessado, conforme mostra a **Figura 8**.

---

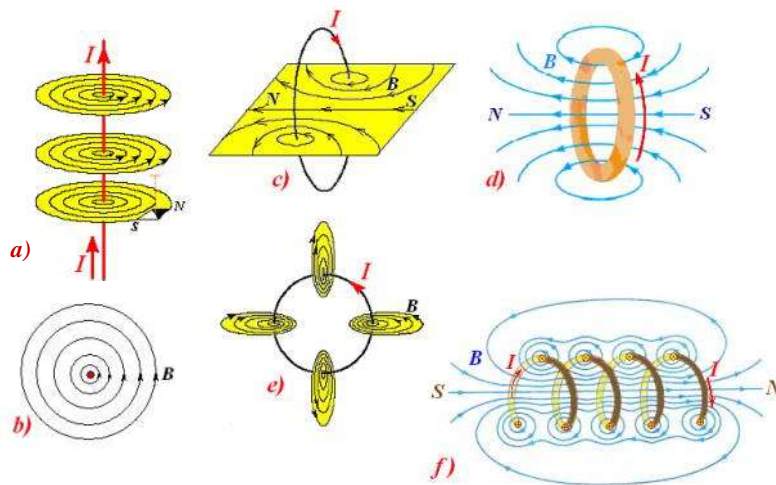
<sup>4</sup> Texto modificado do artigo ‘A frenagem eletromagnética de um ímã que cai’<sup>+</sup> publicado no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 24, n.3: p. 295-318, dez. 2007, autores: Silveira, F. L; Levin, Y; Rizzato, F. B; todos do Instituto de Física – UFRGS.



**Figura 8:** Esquema do experimento de Faraday  
**Fonte:** Portal Física2Renedo

Qualquer que seja a forma como a corrente é induzida, parte da energia sempre é transformada em energia térmica durante o processo (a menos que a espira seja supercondutora) por causa da resistência elétrica do material de que é feita a bobina (MOURA, 2011).

O movimento do ímã induz na espira uma força eletromotriz que geram correntes elétricas. Essas correntes induzidas geram campos magnéticos que se opõem ao campo do ímã. A **Figura 9** apresenta o perfil do campo magnético gerado por correntes que percorrem condutores com diferentes formatos.



**Figura 9:** Representação do sentido do campo magnético gerado pela passagem da corrente elétrica em condutores com diferentes formatos.  
**Fonte:** Portal Eletrotecnica

Relacionando a Regra da mão direita com a Lei de Faraday, entendemos que o sentido da corrente em um condutor deve ser tal que gere um fluxo magnético oposto à variação que a criou.

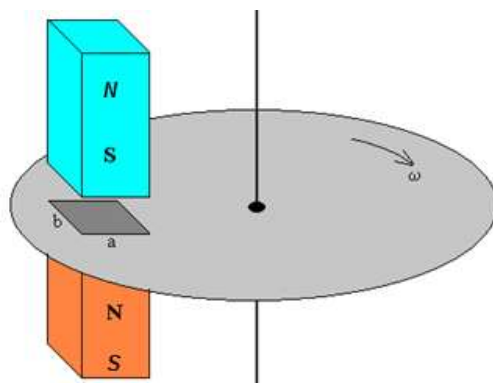
A partir das descobertas de Faraday e Lenz, por volta de 1855 Jean Bernard Leon Foucault observou que quando um disco de cobre era colocado entre os pólos de um magneto era preciso mais força para fazê-lo girar do que

quando não havia o magneto. Esse fato ocorre devido ao surgimento de correntes parasitas no interior do metal produzidas pela variação do fluxo magnético em decorrência do movimento do disco, que ficaram conhecidas como correntes de Foucault (SILVA, 2012)

Para entender o que são as correntes de Foucault, é necessário lembrar-se de três fatos muito importantes na História do Eletromagnetismo. Os três fatos ocorreram no século XIX. No primeiro, o professor dinamarquês Hans Christian Oersted conseguiu comprovar, a partir dos seus experimentos, que quando uma corrente elétrica passava ao longo de um fio aparecia um campo magnético em seu entorno. Quase que imediatamente, o físico francês André Marie Ampère, verificou a interação entre a corrente e um ímã, e por último, Michael Faraday esclarece que a força eletromotriz induzida numa bobina é diretamente proporcional à variação do fluxo magnético nela e inversamente proporcional ao intervalo de tempo em que essa variação ocorre, (PAULA SILVA, 2011).

O francês Jean Bernard Léon Foucault (1819 - 1868) desde jovem manifestou vivo interesse pela Física experimental, abandonando a prática da medicina logo após a conclusão do curso. Em 1850, Foucault determinou experimentalmente a velocidade da luz. Em 1852, inventou o giroscópio. Deve-se a ele a descoberta das correntes de indução nos metais, gerado a partir da variação do fluxo magnético, seja por meio da movimentação dos ímãs, como já falado anteriormente, em função da movimentação do disco, ocorre a variação do fluxo gerando as Correntes de Foucault.

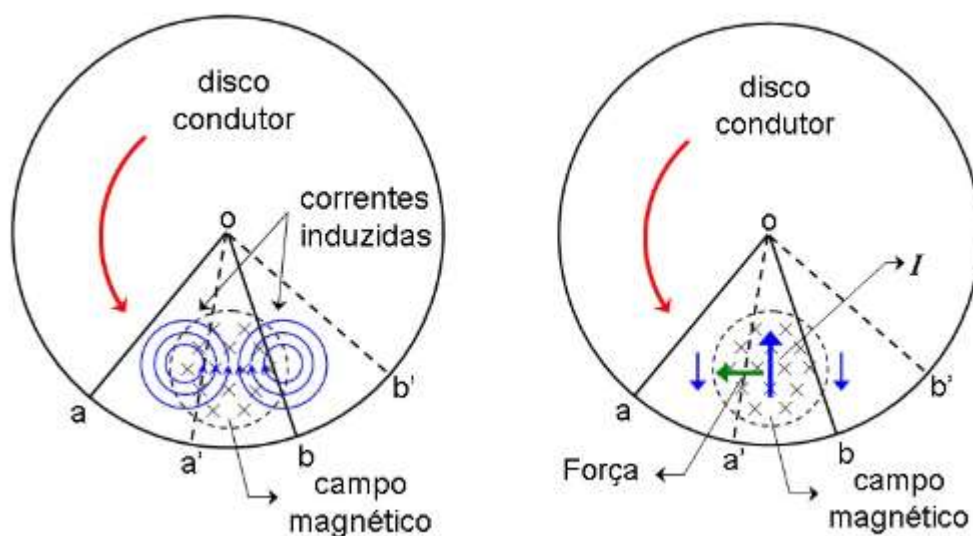
Até o momento, analisamos casos nos quais as correntes elétricas induzidas em um circuito fixo, por exemplo, em uma espira, quando exposto a um fluxo magnético variável. O que Foucault verificou e que essa variação de fluxo pode ser também gerada em uma superfície condutora exposta a um campo magnético constante, desde que exista movimento entre a superfície e a fonte de campo, conforme representado na **Figura 10**.



**Figura 10:** Esquema de um disco paramagnético (alumínio) girando entre os pólos dos magnetos.

**Fonte:** Portal Estudo Prático

Partindo da ideia do experimento de Foucault, ao girar o disco em áreas que não estavam expostas ao campo magnético passarão a estar expostas. Em consequência as correntes de Foucault, nessas áreas que terão sentido dado pela Lei de Lenz. A **Figura 11** que segue abaixo, apresenta mais detalhadamente as relações existentes entre o campo, a corrente e a força magnética no experimento de Foucault.



**Figura 11:** Esquema simplificado ilustrando o surgimento de uma força contrária ao movimento do disco devido à presença de correntes de Foucault.

**Fonte:** Souza, R. D (2005)

Uma das consequências do aparecimento das correntes de Foucault é a dissipação de energia por efeito Joule, causando um grande aumento de temperatura. O aumento da temperatura, por exemplo, permite que estas

correntes sejam utilizadas como fonte de calor em um forno ou fogão de indução.

No entanto, em alguns casos (como nos circuitos eletrônicos), a dissipação por efeito Joule é um resultado bastante indesejável, porque pode danificar os seus componentes. Para diminuir ou evitar tais consequências, utiliza-se frequentemente materiais laminados, formados por associações de placas isoladas entre si, pois elas reduzem a intensidade da Correntes de Foucault evitando o aquecimento, como exemplo dos transformadores.

Abaixo apresentamos um equacionamento que auxilia a sistematizar a compreensão dos efeitos relacionados às correntes de Foucault induzidas no disco. Sempre que existe uma variação de fluxo magnético em uma região do disco, surge também uma força eletromotriz induzida, conforme descreve a lei de Faraday, já descrita na **Equação 3**.

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (3)$$

Essa força eletromotriz está relacionada com a corrente elétrica por meio da 1ª Lei de Ohm, dada por:

$$\varepsilon = Ri \quad (8)$$

Onde  $R$  é a resistência medida em ohms  $[\Omega]$  e  $i$  é a corrente elétrica medida em amperes  $[A]$ . Neste contexto, em decorrência da existência de uma corrente elétrica em uma região onde existe campo, é gerada uma força, também conhecida como força de Lorentz, dada pela **Equação 9**:

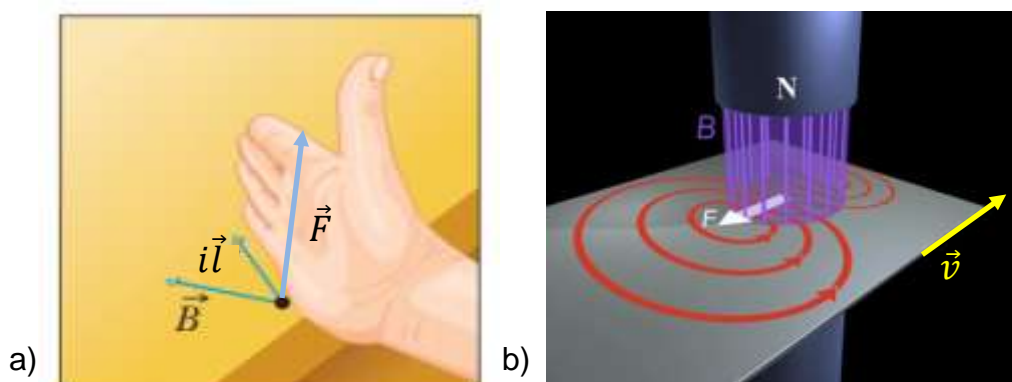
$$\vec{F} = i\vec{l} \times \vec{B} \quad (9)$$

$$|\vec{F}| = ilB\text{sen}\theta \quad (10)$$

Aonde  $F$  é a força em newtons  $[N]$ ,  $i$  é a corrente,  $L$   $[m]$  é o comprimento do fio ou da região percorrida pela corrente que sente a influência do campo magnético,  $B$  é o campo e  $\theta$  define o ângulo entre a corrente e o campo

magnético. Esta força é sempre oposta ao movimento e por esse motivo, pode ser feita uma analogia entre ela e a força de atrito. Além do mais, assim como a força de atrito, a força de Lorentz é uma força dissipativa, ou seja, o trabalho relacionado a essa força reduz a energia mecânica do sistema, sendo convertido integralmente em calor, causando o aquecimento do disco.

Analisando a **Figura 12**, podemos entender melhor como é obtido o sentido da força magnética usando a regra da mão direita, que neste caso está relacionada com o sentido da corrente e do campo magnético<sup>5</sup>. Inicialmente, posicionamos a palma da mão direita na direção do primeiro vetor que compõe a sentença, neste caso, o segmento de fio que orientado na direção da corrente elétrica. Em seguida, a palma da mão direita deve ser rotacionada por um ângulo menor que 180 graus até atingir o segundo vetor da sentença, neste caso o campo magnético. Ao terminar essa rotação o polegar indicará a direção e o sentido da força magnética.



**Figura 12:** Representação da Regra da mão Direita, aplicada à (a) corrente elétrica e ao (b) Campo Magnético.

**Fonte:** Halliday (8ª Edição), modificada.

Retomando o experimento realizado por Foucault, podemos associar à força magnética que atua no disco o trabalho, que por sua vez, pode ser relacionado com a potência dissipada, dessa forma, a potência (**P**) dissipada pela passagem da corrente elétrica em um fio (**i**), está relacionada com a resistência elétrica (**R**) conforme as Equações (11) e (12), descritas logo abaixo:

<sup>5</sup> A regra da mão direita sempre pode ser usada para obter a direção de um vetor calculado a partir de um produto vetorial.

$$P = Ri^2 \quad (11)$$

$$P = \frac{\varepsilon^2}{R} \quad (12)$$

Uma vez que essa potência dissipada pode ser diretamente proporcional ao quadrado da força eletromotriz ( $\varepsilon$ ) e inversamente proporcional à resistência do material  $R$ . Lembrando que a unidade de medida da potência é o trabalho realizado inverso ao tempo ( $J/s$ ), mais conhecida como Watts ( $W$ ).

Analisando o movimento do disco, que gira com parte de sua área exposta a um campo magnético de um ímã aplicado de maneira perpendicular ao plano do disco, podemos definir uma potência relacionada ao trabalho produzido pela força de Lorentz proveniente da interação da corrente induzida com o campo magnético gerado pelo ímã. Considerando o tempo na qual a potencia atuou no sistema podemos estimar a energia dissipada na forma de calor no disco.

Dietrich, Chabu e Cardoso (2001), em seus estudos sobre freios magnéticos abordam o fato das correntes parasitas reduzir a eficiência dos dispositivos, pois o fenômeno converte a energia mecânica de movimento (linear ou rotativo) em calor. A interação entre a corrente induzida e o campo magnético que a gerou provoca o aparecimento de uma força de repulsão entre ambos.

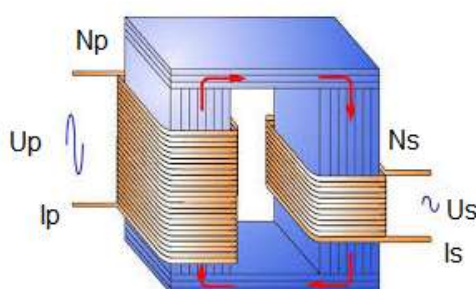
O aquecimento por indução depende de dois mecanismos de dissipação de energia para fins de aquecimento. São as perdas de energia devido ao efeito Joule e as perdas de energia associadas à histerese magnética. O efeito Joule consiste no único mecanismo de geração de calor em materiais não magnéticos (por exemplo, alumínio, cobre, aços inoxidáveis). Já o segundo mecanismo, a histerese magnética, é um efeito adicional associado aos materiais magnéticos, relacionado à energia necessária para inverter a orientação dos momentos magnéticos do material, o que contribui também para a geração de calor produzida na indução (ZINN e SEMIANTIN, 1988).

De maneira prejudicial, como já falado anteriormente a histerese magnética é um fator agravante para os transformadores, por ser um dispositivo elétrico que permite modificar a amplitude de tensões e correntes.

De funcionamento bem simples, o transformador é um dispositivo que opera com corrente alternada, baseado nos princípios eletromagnéticos da Lei de Faraday e da Lei de Lenz.

O transformador de tensão é constituído por uma peça de ferro, denominada de núcleo do transformador, ao redor do qual são enroladas duas bobinas ou mais. Em uma dessas bobinas é aplicada a tensão primária ( $U_p$ ) que se deseja transformar, ou seja, aumentar ou diminuir. Essa bobina é chamada de bobina primária ou enrolamento primário e possui um número específico de espiras ( $N_p$ ). Nos terminais da outra bobina - a bobina secundária - que conta com um número diferente de espiras ( $N_s$ ), a tensão é transformada passando a apresentar um valor diferente - tensão secundária ( $U_s$ ) - que pode ser maior ou menor que  $U_p$ , dependendo da relação entre o número de espiras  $N_p$  e  $N_s$ .

A **Figura 13** ilustra um transformador que funciona do seguinte modo: ao aplicar uma tensão alternada no enrolamento primário surgirá uma corrente ( $i_p$ ), também alternada, que percorrerá todo o enrolamento. Através dessa corrente é gerado um fluxo magnético no núcleo de ferro, que varia com o tempo, pois a corrente é alternada<sup>6</sup>. Esse fluxo magnético se propaga através do núcleo passando pela bobina secundária, onde induz uma força eletromotriz (tensão) e por consequência uma corrente ( $i_s$ ) diferente daquelas verificadas no enrolamento primário, que dependerão da relação entre  $N_p$  e  $N_s$ .



**Figura 13:** Esquema de um transformador  
**Fonte:** Portal Electricidade, Electromagnetismo y Medidas

Em um transformador ideal, os efeitos relacionados às perdas de energia são desprezados, e sendo assim, a mesma potência que é fornecida

---

<sup>6</sup> No Brasil, a tensão e as correntes distribuídas pelas concessionárias é alternada e possui frequência de 60 Hz, ou seja, completa 60 ciclos de oscilação a cada segundo.

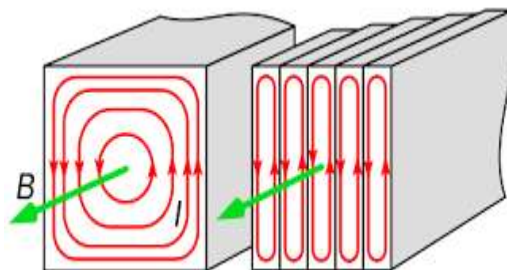


ao enrolamento primário, também é drenada no enrolamento secundário. No entanto, em um transformador real existem perdas de energia. Podemos atribuir essas perdas de energia majoritariamente à três motivos; à resistência dos fios dos enrolamentos, às correntes de Foucault que percorrem o núcleo e à energia associada à histerese de magnetização do núcleo.

Embora fios de cobre - geralmente usados nos enrolamentos dos transformadores - apresentem baixa resistência elétrica, essa resistência passa a não ser mais desprezível quando consideramos que as bobinas geralmente possuem um número bem elevado de voltas. Dessa forma, a potência (**P**) dissipada pela passagem da corrente elétrica em um fio (**i**), está relacionada com a resistência elétrica (**R**) conforme a **Equação 13** abaixo:

$$P = Ri^2 \quad (13)$$

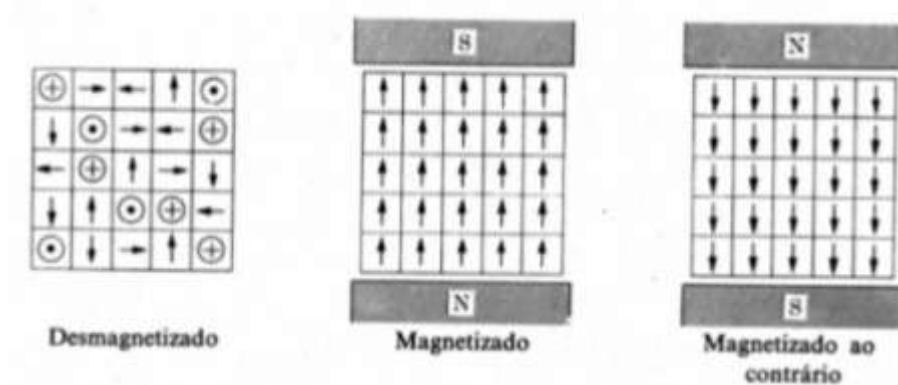
Como o núcleo do transformador é feito a partir de um metal, é natural que nesse metal também surja correntes de Foucault, representado na **Figura 14**, em decorrência do fluxo magnético induzido pela bobina primária. Essas correntes também auxiliam a diminuir a eficiência do transformador, aumentando o calor gerado durante seu funcionamento. No entanto, visando diminuir as perdas de energia pelas correntes de Foucault, medidas como produzir núcleos compostos por várias laminas de ferro isoladas entre si são adotadas na fabricação dos transformadores comerciais. Esses núcleos laminados restringem o caminho das correntes de Foucault, minimizando a dissipação de energia, conforme a figura acima.



**Figura 14:** Representação das correntes de Foucault  
**Fonte:** Portal UFRGS – Instituto de Física

Por fim, o terceiro fator que acarreta perdas de energia está intimamente ligado à natureza do material magnético do qual o núcleo é feito. É importante

lembrar que para conduzir as linhas de campo geradas em uma bobina para a outra, necessitamos de materiais onde os momentos magnéticos possam se alinhar com o campo gerado pela bobina. Os momentos magnéticos, mostrados na **Figura 15**, podem ser compreendidos em primeira aproximação como pequenos ímãs associados a cada átomo de material. Nos materiais ditos ferromagnéticos esses momentos magnéticos se alinham com o campo magnético de modo a reforçar o campo no interior do material. Porém como o fluxo magnético no núcleo, gerado na bobina primária, é alternado, ou seja, varia com o tempo, é natural pensar que ora os momentos magnéticos estão orientados majoritariamente num sentido, ora no sentido oposto. Sendo assim, para variar a orientação dos momentos magnéticos de um material, também é necessária uma energia, que também é dissipada na forma de calor, contribuindo com o aquecimento do transformador durante seu funcionamento.

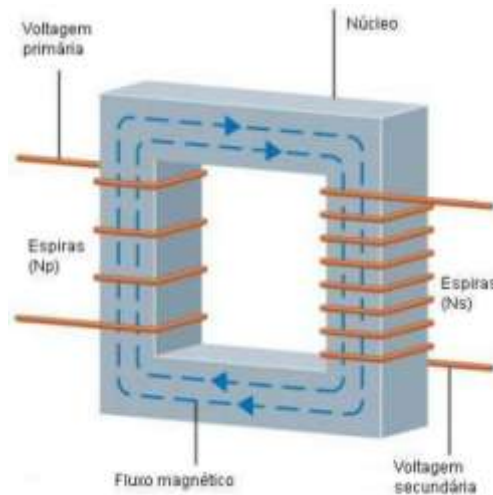


**Figura 15:** Esquema simplificado mostrando o alinhamento dos momentos magnéticos de um material ferromagnético.

**Fonte:** Halliday (7ª Edição)

É importante notar que um transformador só funciona quando o mesmo é alimentado com tensão alternada, pois é necessária a variação do fluxo magnético para induzir tensão na bobina secundária do transformador.

Transformadores, como o esquema representado na **Figura 16**, são utilizados para reduzir ou elevar a tensão no secundário, mas independente de seu uso sempre oferecem isolamento entre o enrolamento primário e o secundário. São particularmente utilizados em equipamentos nos quais há a interação humana, garantindo assim maior segurança ao usuário.



**Figura 16:** Representação do fluxo magnético no transformador em um dado instante de tempo.

**Fonte:** Portal Sigma Transformadores

Desconsiderando-se as perdas, num transformador ideal são válidas as relações:

$$\Delta\phi_p = \Delta\phi_s \quad (14)$$

$$\frac{\phi_p}{N_p} = \frac{\phi_s}{N_s} \quad (15)$$

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (3)$$

Onde  $\Delta\phi_p$  e  $\Delta\phi_s$  representam a variação de fluxo magnético de cada espira do enrolamento primário e do secundário respectivamente, chegando na **Equação 16:**

$$\frac{\varepsilon_p \cdot \Delta t}{N_p} = \frac{\varepsilon_s \Delta t}{N_s} \quad (16)$$

Neste contexto, o núcleo de ferro de um transformador atua como um condutor de linhas de campo, por isso só realiza a transformação da intensidade da corrente elétrica em corrente alternada, condição necessária para que haja variação de fluxo magnético.

Torna-se interessante lembrar que diferentes autores usam notações diferentes para tratar a grandeza Física diferença de potencial. Neste contexto,

f.e.m. (força eletromotriz ( $\epsilon$ ), tensão ( $U$ ) ou voltagem ( $V$ ), apresentam significado análogo e podem ser compreendidas como a diferença de potencial em cada uma das bobinas. Dessa forma abaixo segue a **Equação 17** geral do transformador ideal:

$$\frac{U_p}{N_p} = \frac{U_s}{N_s} \quad (17)$$

Conforme a **Equação 17**, quanto maior for o número de espiras no secundário em relação ao primário, maior será a tensão obtida no secundário em relação a alimentação do transformador.

Neste caso, como o transformador tratado no equacionamento acima é ideal – não oferece perdas resistivas - a energia fornecida ao enrolamento primário é a mesma que é drenada no secundário. Dessa forma, a potência na bobina primária é igual ao da secundária, conforme apresentado no equacionamento abaixo.

$$P = Ui \quad U = \frac{P}{i} \quad (18)$$

$$\frac{P_p}{i_p N_p} = \frac{P_s}{i_s N_s} \quad (19)$$

$$\boxed{i_s N_s = i_p N_p} \quad (20)$$

Sendo assim, a **Equação 20** apresenta o comportamento da corrente ( $i$ ) em um transformador ideal. Note que quanto maior for o número de espiras ( $N$ ) no secundário em relação ao primário, menor será a corrente elétrica obtida no secundário.

A partir da discussão acima realizada, podemos compreender um pouco mais do contexto histórico e científico que pautou o desenvolvimento das origens do eletromagnetismo, mais especificamente da indução eletromagnética, tão presente na realidade cotidiana.

### 3. A OPÇÃO METODOLÓGICA E SEUS PROCEDIMENTOS

Considerando a natureza e os objetivos do estudo, optamos por desenvolver uma pesquisa de abordagem qualitativa. De acordo com Godoy (1995), existem diferenças quanto à forma, ao método e aos objetivos propostos em uma pesquisa que opta por esta abordagem. Segundo o autor, na pesquisa qualitativa o foco deve ser a compreensão do fenômeno, o qual deve ser observado minuciosamente pelo pesquisador. Trata-se de uma ação fundamental na pesquisa qualitativa, uma vez que, quanto mais o pesquisador se apropriar de detalhes, melhor se tornará a compreensão da experiência que foi compartilhada pelos sujeitos envolvidos.

Esta pesquisa foi desenvolvida em três etapas. A primeira se delineou no âmbito de uma revisão bibliográfica, a qual objetivou o aprofundamento teórico sobre o tema, bem como a possível redefinição dos objetivos do estudo. Nesta etapa as obras pertinentes ao tema central da pesquisa foram estudados, a fim de obtermos dados atuais e relevantes sobre o assunto que nos auxiliaram na compreensão do objeto de estudo e em sua análise.

A segunda etapa configurou-se na construção dos dados, a qual visou a análise minuciosa de todas as fontes que serviriam de suporte para a investigação proposta. Para alcançar os objetivos propostos, optamos por desenvolver, em um primeiro momento, uma análise documental de quatro livros didáticos de Física utilizados no terceiro ano do ensino médio, tendo como foco de análise tópicos de Eletromagnetismo: Indução Eletromagnética e correntes de Foucault. Trata-se de livros escolhidos por meio do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD)<sup>7</sup>, realizado no ano de 2014 por professores de um dos Núcleos Regionais de Educação do interior do Estado do Paraná.

Para preservar a identidade dos autores dos livros, utilizamos uma sequência aleatória para cada edição: LA (Livro A), LB (Livro B), LC (Livro C) e

---

<sup>7</sup> O Programa tem por objetivo prover as escolas públicas de ensino fundamental e médio com livros didáticos e acervos de obras literárias, obras complementares e dicionários. O PNLD é executado em ciclos trienais alternados. Assim, a cada ano o FNDE adquire e distribui livros para todos os alunos de determinada etapa de ensino e repõe e complementa os livros reutilizáveis para outras etapas. O PNLD é executado em ciclos trienais alternados. Assim, a cada ano o FNDE adquire e distribui livros para todos os alunos de determinada etapa de ensino e repõe e complementa os livros reutilizáveis para outras etapas. Informações disponíveis em: <<http://www.fnde.gov.br/programas/livro-didatico>>. Acesso em 22/04/2016.

LD (Livro D). A análise dos livros foi realizada com base em um roteiro norteador (Apêndice A), adaptado de Fracalanza e Neto (2006).

Inicialmente, fizemos a identificação do material - área, autores, título, editora, ano, conteúdo analisado. Em seguida, analisamos os descritores: adequação do título ao conteúdo, articulação entre texto e imagem, referências bibliográficas, adequação do texto ao conteúdo, exemplos utilizados, conteúdo, atividades propostas e o desenvolvimento de capacidades de aprendizagem, bem como quais as dimensões do conteúdo são abordadas nos textos/imagens/ilustrações/gráficos/tabelas. A análise pautou-se apenas no conteúdo de Eletromagnetismo, mais especificamente no tópico de indução eletromagnética.

Com esta análise, iniciamos a terceira etapa, identificamos as contribuições e algumas limitações e lacunas nos livros didáticos e, a partir dessas observações elaboramos uma proposta didático-pedagógica que visa configurar-se como uma alternativa de ensino diferenciada para o desenvolvimento desse conteúdo em sala de aula, tendo em vista sua sistematização, problematização e contextualização em seus aspectos teóricos e práticos e em sua relação com a prática social mais ampla.

Para a elaboração dessa proposta, tomamos como base teórica a Pedagogia Histórico-Crítica, por compreendermos a importância dessa teoria para a formação crítica dos estudantes.

Assim, foi elaborado um Plano de Unidade para sete horas/aula sobre Indução Eletromagnética e Correntes de Foucault, o qual foi desenvolvido em duas turmas do Terceiro ano do Ensino Médio.

A escolha das escolas para o desenvolvimento do produto educacional ficou a critério da professora-pesquisadora, pois a mesma possui várias turmas no município de Goioerê, interior do Estado do Paraná. Considerando a importância da análise do processo educativo como fenômeno concreto – ou seja, tal como ele se dá efetivamente no interior da sala de aula -, e tendo como objetivo conhecer diferentes contextos formativos, optamos por desenvolver o trabalho em duas turmas de terceiro ano do ensino médio de dois colégios. Assim, foi escolhida a turma do Terceiro ano A, do período matutino, do Colégio Estadual Duque de Caxias, e a turma do Terceiro ano D, do período noturno, do Colégio Estadual Polivalente de Goioerê. Ambas são

escolas de porte grande, pertencentes ao Núcleo Regional de Educação de Goioerê - Paraná.

Primeiramente, fizemos contato com a direção e equipe pedagógica do Colégio e explicitamos a intenção da pesquisa. Pronta e abertamente concordaram com a proposta e se dispuseram a nos ajudar no que fosse possível, inclusive com o número de aulas que fossem necessárias para o desenvolvimento do trabalho. Com a aprovação da equipe fomos conversar com os alunos que, de imediato, concordaram com o projeto. Assim, mediante a concordância de todos, inclusive com a assinatura do “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido” (Apêndice B) lido e assinado por cada um, iniciamos efetivamente a construção dos dados.

Para a realização das atividades previstas, os alunos receberam números aleatórios para identifica-los (A01, A02, etc.), a fim de que pudéssemos preservar sua identidade. Como o estudo ocorreu em duas escolas, iremos nos referir ao A01 do Colégio Estadual Polivalente de Goioerê - CEPG ou Colégio Estadual Duque de Caxias - CEDUC. Para o desenvolvimento das atividades teórico-experimentais e do questionário final, os alunos foram organizados em duplas<sup>8</sup>, uma vez que, baseados na Psicologia Histórico-Cultural (VIGOTSKI, 2008), consideramos que a internalização das práticas culturais, que constituem o desenvolvimento humano, ocorrem na passagem de ações realizadas no plano social (interpsicológico) para ações internalizadas ou intramentais (intrapicológico). Assim, partimos do princípio de que o aprendizado ocorre por meio das relações interpessoais, da troca de ideias e de experiências, da discussão, do debate, da confrontação ativa e cooperativa de compreensões variadas a respeito de uma dada situação.

Em um primeiro momento, foi elaborado o “Plano de Unidade” também chamado de “Plano de Aula” (Apêndice D), tendo como base os princípios e pressupostos que fundamentam a Pedagogia Histórico-Crítica (SAVIANI e GASPARIN).

Tendo todas as propostas idealizadas aplicamos nosso produto educacional a um grupo de professores do ensino médio, antes de iniciarmos

---

<sup>8</sup> Assim como fizemos com as atividades individuais, as duplas foram identificadas com códigos (D01, D02, etc.), a fim preservar sua identidade.

as aulas, contudo, o tempo foi menor a fim de obtermos resultados prévios e sugestões para a montagem da sequência didática final.

Uma semana depois iniciamos a sequência com os alunos a partir dessas dimensões e buscamos proporcionar questionamentos que visassem à análise crítica das influências do Eletromagnetismo na construção e compreensão de conceitos relacionados ao tema de Indução Eletromagnética e correntes de Foucault.

Inicialmente aplicamos o questionário como prática social inicial, a fim de buscarmos o conhecimento prévio dos alunos sobre o Eletromagnetismo, especificamente Indução Eletromagnética e correntes de Foucault. O questionário inicial (Apêndice C) desenvolvido nesse primeiro momento de forma individual. Após esse diagnóstico, iniciamos as aulas teórico-práticas nos laboratórios de ciências, uma vez que os dois colégios os possuem. No entanto, o professor que se interessar por nosso produto educacional poderá realizar tais atividades também em sala de aula. Foram desenvolvidas ao todo sete aulas sobre Indução Eletromagnética e correntes de Foucault, as quais serão discutidas detalhadamente no próximo capítulo.

Na última aula, realizamos outro questionário descritivo final da pesquisa: o questionário final (Apêndice C) respondido em duplas pelos alunos - com a finalidade de observar a compreensão do conteúdo pelos alunos após a finalização da intervenção.

Além disso, gravamos áudios de algumas aulas a fim de que pudéssemos enriquecer nossos dados. Sobre o cuidado em registrar todas as informações pertinentes durante o desenvolvimento da pesquisa, Lüdke e André (2014) destacam que:

“Para se realizar uma pesquisa é preciso promover o confronto entre os dados, as evidências, as informações coletadas sobre determinado assunto e o conhecimento teórico construído a respeito dele” (LUDKE E ANDRÉ, 2014, p. 2).

É importante ressaltar que a atividade desenvolvida - com os alunos das duas escolas públicas - teve adequações no conteúdo programático anual, pois o conteúdo de Eletromagnetismo geralmente é abordado ao final do ano letivo. No entanto, foi necessário a mudança de calendário, pois houve entre os meses de abril e junho do ano de 2015 a greve dos professores. Por esses e outros motivos, foi necessário antecipar o conteúdo para o 2º Bimestre letivo.



Vale ressaltar que, mediante os resultados, não houve qualquer problema na construção dos dados ou no aprendizado dos alunos.

Ao longo do desenvolvimento do estudo, foi possível incluir outros instrumentos de análise e avaliação da proposta elaborada e desenvolvida, tais como relatórios, discussões orais, entre outros. A avaliação da aprendizagem e da proposta se deu, também, pela própria observação participante da professora-pesquisadora.

## **4. RESULTADOS**

Neste capítulo vamos discutir os resultados obtidos durante o desenvolvimento da pesquisa. Inicialmente, apresentaremos a análise dos livros didáticos e, em seguida, discutiremos, na forma de categorias, a análise da intervenção realizada, apresentando os principais resultados de nossa pesquisa.

### **4.1 Contribuições e limitações dos livros didáticos sobre o conteúdo de Indução Eletromagnética**

Primeiramente, foram analisados os conteúdos de Indução Eletromagnética e correntes de Foucault presentes em quatro livros didáticos de Física do terceiro ano do ensino médio, utilizados em escolas públicas estaduais pertencentes ao Núcleo Regional de Educação de Goioerê, região noroeste do Paraná.

Os livros foram escolhidos em 2014 por professores da rede que atuam na disciplina de Física, por meio do Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLEM). Tais livros são utilizados atualmente por professores e alunos dessa rede pública.

Estudiosos e pesquisadores têm se dedicado há pelo menos duas décadas a investigar a qualidade das coleções didática utilizadas nas escolas brasileiras, denunciando suas limitações e apontando soluções para melhoria de sua qualidade. Podemos citar como exemplo os trabalhos de Pretto (1985), Mortimer (1988), Fracalanza (1993), Pimentel (1998), Sponto (2000), Carvalho (2007) e Garcia (2011).

De acordo com o PNLEM, a escolha do livro é livre para cada município. O Núcleo Regional de Educação de Goioerê possui em sua jurisdição nove cidades, entretanto, existe uma diversidade grande de livros por núcleo e até mesmo entre os colégios do mesmo município.

Nesta pesquisa, a análise dos livros didáticos, como já foi discutido anteriormente, foi adaptada da obra de Fracalanza e Neto (2006), onde os autores trazem diferentes maneiras de avaliar livros didáticos de ciências.

Baseados no roteiro elaborado para a análise dos livros didáticos (Apêndice A), fizemos no primeiro momento a identificação dos materiais, conforme indicado na Tabela 01:

**Tabela 01 – Relação de livros didáticos analisados**

<b>TÍTULO</b>	<b>EDITORA</b>	<b>ANO (Publicação)</b>	<b>AUTOR(ES)</b>
<b>Física para o Ensino Médio:</b> Eletricidade – Física Moderna	SARAIVA	2013	KAZUHITO YAMAMOTO LUIZ FELIPE FUKU
<b>Física aula por aula:</b> Eletromagnetismo, Ondulatória, Física Moderna	FTD	2013	BENIGNO BARRETO CLAUDIO XAVIER
<b>Compreendendo a Física:</b> Eletromagnetismo e Física Moderna	ÁTICA	2011	ALBERTO GASPAR
<b>Curso de Física</b>	SCIPIONE	2011	ANTONIO MÁXIMO BEATRIZ ALVARENGA

Por questões éticas, não mencionaremos os autores ou título dos livros didáticos no momento de discussão dos resultados. Tais obras foram identificadas como Livro A, Livro B, Livro C e Livro D, aleatoriamente.

De acordo com a análise dos dados, todos os livros analisados abordaram inicialmente os conteúdos programados aos 3º anos do Ensino Médio, os títulos estavam de acordo com o tema exposto e as imagens e ilustrações apresentadas ficavam articuladas e adequadas com o texto. Porém dentro dos descritores de análises percebemos um recurso que nos chamou a atenção: a “regra da mão direita”, muito conhecida no ensino superior e escolas particulares. No Livro A, por exemplo, não existe regra para explicar o produto vetorial; o autor utiliza a “regra da mão direita” para gerar o sentido do campo e depois a “regra da mão esquerda” para obter o sentido e direção da força magnética – esta última utilizada também pelo Livro D. Já no Livro B é utilizada a “regra do saca rolhas” e no Livro C, a regra da mão direita é tratada como “regra de Ampère”. Com tanta diversidade na utilização de regras para a explicação da teoria, muitos alunos podem ficar com dúvidas na compreensão de algo que poderia ser relativamente simples. Além disso, nenhum dos livros analisados oferece suporte para o cálculo vetorial.

Ao analisar a articulação entre texto e imagem, todos os livros apresentaram a equação de Faraday ( $\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ ), porém, no Livro C, encontramos uma limitação: a falta do sinal negativo, que representa a força eletromotriz em consequência da oposição da taxa de variação do fluxo magnético. O livro cita a lei de Lenz, mas não é feita qualquer relação com a lei de Faraday, uma vez que o sinal negativo da expressão é uma consequência da Lei de Lenz, deixando de abordar que corrente induzida tem um sentido que gera um fluxo induzido oposto ao fluxo gerador. Esse possível “esquecimento” é uma consequência natural do descompromisso na notação vetorial das grandezas físicas envolvidas no assunto. Com isso, percebemos que, no Livro C, a Lei de Faraday não está adequada ao texto apresentado.

No que se refere ao conteúdo específico das correntes de Foucault, percebemos que o Livro A não faz nenhuma menção sobre correntes de Foucault ou sobre forças que atuam sobre as correntes induzidas. Já o Livro B apresenta o início das explicações do pêndulo de Foucault, apresentando, todavia, uma explicação muito breve e simples do Pendulo de Foucault, sem qualquer rigor matemático. No livro C não é feita nenhuma relação entre a indução e correntes de Foucault, não sendo citada nenhuma relação entre as correntes induzidas e as forças ou até mesmo com o pendulo de Foucault. No Livro D também não há menção da relação entre força e correntes induzidas ou de qualquer exemplo do pêndulo de Foucault.

De uma maneira geral, os livros analisados permitiram a integração do conteúdo com as aplicações tecnológicas. Estava presente nos textos dos quatro livros quadros que complementam o conteúdo básico, que tem por finalidade ilustrar e enriquecer o texto principal, permitindo que o conteúdo seja mais bem compreendido. Os livros apresentaram também pequenas experiências que podem ser realizadas com os alunos. Destaca-se, também, a preparação para o vestibular, uma vez que todos trazem uma grande quantidade questões desses exames.

Outrossim, os textos, imagens, ilustrações, atividades e questões apresentadas nos livros analisados complementam o conteúdo, proporcionando sua análise crítica e problematização com a realidade cotidiana e com a prática social mais ampla.

A partir dessa análise dos livros didáticos, elaboramos um Plano de Unidade que contempla sete horas/aulas, descritas passo a passo nos subcapítulos a seguir.

## **4.2 Eletromagnetismo - partindo da prática social inicial dos estudantes**

Primeiramente foi discutido o conteúdo já abordado sobre Eletromagnetismo das aulas anteriores, incluindo Campo Magnético. Logo após, os alunos receberam um questionário aberto inicial (APÊNDICE C) com 11 questões norteadoras. Por meio dele, buscamos diagnosticar os conhecimentos prévios dos alunos sobre indução eletromagnética, correntes de Foucault, a relação entre fluxo magnético com corrente elétrica e transformadores elétricos. Sobre a importância de se conhecer os conhecimentos prévios dos alunos, Gasparin (2007) destaca:

“Uma das formas para motivar os alunos é conhecer sua prática social imediata a respeito do conteúdo curricular proposto. Como também ouvi-los sobre a prática social mediata, isto é, aquela prática que não depende diretamente do indivíduo, e sim das relações sociais como um todo. Conhecer essas duas dimensões do conteúdo constitui uma forma básica de criar interesse por uma aprendizagem significativa do aluno e uma prática docente também significativa” (GASPARIN, 2007, p. 15).

Assim, iniciamos nossa sondagem da prática social dos alunos avaliando o que eles sabiam sobre as características dos ímãs, questionando-os se o mesmo atrai qualquer tipo de metal. Avaliando as respostas, percebemos que a maioria soube responder que os ímãs não atraem qualquer tipo de metal, porém, não souberam justificar. Dos 39 alunos que participaram desta aula – dos dois colégios -, 27 responderam “não”, seis responderam que “não sabiam” e cinco que “sim”. Abaixo seguem algumas respostas selecionadas:

*“Não, o ímã atrai apenas materiais metálicos, pois os metais contém uma carga eletrostática inversa ao ímã, fazendo com que eles se atraem”. (A06 do CEDUC)*

*“Não sei”. (A27 do CEPD)*

*“Não, porque ele atrai somente o ferro” (A38 do CEDUC)*

*“Sim, ele atrai qualquer tipo de metal” (A37 do CEPD)*

*“Não, porque eu acho que o ímã atrai aquilo que é oposto a ele se for o mesmo tanto de elétrons com mesmos sinais ele se repele”. (A39 do CEPD)*

A partir dos excertos, podemos observar que os alunos tiveram dificuldade em justificar a resposta e, quando justificadas, apresentaram-se inadequadas, possivelmente por falta de conhecimento científico sobre o assunto. Nesta questão, esperávamos que os alunos já soubessem que um ímã em repouso atrai apenas materiais ferromagnéticos. Contudo, eles apresentaram pouco conhecimento sobre o assunto.

A segunda pergunta referia-se à possibilidade de se acender ou não um LED com apenas um ímã. Nesta questão, 12 alunos responderam “não sei”, sem justificativa, e dez alunos responderam “não”, com justificativas diversas. Dentre elas podemos destacar:

*“Não, pois os led’s não possuem cargas negativas e positivas, para haver qualquer reação com a carga eletromagnetizada”. (A16 do CEDUC)*

*“Não, apesar do magnetismo, o ímã não possui energia suficiente”. (A11 do CEDUC)“*

Das respostas afirmativas com justificativas, destacamos:

*“Sim, por causa do seu campo eletromagnético”. (A15 CEDUC)*

*“Sim, pelo campo magnético”. (A34 CEPG)*

*“Sim, tem que aproximar o ímã do LED. Que vai atrair o seu campo magnético fazendo com que o LED acenda”. (A07 CEDUC)*

Embora os alunos tenham respondido que sim - o que era esperado -, nenhuma das justificativas correspondeu à explicação correta do fenômeno, pois nenhum aluno abordou sobre uma possível indução eletromagnética.

Na terceira pergunta, que se referia a possibilidade de gerar uma força entre uma placa de alumínio e um ímã, a maioria não apresentou a possibilidade de um ímã gerar uma força com uma placa de alumínio: 14 alunos responderam “não sei” e 13 alunos responderam “não” com as seguintes justificativas:

*“Não, pois o alumínio é um dos materiais metálicos que não possuem eletromagnetismo, sendo assim, impossível haver qualquer tipo de reação entre esses dois objetos”. (A06 do CEDUC)*

*“Não, porque o ímã não atrai alumínio”. (A10 do CEDUC)*

*“Não, por que o alumínio não é feito de metal e não possui campo magnético”. (A07 do CEDUC)*

No entanto 12 alunos responderam “Sim”, justificando:

*“Sim, porque quando se atraem gera uma determinada força”. (A32 do CEPG)*

*“Sim, porque existe uma força magnética entre elas”. (A30 do CEPG)*

*“Sim, magnetizando-o eletricamente”. (A05 do CEDUC)*

Com estas justificativas, percebemos que os alunos têm dificuldade em compreender o real significado dessa força magnética, uma vez que para eles o alumínio é só mais um metal, sem qualquer interação com o ímã.

Na quarta questão, perguntamos sobre a relação entre Campo Magnético e Corrente Elétrica. Nela, 24 alunos responderam “não sei”, ou seja, mais da metade compreendia a relação entre Campo Magnético e Corrente Elétrica. Os outros 15 alunos tentaram justificar essa relação:

*“A relação é que quando uma corrente elétrica toca o metal ele gera um pequeno campo magnético”. (A30 do CEPG)*

*“A duas tem linhas magnéticas”. (A39 do CEPG)*

*“Campo magnético eu acho que ele puxa as coisas ex: ferro, metal... e o campo elétrico tem haver com a eletricidade”. (A15 do CEDUC)*

*“Campo magnético: atrai objetos feitos de metal. Corrente Elétrica: é um gerador de energia; exemplo: assim como secador... eu acho que não existe relação”. (A03 do CEDUC)*

Analisando os dados obtidos dos alunos, podemos perceber que muitos deles acreditavam que o magnetismo e eletricidade são dois termos totalmente desconexos. Além disso, não conseguiram expressar que a partir da variação de um fluxo no campo magnético é possível induzir uma corrente elétrica.

Em seguida na quinta pergunta onde foi solicitada a relação entre o Campo Magnético e o Gerador Elétrico, notamos mais uma vez a maioria não

soube responder, sendo que 25 alunos responderam “não sei”. Os outros 14 alunos tentaram se justificar de diversas formas:

*“Sim por que os geradores elétricos chegam ao campo magnético para gerar energia”. (A08 do CEDUC)*

*“Sim, porque os geradores elétricos utilizam o campo magnético para gerar energia”. (A05 do CEDUC)*

*“Sim, a relação é que forma um pequeno campo magnético”. (A30 do CEPG)*

Percebemos uma dificuldade extrema em justificar esse assunto, sendo que a maioria dos alunos não sabia dizer o que era um gerador elétrico e muito menos relaciona-lo com o campo magnético. Por meio deste questionamento, gostaríamos de sondar se os alunos já possuíam alguma ideia que a variação de fluxo magnético pusesse gerar uma força eletromotriz, e conseqüentemente, promover o aparecimento de uma corrente elétrica, facilitando a compreensão da Lei de Faraday.

A sexta pergunta visava verificar se algum estudante já possuía o conceito de Indução Eletromagnética, ou se apresentava alguma ideia de onde esse conceito estava aplicado em seu dia a dia. Dos 39 alunos, 36 não responderam esta questão, deixaram em branco ou colocaram “não sei”, e somente três alunos tentaram responder:

*“Sim, porque se a gente colocar uma chapinha para esquentar possui eletromagnetismo”. (A07 do CEDUC)*

*“Sim é muito usado no nosso dia a dia e muitas vezes não percebemos, exemplo quando usamos secador, quando pegamos na maçaneta de um carro...”. (A03 do CEDUC)*

*“Indução eletromagnética é deixar um corpo carregado com uma carga eletromagnética. Ela está presente em nosso dia a dia, por exemplo quando sentimos um choque ao tocar em algo metálico ou quando algo atrai os pelos ou cabelos”. (A06 do CEDUC)*

Percebemos que as respostas ficaram em muitos pontos sem coerência, indicando que os alunos não conheciam o conteúdo de indução eletromagnética, sendo que alguns estudantes utilizaram argumentos com pouco rigor científico. Das poucas respostas obtidas, pudemos notar uma tentativa de correlação entre a indução eletromagnética e os processos de eletrização de um corpo. Cabe enfatizar que esta não foi a correlação



esperada, pois almejávamos diagnosticar se os alunos poderiam apresentar alguns dos conceitos e aplicações relacionadas com a Lei de Faraday.

Na sequência, a sétima questão buscava avaliar os contextos históricos relacionados ao assunto de indução eletromagnética. Como relata Gasparin (2007):

“A teorização é um processo fundamental para a apropriação crítica da realidade, uma vez que ilumina e supera o conhecimento imediato e conduz à compreensão da totalidade social” (GASPARIN, p. 7, 2007).

Nela questionávamos quem era Michael Faraday e qual foi sua contribuição para a Física. Analisando as respostas notamos que 32 alunos não souberam responder, deixaram em branco ou colocaram “não sei”. Apenas sete alunos tentaram responder a questão:

*“Foi um importante físico, que propôs a lei da indução eletromagnética”. (A05 do CEDUC)*

*“Foi o físico que propôs a teoria do campo magnético”. (A39, A34 e A28 do CEPG)*

*“Foi o inventor da unidade Faraday do termômetro”. (A29 do CEPG)*

*“Michael Faraday criou a teoria do eletromagnetismo, propôs que todo corpo possui uma campo eletromagnético e estático”. (A06 do CEDUC)*

*“Foi o criador do primeiro motor elétrico”. (A33 do CEPG)*

Das poucas respostas recebidas, percebemos muitas divergências, incluindo respostas bastante superficiais e pouco pautadas no contexto histórico e científico. Em um dos casos, pudemos notar a troca entre Faraday e Fahrenheit, sendo que nenhuma resposta foi plenamente satisfatória sobre as contribuições de Michael Faraday para a Física, especificamente para o Eletromagnetismo.

Na oitava pergunta, que questionava sobre o fluxo magnético e sua relação com a força eletromotriz, notamos uma grande dificuldade por parte dos alunos em respondê-la; muitos não faziam ideia do que seria fluxo magnético ou força eletromotriz. Das 39 respostas, 37 alunos responderam “não sei”. Apenas dois alunos tentaram responder, todavia, as duas respostas apresentadas divergiram do contexto abordado e não conseguiram expressar a dependência entre a força eletromotriz depende e o fluxo magnético:

*“Fluxo magnético: o fluxo magnético são ondas que são transmitidas na atmosfera, são como as ondas sonoras, ela é transmitida por pulso magnético. Sua relação com a força eletromotriz, é que através desse pulso não vai gerar a eletricidade”. (A02 do CEDUC)*

*“É um campo no qual o ímã atrai algo. A força eletromotriz é possível através do fluxo magnético”. (A08 do CEDUC)*

A nona questão visava avaliar o conteúdo pertinente às correntes de Foucault e sua aplicação no dia a dia. Foram obtidas apenas respostas em branco ou “não sei” para essa pergunta, além de comentários de que nunca haviam ouvido falar de Foucault. Constatamos que neste momento os alunos não faziam ideia das correntes parasitas ou até mesmo do efeito Joule nos metais condutores.

Na décima questão, na qual se perguntava sobre o funcionamento do transformador elétrico, dos 39 alunos, 34 não responderam e cinco responderam com justificativas variadas:

*“Para transformar energias 127 para 220 e vice e versa”. (A39 do CEPG)*

*“Funciona a partir de fios de cobre, materiais isolantes e entre outros materiais, que servem para transformar a força de energia recebida para que esta sirva para o consumo”. (A05 do CEDUC)*

*“Serve para quando ocorre uma grande carga a mais e ele chega a cair a luz para que a carga volte ao normal”. (A28 do CEPG)*

*“Ele funciona da seguinte forma, tem um cabo que gera energia para tudo. Serve para gerar energia”. (A34 do CEPG)*

*“Formar energia”. (A03 do CEDUC)*

Nesta pergunta esperávamos mais respostas explicando o efeito do transformador pelo fato de ser algo um pouco mais comum em suas vidas. Todavia, esse dado demonstra que o nível de conhecimento científico dos alunos é baixo, principalmente considerando os alunos do 3º ano do Ensino Médio.

Por fim, a décima primeira questão visava avaliar o conhecimento sobre o consumo de energia dos chuveiros elétricos de potências iguais conectados em 127 e 220 Volts. A intenção deste questionamento era verificar a presença de conhecimentos prévios sobre potência, uma vez que quando chuveiros têm o mesmo consumo apresentam as mesmas potências.

No entanto, percebemos que do total de alunos, 12 responderam que não sabiam e 06 responderam que 220V consome mais energia:

*“220V por que ele tem mais energia”. (A15 do CEDUC)*

*“220V. Porque a tensão do chuveiro é mais forte, ou seja, o campo elétrico ou força motriz é gerado, aí essa força vai ser mais forte e vai gastar mais energia”. (A01 do CEDUC)*

*“220V. Porque ele consome mais energia, ele puxa a energia toda do transformador gerando alto custo”. (A34 do CEPG)*

Os demais 21 alunos responderam que 127V consome mais energia:

*“127V, por que quanto menos volts mais energia gasta”. (A07 do CEDUC)*

*“127V por que como a corrente é menor ela tende a consumir mais energia”. (A28 do CEPG)*

*“O chuveiro 127V por que tem menor potência e sua energia precisa ser transformada”. (A05 do CEDUC)*

*“127V porque ele precisa do dobro de energia para ligar o chuveiro”. (A20 do CEDUC)*

Mediante a análise das respostas, foi possível verificar que os alunos apresentaram muitas dificuldades sobre o tema abordado, não produzindo nenhuma resposta satisfatória.

Assim, tendo como ponto inicial para o desenvolvimento da atividade de conhecimento prévio que os alunos trouxeram consigo, foram retomadas com os alunos todas as questões de modo a discutirmos os diferentes pontos de vista, permitindo o aprofundamento do conteúdo de Eletromagnetismo e articulando este ponto ao segundo momento pedagógico da prática educativa: a problematização. Para GASPARIN (2007):

*“A problematização é um elemento-chave na transição entre a prática e a teoria, isto é, entre o fazer cotidiano e a cultura elaborada. É o momento em que se inicia o trabalho com o conteúdo sistematizado [...] é o caminho que predispõe o espírito do educando para a aprendizagem significativa, uma vez que são levantadas situações-problema que estimulam o raciocínio” (GASPARIN, 2007, p. 35).*

Onde entrelaçamos a prática social inicial ao conteúdo científico a ser estudado por meio de questionamentos. Conforme Saviani (2008) destaca, “a

problematização deve detectar que questões precisam ser resolvidas no âmbito da prática social e, em consequência, que conhecimento é necessário dominar”.

Diante das explicações durante a problematização, os alunos se sentiram instigados a saber mais sobre o assunto, questionando e contrapondo os temas expostos em sala de aula e recebendo as devidas explicações sobre cada pergunta.

### **4.3 Problematizando e instrumentalizando os estudantes dos conteúdos históricos – a Indução Eletromagnética**

Ao iniciar a aula, os alunos participaram de uma breve discussão, retomando as questões do questionário inicial. Logo após, por meio de uma exposição dialogada, foi abordada a história dos conceitos fundamentais do Eletromagnetismo e a contribuição de Michael Faraday, sempre simbolizando os significados das palavras, seja por meio de objetos ou da própria fala. Para melhor entendimento do conteúdo, foi levado para sala de aula alguns modelos de ímãs com intuito de despertar o interesse dos alunos, fazendo uma busca do que cada um sabia sobre aquele assunto. Ao longo dessa aula, introduzimos algumas das questões problematizadoras propostas no Plano de Unidade (Apêndice D), tais como: O que é um ímã? Do que ele é composto? Tais questões visavam aprofundar e desmitificar alguns conceitos do cotidiano.

Para fornecer o suporte apropriado, na sequência, foi realizada uma atividade prática em sala de aula sobre o Freio Eletromagnético I, descrita no Apêndice E.

Para confeccionar este experimento foram utilizados materiais de baixo custo, facilmente adquiridos em lojas de materiais de construção.

Dando sequência ao experimento, colocamos um ímã para descer por um tubo de PVC e observamos o tempo de queda. Depois repetimos o mesmo movimento. Nessa atividade prática, foi demonstrada qualitativamente a frenagem do ímã - quando deixado cair no interior de um tubo condutor não-ferromagnético (Cobre) - em relação a queda do mesmo ímã no interior de um tubo de material isolante (PVC). Em um tubo de cobre, tendo em vista analisar

o porquê de os tempos de quedas serem diferentes. Após essa atividade e das discussões dos alunos, explicamos o fenômeno da interação do campo magnético do ímã com as correntes induzidas no tubo de cobre devido da variação de fluxo. Com base no conhecimento prévio dos alunos, foram produzidas as conexões entre teoria e prática e entre conhecimentos cotidianos e científicos, tendo em vista atingir um nível mais elevado e sintético de compreensão do conteúdo por parte de cada um, como o Moreira relata:

É importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não-literal e não-arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva. (MOREIRA, M.A., 2012).

Por meio da análise desta prática, foi possível verificar que a força de frenagem no ímã é maior se a velocidade dele em relação ao cano for maior, pois. Este dado também pode ser obtido por meio da *Lei de Faraday*, na qual o valor da força eletromotriz induzida ao longo da circunferência do cano é proporcional à corrente elétrica induzida e depende da rapidez com a qual o fluxo magnético varia através dele. Ao longo dessa discussões, também apresentamos aos alunos um simulador<sup>9</sup>, composto por uma bobina conectada a uma lâmpada, pelo qual os alunos visualizaram que a lâmpada só acendia mediante a movimentação do ímã nas proximidades da bobina. Neste sentido, foram esclarecidas as similaridades entre os fenômenos utilizando os conceitos teóricos envolvendo indução eletromagnética.

Fazendo um comparativo entre as aulas teóricas convencionais, por meio da utilização dessas atividades foi possível verificar um aumento na participação dos alunos, fazendo diversas perguntas como: “o tamanho do tubo influencia na frenagem? E a espessura do tubo?”, “Porque o ímã cai mais lentamente no tubo de cobre? Se fosse de alumínio teria o mesmo efeito?”. Neste sentido, esta aula foi instigante pela grande participação e curiosidade dos alunos, como mostrado na **Figura 17**. O mesmo resultado foi obtido nas duas turmas sendo que as perguntas dos alunos também foram semelhantes.

---

<sup>9</sup> Simulador encontrado no site: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/faradays-law](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/faradays-law)



**Figura 17:** Alunos realizando a atividade teórico-experimental sobre o Freio Magnético I

Nesta aula os alunos também puderam compreender que um ímã não atrai qualquer tipo de metal. Dando sequencia, utilizando os questionamentos dos próprios alunos, pudemos explicar o conceito de materiais ferromagnéticos e de materiais paramagnéticos, propiciando também aprofundar o conceito de força magnética, ao ver que ímã cai lentamente no tubo de cobre.

Ao final desta atividade sobre Indução Eletromagnética, os alunos foram capazes de compreender as propriedades de um ímã, de identificar o surgimento da corrente elétrica induzida por meio da variação do fluxo magnético, além de entender qualitativamente a interação da força magnética relacionada aos conceitos de Indução eletromagnética.

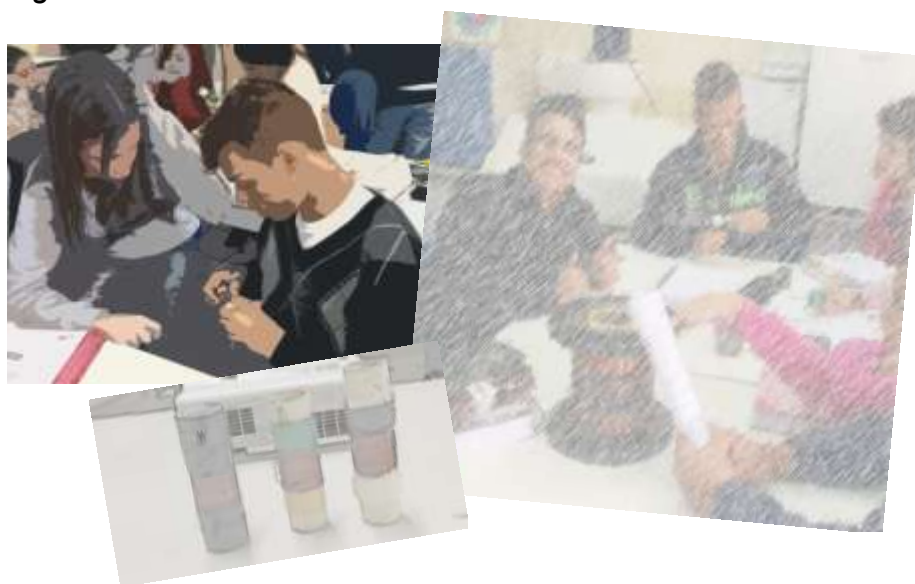
#### **4.4 Problematizando e instrumentalizando os estudantes dos conteúdos culturais – O Gerador Elétrico**

Retomando o assunto envolvendo indução magnética, foram destinadas duas horas/aula para a construção de um Gerador Elétrico. Como questão norteadora e problematizadora retomamos a seguinte pergunta: “É possível acender um LED com um ímã?”. Os alunos neste momento já afirmavam que sim, porém as justificativas apresentadas por eles ainda apresentavam muitos erros e não estavam pautadas na teoria. Após alguns apontamentos os alunos

receberam o segundo roteiro da atividade teórico-prática, Chamada de Gerador Elétrico que segue descrita no Apêndice E.

Com o intuito de promover discussões e possibilitar a troca de ideias entre os alunos, dividimos as turmas em pequenos grupos, de modo a iniciarem a leitura do roteiro, dando sequência à elaboração das atividades práticas. Nesta atividade utilizamos materiais de baixo custo, tais como: fios de cobre esmaltados (awg 30), fita adesiva de diferentes cores, diodos emissores de luz - led, tubo de água aquaterm 22 mm, ímã de neodímio cilíndrico de 10 x 20 mm. Em relação ao diâmetro interno do tubo, foi tomado um cuidado especial, de modo a garantir que o ímã de neodímio deslizasse com suavidade no interior do tubo.

Dando início as atividades experimentais com cada grupo formado, e tendo previamente discutido o roteiro, passamos a confeccionar uma bobina de 150 espiras para liga-las a um LED, conforme mostra a **Figura 18**. Propositamente, foi sugerido a dois grupos que alterassem o número de espiras da bobina, para 100 e 200 voltas. Em seguida, perguntamos o que poderiam fazer para acender o LED e, após algumas discussões, distribuímos ímãs aos alunos e pedimos para que os movimentassem dentro da bobina e observassem o fenômeno. Foi positiva a reação dos alunos: *“não acredito, o LED acende mesmo!”*; *“adorei está aula professora, quando será a próxima?”*; *“vou gerar energia na minha casa!”*.



**Figura 18:** Alunos confeccionando o Gerador Elétrico, sob a orientação da professora pesquisadora.

Aproveitamos este momento da experimentação nos grupos para também avaliar qualitativamente a relação entre o número de espiras e a facilidade em acender LEDs de mesma especificação. Fornecendo 2 LEDs azuis de mesma especificação, foi possível verificar que o protótipo com mais espiras “acendia” o LED com mais facilidade que os demais. Neste momento, explicamos o fenômeno da indução eletromagnética, demonstrando qualitativamente que a força eletromotriz induzida numa bobina é diretamente proporcional à variação do fluxo magnético nela e inversamente proporcional ao intervalo de tempo em que essa variação ocorre, conforme previsto pela Lei de Faraday. Discutimos também de maneira prática como a Lei de Lenz e a Regra da Mão direita são aplicadas em diferentes situações e, por final, relacionamos o conceito de conservação de energia mecânica com o conteúdo de eletromagnetismo.

Para ampliar o entendimento dos alunos sobre o assunto, apresentamos um vídeo<sup>10</sup> que explica detalhadamente a Lei de Lenz relacionada com a lei de conservação da energia. Explicamos que qualquer que seja a forma como a corrente é induzida em uma espira fechada, a energia elétrica sempre se transforma em energia térmica durante o processo (a menos que a espira seja supercondutora), como consequência natural da resistência elétrica do material de que é feita a espira (MOURA, 2011).

Ao final desta atividade sobre Gerador Elétrico, os alunos foram capazes de compreender que força eletromotriz induzida numa espira (bobina), é diretamente proporcional à variação do fluxo magnético que atravessa e inversamente proporcional ao intervalo de tempo em que essa variação ocorre. Também foi possível mostrar aos estudantes que a ciência está ao seu alcance, despertando sua motivação para o conhecimento científico e permitindo que os mesmos conhecessem o fenômeno da indução eletromagnética e fossem capazes de relacioná-lo ao seu cotidiano. Esta atividade foi avaliada por meio das análises das discussões orais, dos relatos dos alunos e de um relatório do experimento.

---

<sup>10</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=GMP14t9mgrc>



#### **4.5 Problematizando e instrumentalizando os estudantes dos conteúdos culturais – Correntes de Foucault**

Iniciamos esta quinta aula com a retomada do último experimento, tomando o cuidado de sempre corrigir o que fosse necessário. Na sequência demos início a uma aula expositiva dialogada sobre o fenômeno das correntes parasitas. Como utilizamos também como base a teoria Vygotskyana, primeiramente direcionamos o foco para identificar as possíveis concepções espontâneas ou explicações prévias dos alunos, com o objetivo de estabelecer uma relação entre o conhecimento prévio e o conteúdo científico de modo mais coerente. (GASPAR, MONTEIRO, 2005)

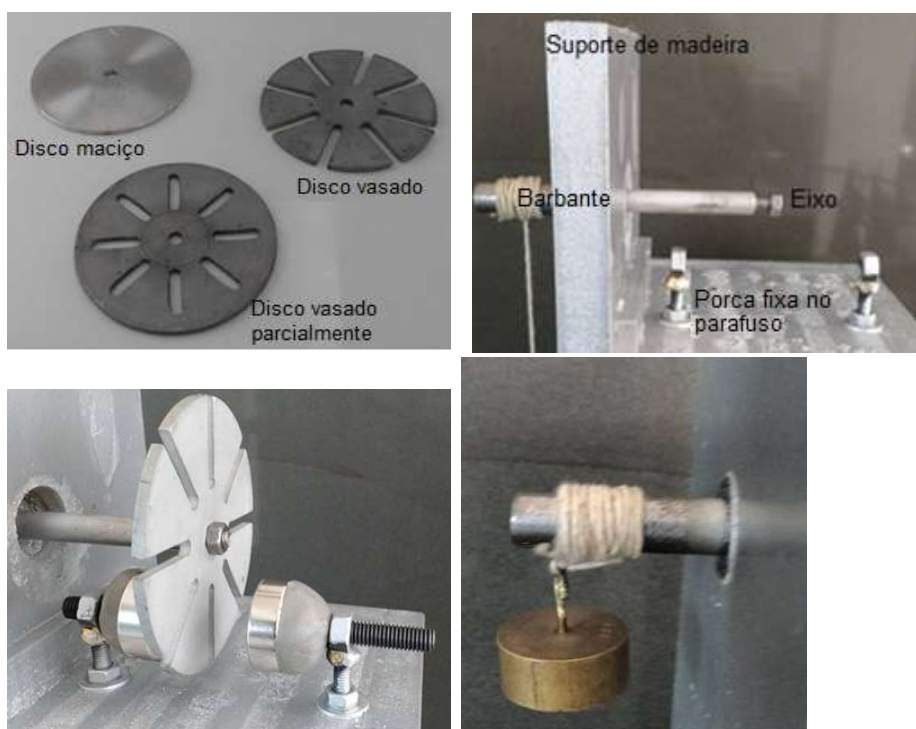
Durante este diagnóstico dos conhecimentos prévios, verificamos que um aluno, utilizando uma variedade de imãs, montou um pequeno gerador que acendia um LED com a movimentação mecânica de um disco. Isso nos mostra que a motivação proporcionada em sala de aula pode favorecer o aprofundamento dos conteúdos por parte dos alunos. Quando perguntado sobre as atividades de Física, o aluno relata:

*“adoro fazer experimentos de Física, tenho vários em casa, vejo muitos vídeos e leio bastante também” (A06 do CEDUC).*

Um detalhe muito importante sobre este estudante diz respeito ao processo de avaliação. Foi constatado que o aluno não apresenta boas avaliações na disciplina de Física, inclusive apresenta uma dependência na disciplina do segundo ano do ensino médio. Uma possível explicação para o fato pode ser atribuída às formas de avaliação geralmente desenvolvidas com os alunos em sala de aula, assim como a maneira como os conteúdos têm sido abordados – geralmente desarticulando teoria e prática.

Com base no diagnóstico dos conhecimentos prévios, foi dado início à atividade que visava à observação do fenômeno físico sobre as correntes de Foucault, que, para o nosso caso, surgem em um disco condutor (paramagnético) exposto a um fluxo do campo magnético que varia com a área do disco. Conduzida no laboratório de ciências, a Atividade Teórico-Prática Freio Magnético II segue no Apêndice E. Esse experimento apresentou um

custo um pouco maior na sua construção (aproximadamente R\$ 300,00), pois precisamos de torneiro mecânico especializado para o ajuste de um eixo em um rolamento, corte a laser para a confecção dos discos, além de materiais como ímãs de neodímio e madeira para construção da base, como mostrado na **Figura 19**. Consideramos o investimento baixo tendo em vista a durabilidade dessa atividade.



**Figura 19:** Experimento do Freio Magnético II

Discutimos os diversos efeitos causados por esta variação de fluxo magnético, variando também o formato dos discos de alumínio. As correntes de Foucault são correntes fechadas induzidas no volume de um metal submetido a um campo magnético e, quando, por exemplo, o disco de alumínio gira entre os ímãs, há uma variação de fluxo no disco que provoca uma força eletromotriz. Esta força eletromotriz é induzida no disco por sua vez, permite o movimento dos elétrons livres no metal em circuitos fechados, gerando as Correntes de Foucault, fazendo que o mesmo freie em decorrência da Força de Lorentz, que surge devido à interação do campo do ímã e da corrente induzida.

Nesta aula utilizamos uma atividade experimental demonstrativa, contando com a confecção de apenas 1 kit, pois a mesma requisitava detalhes

e serviços específicos para sua montagem. No entanto, consideramos que atividades experimentais demonstrativas agregam importância ao conteúdo não perdem sua qualidade como afirma GASPAR, MONTEIRO, 2005.

“Designar atividades experimentais que possibilitassem apresentar fenômenos e conceitos de Física, cuja explicação se fundamente na utilização de modelos físicos e priorize a abordagem qualitativa. As atividades de demonstração dessa natureza não se restringem à sala de aula. Podem ser apresentadas também em outros ambientes em função dos quais adquirem características diferentes”. (GASPAR, MONTEIRO; 2005)

As demonstrações experimentais em sala de aula, desde que adequadamente apresentadas, proporcionam situações específicas e momentos de aprendizagem que dificilmente aparecem em aulas tradicionais de lousa e giz, ou em atividades experimentais realizadas apenas pelos alunos com ou sem a orientação do professor. Os alunos costumam mostrar interesse em experimentos demonstrativos, segundo Gaspar e Monteiro (2005):

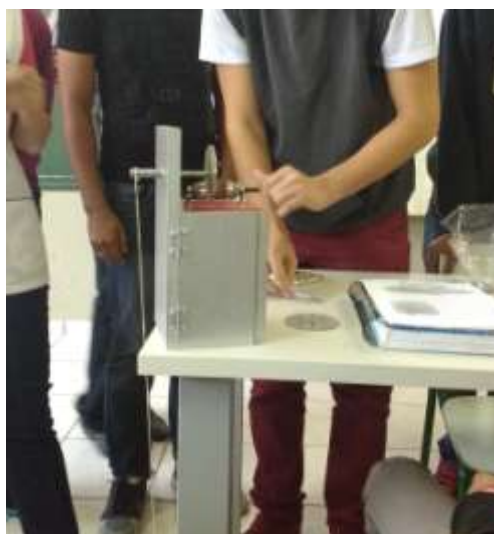
“A interação social desencadeada entre professor e alunos é avaliada a partir da teoria sócio-cultural de Vigotski, permeadas pela análise do discurso do professor, e os resultados apontam para o fato de que a orientação das atividades, no sentido de promover interações sociais verdadeiras, pode tornar mais eficiente a utilização das atividades de demonstração em sala de aula” (GASPAR, MONTEIRO, p. 3, 2005).

Entendemos que esse estudo está vinculado à proposta de um referencial teórico que contemple características específicas desse procedimento, como o papel da interação social, desencadeadas pela demonstração experimental e a importância da mediação simbólica cujo uso ela possibilita (Idem).

Com relação à participação dos estudantes, nesta aula houve grande participação, sendo que os mesmos conseguiram relacionar o experimento com assuntos que já ouviram falar, como por exemplo, a levitação magnética.

Por fim, foram conduzidas demonstrações do experimento utilizando discos com diferentes tipos de “defeitos” para que os alunos pudessem avaliar a influência do número de ranhuras, do formato das ranhuras na velocidade de

rotação do disco. Como fonte propulsora foi utilizada uma massa de 100 g, sendo que a velocidade de rotação foi avaliada qualitativamente mediante a determinação do tempo de queda da massa. Os resultados apontaram que o disco maciço demorou em média cinco segundos a mais que o disco totalmente vasado, sendo que já o disco parcialmente vasado teve o tempo muito próximo ao do maciço. Neste sentido os alunos puderam perceber a influência do caminho fechado na indução das correntes de Foucault no disco, como ilustrado na **Figura 20**.



**Figura 20:** Um aluno manuseando o experimento de Freio Magnético II

Com relação à análise do movimento do disco, foi possível demonstrar a existência de uma força de repulsão que foi maior entre o disco de alumínio maciço e o ímã. Como a massa propulsora sempre foi lançada a partir da mesma altura  $h$ , a energia potencial inicial em cada lançamento foi a mesma. Considerando a conservação de energia, desprezando o atrito do rolamento, foi possível esclarecer que a energia potencial inicial foi transformada em energia cinética de rotação e posteriormente em energia térmica em decorrência da dissipação resistiva causada pelo material condutor do disco. Finalizando as observações, foi possível notar que logo após ao lançamento a velocidade do disco era constante em decorrência da potência dissipada na forma de calor ser igual a potência produzida pelo movimento de queda do disco.

#### 4.6 Problematizando e instrumentalizando os estudantes dos conteúdos culturais – Transformadores

Visando ampliar o desenvolvimento dos conteúdos de indução magnética, na sexta aula foi proposto que os alunos, em grupos, realizassem outra atividade teórico-prática sob a mediação do professor, que segue descrita no Apêndice E: O Transformador Elétrico Desmontável.

Esta atividade permitiu estudar os efeitos relacionados aos transformadores elétricos por meio de uma atividade teórico-prática. Para o desenvolvimento dessa atividade foi utilizado fio de cobre esmaltado (awg 30) além de dois núcleos de transformadores comerciais iguais (que podem ser encontrados em lugares de descarte de aparelhos eletrônicos), que foram cuidadosamente divididos em duas partes conforme mostrado na Figura 21. Nessa montagem as bobinas foram produzidas com 700 e 300 espiras. Com relação à confecção do experimento, tendo em vista o longo tempo destinado ao preparo dessa atividade, todo o preparo da montagem da atividade foi feita com antecedência da aula.



**Figura 21:** Processo de desmontagem e montagem de um transformador

Por meio dessa atividade, os alunos puderam relacionar os conceitos de indução magnética nas bobinas do transformador, discutir sobre o acoplamento

magnético entre as bobinas, além de relacionar o número de espiras das bobinas com a força eletromotriz em cada bobina, com a corrente elétrica em cada bobina e com a Lei de Faraday.

Para iniciar o diagnóstico dos conhecimentos prévios dos alunos, utilizamos algumas questões problematizadoras sobre o assunto, tais como: O que é transformador? Considerando dois chuveiros de mesmo modelo, qual consome mais energia, o 127V ou o 220V? Qual a relação entre correntes de Foucault e transformadores?

Com base nos conhecimentos prévios trazidos pelos alunos, explicamos que o transformador é um dispositivo elétrico que opera ligado à rede de alimentação alternada, que permite modificar a amplitude de tensões e correntes, baseado nos princípios eletromagnéticos da Lei de Faraday e da Lei de Lenz. Um transformador elétrico simples pode ser construído por meio de uma peça de material ferromagnético, denominada de núcleo do transformador, ao redor da qual são enroladas duas ou mais bobinas com diferentes números de espiras.

Medindo a diferença de potencial na bobina primária e na bobina secundária com um multímetro foi possível verificar experimentalmente a relação entre a tensão e o número de espiras de cada bobina dentro de uma precisão de 5%. Neste contexto, foi possível discutir quais os fatores envolvidos na diferença entre os valores teóricos ideais e experimentais. Em função do acoplamento imperfeito entre as duas partes que formam o núcleo, algumas linhas de campo da bobina primária não passaram pela bobina secundária, gerando diminuição na eficiência do gerador. Outro fator envolvido foi a dissipação causada pelo aquecimento do núcleo e das bobinas. Quanto maior for a dissipação das partes do transformador em energia térmica, menor será a eficiência do mesmo e maior será a diferença encontrada entre os valores de tensão medidos e calculados.

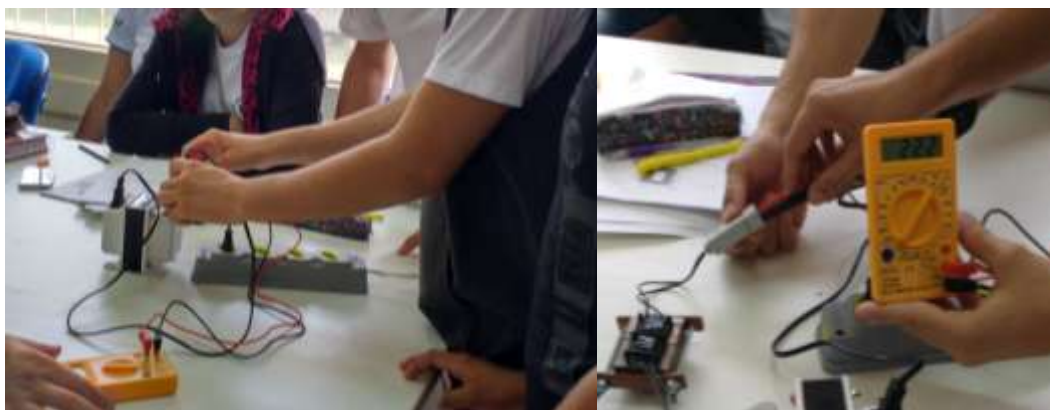
Torna-se importante salientar que, para melhorar segurança dos alunos, foi utilizado um transformador comercial para reduzir a tensão da rede, a fim de evitar acidentes graves durante as medidas da diferença de potencial.

A partir do desenvolvimento desta atividade experimental, elencamos algumas afirmações dos alunos descritas abaixo:

*“nossa professora adorei essa aula, agora eu gosto de Física”. (AD CEDUC)*

*“vou construir um transformador pra mim”. (AL CEDUC)*

Tais opiniões demonstram que a atividade contribuiu para a motivação dos alunos e, principalmente, favoreceu seu aprendizado. Na **Figura 22**, podemos visualizar algumas imagens dos momentos em que os alunos mediram as diferenças de potenciais do transformador.



**Figura 22:** Alunos verificando a mudança de tensão nos transformadores

Cabe ressaltar que, por meio desse experimento, os alunos puderam relacionar o funcionamento do transformador com o funcionamento de um eletroímã. O eletroímã foi obtido por meio da ligação de qualquer uma das metades do transformador desmontável à fonte de tensão alternada.

Ao final da atividade do Transformador Desmontável, os alunos compreendam o real funcionamento do transformador, possibilitando a compreensão de que a amplitude de suas tensões pode ser aumentada ou diminuída conforme o número de espiras nas bobinas primária e secundária. Nesse sentido, a atividade teórico-prática envolvendo o transformador elétrico desmontável foi um meio pelo qual, como afirma Saviani (2008), o conteúdo sistematizado foi posto à disposição dos alunos para que pudessem assimilá-lo e recriá-lo e, ao incorporá-lo, pudessem transformá-lo em instrumento de compreensão da realidade.

#### **4.7 Afinal, o que é Indução Eletromagnética? Retornando à prática social dos estudantes**

Finalizando o desenvolvimento das atividades planejadas, durante a sétima e última aula foi realizada a retomada de todo o conteúdo estudado nas aulas anteriores, em suas diferentes dimensões. Neste momento, algumas dúvidas foram retomadas e esclarecidas. Ao final das discussões, os alunos se dividiram em duplas, resultando em um total de 21 grupos que receberam um novo questionário apresentado no Apêndice C. Esse passo foi conduzido com o propósito de analisar se os estudantes se apropriaram do conhecimento trabalhado em diferentes dimensões, permitindo a relação entre teoria e prática e a utilização do conhecimento científico, agora internalizado, para a compreensão da prática social. Conforme apontado por Saviani (2008):

O ponto de chegada do processo pedagógico na perspectiva histórico-crítica é o retorno à Prática Social. Esta fase representa a transposição do teórico para o prático dos objetivos de unidade de estudo, das dimensões do conteúdo e dos conceitos adquiridos (SAVIANI, 2008, p. 145).

Com o objetivo de preservar a identidade dos alunos, a cada uma das duplas foi atribuído um código aleatório, conforme o exemplo que segue: D01 do CEPG – Dupla 01 do Colégio Estadual Polivalente de Goioerê. D02 do CEDUC – Dupla 02 do Colégio Estadual Duque de Caxias.

Decorrido o tempo necessário, o questionário foi recolhido para a realização da análise das respostas, a fim de que pudéssemos fazer uma leitura final de cada pergunta e confrontar as ideias de cada grupo sobre o assunto. Com relação à primeira pergunta - se o ímã poderia atrair qualquer tipo de metal -, identificamos que 100% das duplas responderam “não”, com justificas foram bastante variadas:

*“Não, porque o alumínio é um metal e eles não se atraem”.* (A D04 do CEPG)

*“Não, ele não atrai o alumínio, ouro e cobre, porque nem todos tem campo magnético”.* (D21 do CEDUC)

*“Não, só os ferros magnético que tem condução magnética”.* (D19 do CEDUC)



*“Não, porque o alumínio é um metal e eles não se atraem, porém se você movimentar os ímãs perante um disco de alumínio eles se repelem mais não se atraem”. (D05 do CEPG)*

A partir dessas respostas podemos perceber que a dificuldade em justificar as questões de maneira apropriada persiste, no entanto, devemos considerar a evolução gradual dos alunos no processo de aprendizagem, pois todos os alunos neste momento compreenderam que o ímã só é capaz de atrair uma classe de materiais específicos: os materiais ferromagnéticos.

Na questão número dois avaliamos se os alunos achavam possível acender um LED com um ímã e um fio de cobre. Sobre essa indagação 100% das duplas responderam “sim”. Abaixo segue algumas das justificativas apresentadas:

*“É possível, através de uma bobina”. (D07 do CEDUC)*

*“Sim, a partir da formação de uma bobina é possível acender a luz do led, quando o ímã passa pela bobina gera uma força eletromotriz que gera uma corrente elétrica”. (D11 do CEDUC)*

*“Sim, com o fluxo magnético que o ímã contém ao entrar na bobina. A variação do ímã dentro da bobina cria uma força de indução que gera as correntes elétricas”. (D05 do CEPG)*

*“Sim. O movimento do ímã dentro de uma espira causa a corrente elétrica, isso ocorre porque o ímã cria um campo magnético ocorrendo o fluxo linhas de campo”. (D08 do CEDUC)*

Como podemos observar, houve explicações apropriadas ao questionamento realizado, o que nos permite afirmar que as atividades realizadas proporcionaram um aprendizado significativo que favoreceu a aquisição de significados e a interação social entre os estudantes, algo de extrema relevância para o processo de ensino-aprendizagem:

*“Os significados das palavras e dos gestos são acordados socialmente, de modo que a interação social é indispensável para que um aprendiz adquira tais significados. Mesmo que os significados cheguem ao aprendiz através de livros ou máquinas, por exemplo, ainda assim é através da interação social que ele/ela poderá assegurar-se que os significados que captou são os significados socialmente compartilhados em determinado contexto” (MOREIRA, et al., p. 8, 1997).*

Autores como Gaspar e Monteiro (2005) também destacam em sua obra que a interação social pode ser facilitadora do processo de aprendizagem, pois,

[...] à medida que se possa observar ou não indícios efetivos de intersubjetividade que leve todos os participantes a partilhar da mesma definição de situação por meio de uma adequada mediação semiótica, pode-se inferir que essa interação social possibilita a colaboração que pode levar à aprendizagem". (GASPAR, MONTEIRO, p.10, 2005).

A terceira questão proporcionou uma discussão sobre a possibilidade de se gerar uma força entre uma placa de alumínio e um ímã. Fazendo um comparativo com as respostas indicadas no primeiro questionário, onde os alunos não conseguiram justificar a existência da força entre a placa de alumínio e o ímã, tivemos um ganho significativo, pois com base nas respostas indicadas após a atividade teórico-prática, 65% das duplas responderam "sim", com as seguintes justificativas:

*"Sim. Porque ele cria uma força contrária ao ímã chamado de força de Foucault mais ele só gera uma força se houver movimento". (D08 do CEDUC)*

*"Sim, pois se tiver uma campo magnético em movimento da placa de alumínio consegue-se gerar uma força e diminuir sua velocidade". (D06 do CEPG)*

*"Sim, você consegue gerar uma força, vamos dar o exemplo do freio magnético: o freio magnético, você pode pegar uma placa ou até mesmo um cano, se você perceber, vai cair lento ou devagar. Por que isso acontece? Bom isso acontece por que quando você coloca o ímã no cano ele vai gerar um campo, esse campo vai gerar uma força em volta do cano. O polo do ímã quando entra no cano é norte e a força que gera no cano tem o polo norte também, então eles vão se repelir fazendo o ímã descer devagar, quando o ímã está passando gera uma força eletromotriz onde se gera uma energia elétrica". (D13 do CEDUC)*

*"Sim, porque existe uma força contrária entre o ímã e alumínio que são as correntes de Foucault". (D11 do CEDUC)*

Os demais 35% que responderam "não" apresentaram diferentes justificativas, dentre as quais destacamos:

*"Não existe a possibilidade, porque o ímã não atrai o alumínio, porque ele gera uma força contrária quando parado, mas, quando em movimento perto do ímã há a possibilidade, porque ocorre variação de campo e vai existir força". (D18 do CEDUC)*

*“Não, porque força de magnetismo tem, só não tem atração; o alumínio é uma paramagnetismo, existe a força contrária de indução”. (D17 do CEDUC)*

*“Não. O alumínio não tem força com o ímã, o alumínio é um isolante ele gera uma indução ao contrário ou corrente de Foucault, mas se exercermos movimento com o alumínio perto do ímã vai ocorrer a variação de campo e vai existir força”. (D12 do CEDUC)*

*“Não se atraem mas é um bom condutor pois o ímã cria uma força contrária”. (D16 do CEDUC)*

Diante dessas respostas, percebemos que os alunos inicialmente afirmaram que “não” tendo por base o caso em que tanto o ímã está em repouso quanto o alumínio. No entanto, algumas das justificativas se mostraram redundantes quando avaliado o movimento entre as partes envolvidas, indicando a possibilidade de força magnética em função da variação de fluxo magnético, como no caso da dupla D12 do CEDUC. De todo modo, podemos considerar por meio da análise dos dados que houve avanço na aprendizagem dos alunos em função da mediação do professor sobre o conteúdo trabalhado.

Na quarta questão, que discorria sobre a relação entre Campo Magnético e a Corrente Elétrica, notamos que todos os alunos sabiam da existência do Campo Magnético e da Corrente elétrica, no entanto, apresentaram dificuldade em relacioná-las:

*“O campo magnético pode criar uma possível corrente elétrica através da variação do fluxo”. (D15 do CEDUC)*

*“Através da corrente induzida é que surge o campo magnético, o sentido da corrente é o oposto da variação do campo magnético”. (D21 do CEDUC)*

*“O campo magnético é gerado através do ímã já a corrente elétrica é induzida através da variação do fluxo dos ímãs”. (D19 do CEDUC)*

*“A relação é que o campo magnético é capaz de gerar a corrente elétrica”. (D01 do CEPG)*

Avaliando as respostas antes do desenvolvimento das atividades, onde os alunos não souberam responder a questão, pudemos acompanhar um ganho significativo na aprendizagem deste conteúdo, pois neste momento, alguns dos alunos foram capazes de relacionar a corrente à variação de fluxo

magnético – Lei de Faraday (D15 do CEDUC), assim como interpretar o sentido da corrente induzida em um metal condutor – Lei de Lenz (D21CEDUC).

Para dar sequência a análise do questionário, perguntamos qual era a relação entre Campo Magnético e o Gerador elétrico. Analisando as respostas, observamos que todos os alunos apresentaram justificativas relacionadas com os conhecimentos adquiridos mediante desenvolvimento da unidade de conteúdo, como segue descrito abaixo:

*“Sim, porque o campo magnético gera as correntes elétricas e consequentemente as correntes formam o gerador elétrico”.*  
(D05 do CEPG)

*“Sim, porque o gerador foi feito a partir da indução do campo magnético”.* (D10 do CEDUC)

*“Sim existe. A corrente em um circuito aparece sempre com um sentido tal que o campo magnético que ela cria tende a contrariar a variação do fluxo magnético através da espira”.*  
(D17 do CEDUC)

Por meio das respostas dos alunos, podemos constatar que, após a apresentação do conteúdo, grande parte dos mesmos conseguiu relacionar a grandeza Física Campo Magnético com a prática que, neste caso, envolveu o gerador elétrico. Sobre essa apropriação do conhecimento para a compreensão da realidade prática, Gasparin (2007) relata:

*“O novo conteúdo de que o aluno se apropriou não é, portanto, algo dado pelo professor, mas uma construção social feita com base em necessidades criadas pelo homem. Nesse momento, esse conhecimento possui uma função explícita: a transformação social.[...] É a avaliação da aprendizagem do conteúdo, não como demonstração de que aprendeu um novo tema apenas para a realização de uma prova, de um teste, mas como expressão prática de que se apropriou de um conhecimento que se tornou um novo instrumento de compreensão da realidade e de transformação social”*  
(GASPARIN, 2007, p. 132,138).

Neste sentido a apropriação de conhecimento dos alunos tornou-se significativa à medida que os conteúdos científicos forneciam explicações plausíveis para os fenômenos verificados no seu cotidiano.

A sexta questão, que versava sobre a definição da Indução Eletromagnética e de onde ela está presente no dia a dia, todos alunos

tentaram justificar suas respostas, como podemos observar nos excertos abaixo:

*“Entendemos por indução eletromagnética o fato de quando o ímã passa pela bobina induzindo uma força, denominado eletromotriz, na geração de energia nas hidrelétricas”. (D11 do CEDUC)*

*“Variação do fluxo num campo quando a movimentação. Sim se encontra no fogão por indução. Ocorre por causa da variação de energia gerando uma indução”. (D18 do CEDUC)*

*“Aquilo que gera uma força elétrica através da variação de fluxo. Sim na maioria dos ambientes, em fogões eletromagnéticos, guitarras, etc. Porque podemos entender melhor o funcionamento das coisas ao nosso redor”. (D05 do CEPG)*

*“Quando ocorre variação de movimento no campo magnético. Na maioria dos ambientes, nas guitarras, fogões eletromagnético”. (D06 do CEPG)*

Avaliando as respostas, podemos notar que a dificuldade em definições científicas claras persiste, no entanto, alguns apontamentos e relações com situações e fenômenos presentes no cotidiano se tornaram mais claras após o desenvolvimento da unidade de conteúdo.

Avaliando o conteúdo sobre a perspectiva histórica, a sétima questão visava discutir sobre quem foi Michael Faraday e quais foram suas contribuições para a Física. Percebemos de uma maneira geral que todos souberam dizer quem foi Michael Faraday:

*“Faraday foi um pesquisador, especialista, físico e químico inglês. Ele propôs estudos sobre a variação do fluxo magnético, que gerava uma força induzida”. (D13 do CEDUC)*

*“Físico e químico inglês, contribuiu para o estudo do eletromagnetismo e durante seus estudos percebeu que a variação do fluxo magnético gerava uma corrente induzida”. (D21 do CEDUC)*

*“Ele foi um físico e químico inglês, ele propôs um gerador elétrico”. (D04 do CEPG)*

*“Michael Faraday, físico e químico inglês que teve grande contribuição. Na Física contribuiu no estudo de eletromagnetismo e durante os seus percebeu que a variação do fluxo magnético gerava uma corrente induzida”. (D17 do CEDUC)*

*“Foi um físico inglês que descobriu que pode existir uma força elétrica através da variação de fluxo. Ele foi o primeiro físico a*

*acender uma lâmpada através do fluxo magnético dentro da bobina através das correntes elétricas". (D05 do CEPG)*

Com base nas respostas notamos que os conteúdos envolvendo a dimensão histórica e cultural foram assimilados com maior facilidade que os demais, tendo em vista que todos os estudantes conseguiram dizer quem foi Michael Faraday, inclusive citando algumas de suas contribuições para a Física no Eletromagnetismo. Isso mostra a importância de se trabalhar as diferentes dimensões do conteúdo em sala de aula, de modo a torna-lo mais significativo e próximo aos alunos.

Na oitava questão, que visava esclarecer a definição de fluxo magnético e sua relação com a força eletromotriz, tivemos muitas respostas:

*"O fluxo do campo magnético está relacionado ao número de linha do campo magnético que atravessa determinada superfície. A força eletromotriz induzida é consequência da variação do fluxo magnético. Os dois precisam do fluxo magnético". (D20 do CEDUC)*

*"Quanto maior o campo mais fluxo magnético, fluxo são as linhas que atravessam uma superfície. A força eletromotriz induzida é consequência da variação do fluxo magnético produzido pelo magneto". (D16 do CEDUC)*

*"O fluxo magnético está relacionado aos número de linhas do campo magnético que atravessam determinada superfície de área". (D07 do CEDUC)*

*"Fluxo magnético é a força do ímã dentro da bobina através da variação do fluxo gera as força eletromotriz causada pela corrente contrária ao campo magnético que o trabalho resulta na força eletromotriz  $(\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t})$ ". (D05 do CEPG)*

Em comparação ao questionário aplicado inicialmente, pudemos notar o aumento no número de respostas satisfatórias, evidenciando que os alunos entenderam a definição de fluxo magnético e que o mesmo é essencial para que ocorra a força eletromotriz induzida.

Na nona questão, que solicitava a definição das correntes de Foucault relacionando as mesmas com o cotidiano, percebemos que os alunos apresentaram bastante dificuldade de expressar suas respostas:

*"É o nome dado a uma corrente induzida em um material condutor". (D02 do CEPG)*

*“É a corrente induzida em um circuito fechado”. (D08 do CEDUC)*

*“São corrente parasitas, que são formadas do contrario ao fluxo gerando um freio magnético que é presente no nosso dia-a-dia”. (D11 do CEDUC)*

*“As correntes de Foucault são correntes fechadas induzidas na massa de um metal em um campo magnético e, quando uma folha condutora entra em um campo, há uma variação de fluxo que provoca uma força eletromotriz, exemplo: aquecedores em um forno ou fogão de indução”. (D17 do CEDUC)*

*“São correntes de eletricidade em campo fechado é necessária completar a volta para gerar energia”. (D05 do CEPG)*

Considerando as respostas dos alunos, foi possível notar que os mesmos usaram em suas explicações a relação entre correntes induzidas e circuitos fechados, o que foi muito bom. No entanto, não apresentaram nenhuma relação entre as correntes parasitas e o efeito Joule presente nos condutores.

A décima questão solicitava que o aluno descrevesse o funcionamento de um transformador elétrico e a sua utilidade. Notamos que os alunos demonstraram certa argumentação para responder esta questão, no entanto, apresentaram uma grande variedade de argumentos:

*“Transforma energia a partir do número de espiras que irá conter sendo que um lado terá mais que o outro de espiras”. (A20 e 21 do CEDUC)*

*“O transformador elétrico transforma energia tanto aumentando como diminuindo. Permite fazer ajustes exatos na tensão”. (D16 do CEDUC)*

*“Ele serve para diminuir a tensão de uma rede elétrica, o transformador funciona com corrente alternada”. (D01 do CEPG)*

*“Permite modificar amplitude de tensão fornecida, feito de duas bobinas isoladas eletricamente, sendo acoplados magneticamente, pois são montadas em torno de um mesmo núcleo de ferro ou ferrite”. (D21 do CEDUC)*

*“O transformador é um dispositivo elétrico que permite modificar a amplitude de tensões e correntes. Para transformar a voltagem, ex.: 110V – 220V”. (D20 do CEDUC)*

Analisando as respostas dos alunos, podemos perceber que nenhuma das respostas apresentava informações que permitissem quantificar a relação entre a diferença de potencial e o número de espiras nas bobinas primárias e

secundárias. Para além das respostas qualitativas, nesta questão ouvimos alunos dizerem que iriam construir transformadores, sugerindo ideias e fazendo questionamentos sobre os materiais utilizados. Tal fato está diretamente ligado à motivação do aluno, sendo este um fator facilitador no processo de ensino-aprendizagem.

Visando aplicar os conceitos de diferença de potencial e corrente elétrica à uma situação cotidiana dos alunos, na questão 11 perguntamos sobre o consumo de energia do chuveiro elétrico idênticos, de 127 V e 220 V. Nesta questão a maioria dos alunos respondeu que o consumo é o mesmo, porém, três duplas argumentaram que o chuveiro 127 V consome mais energia. As justificativas foram similares às apresentadas pela dupla D04 do CEPG, que respondeu: *“o 127, pois ele tem mais dificuldade em esquentar a água, puxando mais energia que o 220 V”*. Acreditamos que esses alunos possam ter relacionado erroneamente o consumo de energia apenas à corrente elétrica utilizada no dispositivo, que é maior para o caso 127 V.

Abaixo seguem algumas das respostas selecionadas a partir da maioria dos relatos:

“Os dois consome o mesmo tanto a diferença e a de diminuir a força elétrica e corre menos risco de queimar chuveiro”. (D02 do CEPG)

“Dependa, a potência sendo a mesma o consumo será o mesmo”. (D15 do CEDUC)

“O consumo é o mesmo. O que muda é que com 220V o Ampere será mais baixo não deixando aquecer a fiação já o 110 o Ampere é mais alto assim o íon será mais trabalhado”. (D07 do CEDUC)

Com base nas respostas podemos notar que nenhum aluno apropriou-se de equações para responder esta questão, no entanto, de um modo satisfatório conseguiram justificar corretamente, de maneira qualitativa, que o consumo de energia depende apenas da potencia elétrica.

Tendo em vista a possibilidade de os alunos expressarem sua opinião sobre os métodos e procedimentos utilizados na condução da unidade de conteúdo, propomos duas questões. A primeira delas foi a décima segunda questão, na qual perguntamos o que os alunos acharam das atividades desenvolvidas. Com base nas respostas, pudemos perceber o quanto os



alunos gostaram do desenvolvimento das aulas. Abaixo seguem algumas das respostas selecionadas:

*“Foi bem dinâmica, fazendo com que o interesse nas aulas aumentasse. Com os debates fica mais fácil entender a matéria”. (D20 do CEDUC)*

*“Uma ótima experiência, pois favoreceu o nosso desenvolvimento em relação aos conteúdos aplicados”. (D08 do CEDUC)*

*“As atividades desenvolvidas foram muito interessante, despertando a curiosidade e atenção dos alunos. Esse tipo de atividade é importante para que possamos nos interessar pela Física, a partir de experimentos que despertem cada vez mais”. (D11 do CEDUC)*

*“Boas, pois foi umas aulas diferenciadas, fizemos parte teórica e prática, os experimentos foi muito legal, também aprendi muito sobre eletromagnetismo”. (D13 do CEDUC)*

Todas as respostas apresentadas pelos alunos apresentaram pontos de similaridade, sendo que o fator motivacional e a compreensão dos conceitos teóricos em situações práticas foram citados com mais frequência. Entendemos que ambos os aspectos apresentados pelos alunos atuam como agentes facilitadores no processo de ensino-aprendizagem.

Para finalizar a décima terceira questão visava também avaliar se as atividades desenvolvidas contribuíram para ampliar o conhecimento dos alunos sobre o conteúdo de Indução Eletromagnética. Abaixo seguem algumas das respostas selecionadas que expressam a opinião geral do grupo:

*“Sim, sim, com essas outras eu aprendi muito sobre como funciona o eletromagnetismo no dia a dia, como a energia é formada, sobre o gerador elétrico, sobre os transformadores, etc...”. (D13 do CEDUC)*

*“Sim, pois antes não sabia como utilizar e para que se utilizava um transformador, não sabia que o led acendia com o ímã, isso foi bom pois aprendemos também sobre as correntes elétricas entre outras coisas”. (D18 do CEDUC)*

*“Contribuiu e muito para entendermos um pouco como funciona essa indução e compreender um pouco de algumas coisas do nosso cotidiano. Compreendi com base nas experiências e a explicação”. (D08 do CEDUC)*

*“Sim, pois pude entender a força induzida. Representada pelo ímã, pelo cobre e pelo PVC”. (D04 do CEPG)*

Considerando os relatos dos alunos, pudemos constatar que as atividades atuaram de maneira positiva, motivando os mesmos e permitindo a compreensão de conceitos teóricos em situações presentes em seu cotidiano. Certamente, em algumas questões esperávamos que os alunos pudessem se expressar de maneira mais clara e sistemática, envolvendo argumentos qualitativos assim como quantitativos, pautados no conteúdo científico descrito na unidade de conteúdo. No entanto, não podemos considerar que uma ação isolada e pontual como a desenvolvida neste trabalho possa fornecer todas as ferramentas necessárias para que os alunos possam garantir a internalização do conteúdo em sua totalidade. É necessário que os pré-requisitos possam também ser tratados com o devido tempo e rigor, de modo a favorecer cada vez mais a aprendizagem dos alunos.

Finalizando as atividades, tendo recolhido o questionário final, foi realizada uma leitura das perguntas com o objetivo de discutir as possíveis divergências encontradas nas respostas, esclarecendo cada uma das dúvidas e apontamentos equivocados.

Trata-se de um momento importante da prática pedagógica para a apropriação do conhecimento pelo aluno - sob a medição o professor -, pois é neste instante que ele consegue entender e articular as questões colocadas no início da intervenção pedagógica com o conhecimento científico apropriado, conectando o conteúdo em uma nova totalidade social e dando à aprendizagem um novo sentido. Trata-se, segundo a Pedagogia Histórico-Crítica, do momento denominado da *Catarse*. (GASPARIN, 2007).

Após as atividades teórico-prática desenvolvidas, partimos para nossa prática social final como o Gasparin (2007) comenta, é a confirmação de que foi estudado, o aluno nesse momento consegue sozinho demonstrar o seu aprendizado.

Mediante a triangulação dos dados ALUNO/PROFESSOR/CONTEÚDO, percebemos a grande evolução cognitiva dos alunos em relação a Indução Eletromagnética, pois saíram do senso comum e se desenvolveram para o conhecimento científico por meio da mediação do professor. Segundo Gasparin (2007):

“O triângulo da mediação pedagógica mostra que, na escola, a relação que se estabelece entre os alunos e o conhecimento

científico não é direta nem automática, mas se realiza por meio do professor como mediador” (GASPARIN, p. 114, 2007).

Por meio das atividades desenvolvidas neste trabalho, podemos assegurar que o tempo destinado para o desenvolvimento dessas e de outras atividades relacionadas à Física necessita ser ampliado, uma vez que apenas duas aulas semanais de 50 minutos cada não satisfazem as condições necessárias para a abordagem dos conteúdos de maneira aprofundada, interativa e problematizadora.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos, consideramos que este estudo contribuiu tanto para uma melhor aprendizagem dos estudantes do ensino médio sobre tópicos do conteúdo de Eletromagnetismo quanto para a formação e prática docente da professora-pesquisadora envolvida no processo. Da mesma forma, pensamos que este estudo poderá contribuir para a prática profissional de professores de Física desse mesmo nível de ensino, tendo em vista oferecer-lhes uma estratégia didática diferenciada, crítica, coerente e sistematizada que possa contribuir para o bom desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem.

O produto educacional apresentado e discutido neste trabalho busca fornecer suporte aos professores no tratamento de Indução Eletromagnética, Força Magnética e Correntes de Foucault, conteúdos pouco explorados nas escolas públicas, tendo em vista oferecer-lhes a possibilidade de trabalhar os conteúdos considerados por muitos como complexos e abstratos.

Nosso trabalho apresenta experiências simples e de baixo custo, que serviram para organizar os conhecimentos prévios dos alunos para a aprendizagem dos conceitos físicos. Além das experiências utilizamos a história da Física e outros recursos, relacionando teoria-prática e as diferentes dimensões do conteúdo. Os resultados foram avaliados, entre outros aspectos, por meio do questionário final, o qual indicou uma melhora no aprendizado dos conceitos físicos pelos alunos quando comparado com as respostas obtidas no questionário inicial.

Em relação aos livros didáticos, tivemos poucos apontamentos sobre o assunto analisado, uma vez que, de maneira geral, apresentaram uma forma clara de trabalho, demonstrando preocupação também com a dimensão histórica da ciência. Todavia, verificamos que os livros suprimem o conteúdo das Correntes de Foucault e, quando o abordam, o fazem de maneira superficial, trazendo poucos exemplos sobre o assunto.

O Plano de Unidade e a Unidade de Conteúdo propostas neste trabalho permitiram que os alunos participassem das atividades por meios de debates e questionamentos e compreendessem o tema, passando efetivamente do conhecimento de senso para o conhecimento científico, crítico e mais

elaborado sobre o conteúdo, sendo capazes de melhor argumentar sobre assunto.

Nosso produto educacional foi também desenvolvido com um grupo de professores na rede pública, onde tivemos boas considerações. Todos acreditaram no projeto, alegando ser possível desenvolvê-lo em suas escolas. Uma constatação feita a partir do relato dos professores aponta que este conteúdo é pouco trabalhado em sala de aula, seja pelo pouco tempo destinado à disciplina de Física ou pelo desconhecimento do assunto e escassez de práticas relacionadas ao tema.

Por mais que não seja uma tarefa fácil trabalhar tais conteúdos com os alunos do ensino médio, enfatizamos por meio deste trabalho a necessidade dos mesmos serem tratados de forma coerente em sala de aula. Assim, esperamos que outros professores possam utilizar nosso produto educacional em suas escolas, contribuindo para a melhor aprendizagem dos estudantes. Até mesmo como uma nova forma de avaliar os alunos.

Entendemos que uma proposta didático-pedagógica não pode, por si só, garantir a melhoria da qualidade do processo de ensino-aprendizagem no âmbito da educação básica, uma vez que tal qualidade depende direta e/ou indiretamente de diversos fatores macro e micro – tais como os aspectos sociais, políticos, financeiros, de valorização da carreira do magistério, das condições objetivas e materiais das escolas, da organização e gestão da educação, entre outros – que extrapolam programas, métodos ou simples estratégias de ensino. Todavia, consideramos igualmente importante a análise do processo educativo como fenômeno concreto, ou seja, tal como ele se dá efetivamente no interior da sala de aula, bem como a forma como esse processo é desenvolvido. A partir desses aspectos consideramos a necessidade de um ensino que vise à superação das condições precárias que estão hoje postas à educação básica pública, precisamos, igualmente, pensar em algumas das condições materiais que são necessárias para que sua superação ocorra, também, dentro de sala de aula.

## 6. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, D. S. Dissertação de mestrado: **Uma proposta para o ensino de eletromagnetismo no nível médio**, UFRN, Natal, 2008.

ALMEIDA JÚNIOR, J. B. de. **A evolução do ensino de Física no Brasil**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 45-58, 1979.

\_\_\_\_\_. **A evolução do ensino de Física no Brasil (2ª parte)**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 55-73, 1980

ALVARENGA B; MÁXIMO A. **Curso de Física**. Volume 3. Editora Scipione. 1 Edição 2001.

BARRA, V. M.; LORENZ, K. **Produção de materiais didáticos de ciências no Brasil, 1950-1980**. Ciência e Cultura, São Paulo, v. 38, n. 12, p. 1970-1982, 1986.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BARRETO, G., CASTRO JUNIOR, C. A de., MURARI, C. A. F., SATO, F. **Circuitos de Corrente Alternada: Fundamentos e Prática**. 1ª ed, São Paulo: Oficina de Textos, 2012. Disponível em: <http://www.li.facens.br/~machado/lxo/materiais/Exp8.pdf>. Acesso em 11 de maio de 2016.

BARRETO B.; XAVIER C. **Física aula por aula**. Volume 3. FTD. 2 Edição. São Paulo, 2013

BIZZO, N. **Graves erros de conceito em livros didáticos de ciências**. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v. 21, n. 121, p. 26-34, jun. 1996.

BIZZO, N.; TOLENTINO-NETO, L. C. B.; GARCIA P. S. **What do teachers expect from the textbooks? The study of the process of choice of textbooks in Brazilian public schools**. In: INTERNATIONAL MEETING ON CRITICAL ANALYSIS OF SCHOOL SCIENCE TEXTBOOK - IOSTE, 2007, Hammamet. *Proceedings...* Tunis: University of Tunis, 2007. v. 1. p. 311-319.

BORGES, A. T. **Como Evoluem os modelos mentais**. Ensaio-Pesquisa em Educação em Ciências. Belo Horizonte. Vol. 1, Nº 1, 1999.

BORGES, A. T. Um Estudo de Modelos Mentais. **Investigações em Ensino em Ciências**. Porto Alegre, Vol. 2, Nº 3, 1997.

CARNEIRO, M. H. S.; SANTOS, W.; MOL, L. P. **Livro didático inovador e professores: uma tensão a ser vencida**. *Revista ENSAIO - Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 7, n. 2, 2005.

CARVALHO A. M. P; GIL-PÉREZ D. **A formação de professores de ciências: tendências e inovações**. 10 Edição. Editora Cortez. 2011

CARVALHO, C.; Dissertação de mestrado: **A história da Indução Eletromagnética contata em livros didáticos de Física**, UTFPR, Curitiba, 2007.

CARVALHO, S.; ZANETIC, J. **Ciência e arte, razão e imaginação: complementos necessários à compreensão da Física moderna**. 2004. In: ENCONTRO DE PESQUISADORES EM ENSINO DE FÍSICA, 9., 2004, Jaboticatubas. Anais... São Paulo: SBF, 2004.

COIMBRA, S. G.; **A formação de um a cultura científica no ensino médio: o papel do livro didático de Física**. Brasília-DF, Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília-DF, 2007.

DEIMLING, N. N. M. **Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência: contribuições, limites e desafios para a formação docente**. (Tese de Doutorado). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

DIETRICH, A. B.; CHABU, I. E.; CARDOSO, J. R. Eddy-current brake analysis using analytic and FEM calculations - Part I : Theory. In: IEMDC 2001, 2001, Cambridge, Massachussets. **IEEE International Electric Machines and Drives Conference**, 2001. p. 454-457

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **The Feynman Lectures on Physics**. v. II. 1979. cap. 16-3.

FRACALANZA, H. **O ensino de Ciências no Brasil**. In: FRACALANZA, H.; MEGID NETO, J. (Orgs.). O livro didático de Ciências no Brasil. Campinas: Editora Komedi, 2006.

FREITAS, H. C. L. de. A (nova) política de formação de professores: a prioridade postergada. **Educação & Sociedade**. vol. 28 no.100 Campinas, Out. 2007.

\_\_\_\_\_. A formação dos profissionais da educação básica em nível superior: desafios para as universidades e faculdades/centros de educação (Parte II, Capítulo 6). In: BICUDO, M. A. V.; SILVA JUNIOR, C. A. da S. (Orgs.). **Formação do educador e Avaliação Educacional**. V.2. Formação Inicial e Continuada. São Paulo, Editora UNESP, 1999. (Seminários e Debates).

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**, 3 Volume, Ensino Médio, Editora Ática, 1ª Edição, São Paulo, 2011

GASPAR A.; MONTEIRO I. C. C.; **Investigações em Ensino de Ciências – V10(2)**, pp. 227-254, 2005

GARCIA, P. S. **Inovação e formação de professores no contexto da escola pública**. In:\_\_\_\_\_ (Org.). *Debates e contribuições sobre a escola pública: de professor para professor*. São Paulo: Editora LCTE, 2009. pp. 45-66.

\_\_\_\_\_. **Inovações e mudanças: por que elas não acontecem nas escolas? Uma macroanálise envolvendo professores de ciências**. São Paulo: Editora LCTE, 2010.

GARCIA, N. M. D.; **Livro didático de Física e de Ciências**; Educar em Revista, Curitiba, Brasil, n°. 44, p. 145-163 abr/jun. Editora UTFPR. 2012.

GARCIA P. S; BIZZO N. **A pesquisa em livros didáticos de ciências e as inovações no ensino**. USP, p. 13 - 35, julho 2010.

GASPARIN, João Luiz. **Uma Didática para a Pedagogia Histórico-Crítica**. 5. ed. rev. Campinas, SP: Autores Associados, 2007.

GASPARIN J. L; PETENUCCI M. C.; **Pedagogia Histórico-Crítica: da Teoria à prática no contexto escolar**. UEM-PR. PDE/2008.

GAYÁN, E.; GARCÍA, P. E. **Como escoger un libro de texto? Desarrollo de un instrumento para evaluar los libros de texto de ciencias experimentales**. *Enseñanza de las ciencias*, Murcia/Espanha, Número Extra, V Congresso, p. 249-250, 1997.

GERALDO, A. C. HIDALGO. **Didática de Ciências Naturais: na perspectiva histórico-crítica**. 2 Edição. MT: Autores Associados, 2009.

GODOY, Arilda S. **Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades**. In Revista de Administração de Empresas, v. 35 n.2 Mar/Abril 1995<sup>a</sup>, p.57-63. Pesquisa qualitativa- tipos fundamentais, In Revista de Administração de Empresas, v. 35 n.3 Mai/Jun 1995.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Eletromagnetismo**, Volume 3; LTC; 2012.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. Vol. 3. 8 ed. Editora LTC, 2009.

KAZUHITO, Y.; FUKE, L. F.; **Física para o Ensino Médio: Eletricidade Física Moderna**, Volume 3, Saraiva, pg.219, 2013.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Técnicas de pesquisa**. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 1999.

LIBÂNEO, J. C. **Democratização da escola pública: a pedagogia crítico-social dos conteúdos**. 25. ed. São Paulo: Loyola, 2010. 149 p.

LÜDKE, M., ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: E.P.U., 2014.

MAGALHÃES, M. F.; SANTOS, W. M. S.; DIAS, P. M.; **Uma proposta para Ensinar os conceitos de Campo Elétrico e Magnético: uma Aplicação da História da Física**. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v24n4/a16v24n4.pdf>. Acesso em 29 de Abril de 2015.

MARTINS, J.; BICUDO, M. A. V. **A Pesquisa Qualitativa em Psicologia Fundamentos e Recursos Básicos** – 2. ed. – São Paulo: Moraes, 1994.

MENEZES, Luiz Carlos; **Uma Física para o Ensino Médio**. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol1/Num1/artigo2.pdf>. 2000. Acesso em 29 de Abril de 2015.

MARTINS, I. **Imagens no livro didático e na sala de aula de ciências**. Rio de Janeiro: Núcleo de Tecnologia Educacional para a Saúde, UFRJ/Fundação Carlos Chagas de Apoio à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro, 2003. Relatório de Pesquisa.



MINAYO, M.C. de S. **O desafio do conhecimento: Pesquisa Qualitativa em Saúde**. (12ª edição). São Paulo: Hucitec-Abrasco, 2010

MOREIRA, M. A. **Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-99, 2010.

MOREIRA, M.A., CABALLERO, M.C. e RODRÍGUES, M.L. (orgs.) (1997). **Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo**. Burgos, España. pp. 19 - 44. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigsubport.pdf>. Acesso em 10 de junho de 2016.

MONTEIRO, I. C. C.; GASPAR, A. **Um estudo sobre as emoções no contexto das interações sociais em sala de aula**. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v.12, n. 1, 2007

MOURA, C. E. **Física para o Ensino Médio Gravitação, Eletromagnetismo e Física Moderna**. EdiPUC, Porto Alegre-RS, 2011.

NICOLI JUNIOR, R. B.; MATTOS, C. R. **A disciplina Física no ensino secundário nos anos de 1810 até 1930**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis. Atas... Belo Horizonte: ABRAPEC, 2007. p. 1-12.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “ Física moderna e contemporânea” no ensino médio**. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v.5, n.2, paginação eletrônica, 2000.

PARANÁ, **Diretrizes Curriculares da Educação Básica – Física**, Governo do Paraná; 2008.

PAULA, R. N. F.; **Correntes de Foucault**. Disponível em: <http://www.infoescola.com/fisica/corrente-de-foucault/>. Acessado em 23 de abril de 2016.

PHET, Interactive Simulation. **Física**. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/faradays-law](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/faradays-law)>. Acesso em 02 de agosto de 2015.

PIETROCOLA, M. KARAM, R. **Discussão das relações entre matemática e Física no ensino de relatividade restrita: um estudo de caso**. VIIENPEC, 2007.

PORTAL ELETTRÓTECNICA, BARRA e SCARPETTA. **Magnetismo**. Disponível em: [http://www.barrascarpetta.org/01\\_ele/m\\_1/m1\\_u0.htm](http://www.barrascarpetta.org/01_ele/m_1/m1_u0.htm)>. Acesso em 30 de julho de 2015.

PORTAL ELECTRIDIDADE, **Etromagnetismo y Medidas**. Disponível em: [http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web\\_magnetismo\\_3/magnetismo\\_indice.html#indice](http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web_magnetismo_3/magnetismo_indice.html#indice)>. Acesso em 14 de março de 2016

PORTAL ESTUDO PRÁTICO. **Corrente de Foucault**. Disponível em: <http://www.estudopratico.com.br/corrente-de-foucault-historico-e-o-que-ocorre-nela/>>. Acesso em 15 de maio de 2015.

PORTAL FÍSICA2RENEDO. **Indução Eletromagnética**. Disponível em:  
<<https://sites.google.com/site/fisica2palacios/magnetismo/induccionelectromagnetica>>. Acesso em 03 de fevereiro de 2016.

PORTAL YOUTUBE. **Lei de Lenz**. Disponível em:  
<<https://www.youtube.com/watch?v=GMP14t9mgrc>>. Acesso em 4 de novembro de 2015

PORTAL MUNDO EDUCAÇÃO BOL-UOL. **Fluxo Magnético**. Disponível em:  
<<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/fluxo-magnetico.htm>>. Acesso em 12 de abril de 2016.

PORTAL UOL EDUCAÇÃO. **Física**. Disponível em:  
<<http://educacao.uol.com.br/disciplinas/fisica>>. Acesso em 4 de abril de 2016.

PORTAL UFRGS, **Instituto de Física**. Centro de Referência para o Ensino de Física. Disponível em: <[www.if.ufrgs.br/cref](http://www.if.ufrgs.br/cref)>. Acesso em 20 de fevereiro de 2016.

PORTAL SIGMA TRANSFORMADORES. Disponível em:  
<<http://www.sigmatransformadores.com.br/o-transformador/>>. Acesso em 20 de março de 2016

SAVIANI, D. **Escola e democracia**: teorias da educação, curvatura da vara, onze teses sobre educação e política. 41.ed. rev. Campinas: Autores Associados, 2008.

SERWAY, R. A. **Princípios da Física**, vol. III, Eletromagnetismo/ Raymond A. Seway, John W. Jewett Jr.; Tradução Leonardo Freire de Mello, Tânia M. V Freire de Mello; revisão técnica André Koch Torre de Assis. São Paulo: Thomson Learning Edições, 2006.

SILVA, D. C. M.; **Fluxo Magnético**. 2012. Disponibilizado em:  
<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/fluxo-magnetico.htm>, acessado em 21 de abril de 2016.

SILVA, P. **Correntes de Foucault**. 2011. Disponível em:  
<http://www.estudopratico.com.br/corrente-de-foucault-historico-e-o-que-ocorre-nela/>. Acesso em 20 de maio de 2016.

SILVEIRA, F.L; LEVIN, Y; RIZZATO, F. B; **A frenagem eletromagnética de ímã que cai**. Caderno Brasileiro de ensino de Física, UFRGS. 2007. Disponível em:  
[http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Queda\\_freada\\_magneto.pdf](http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Queda_freada_magneto.pdf). Acesso em 20 de Abril de 2016.

SOUZA R. D. **Balança de Curie e correntes de Foucault**. 2005. Disponível em:  
<[http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530\\_F590\\_F690\\_F809\\_F895/F809/F809\\_sem2\\_2005/RafaelD-Mansanares\\_RF1.pdf](http://www.ifi.unicamp.br/~lunazzi/F530_F590_F690_F809_F895/F809/F809_sem2_2005/RafaelD-Mansanares_RF1.pdf)>. Acesso em 21 de julho de 2015.

VYGOTSKY, L.S. **Psicologia Pedagógica**. Tradução do russo e introdução de Paulo Bezerra. 3.ed. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2010.

\_\_\_\_\_. **A Formação Social da Mente**, Martins Fontes 8 edição, São Paulo, 2008

ZANETIC, J. **Física e cultura. Ciência e Cultura**, v.57, n.3, pp.21-24, 2005. Física e Arte: uma ponte entre duas culturas. *Pró-posições*, v.17, n.1, pp.39-57, jan./abr. 2006.

ZEICHNER, K. **Two Visions of Teaching and Teacher Education for the Twenty-First Century**. In: ZHU, X. ZEICHNER, K. (Eds.) *Preparing Teachers for the 21st Century*. Berlin: Springer, 2013.

ZINN, S.; SEMIATIN, S. L. **Elements of Induction Heating**. ASM International, 1988.

## APÊNDICE - A

### **Roteiro de análise dos livros didáticos (adaptado de Fracalanza e Neto (2006):**

#### **Identificação do material:**

- Área:
- Autor(es):
- Título:
- Editora:
- Ano de Edição:
- Série/Ano do ensino médio:
- Conteúdo analisado:

#### **Descritores de análise:**

##### *- Adequação do título ao conteúdo:*

O título está adequado ao conteúdo? Há alguma sugestão de modificação?

##### *- Articulação entre texto e imagem:*

As imagens e ilustrações apresentadas estão articuladas e adequadas com o texto? As imagens estão organizadas de maneira lógica? Quais imagens poderiam ser incluídas? Quais imagens poderiam ser retiradas? Quais imagens poderiam ser modificadas? Quais imagens poderiam ser corrigidas?

##### *- Referências bibliográficas:*

As referências bibliográficas são coerentes com o conteúdo abordado? Há alguma referência que poderia ser retirada ou acrescentada?

##### *- Adequação do texto ao conteúdo:*

Os textos apresentados são adequados ao conteúdo? O que poderia ser acrescentado?

O que poderia ser retirado? O que poderia ser modificado?

Os textos possuem gradação lógica, sistematizada e coerente? Sua organização poderia ser modificada?

Os textos estão articulados entre si? O que poderia ser modificado?

##### *- Exemplos utilizados:*

Os textos indicam exemplos para a discussão do conteúdo? Os exemplos estão adequados aos textos apresentados? Os exemplos indicados proporcionam a problematização do conteúdo com a realidade cotidiana e com a prática social mais

ampla? Quais exemplos poderiam ser acrescentados? Quais exemplos poderiam ser retirados? Quais exemplos poderiam ser modificados?

- *Conteúdo:*

De que maneira os tópicos de conteúdo estão organizados?

Há erros conceituais? O que poderia ser corrigido?

Todos os tópicos relativos a este conteúdo foram contemplados? O que poderia ser retirado? O que poderia ser acrescentado? O que poderia ser modificado?

- *Atividades propostas:*

As atividades propostas estão articuladas e adequadas aos textos e ao conteúdo? As atividades estão organizadas de maneira lógica e gradual? As atividades proporcionam a problematização do conteúdo com a realidade cotidiana e com a prática social mais ampla? As atividades propostas encaminham para a aplicação do conhecimento a novas situações? São propostas atividades práticas? São propostas atividades individuais? São propostas atividades em grupo?

As atividades estão relacionadas à:

( ) resolução de exercícios;

( ) leitura e interpretação de texto, imagem, gráfico e/ou tabela;

( ) pesquisa;

( ) experimentação;

( ) elaboração de textos/sínteses ou imagens;

( ) confecção de materiais;

( ) outros...

Quais atividades poderiam ser incluídas? Quais atividades poderiam ser retiradas?

Quais atividades poderiam ser modificadas? Quais atividades poderiam ser corrigidas?

- *Desenvolvimento de capacidades de aprendizagem:*

Os textos, imagens, ilustrações e atividades propostas proporcionam a discussão e análise crítica do conteúdo? Os textos apresentam questões de reflexão e problematização? Os textos, imagens, ilustrações e atividades propostas proporcionam a problematização do conteúdo com a realidade cotidiana e com a prática social mais ampla? Quais dimensões do conteúdo são abordadas nos textos/imagens/ilustrações/gráficos/tabelas?

## APÊNDICE B

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA (MNPEF)

Você está sendo convidado a participar da pesquisa “**DO SENSO COMUM AO CONHECIMENTO CIENTÍFICO: UMA PROPOSTA DIDÁTICO-PEDAGÓGICA PARA O ENSINO DO CONTEÚDO DE INDUÇÃO MAGNÉTICA NO ENSINO MÉDIO**”, sob responsabilidade da pesquisadora Elissandra Beneti Cateli Mangolin, de seu orientador, Prof. Dr. Cesar Vanderlei Deimling e de sua co-orientadora, prof. Dra. Natalia Neves Macedo Deimling.

O objetivo deste estudo consiste em identificar e analisar as contribuições e as limitações dos livros didáticos de Física do ensino médio, tendo em vista, a partir de suas limitações, elaborar, desenvolver e avaliar uma proposta didático-pedagógica para o ensino do conteúdo de indução magnética neste mesmo nível de ensino.

Você foi selecionado porque atende a todos o critério de seleção dos participantes da pesquisa, ou seja, é estudante da disciplina de Física e está regularmente matriculado no terceiro ano do ensino médio.

Sua participação não é obrigatória e a qualquer momento você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. A sua recusa na participação não trará nenhum prejuízo à sua relação com a pesquisadora ou com a Unidade Escolar na qual você estuda.

Sua participação consistirá no acompanhamento, assiduidade e envolvimento nas atividades que serão desenvolvidas pela própria pesquisadora em sala de aula, com estudantes do terceiro ano do ensino médio, sobre o tema de sua Dissertação de Mestrado, segundo objetivo explicitado acima.

A pesquisa será desenvolvida:

- No Colégio Estadual Duque de Caxias, pertencente ao Núcleo Regional de Ensino de Goioerê, em uma turma do terceiro ano regular do ensino médio, no âmbito da disciplina de Física.

- No Colégio Estadual Polivalente de Goioerê - Premen I, pertencente ao Núcleo Regional de Ensino de Goioerê, em uma turma do terceiro ano regular do ensino médio, no âmbito da disciplina de Física.

Essas atividades serão desenvolvidas somente com a autorização do(a) diretor(a) da Unidade Escolar.

Seu consentimento em participar não acarretará desconfortos, gastos financeiros ou riscos de ordem psicológica, Física, moral, acadêmica ou de outra natureza. Sua participação, ao contrário, poderá trazer benefícios, pois você estará participando de uma pesquisa que busca proporcionar aos estudantes da educação básica a compreensão da relação entre os conteúdos científicos estudados na escola e a realidade social mais ampla em que se encontram inseridos, bem como a problematização dessa realidade, em suas diferentes dimensões. Ademais, visamos com este trabalho favorecer a ampliação dos conhecimentos culturais dos estudantes, a fim de que, munidos desses conhecimentos, eles possam utilizá-los como elementos ativos de transformação social.

Os dados da pesquisa serão coletados a partir do desenvolvimento das atividades teórico-experimentais que serão realizadas em sala de aula pela própria pesquisadora e poderão ser gravadas em um aparelho de gravação de áudio. Todas as informações obtidas por meio dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre sua participação.

Os resultados serão utilizados para a conclusão da pesquisa acima citada. Os dados coletados durante o estudo serão analisados e apresentados sob a forma de relatórios e serão divulgados por meio de trabalhos apresentados em reuniões científicas, periódicos e da própria Dissertação de Mestrado.

---

Assinatura do Pesquisador

Eu, \_\_\_\_\_, declaro que entendi os objetivos e benefícios de minha participação na pesquisa e concordo em participar.

Goioerê, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2016.

---

Assinatura do Participante da Pesquisa

# APÊNDICE – C

## Conteúdo - Eletromagnetismo

Prof. Elissandra

Colégio: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ anos

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

### QUESTIONÁRIO ABERTO - INICIAL

- 1) O ímã atrai qualquer tipo de metal? Por quê? Justifique sua resposta.
- 2) É possível acender um LED com apenas um ímã? Como? Justifique sua resposta.
- 3) Existe a possibilidade de gerar uma força entre uma placa de alumínio e um ímã? Por quê? Justifique sua resposta.
- 4) Qual a relação entre o Campo Magnético e a Corrente Elétrica? Justifique sua resposta.
- 5) Existe relação entre Campo Magnético e o gerador elétrico? Qual? Justifique sua resposta.
- 6) O que você entende por Indução Eletromagnética? Ela se encontra presente em nosso dia a dia? Onde? De que maneira? Por que é importante estudá-la? Justifique sua resposta.
- 7) Quem foi Michael Faraday? O que ele propôs? Qual foi sua contribuição para a Física?
- 8) O que é fluxo magnético? Qual a relação entre o fluxo magnético e a força eletromotriz? Justifique sua resposta.
- 9) O que são correntes de Foucault? Onde podemos encontrá-las no dia a dia?
- 10) Como funciona um transformador elétrico? Para que ele serve? Justifique sua resposta.
- 11) O que consome mais energia – chuveiro 127V ou 220V? Justifique sua resposta.

**Disciplina - Física**  
**Conteúdo - Eletromagnetismo**  
**Prof. Elissandra**

Nome: \_\_\_\_\_  
Nome: \_\_\_\_\_  
Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ anos  
Idade: \_\_\_\_\_ anos

**QUESTIONÁRIO ABERTO - FINAL**

**Agora, com base nos conteúdos trabalhados nas últimas aulas de Física,  
respondam as seguintes questões:**

- 1) O ímã atrai qualquer tipo de metal? Por quê? Justifiquem sua resposta.
- 2) É possível acender um LED com apenas um ímã? Como? Justifiquem sua resposta.
- 3) Existe a possibilidade de gerar uma força entre uma placa de alumínio e um ímã? Por quê? Justifiquem sua resposta.
- 4) Qual a relação entre o Campo Magnético e a Corrente Elétrica? Justifiquem sua resposta.
- 5) Existe relação entre Campo Magnético e o gerador elétrico? Qual? Justifiquem sua resposta.
- 6) O que você entende por Indução Eletromagnética? Ela se encontra presente em nosso dia a dia? Onde? De que maneira? Por que é importante estudá-la? Justifiquem sua resposta.
- 7) Quem foi Michael Faraday? O que ele propôs? Qual foi sua contribuição para a Física?
- 8) O que é fluxo magnético? Qual a relação entre o fluxo magnético e a força eletromotriz? Justifiquem sua resposta.
- 9) O que são correntes de Foucault? Onde podemos encontrá-las no dia a dia?
- 10) Como funciona um transformador elétrico? Para que ele serve? Justifiquem sua resposta.
- 11) O que consome mais energia – chuveiro 127V ou 220V? Justifique sua resposta.
- 12) O que vocês acharam das atividades desenvolvidas nas últimas aulas? Justifiquem sua resposta.
- 13) Essas atividades contribuíram para ampliar o seu conhecimento sobre Indução Eletromagnética? Vocês conseguiram compreender a relação deste conteúdo com a realidade? Justifiquem sua resposta.



## APÊNDICE D

### PLANO DE UNIDADE

<b>Instituição: COLÉGIO ESTADUAL DUQUE DE CAXIAS e COLÉGIO ESTADUAL POLIVANTE DE GOIOERÊ</b>
<b>Professora: ELISSANDRA BENETI CATELI MANGOLIN</b>
<b>Unidade de Conteúdo: ELETROMAGNETISMO</b>
<b>Ano Letivo: 2016</b>
<b>Bimestre: 2º BIMESTRE</b>
<b>Série/ano: 3º ANO</b>
<b>Turma: 3º A e 3º B</b>
<b>H/a: 7</b>

<b>I. Título da Unidade de Conteúdo</b> Eletromagnetismo: Indução Eletromagnética e Correntes de Foucault
<b>II. Objetivo Geral</b> Objetivamos com este plano de unidade proporcionar aos alunos o contato com o conteúdo de Indução eletromagnética, abordando aspectos fundamentais de seu formalismo, assim como sua relação com outras grandezas Físicas, como Indutância, Força Magnética e Energia. Desta forma, buscamos favorecer uma compreensão mais ampla do conteúdo, costumeiramente não encontrado na maioria dos livros didáticos que abordam o assunto <sup>11</sup> .
<b>III. Tópicos do conteúdo e objetivos específicos</b>  <b>- Tópico 1: Lei de Faraday</b> <b>Objetivo específico:</b> apresentar a história de Michael Faraday, contemplando aspectos gerais e históricos sobre a indutância e discutindo a Lei de Faraday e suas aplicações - motor elétrico, gerador, transformador, pêndulo de Foucault. Relacionar o tópico de conteúdo a algumas situações cotidianas, tais como: fogão elétrico por indução, freio magnético, forno de indução em siderurgias, entre outros.

<sup>11</sup> Após análise em livros didáticos não foi encontrada essa compreensão mais ampla do conteúdo.

**- Tópico 2: Indução Eletromagnética;**

**Objetivo específico:** Favorecer, por meio de atividades teórico-práticas, que os alunos compreendam um campo magnético pode gerar um campo elétrico capaz de produzir uma corrente, fazendo a ligação entre um campo magnético e o campo elétrico produzido (induzido). Explicar matematicamente a Lei de Faraday, relacionando-a com a Lei do Ohm. Discutir efeitos relacionados à indução, como efeito Joule, força magnética e o transformador.

**- Tópico 3: Correntes Induzidas;**

**Objetivo específico:** Permitir que os alunos compreendam como a corrente elétrica é induzida *no interior de um condutor por meio de um campo magnético variável. Discutir, por meio de atividade teórico-práticas, o surgimento de correntes parasitas no interior do metal, produzidas pela variação do fluxo.*

**IV. Vivência do conteúdo – partindo da Prática Social (inicial).**

**Pré-requisitos:**

- Campo Magnético;
- Força Magnética;
- Conservação de energia;
- Lei de Ohm;
- Corrente elétrica;
- Potencial Elétrico;

**O que os estudantes sabem (senso comum):**

É possível que os alunos tragam muita informação e pouco conhecimento sobre este assunto para a sala de aula. Muitos poderão relacionar campo magnético ao ímã, dizendo que a polaridade norte e sul estaria relacionada com o positivo e negativo do campo elétrico. Da mesma forma, poderão dizer que o transformador gera energia e que a energia elétrica que chega a sua casa é contínua, uma vez que ainda não possuem conhecimentos científicos sobre corrente alternada. Podem dizer que ímã atrai qualquer tipo de metal e tensão de 127V e 220V consomem energia diferentes.

**O que os estudantes gostariam de saber sobre o conteúdo (possíveis curiosidades):**

- Como é produzido o Campo Magnético;
- Porque ímã só atrai ferro?;
- A indução eletromagnética sempre é entre dois ímãs?
- Qual o tipo de panela que devo usar em fogões por indução eletromagnética?
- Porque a bússola sempre aponta para o norte?

**V. Problematização**

Dimensão conceitual/científica:

- O que é um ímã? Do que ele é composto?
- O que é Campo Magnético? Onde é encontrado?
- Como funciona um fogão elétrico?
- Qual a relação do eletromagnetismo com a luz?
- Como ascender um LED sem pilha ou bateria?

Dimensão Histórica:

- Quem foi Faraday?
- Como as bússolas contribuíam para navegações marítimas no século passado?

Dimensão social/econômica:

- Qual a contribuição do eletromagnetismo para a compreensão de seu cotidiano?
- Como o eletromagnetismo pode ser aplicado em automóveis? Qual a implicação do ponto de vista econômico dessa aplicação?

Dimensão ambiental:

- Quais as vantagens e as desvantagens de se ter um fogão elétrico?
- O que seria do nosso planeta Terra se não existisse o Campo Magnético?

**VI. Instrumentalização**

**Aula 1:** Partindo da prática social inicial dos estudantes – Eletromagnetismo

Primeiramente será discutido o conteúdo já abordado sobre Eletromagnetismo nas aulas anteriores, incluindo Campo Magnético. Logo após, os alunos receberão um questionário aberto com algumas questões norteadoras. Por meio dele, buscaremos diagnosticar os conhecimentos prévios dos alunos sobre indução eletromagnética, correntes de Foucault e a relação entre fluxo magnético e corrente elétrica.

*Recursos a serem utilizados:*

Questionário impresso em folha de sulfite;

Quadro;

Giz.

**Aula 2:** Problematizando e instrumentalizando os estudantes dos conteúdos culturais  
– Indução Eletromagnética

Ao iniciar a aula, os alunos participarão de uma breve discussão, retomando as questões do questionário inicial. Logo após, por meio de uma exposição dialogada, será abordada a história dos conceitos fundamentais do Eletromagnetismo e a contribuição de Michael Faraday, sempre simbolizando os significados das palavras, seja por meio de objetos ou da própria fala. Para melhor entendimento do conteúdo, será levado para sala de aula alguns modelos de ímãs com intuito de despertar o interesse dos alunos, fazendo uma busca do que cada um sabe sobre aquele objeto. Ao longo dessa aula, introduziremos algumas das questões problematizadoras propostas: - O que é um ímã? Do que ele é composto? Para desmitificar alguns conceitos cotidianos, será realizada uma atividade prática em sala de aula – Freio Magnético I (Apêndice D). Colocaremos um ímã para descer por um tubo de PVC para observar o tempo de queda. Depois repetiremos o mesmo movimento em um tubo de cobre, tendo em vista analisar o porquê de os tempos de quedas serem diferentes. Após essa atividade e das discussões dos alunos, explicaremos o fenômeno da interação do campo magnético com o tubo de cobre. A partir do conhecimento prévio dos alunos, faremos as interações entre teoria e prática e entre conhecimentos cotidianos e científicos, tendo em vista atingir o potencial e um nível mais elevado e sintético de compreensão do conteúdo por parte de cada um.

*Recursos a serem utilizados:*

- vídeos;

- slides;

Freio Magnético I (Apêndice E)

**Aula 3 e 4:** Problematizando e instrumentalizando os estudantes dos conteúdos culturais – O gerador elétrico

Em seguida, os alunos formarão grupos para confeccionar uma bobina de n espiras para ligá-las a um LED. Perguntaremos o que poderiam fazer para acender o LED e, após algumas discussões, distribuiremos ímãs aos alunos e pediremos para que os movimentem dentro da bobina e observem o fenômeno. Neste momento, explicaremos o fenômeno da indutância e de sentido da corrente elétrica por meio da “regra da mão direita”. Esta atividade será avaliada por meio das discussões orais, relatório do experimento e da elaboração de relatos de aula pelos alunos.

*Recursos a serem utilizados:*

Gerador Elétrico (Apêndice E):

**Aula 5:** Problematizando e instrumentalizando os estudantes dos conteúdos culturais – Correntes de Foucault

Iniciaremos a aula com a retomada do último experimento, sempre corrigindo o que for necessário no próprio quadro em sala de aula, inclusive os cálculos matemáticos. Na sequência daremos início a uma aula expositiva dialogada sobre o fenômeno das correntes parasitas.

*Recursos a serem utilizados:*

Freio magnético II (Apêndice D)

**Aula 6:** Problematizando e instrumentalizando os estudantes dos conteúdos culturais – Transformadores

Nesta aula os alunos, em grupos, realizarão mais uma atividade teórico-prática, sob a mediação do professor.

Esta atividade permite ao aluno estudar experimentalmente transformadores,

por meio de demonstração prática. Relacionar a indução de correntes em bobinas, Também é discutido o acoplamento magnético entre as bobinas, visando explicitar as relações existentes entre a variação de tensão, a força eletromotriz e a Lei de Faraday.

Recursos utilizados:

Transformador Desmontável (APÊNDICE E)

**Aula 7:** Afinal, o que é indução Eletromagnética e corrente de Foucault? Retornando à prática social dos estudantes

Nesta aula faremos a retomada de todo o conteúdo estudado nas seis aulas anteriores, em suas diferentes dimensões. Neste momento, dúvidas serão pontuadas e novos questionamentos poderão surgir. Ao final das discussões, será dado a cada aluno um novo questionário (Apêndice C), a fim de que possamos analisar o quanto e o como eles compreenderam e se apropriaram do conhecimento científico trabalhado.

## **VII. Catarse**

### **a) Expressão da Síntese (formas de avaliação):**

Os alunos serão avaliados no decorrer de todas as aulas a partir de sua participação e interação nas discussões realizadas, bem como a partir dos questionários (inicial e final) – Apêndice C - e dos relatórios de atividades teórico-experimentais, conforme o produto educacional elaborado (Apêndice F)

### **b) Síntese mental do aluno:**

O eletromagnetismo é um campo da ciência extremamente importante para vida cotidiana, pois sua aplicação dá suporte para o desenvolvimento de um número imenso de dispositivos. Os discos rígidos são exemplos relevantes da aplicação do eletromagnetismo que têm impulsionado significativamente o desenvolvimento tecnológico, pois visam acondicionar o maior volume de informação no menor espaço possível, magnetizando pequenas porções do disco chamadas de *clusters*. Esses campos também estão presentes como geradores elétricos, motores elétricos, transformadores.

A aplicação dessa ciência esta por toda parte. A indução é responsável, por exemplo, pelo funcionamento das guitarras elétricas que revolucionaram o rock e ainda são muito usadas na música popular. Também é essencial para a operação dos geradores que fornecem energia elétrica para nossas cidades e dos fornos de indução usados na indústria quando grandes quantidades de metal têm que ser fundidas rapidamente;

Relacionar a corrente elétrica, com o força eletromotriz, sua potência e o efeito Joule:

$$U = R \cdot i$$

$$\varepsilon = - \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

$$P = R \cdot i^2 = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{m \cdot c \cdot \Delta T}{\Delta t}$$

Compreender que o ímã gera um campo magnético à sua volta, ele pode ser feito de minerais com características magnéticas, e que somente adquire a propriedade de atrair materiais ferromagnéticos por meio do alinhamento dos momentos magnéticos.

Além do mais entender que o campo magnético pode ser relacionado com uma força, resultado da interação com outro campo magnético gerado a partir de outro ímã ou corrente elétrica;

Conhecer a história da Michael Faraday, suas contribuições para evolução científica e comercial para a humanidade, compreender a importância do campo magnético para o planeta Terra.

Compreender o real efeito da variação do fluxo magnético em induzir uma corrente elétrica nos materiais paramagnéticos, como o disco de alumínio. Esperamos também que os alunos saibam relacionar este efeito com o aparecimento da força de Lorentz, que gera dissipação da energia mecânica do sistema. Transpor esse aprendizado com o seu dia a dia, como o funcionamento de fornos e fogões por indução eletromagnética.

Esperamos que alunos compreendam o real funcionamento do transformador, suas características e benefícios, entender a amplitude de suas tensões, tanto para aumenta-la como diminuí-la, proporcionalmente ao seu número de espiras. Saber que seu funcionamento depende de uma corrente alternada, para gerar uma variação de fluxo, relacionar este efeito com o aparecimento da força de Lorentz, que gera

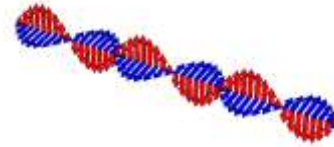
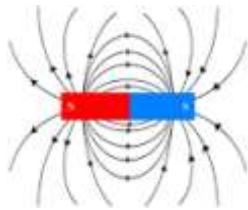
dissipação da energia mecânica do sistema e correntes de Foucault. Transpor esse aprendizado com o seu dia a dia, como o funcionamento de transformadores públicos, usinas hidrelétrica, transformadores para aparelhos eletrônicos.

### **VIII. Retornando à Prática Social (final)**

Ao final das aulas sobre Eletromagnetismo, o aluno será capaz de compreender as propriedades de um ímã, identificar a corrente elétrica por meio do fluxo magnético, entender a interação da força magnética e de relacionar eletricidade com o magnetismo. Além disso, serão capazes de compreender que esta força magnética pode fazer um papel de frenagem por meio das correntes parasitas, sem o atrito.

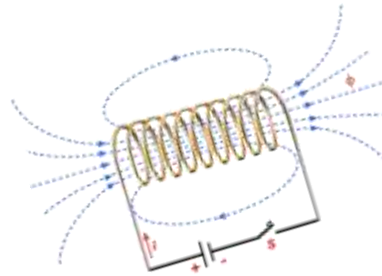


## APÊNDICE E



$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt}$$

$$\vec{F} = i\vec{l} \times \vec{B}$$



### ATIVIDADES TEÓRICO-PRÁTICAS DE ELETROMAGNETISMO: DA INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA ÀS CORRENTES DE FOUCAULT

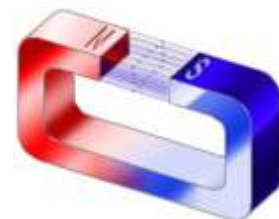
$$\frac{U_p}{N_p} = \frac{U_s}{N_s}$$



$$\phi = \vec{B} \cdot \vec{A}$$



$$P = \frac{\varepsilon^2}{R}$$



Organizadores: Elissandra Beneti Cateli

Cesar Vanderlei Deimling

Natalia Neves Macedo Deimling

## SUMÁRIO

<b>Apresentação .....</b>	<b>105</b>
<b>1. FREIO MAGNÉTICO I .....</b>	<b>108</b>
1.3 Atividade Teórico Prática I .....	113
<b>2. GERADOR ELÉTRICO .....</b>	<b>117</b>
2.3 Atividade Teórico Prática II .....	122
<b>3. FREIO MAGNÉTICO II .....</b>	<b>125</b>
3.3 Atividade Teórico Prática III .....	131
<b>4. TRANSFORMADOR DESMONTÁVEL .....</b>	<b>136</b>
4.3 Atividade Teórico Prática IV .....	141

## REFERÊNCIAS

## APRESENTAÇÃO

O estudo da Física no ensino médio é muito importante devido sua relação com o cotidiano do aluno, faz parte do desenvolvimento do ser humano, está relacionado com a Ciência Tecnologia e Sociedade – CTS. Um marco nesta evolução aconteceu no século XIX, quando interligaram o magnetismo com a eletricidade, o Eletromagnetismo, a partir desta contribuição a sociedade teve grandes avanços significativos, como motores elétricos, geradores elétricos, fogões por indução, dentre outros aspectos.

Foi com base nesses princípios que realizamos uma sequência de Atividades Teórico-Práticas para o Ensino do Eletromagnetismo, especificamente: A Indução Eletromagnética e as Correntes de Foucault, uma vez que o mesmo é pouco tratado nas escolas públicas e quando trabalhado, costumeiramente é desenvolvido de maneira muito superficial.

Trata-se de um material desenvolvido a partir de uma pesquisa de mestrado, vinculada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), desenvolvido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, polo Campo Mourão, sob a supervisão da Sociedade Brasileira de Física.

O objetivo deste trabalho consistiu em identificar e analisar as contribuições e as limitações dos livros didáticos de Física do ensino médio<sup>12</sup>, tendo em vista, a partir de suas limitações, elaborar, desenvolver e avaliar uma proposta didático-pedagógica para o ensino de tópicos do conteúdo de Eletromagnetismo, em especial a relação existente entre a força magnética e as correntes de Foucault, decorrentes dos efeitos de indução magnética.

Consideramos que este material possa contribuir para uma melhor aprendizagem dos estudantes do ensino médio sobre este conteúdo. Esperamos também que esta unidade contribua para a prática docente de professores de Física desse nível de ensino, tendo em vista oferecer-lhes uma estratégia didática diferenciada, crítica, coerente e sistematizada que possa contribuir para o bom desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem.

Sabemos que muitas das dificuldades no ensino de Física não estão relacionadas apenas a forma como o professor desenvolve os conteúdos em sala de aula, uma vez que essa forma depende, direta ou indiretamente, dos princípios e concepções, das finalidades e das condições objetivas e subjetivas

---

<sup>12</sup> Livros adotados pelo Núcleo Regional de Educação de Goioerê, estado do Paraná.

que norteiam e permeiam a educação escolar e, mais especificamente, o processo de ensino-aprendizagem. Entretanto, partindo do princípio de que a educação, ainda que elemento determinado, não deixa de influenciar o elemento determinante, consideramos que a forma como os conteúdos são desenvolvidos em sala de aula também necessita ser ponderada no momento de análise desse processo, tendo em vista, também, a transformação das concepções, finalidades e condições que são postas. Assim, se consideramos a necessidade de um ensino que vise à articulação entre teoria e prática, precisamos igualmente pensar e em algumas das condições materiais que são necessárias para que tal articulação seja favorecida dentro de sala de aula.

A despeito das críticas desenvolvidas, o fato é que o professor, mesmo dispondo de um material que, dadas as suas limitações, pode favorecer o trabalho com os diferentes conteúdos disciplinares em sala de aula, possui uma baixa carga horária de trabalho em sala para o desenvolvimento de tais conteúdos, o que, por sua vez, pode gerar dificuldades no desenvolvimento de um trabalho aprofundado e problematizador que vise à efetiva articulação entre teoria e prática no trabalho com os conteúdos em sala de aula.

Há muitas décadas, a discussão sobre a importância da relação entre teoria e prática e entre conhecimento científico e cotidiano na formação escolar tem permeado diversos estudos e pesquisas de diferentes áreas do conhecimento e, em especial, da área de ensino. Todavia, a despeito dos diferentes estudos e análises já realizadas ou em andamento, observamos ainda que, em muitas situações, os conteúdos estudados em âmbito escolar são trabalhados de forma desconexa da prática social, o que, frequentemente, faz com que os estudantes apresentem algumas dificuldades em relacionar os conteúdos curriculares à realidade cotidiana.

Por esses e outros motivos, apresentamos a seguir uma sequência de atividades teórico-práticas sobre Indução Eletromagnética e correntes de Foucault, divididas em quatro partes:

Na primeira etapa, buscamos conhecer um pouco da história do Eletromagnetismo, quem foi Michael Faraday e suas contribuições para a Física, assim como demonstrar qualitativamente o fenômeno da Indução Eletromagnética por meio da frenagem do ímã, analisando a queda do mesmo

no interior de um tubo condutor, não-ferromagnético (Cobre), em relação a queda do mesmo ímã no interior de um tubo de material isolante (PVC).

Na segunda etapa, objetivamos demonstrar qualitativamente a Lei de Faraday, ou seja, que a força eletromotriz induzida numa bobina é diretamente proporcional à variação do fluxo magnético nela e inversamente proporcional ao intervalo de tempo em que essa variação ocorre. Queremos também discutir de maneira prática como a Lei de Lenz é aplicada em diferentes situações. Ao final dessa etapa, relacionaremos o conceito de conservação de energia mecânica com o conteúdo de eletromagnetismo;

Na terceira etapa, propomos a observação do fenômeno físico muito importante, as correntes de Foucault, que surgem em qualquer condutor exposto a uma variação de fluxo magnético. Para exemplificar esse fenômeno, usaremos um disco condutor de alumínio (paramagnético) exposto a um fluxo variável do campo magnético. Também iremos avaliar e discutir diferenças causadas pela intensidade de fluxo magnético aplicado no disco, assim como variando também o formato dos mesmos. Ao final, esperamos que os alunos sejam capazes de relacionar o conceito de conservação de energia mecânica com o conteúdo de eletromagnetismo.

Na quarta etapa, buscamos abordar experimentalmente o funcionamento dos transformadores por meio de demonstração, bem como relacionar a indução de correntes em bobinas e discutir o acoplamento magnético. Por final, verificaremos a relação existente entre a variação de tensão e a força eletromotriz com a Lei de Faraday.

Todas essas etapas foram elaboradas com base em um Plano de Unidade, disponível para consulta em anexo a este material. Todas as atividades propostas e desenvolvidas têm como base teórico-metodológica a Pedagogia Histórico-Crítica, a qual propõe, entre outros aspectos, a abordagem dos conteúdos em suas diferentes dimensões, tendo em vista a problematização da prática social.

Esperamos que este material possa contribuir para sua prática docente.

## ATIVIDADE TEÓRICO-PRÁTICA I

# 1. Freio Magnético I

**1.1 Objetivo:** Demonstrar qualitativamente a frenagem do ímã quando deixado cair no interior de um tubo condutor não-ferromagnético (Cobre) em relação a queda do mesmo ímã no interior de um tubo de material isolante (PVC).



02 Horas Aula

### 1.2 Fundamentação Teórica:

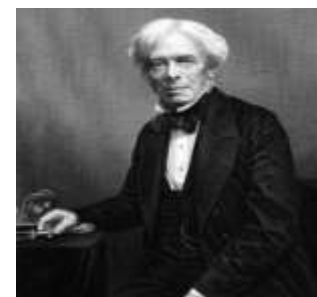
Para compreendermos Freio Magnético temos que voltar um pouco para entendermos as origens do Eletromagnetismo.

Mas, afinal, o que é eletromagnetismo?

O eletromagnetismo busca explicar a relação entre o magnetismo e a eletricidade. Um dos conceitos-chave é o de campo eletromagnético.

Como é abordado por Gaspar (2011), o conceito de campo surgiu com a observação de que um ímã alterava as propriedades da região próxima a ele. Esse efeito produzido nas vizinhanças do ímã que foi chamada de campo magnético. Surgiram assim estudos que buscavam relacionar o campo magnético com outros ramos da Física, como por exemplo, a eletricidade.

A abordagem histórica nos mostra um pouco das contribuições que o pesquisador Michael Faraday, mostrado na **Figura 1**, físico e químico inglês fez ao longo de seus estudos. Na Física contribuiu com os estudos do Eletromagnetismo, verificando que a variação do fluxo magnético gerava uma corrente induzida. Inicialmente, Faraday não conseguiu chegar a



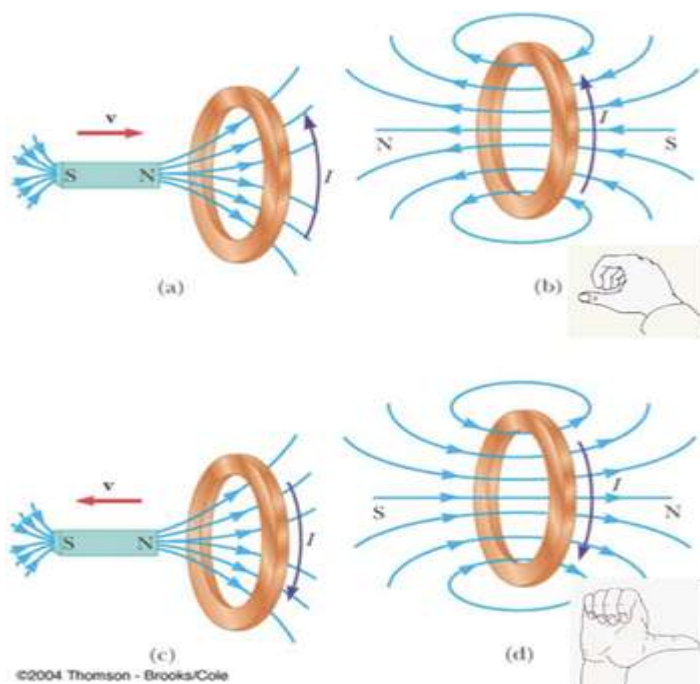
**Figura 1:** Imagem de Michael Faraday (1791-1867)

uma lei que indicasse como determinar o sentido da corrente induzida. Foi somente no ano de 1834, poucos anos após a publicação dos trabalhos de Faraday, que o físico russo Heinrich F.E. Lenz apresentou uma regra, atualmente conhecida como Lei de Lenz, que permite indicar o sentido da corrente induzida.

Conforme a Lei de Lenz, quando um ímã se

O que ocorre ao aproximar um ímã de uma bobina (espira)?

aproxima de uma espira, surge uma corrente induzida na espira. Essa corrente faz surgir um campo magnético, cujo sentido pode ser determinado pela regra da mão direita. Ao aplicar essa regra verifica-se que o campo magnético induzido pela espira tem sentido oposto ao campo magnético do ímã. Uma visão simplificada do problema pode ser obtida imaginando que a espira possui um comportamento análogo ao de um magneto com polaridade invertida ao do ímã, oferecendo dessa maneira uma força repulsiva durante a aproximação. Uma vez que o movimento do ímã cessa, a corrente elétrica na espira se torna nula, indicando que a sua existência está condicionada à variação de fluxo magnético gerada pelo movimento do ímã. Se fizermos o contrário, ao afastarmos o ímã da bobina perceberemos que a corrente induzida apresenta sentido contrário ao da situação anterior e ao utilizar novamente a regra da mão direita é possível perceber que o campo magnético criado pela corrente induzida na espira tem o mesmo sentido do campo magnético do ímã. Abaixo a **Figura 2** apresenta esquematicamente a Lei de Lenz, ilustrando os casos de aproximação e afastamento do ímã.



**Figura 2:** Demonstração da relação entre a corrente elétrica e a variação do fluxo magnético. Na imagem (a) o ímã está se aproximando da espira, que gera uma corrente induzida do sentido anti-horário, esta por vez gera um campo magnético contrário, imagem (b), dificultando a entrada do ímã. Uma vez que o ímã entrou na bobina e quer se afastar, como representado na imagem (c), a variação do fluxo magnético produz uma corrente induzida no sentido horário, gerando um campo magnético oposto ao do ímã, impedindo-o de sair, como mostra a imagem (d).

**Fonte:** Serway-2006

As equações 1 e 2 descritas abaixo, demonstram a relação entre o fluxo magnético e a força eletromotriz:

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} \quad 1$$

$$\phi = \vec{B} \cdot \vec{A} \quad 2$$

1
$\varepsilon \Rightarrow$ Força Eletromotriz Induzida, unidade de medida é Volts (V); $d\Phi \Rightarrow$ Variação do fluxo, unidade de medida é Weber (Wb); $dt \Rightarrow$ Variação do tempo, unidade de medida é segundos (s);
2
$\Phi \Rightarrow$ Fluxo magnético, unidade de medida é Weber (Wb); $B \Rightarrow$ Campo magnético, unidade de medida é Tesla (T); $A \Rightarrow$ Área, unidade de medida é metros quadrados (m <sup>2</sup> ).

Ao fazer essas observações Lenz concluiu na Lei de Faraday foi que o sentido da corrente é o oposto da variação do campo magnético que lhe deu origem, por isso o sinal negativo na **Equação 1**. Já na equação **2** é demonstrado que o fluxo depende da área que o campo magnético está atravessando. Assim sendo, Lenz formulou uma lei que ficou conhecida como a Lei de Lenz e pode ser enunciada da seguinte forma:

**A corrente induzida em um circuito aparece sempre com um sentido tal que o campo magnético que ela cria tende a contrariar à variação do fluxo magnético através da espira.**

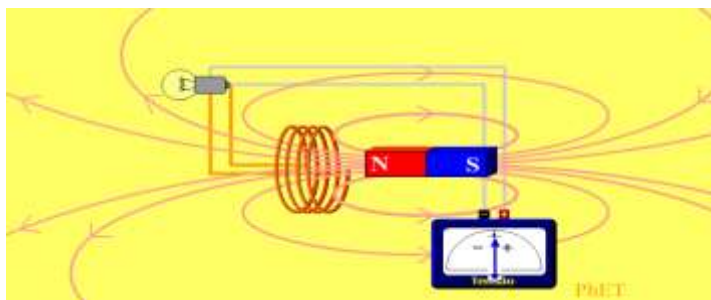
É bem sabido que quando um ímã é movimentado nas imediações de uma espira condutora a *Lei de Faraday* prediz a ocorrência de uma força eletromotriz induzida na espira. A força eletromotriz induzida é consequência da variação do fluxo magnético produzido pelo magneto que se aproxima ou se afasta da espira. A existência de uma força eletromotriz sobre um circuito condutor fechado (a espira) causa o aparecimento de uma corrente elétrica e, devido à resistência elétrica da espira, ocorre dissipação de energia, (SILVEIRA; LEVIN e RIZZATO, 2007).

**Você sabia:**  
*Podemos prever que o ímã sofrerá uma força magnética em oposição ao seu movimento de aproximação ou de afastamento da espira. Ou seja, quando um magneto é movimentado nas imediações de uma espira condutora, em consequência da corrente induzida, o ímã é freado!*

Esta força de frenagem no ímã é maior se a velocidade dele em relação à espira for maior, pois, de acordo com a *Lei de Faraday*, o valor da força eletromotriz induzida na espira depende da rapidez com a qual o fluxo magnético varia através da espira. Essa afirmação pode ser visualizada com mais

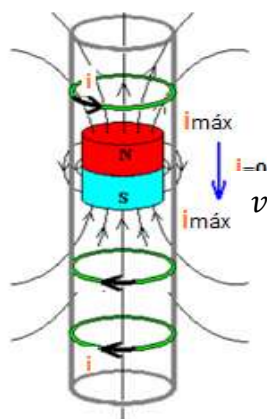


facilidade por meio do simulador que está representado na **Figura 3**, e pode ser encontrado facilmente no site do programa Phet da universidade do Colorado<sup>13</sup>.



**Figura 3:** Simulador da Lei de Faraday

Por outro lado, quanto maior for a força eletromotriz, tanto maior será a corrente induzida. Conseqüentemente, como a força magnética de frenagem depende da corrente induzida, a força aumenta quando cresce a velocidade do ímã em relação à espira (este comportamento é análogo ao que acontece quando um objeto se move através de fluido viscoso). (SILVEIRA; LEVIN e RIZZATO, 2007). Neste sentido, a **Figura 4** representa um ímã se deslocando no interior de um tubo condutor. Podemos imaginar o tubo condutor como sendo constituído pela justaposição de muitas espiras condutoras das quais apenas duas estão indicadas na Figura.



**Figura 4:** Demonstração da queda do ímã  
**Fonte:** Adaptada de (SILVEIRA; LEVIN e RIZZATO, 2007).

Como o fluxo magnético através do tubo, que pode ser comparado como uma série de espiras empilhadas, está variando em decorrência do movimento de queda do ímã, surgem correntes induzidas ao longo da circunferência do tubo, que por sua vez, geram forças magnéticas que oferecem resistência à queda do ímã. Conforme aumenta a velocidade de queda do ímã, cresce também a força magnética obtida a partir da

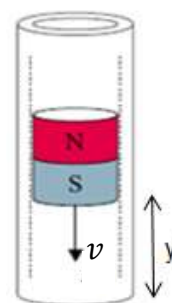
<sup>13</sup> Figura obtida a partir de um simulador encontrado no site: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/faradays-law](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/faradays-law)

interação do campo magnético gerado pelas correntes induzidas no cano e o campo magnético do ímã. Logo após o início da queda do ímã, é atingida a velocidade terminal, a partir da qual o movimento vertical apresenta velocidade constante, ou seja, a força magnética apresenta a mesma intensidade da força gravitacional (força peso) exercida sobre o ímã. Neste caso toda a potência desenvolvida pelo trabalho da força peso será igual ao módulo da potência associada às correntes induzidas no cano. Neste caso, **Figura 5** o magneto que cai com velocidade constante, converte energia potencial gravitacional integralmente em calor devido ao efeito Joule relacionado com as correntes induzidas no tubo<sup>14</sup>.

$$P_{potência} = \frac{mgy'}{\Delta t}$$

$$v_y = \frac{y'}{\Delta t'}$$

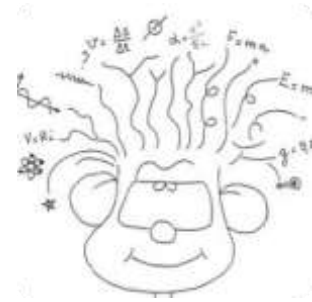
$$P_{potência} = mgv_y \quad 3$$



**Figura 5:** Demonstração da Potência da variação do fluxo.  
**Fonte:** adaptado de <http://www.blogdovestibular.com>

<sup>14</sup> Texto modificado do artigo ‘A frenagem eletromagnética de um ímã que cai’ publicado no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 24, n.3: p. 295-318, dez. 2007, autores: Silveira, F. L; Levin, Y; Rizzato, F. B; todos do Instituto de Física – UFRGS.

## 1.3 ATIVIDADE PRÁTICA I

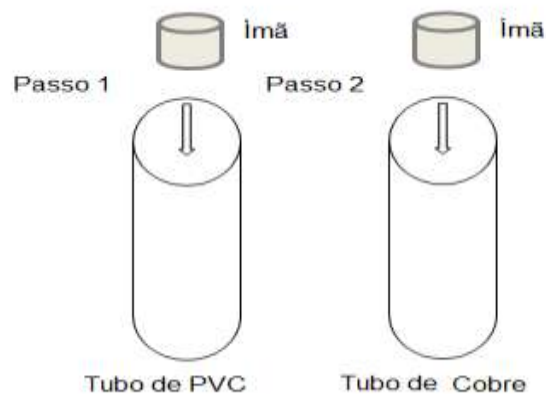


### Materiais Utilizados

- 1 metro de tubo (25mm) de material isolante, tipo PVC;
- 1 metro de tubo (25mm) de material condutor não-ferromagnético, como o Cobre;
- 1 ímã (20mm) de neodímio;
- 1 cronometro

### Procedimento:

Segure o tubo de PVC na posição vertical, coloque o ímã na parte superior e solte-o acionando o cronômetro simultaneamente, permitindo com que caia em queda-livre. repita o procedimento no tubo de Cobre (Cu).



**Figura 6:** Procedimento do Experimento

### Responda

1) O tempo de queda do ímã nos tubo de PVC e no tubo de Cobre foram iguais? Justifique:

---

---

---

2) O que acontece quando o ímã passa pelo tubo de PVC e no outro de cobre (Cu)?

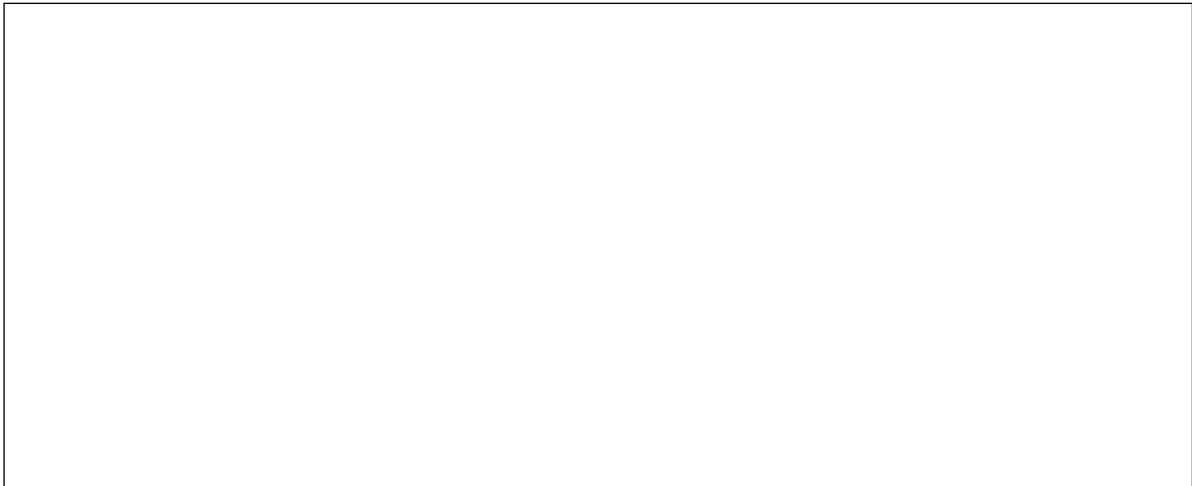
Justifique:

---

---

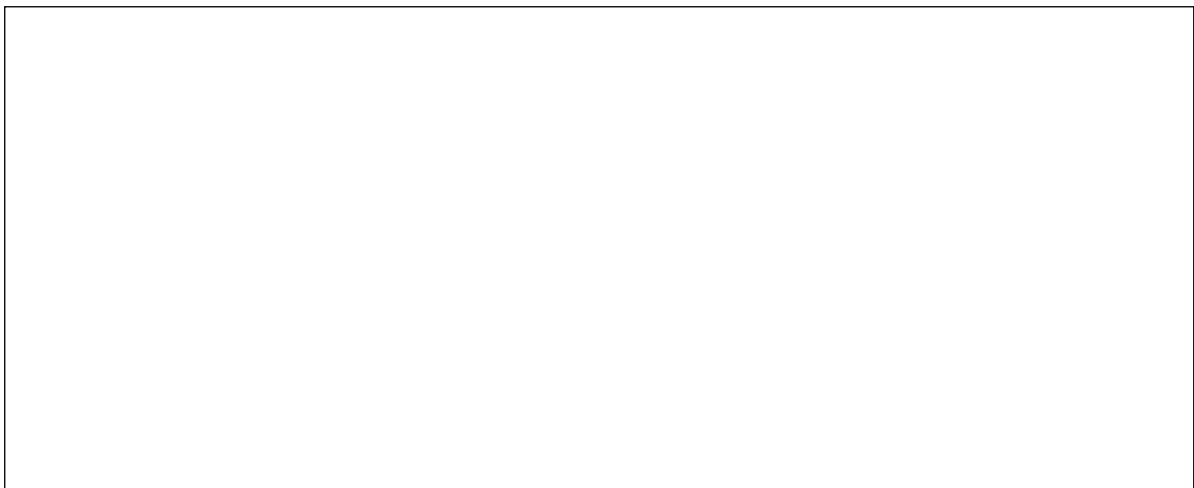
---

3) Esboce na sua concepção como as correntes induzidas se comportam em cada cano:



4) Um ímã desliza por dentro de um cano de cobre, de comprimento de 0,6 m, saindo do mesmo com velocidade  $v_f = 0,2$  m/s. Determine qual o valor da Energia Térmica dissipada no cano do cobre? Considerando que toda a energia potencial inicial seja convertida integralmente em energia térmica e energia cinética final, determine a variação de temperatura do cano de cobre ao final da queda do ímã. Dados: A massa do ímã vale  $m = 30$  g e do cano  $M = 150$  g e que o calor específico do cobre vale  $c = 388$  J/kg.°C,

$$E_i = E_f$$
$$mgh = \frac{1}{2}mv_f^2 + Q$$
$$Q = Mc\Delta T$$



**O que esperamos ao final desta atividade?**

Ao final desta atividade sobre Indução Eletromagnética, esperamos que o aluno seja capaz de compreender as propriedades de um ímã, de identificar a corrente elétrica por meio do fluxo magnético, de entender a interação da força magnética e de relacionar eletricidade com o magnetismo. Além disso, esperamos que sejam capazes de compreender que esta força magnética pode fazer um papel de frenagem por meio das correntes induzidas.

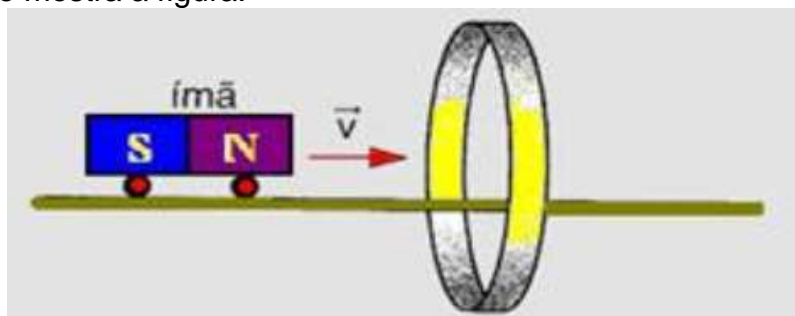
## QUESTÕES PROPOSTAS

01-(FATEC-SP) Em qualquer tempo da história da Física, cientistas buscaram unificar algumas teorias e áreas de atuação. Hans Christian Oersted, físico dinamarquês, conseguiu prever a existência de ligação entre duas áreas da Física, ao formular a tese de que quando duas cargas elétricas estão em movimento, manifesta-se entre elas, além da força eletrostática, uma outra força, denominada força magnética.

Este feito levou a Física a uma nova área de conhecimento denominada:

- a) eletricidade.
- b) magnetostática.
- c) eletroeletrônica.
- d) eletromagnetismo.
- e) indução eletromagnética.

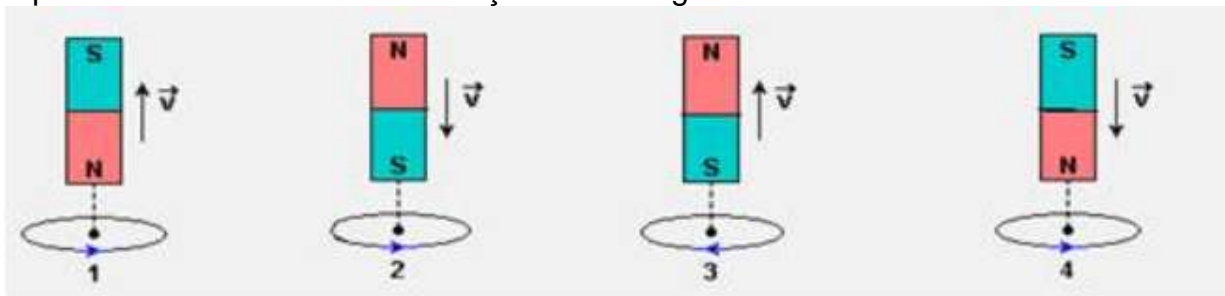
02- (FUVEST- SP) Um ímã preso a um carrinho desloca-se com velocidade constante ao longo de um trilho horizontal. Envolvendo o trilho há uma espira metálica, como mostra a figura.



Pode-se afirmar que, na espira, a corrente elétrica:

- a) é sempre nula;
- b) existe somente quando o ímã se aproxima da espira;
- c) existe somente quando o ímã está dentro da espira;
- d) existe somente quando o ímã se afasta da espira;
- e) existe quando o ímã se aproxima ou se afasta da espira.

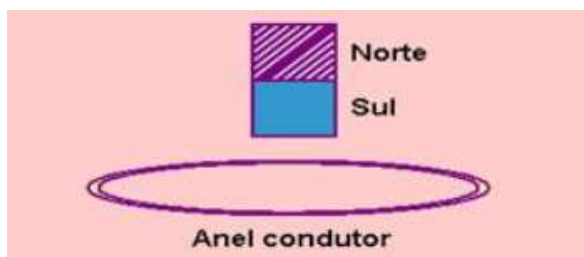
03-(CFT-MG) Um aluno desenhou as figuras 1, 2, 3 e 4, indicando a velocidade do ímã em relação ao anel de alumínio e o sentido da corrente nele induzida, para representar um fenômeno de indução eletromagnética.



A alternativa que representa uma situação fisicamente correta é

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4

04-(PUC-PR) Um ímã natural está próximo a um anel condutor, conforme a figura.



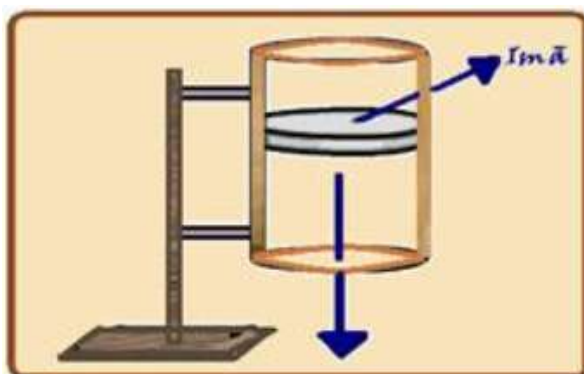
Considere as proposições:

- I. Se existir movimento relativo entre eles, haverá variação do fluxo magnético através do anel e corrente induzida.
- II. Se não houver movimento relativo entre eles, existirá fluxo magnético através do anel, mas não corrente induzida.
- III. O sentido da corrente induzida não depende da aproximação ou afastamento do ímã em relação ao anel.

Estão corretas:

- a) Todas
- b) Somente III
- c) Somente I e II
- d) Somente I e III
- e) Somente II e III

05-(UNEMAT-MT) A figura mostra um ímã caindo dentro de um tubo preso a um suporte.



De acordo com o experimento, assinale a alternativa correta.

- a. A velocidade do ímã aumenta se o tubo for de ferro.
- b. O ímã cai mais rapidamente se o tubo for de plástico, ao invés de alumínio.
- c. O tempo de queda do ímã é o mesmo se o tubo for de ferro ou alumínio.
- d. Enquanto o ímã cai no interior do tubo de plástico, há uma corrente induzida no tubo.
- e. O tempo de queda só depende do peso do ímã, independentemente se o tubo for de plástico ou de alumínio.

## ATIVIDADE TEÓRICO-PRÁTICA II

# 2.GERADOR ELÉTRICO

**2.1 Objetivo:** Demonstrar qualitativamente que a força eletromotriz induzida numa bobina é diretamente proporcional à variação do fluxo magnético nela e inversamente proporcional ao intervalo de tempo em que essa variação ocorre. Discutir de maneira prática como a Lei de Lenz é aplicada em diferentes situações. Relacionar o conceito de conservação de energia mecânica com o conteúdo de eletromagnetismo.



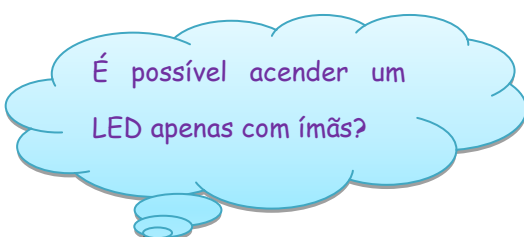
02 Horas Aula

### 2.2 Fundamentação teórica:

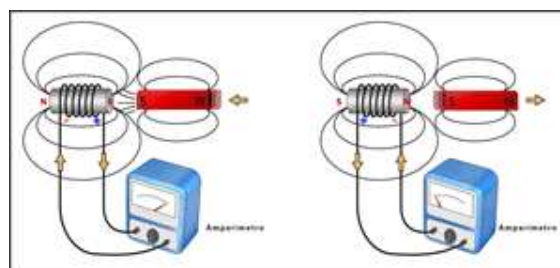
Para compreendermos Gerador Elétrico, temos que voltar um pouco para relembrar o que são correntes elétricas!

A corrente elétrica se estabelece em um condutor quando nele for aplicado um campo elétrico. Este campo elétrico atua sobre as cargas (elétrons) presentes nos materiais condutores. Os condutores, por sua vez, definem uma classe de materiais que possuem parte de seus elétrons fracamente ligados aos átomos, possibilitando com que baixos campos promovam o seu movimento, dando origem à corrente elétrica.

Desde que o professor dinamarquês de físico Hans Christian Oersted (1777 – 1851), em 1820, descobriu que uma corrente elétrica gera um campo magnético, a simetria das relações entre o magnetismo e a eletricidade levou Michael Faraday a acreditar na proposição inversa: se há uma corrente elétrica induzida na bobina, há também uma força eletromotriz induzida, pois sem energia os portadores de carga não se movimentam, (GASPAR, 2011).



A questão era saber como isso poderia ser feito, o que acabou sendo descoberto pelo próprio Faraday, em 1831, quando percebeu que o aparecimento da corrente elétrica em uma bobina ocorria devido uma variação do campo magnético, que aparecia quando um ímã era aproximado ou afastado da mesma e desaparecia quando o movimento era cessado, conforme mostra a **Figura 7**.



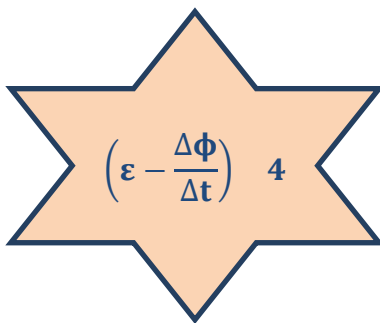
**Figura 7:** Esquema do experimento de Faraday

**Fonte:** <https://sites.google.com/site/fisica2palacios/magnetismo/induccion-electromagnetica>

Essa variação de campo magnético foi representada esquematicamente por meio de linhas de campo. A variação de número de linhas de campo magnético no interior de uma bobina gera o aparecimento de uma força eletromotriz induzida. Faraday fez ainda inúmeras experiências até formular a lei que hoje recebe seu nome.

Também chamada de lei da indução magnética, esta lei, elaborada a partir de contribuições de Michael Faraday, Franz Ernst Neumann e Heinrich Lenz entre 1831 e 1845, quantifica a indução eletromagnética.

A lei de Faraday-Neumann relaciona a força eletromotriz gerada entre os terminais de um condutor sujeito à variação de fluxo magnético em um intervalo de tempo, sendo expressa matematicamente por:


$$\left( \varepsilon - \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \right) \quad 4$$

$\varepsilon$  é a força elétrica induzida em volts (V)

$\Delta\phi$  é a variação do fluxo em weber (Wb)

$\Delta t$  é a variação do tempo em segundos (s)

O sinal negativo da **Expressão 4** é uma consequência da Lei de Lenz, que diz que a corrente induzida tem um sentido que gera um fluxo induzido oposto ao fluxo gerador.

Deve-se observar, de passagem, que o nome força eletromotriz, dado a essa grandeza, é mantido por questões históricas. Essa grandeza não representa fisicamente uma força e sim, uma diferença de potencial elétrico.

De acordo com a Lei de Lenz, quando o ímã é aproximado ou afastado da espira, uma força magnética oferece resistência ao movimento e, portanto, é preciso realizar um trabalho positivo para executar o movimento. Ao mesmo tempo, uma energia térmica é produzida na espira por causa da passagem da corrente elétrica pelos fios da bobina, que apresentam uma pequena resistência elétrica.

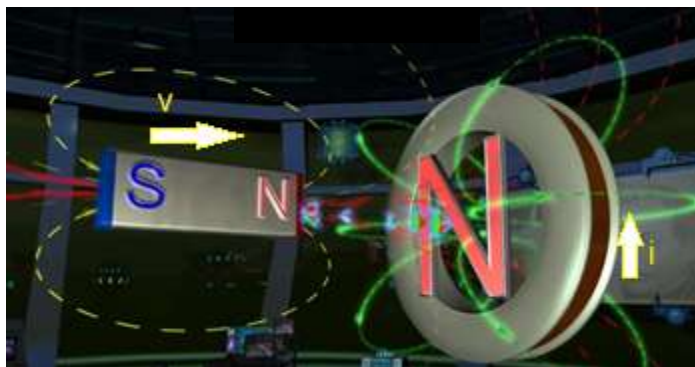
A energia transferida ao ímã pela força aplicada acaba sendo transformada em energia térmica. Uma abordagem mais completa deste fenômeno deve também considerar a energia irradiada pelas espiras na forma de ondas eletromagnéticas durante a indução (usualmente essa energia é pequena e por isso pode ser desprezada). Quanto mais rápido o movimento do ímã, mais trabalho é realizado em

**Você Sabia?**  
a corrente elétrica induzida ( $\varepsilon$ ) num circuito gera um campo magnético ( $\vec{B}$ ) (que se opõe à variação do fluxo magnético que induz essa corrente)

**Qual a relação entre Indução e Energia?**



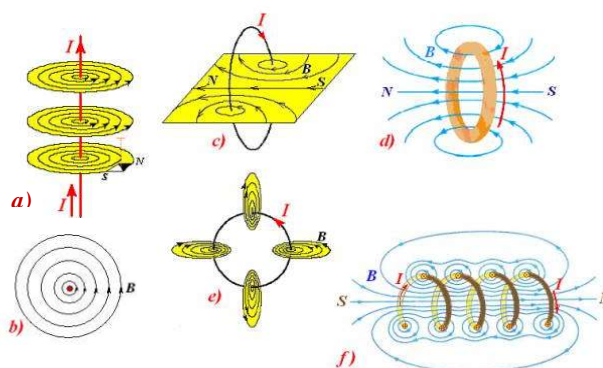
um dado intervalo de tempo e maior será a potência convertida em energia elétrica pelo dispositivo. Essa energia elétrica poderá por sua vez ser convertida em outras formas de energia, como por exemplo, energia térmica e energia luminosa. A **Figura 8** ilustra a indução de correntes por meio de um ímã.



**Figura 8:** Esquema da Lei de Lenz, no momento em que o ímã se aproxima da bobina.  
 Fonte: (<https://www.youtube.com/watch?v=GMP14t9mgrc>).

Qualquer que seja a forma como a corrente é induzida, parte da energia sempre é transformada em energia térmica durante o processo (a menos que a espira seja supercondutora) por causa da resistência elétrica do material de que é feita a bobina (MOURA, 2011).

O movimento do ímã induz na espira forças eletromotrizes que geram correntes elétricas. Essas correntes induzidas geram campos magnéticos que se opõem ao campo do ímã. A **Figura 9** apresenta o perfil do campo magnético gerado por correntes que percorrem condutores com diferentes formatos.



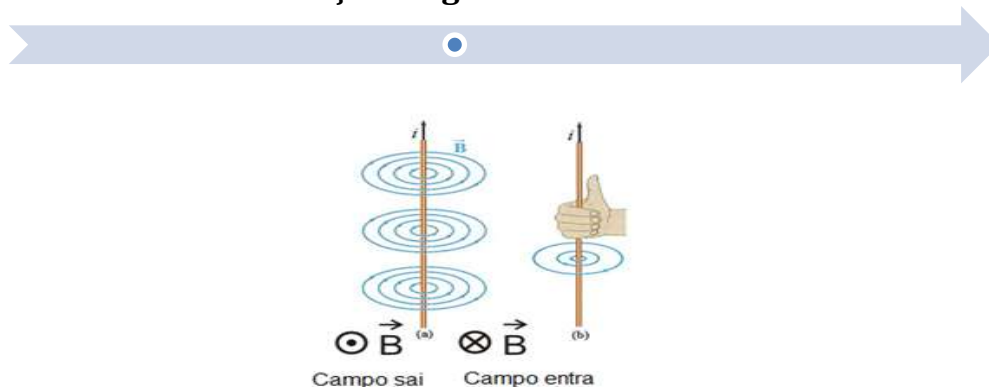
**Figura 9:** Demonstração do sentido do campo magnético gerado pela passagem da corrente elétrica em um condutor.

Fonte: [http://www.barrascarpetta.org/01\\_ele/m\\_1/m1\\_u0.htm](http://www.barrascarpetta.org/01_ele/m_1/m1_u0.htm)

Para exemplificar o sentido do campo magnético gerado por uma corrente elétrica, torna-se conveniente o uso da regra da mão direita. Por exemplo, considerando um fio condutor retilíneo, alinhando o polegar no sentido da corrente elétrica, os demais dedos da mão direita indicarão o sentido do campo magnético, conforme representado na **Figura 10**. Também podemos utilizar a regra da mão direita

invertendo o seu “ajuste”, como por exemplo, quando tratamos o campo magnético gerado no interior de uma espira. Neste caso, alinhando os dedos no sentido da corrente elétrica, o polegar da mão direita indicará o sentido do campo magnético<sup>15</sup>.

### Conheça a Regra da Mão Direita:



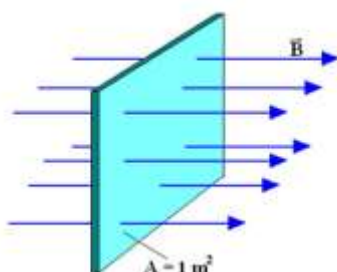
**Figura 10:** O condutor retilíneo percorrido por uma corrente de intensidade  $i$  gera um campo magnético circular com centro próprio condutor, cujo vetor campo magnético  $\vec{B}$  tem direção e sentido dados pela regra da mão direita

Modificado da Fonte: <http://educacao.uol.com.br/disciplinas/fisica>

Relacionando a Regra da mão direita com a Lei de Faraday, entendemos que o sentido da corrente em um condutor deve ser tal que gere um fluxo magnético oposto à variação que a criou

Você sabe o que é  
fluxo magnético?

O fluxo magnético, também denotado como fluxo do campo magnético, está relacionado ao número de linhas de campo magnético que atravessam determinada superfície de área ( $A$ ). Como mostra a **Figura 11**.



**Figura 11:** Linhas de campo magnético atravessando uma superfície plana.

Fonte: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/fluxo-magnetico.htm>

<sup>15</sup> De uma maneira geral, o vetor campo magnético sempre poderá ser obtido por meio da Lei de Biot-Savart.

Desta forma, podemos dizer que o número de linhas de campo que atravessam uma superfície plana, de área **A**, colocada perpendicularmente a um campo magnético, é proporcional ao produto do campo magnético pela área da superfície, (**B . A**). Esse produto recebeu o nome de fluxo de **B** (ou fluxo magnético), Equação 5, através da superfície, sendo representado por  $\phi$ , (SILVA). Assim, temos:

$$\phi = B \cdot A \quad (5)$$

Onde:

$\phi$  – fluxo magnético (Wb=T.m<sup>2</sup>)

**B** – campo magnético (T)

**A** – área da superfície plana (m<sup>2</sup>)

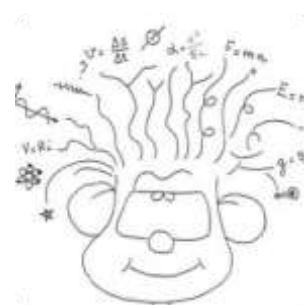
De acordo com a equação abaixo temos uma espira de área **A** imersa em um campo magnético uniforme. O ângulo formado entre o campo **B** e o vetor **n** normal ao plano da espira é  $\theta$ . Assim, para calcular o fluxo magnético **B** através da espira temos que levar em consideração o ângulo, como representado na **Equação 6**. Portanto, temos que:

$$\phi = B \cdot A \cos\theta \quad (6)$$

No S.I. (Sistema Internacional de Unidades) a unidade de fluxo denomina-se weber (Wb).

Neste sentido, o experimento descrito a seguir visa contextualizar as ideias sobre a indução eletromagnética, relacionando o surgimento da corrente elétrica em uma bobina mediante a variação de fluxo magnético gerado por um ímã.

## 2.3 ATIVIDADE PRÁTICA II



### **Materiais Utilizados**

- Tubo aquatherm 28 mm;
- Fio de cobre (fino ~ AWG 28);
- Um ímã de neodímio de 22mm;
- Fita crepe ou isolante;
- LED (3 V).





**Procedimento:**

- 1) Pegue o tubo, separe 2cm do seu centro e passe cinco voltas de fita isolante em cada extremidade, formando uma “barreira”;
- 2) Enrole o fio de cobre entre as “barreiras” de modo organizado para formar a bobina (fazer em média 100 espiras), deixando de sobra as extremidades do fio, aproximadamente 10cm, fixe-o na bobina com a fita isolante deixando as pontas soltas;
- 3) Lixe as pontas extremidades do fio e conecte o LED, logo após fixe-o na parte superior do tubo de maneira que o sistema possa suportar a agitação;
- 4) Agora coloque o ímã dentro do tubo e agite-o, de forma que atravesse a bobina completamente.



Imagem 1: Esquema do gerador Elétrico

**Discussão:**

1) Por que o LED acende?

---

---

---

2) A intensidade da luz depende da velocidade com que os ímãs passam pela bobina?

---

---

---

3) A partir desse experimento, explique a equação de Faraday ( $\mathcal{E} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ ), representando o ímã, a bobina, as linhas de campo a velocidade do ímã e a direção da corrente elétrica na bobina. Pode esquematizar.

4) O LED acende em qualquer posição que o ímã possua no interior do cano? Justifique:

---

---

---

### **O que esperamos ao final desta atividade?**

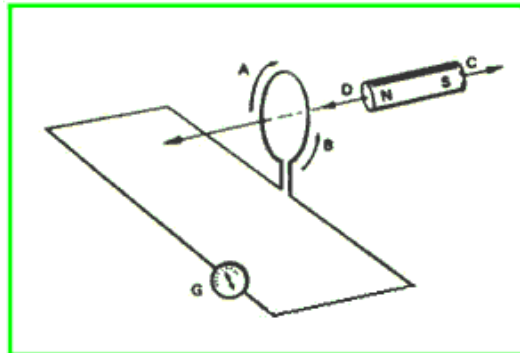
Ao final desta atividade sobre Gerador Elétrico, esperamos que o aluno seja capaz de compreender que força eletromotriz induzida numa espira (bobina), é diretamente proporcional à variação do fluxo magnético que atravessa e inversamente proporcional ao intervalo de tempo em que essa variação ocorre. Entender que a ciência está no seu alcance, despertando a motivação para o conhecimento científico. Também esperamos que o aluno possa fazer relações entre o conhecimento de senso comum e o conhecimento científico, por meio da abordagem qualitativa proposta ao longo dessa atividade teórica-experimental.

### **QUESTIONÁRIO PROPOSTO**

- 1)** (UFMG) A corrente elétrica induzida em uma espira circular será:
- a) nula, quando o fluxo magnético que atravessa a espira for constante.
  - b) inversamente proporcional à variação do fluxo magnético com o tempo.
  - c) no mesmo sentido da variação do fluxo magnético.
  - d) tanto maior quanto maior for a resistência da espira.
  - e) sempre a mesma, qualquer que seja a resistência da espira.
- 2)** (Fund. Carlos Chagas-SP) Uma espira circular é percorrida por uma corrente elétrica contínua, de intensidade constante. Quais são as características do vetor campo magnético no centro da espira? Ele:
- a) é constante e perpendicular ao plano da espira
  - b) é constante e paralelo ao plano da espira
  - c) é nulo no centro da espira

- d) é variável e perpendicular ao plano da espira
- e) é variável e paralelo ao plano da espira

3) A figura representa uma espira circular de raio  $r$ , ligada a um galvanômetro G com "zero" central. O ímã F pode mover-se nos sentidos C ou D.



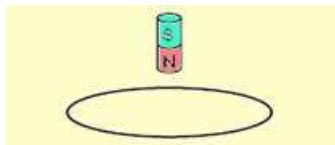
Considere as afirmativas:

- I. Se o ímã se aproximar da espira, aparecerá na mesma uma corrente com o sentido A.
- II. Se o ímã se afastar da espira, aparecerá na mesma uma corrente com o sentido A.
- III. Se os pólos do ímã forem invertidos e o mesmo se aproximar da espira, aparecerá na mesma uma corrente com sentido B.

Assinale:

- a) Só a afirmativa I é correta.
- b) Só a afirmativa II é correta.
- c) São corretas as afirmativas I e III
- d) São corretas as afirmativas II e III
- e) n.d.a

4) (UFV-MG)- A figura abaixo ilustra um ímã cilíndrico que é abandonado acima de uma espira condutora situada num plano horizontal, no campo gravitacional da Terra. Após abandonado, o ímã cai verticalmente passando pelo centro da espira.



Desprezando-se a resistência do ar, é CORRETO afirmar que as forças que a bobina exerce no ímã quando este está se aproximando e, depois, se afastando da mesma são, respectivamente:

- a) vertical para baixo e vertical para baixo.
- b) vertical para cima e vertical para baixo.
- c) vertical para cima e vertical para cima.
- d) vertical para baixo e nula.
- e) nula e vertical para cima.

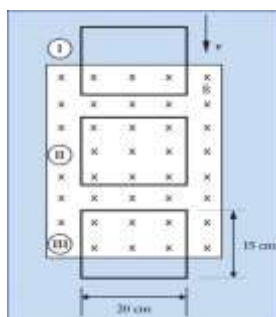
5) Uma espira retangular, com 15cm de largura, por 20cm de comprimento encontra-se imersa em um campo de indução magnética uniforme e constante,

de módulo 10T. As linhas de indução formam um ângulo de  $30^\circ$  com o plano da espira, conforme mostra a figura:



Qual é o valor do fluxo de indução magnética que passa pela espira?

6) Uma espira constituída por um fio condutor retangular é empurrada perpendicularmente às linhas de indução magnética de um campo magnético uniforme perpendicular à folha, até sair pelo outro lado, como mostra a figura. Determine o sentido da corrente induzida na espira em cada uma das representações I, II e III.



### ATIVIDADE TEÓRICO-PRÁTICA III

## 3. FREIO MAGNÉTICO II

**3.1 Objetivo:** Esta atividade propõe a observação do fenômeno físico muito importante, as correntes de Foucault, que surgem em qualquer material condutor exposto a um fluxo variável de campo magnético. Ao longo da atividade prática, iremos discutir os diversos efeitos causados por esta variação de fluxo magnético, que agirá sobre discos de alumínio com diferentes formatos. Ao final, esperamos que os alunos sejam capazes de relacionar o conceito de conservação de energia mecânica com o conteúdo de eletromagnetismo, assim como compreender que é possível gerar força magnética entre um material paramagnético (alumínio) e um ímã.



01 Hora Aula

### 3.2 Fundamentação teórica:

Antes de iniciarmos nossa atividade teórico-prática, vamos entender melhor a teoria que embasa o fenômeno das correntes de Foucault também conhecida como correntes parasitas.

Para entender o que são as **Correntes de Foucault**, é necessário lembrar-se de três fatos muito importantes na História

O francês Jean Bernard Léon Foucault (1819 - 1868), Figura 12, desde jovem manifestou vivo interesse pela Física experimental, abandonando a prática da medicina logo após a conclusão do curso.

Em 1850, Foucault determinou experimentalmente a velocidade da luz. Em 1852, inventou o giroscópio. Deve-se a ele a descoberta das correntes de indução nos metais em função da variação do fluxo magnético, posteriormente chamadas de *Correntes de Foucault*.

do Eletromagnetismo. Os três fatos ocorreram no século XIX. No primeiro,

o professor dinamarquês Hans Christian Oersted

conseguiu comprovar, a

partir dos seus experimentos, que quando uma corrente elétrica passava ao longo de um fio aparecia um campo magnético em seu entorno. Quase que imediatamente, o físico francês André Marie Ampère, verificou a interação entre a corrente e um ímã, e por último, Michael Faraday esclarece que a força eletromotriz induzida numa bobina é diretamente proporcional à variação do fluxo magnético nela e inversamente



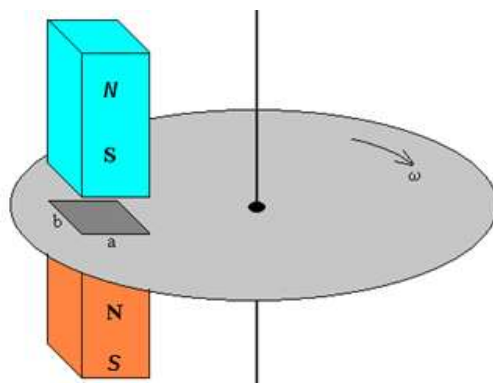
Figura 12: Imagem de Jean Bernard Léon Foucault

proporcional ao intervalo de tempo em que essa variação ocorre, (PAULA).

A partir destas descobertas, por volta de 1855 Jean Bernard Leon Foucault observou que quando um disco de cobre era colocado entre os pólos de um magneto era preciso mais força para fazê-lo girar do que quando não havia o magneto. Esse fato ocorre devido ao surgimento de correntes parasitas no interior do metal produzidas pela variação do fluxo magnético em decorrência do movimento do disco, representado na **Figura 13**, (SILVA, Paula).

Essa variação de fluxo magnético induz uma f.e.m. (força eletromotriz) no corpo, que determina, por sua vez, o aparecimento de uma corrente elétrica no volume do disco submetido à essa variação. Essa corrente induzida gera um novo campo magnético que se opõe ao campo magnético indutor (lei de Lenz).

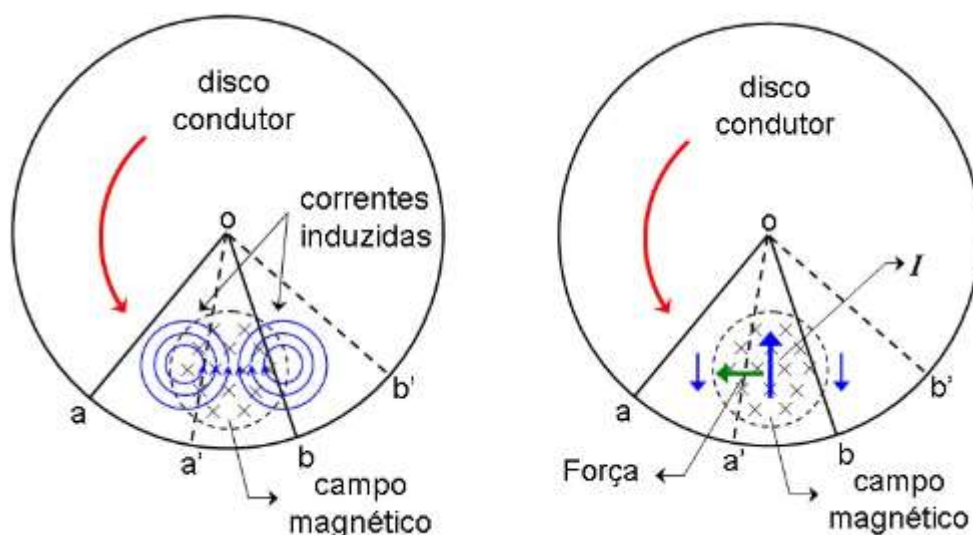




**Figura 13:** Esquema de um disco paramagnético (alumínio) girando entre os pólos dos magnetos.

**Fonte:** <http://www.estudopratico.com.br/corrente-de-foucault-historico-e-o-que-ocorre-nela/>

Até o momento, analisamos casos nos quais as correntes elétricas induzidas em um circuito fixo, por exemplo, em uma espira, quando exposto a um fluxo magnético variável. O que Foucault verificou e que essa variação de fluxo pode ser também gerada em uma superfície condutora exposta a um campo magnético constante, desde que exista movimento entre a superfície e a fonte de campo. Partindo do experimento de Foucault, ao girar o disco áreas que não estavam expostas ao campo magnético passarão a estar expostas. Em consequência, surgirão corrente induzidas - as correntes de Foucault - nessas áreas que terão sentido dado pela Lei de Lenz. A **Figura 14** que segue abaixo, apresenta mais detalhadamente as relações existentes entre o campo, a corrente e a força magnética no experimento de Foucault.



**Figura 14:** Esquema simplificado ilustrando o surgimento de uma força contrária ao movimento do disco devido à presença de correntes de Foucault.

**Fonte:** Souza, R. D (2005)

Uma das consequências do aparecimento das correntes de Foucault é a dissipação de energia por efeito Joule, causando um grande aumento de temperatura. O aumento da temperatura, por exemplo, permite que estas correntes sejam utilizadas como fonte de calor em um forno ou fogão de indução.

No entanto, em alguns casos (como nos circuitos eletrônicos), a dissipação por efeito Joule é um resultado bastante indesejável, porque pode danificar os seus componentes. Para diminuir ou evitar a dissipação por efeito Joule, utiliza-se frequentemente materiais laminados, formados por associações de placas isoladas entre si.

Abaixo apresentamos um equacionamento que auxilia a sistematizar a compreensão dos efeitos relacionados às correntes de Foucault induzidas no disco. Sempre que existe uma variação de fluxo magnético em uma região do disco, surge também uma força eletromotriz induzida, conforme descreve a lei de Faraday, lembrando a **Equação 4**:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

onde  $\Delta\phi$  é a variação de fluxo magnético [Wb] e  $\Delta t$  é o intervalo de tempo [s]. Considerando constante o campo em uma dada região do imã ( $\vec{A}'$ ), poderíamos calcular o fluxo magnético nessa área como sendo o produto do campo pela área na qual está submetido.

$$\phi = \vec{B} \cdot \vec{A}'$$

Essa força eletromotriz está relacionada com a corrente elétrica por meio da 1ª Lei de Ohm, dada por:

$$\varepsilon = Ri \quad (7)$$

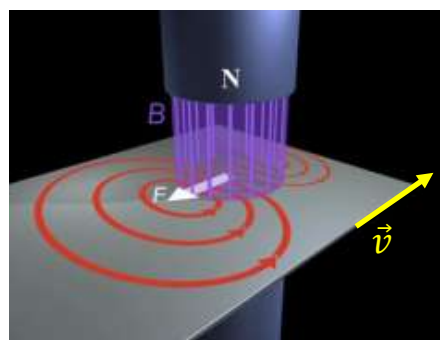
, onde  $R$  é a resistência medida em ohms [ $\Omega$ ] e  $i$  é a corrente elétrica medida em amperes [A]. Sendo assim, em decorrência da existência de uma corrente elétrica em uma região onde existe campo, é gerada uma força, também conhecida como força de Lorentz, dada pela **Equação 8**:

$$\vec{F} = i\vec{l} \times \vec{B}$$

$$|\vec{F}| = iL B \sin\theta \quad (8)$$

Onde  $F$  é a força em newtons [N],  $i$  é a corrente,  $L$  [m] é o comprimento do fio ou da região percorrida pela corrente que sente a influência do campo magnético,  $B$  é o campo magnético e  $\theta$  define o ângulo entre a corrente e o campo magnético. Esta força é sempre oposta ao movimento e por esse motivo, pode ser feita uma analogia entre ela e a força de atrito. Além do mais, assim como a força de atrito, a força de Lorentz é uma força dissipativa, ou seja, o trabalho relacionado a essa força reduz a

energia mecânica do sistema, sendo convertido integralmente em calor, causando o aquecimento do disco. Analisando a **Figura 15**, podemos entender melhor como é obtido o sentido da força magnética usando a regra da mão direita, que neste caso está relacionada com o sentido da corrente e do campo magnético<sup>16</sup>. Inicialmente, posicionamos a palma da mão direita na direção do primeiro vetor que compõe a sentença, neste caso, o segmento de fio que orientado na direção da corrente elétrica. Em seguida, a palma da mão direita deve ser rotacionada por um ângulo menor que 180 graus até atingir o segundo vetor da sentença, neste caso o campo magnético. Ao terminar essa rotação o polegar indicará a direção e o sentido da força magnética.



**Figura 15:** Representação da Regra da mão Direita, aplicada à corrente elétrica e ao Campo Magnético.

**Fonte:** Halliday (7ª Edição)

Retomando o experimento realizado por Foucault, podemos associar à força magnética que atua no disco o trabalho, que por sua vez, pode ser relacionado com a potência dissipada, dessa forma, a potência (**P**) dissipada pela passagem da corrente elétrica em um fio (**i**), está relacionada com a resistência elétrica (**R**) conforme as Equações (9) e (10), descritas logo abaixo:

$$P = Ri^2 \quad (9)$$

$$P = \frac{\epsilon^2}{R} \quad (10)$$

Uma vez que essa potência dissipada pode ser diretamente proporcional a força eletromotriz ( **$\epsilon$** ) e inversamente proporcional à resistência do material **R**. Lembrando que a unidade de medida da potência é o trabalho realizado inverso ao tempo (**J/s**), mais conhecida como Watts (**W**).

Analisando o movimento do disco, que gira com parte de sua área exposta a um campo magnético de um ímã aplicado de maneira perpendicular ao plano do disco, podemos definir uma potência relacionada ao trabalho produzido pela força de Lorentz [Watt = J/s] proveniente da interação da corrente induzida com o campo magnético

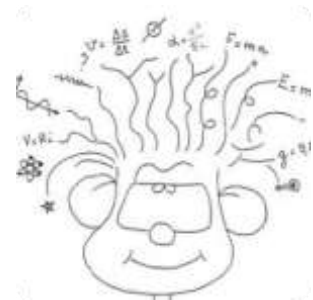
<sup>16</sup> A regra da mão direita sempre pode ser usada para obter a direção de um vetor calculado a partir de um produto vetorial.

gerado pelo ímã. Considerando o tempo na qual a potencia atuou no sistema podemos estimar a energia dissipada na forma de calor no disco.

Dietrich, Chabu e Cardoso (2001), em seus estudos sobre freios magnéticos aborda o fato das correntes parasitas reduzir a eficiência dos dispositivos, pois o fenômeno converte a energia mecânica de movimento (linear ou rotativo) em calor. A interação entre a corrente induzida e o campo magnético que a gerou provoca o aparecimento de uma força de repulsão entre ambos. Se o meio apresentar resistividade nula, a força não diminuirá com o tempo (o caso dos materiais diamagnéticos perfeitos como os supercondutores, onde o campo não penetra no material) e o sistema será conservativo. Caso a resistividade seja não nula – como ocorre na prática para a grande maioria dos materiais – haverá dissipação de potência no meio condutor devido ao efeito Joule.

O aquecimento por indução depende de dois mecanismos de dissipação de energia para fins de aquecimento. São as perdas de energia devido ao efeito Joule e as perdas de energia associadas à histerese magnética. O efeito Joule consiste no único mecanismo de geração de calor em materiais não magnéticos (por exemplo, alumínio, cobre, aços inoxidáveis). Já o segundo mecanismo, a histerese magnética, é um efeito adicional associado aos materiais magnéticos, relacionado à energia necessária para inverter a orientação dos momentos magnéticos do material, o que contribui também para a geração de calor produzida na indução (ZINN e SEMIANTIN, 1988).

## 3.3 ATIVIDADE PRÁTICA I



### Materiais Utilizados

- Três discos de alumínio (9cm) de diâmetro e (2mm) de espessura, um eixo de 5mm
  - Um maciço
  - Um vasado completamente
  - Um vasado ao meio
- Dois ímãs de neodímio (30mm)



- Parafusos
- Dois 8 por 20
- Dois 8 por 15
- Cinco porcas
- Uma com rosca de 5mm
- Quatro de rosca de 6mm
- Um suporte de madeira
- Um rolamento pequeno
- Barbante
- Pesos de (100g, 150g)
- Massa epoxi (tipo durepox)



## PROCEDIMENTO

- 1) Acople o rolamento no suporte de madeira e encaixe no seu interior um eixo o qual fixará o disco, certifique-se que os discos girem facilmente no rolamento e possa ser trocado;
- 2) Na outra extremidade do eixo, fixe o barbante, deixando livre um metro de comprimento, na sua ponta amarre um peso de 100g;
- 3) Solde em dois parafusos (6 por 20mm) uma porca de rosca de 8mm para passagem de outro parafuso onde será colado os ímãs,



depois de soldado fixe um parafuso na frente do disco e outro atrás, na mesma linha, de maneira que o ímã possa ter sua face completa na área do disco;

- 4) Os ímãs devem ser fixados com pólos invertidos (de atração) com a massa epoxi, um no parafuso de (8 por 15mm) e outro no de (8 por 20mm), deixe secar por duas horas.

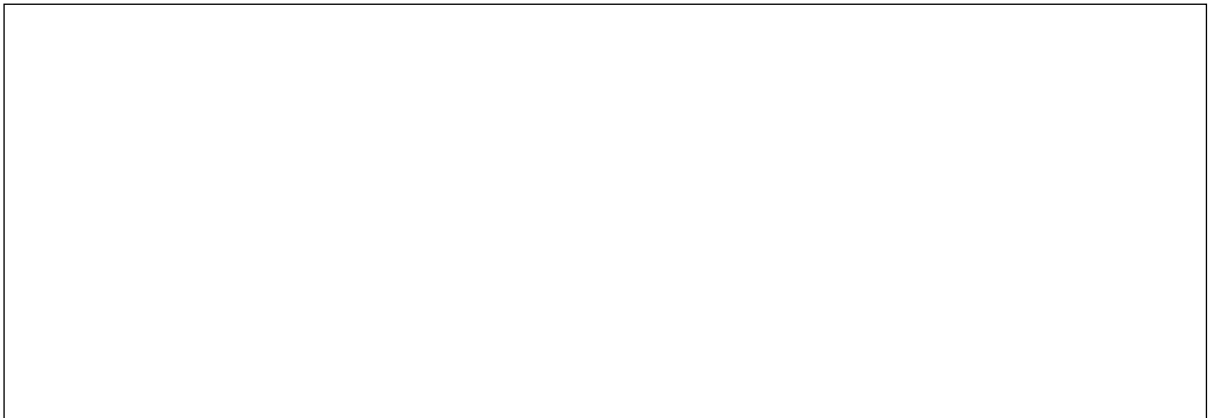
### **DISCUSSÃO:**

- 1) Sem a presença dos ímãs, coloque o disco de alumínio maciço no eixo e cronometre o tempo de três descida do peso sem os ímãs, anotando o valor médio. Repita este procedimento nos outros discos. Houve diferenças de medida? Justifique.

sem ímã? Justifique.

- 3) Analisando a movimento dos diferentes discos com o ímã acoplado no sistema, justifique a diferença nos tempos de descida entre os diferentes discos?

- 4) Defina as correntes parasita, ou correntes de Foucault nos diferentes discos de maneira esquemática:



#### **O que esperamos ao final desta atividade?**

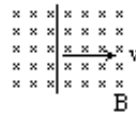
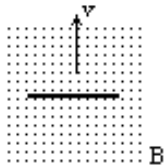
Ao final desta atividade do Freio Magnético II, esperamos que os alunos compreendam o real efeito da variação do fluxo magnético em induzir uma corrente elétrica nos materiais paramagnéticos, como o disco de alumínio. Esperamos também que os alunos saibam relacionar este efeito com o aparecimento da força de Lorentz, que gera dissipação da energia mecânica do sistema. Transpor esse aprendizado com o seu dia a dia, como o funcionamento de fornos e fogões por indução eletromagnética.

#### **QUESTÕES PROPOSTAS**

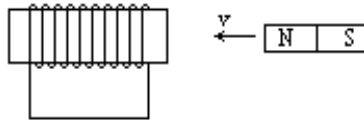
- 1) Com base na Lei de Lenz, determine a polaridade da força eletromotriz gerada nos condutores abaixo:

a)

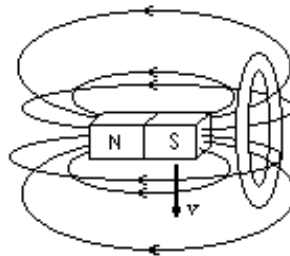
b)



- 2) Determine qual o sentido da corrente e a polaridade da força eletromotriz induzida na bobina abaixo, quando o ímã estiver se aproximando da mesma..

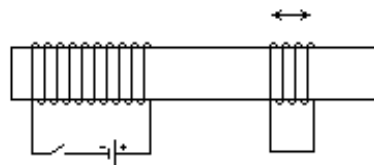


- 3) Qual o sentido da corrente induzida no anel condutor abaixo?

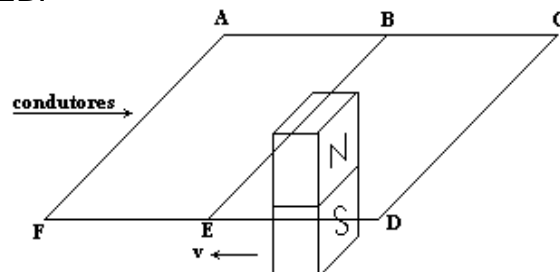


- 4) No esquema abaixo, a bobina em curto pode deslizar livremente pelo núcleo. Determine o sentido do deslocamento a que estará sujeita esta bobina quando o interruptor estiver sendo:

- a) ligado  
b) desligado



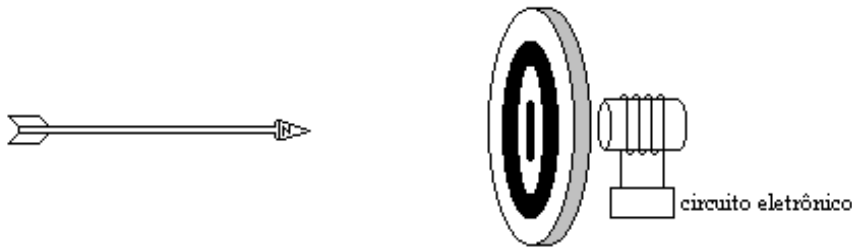
- 5) Na ilustração abaixo o ímã está passando por baixo de uma armação de condutores. Determine o sentido das correntes nos dois percursos fechados ABEFA e BCDEB.



- 6) Um dardo magnetizado é lançado sobre um alvo. Por trás da marca da mosca está instalada uma bobina cujos terminais estão conectados a um



circuito eletrônico para avisar quando o dardo atingir a mosca. Determine o sentido da corrente induzida na bobina caso o dardo acerte a mosca.



- 7) Como surgem as correntes parasitas ?
- 8) Por que as correntes parasitas circulam na periferia dos núcleos ?
- 9) Qual o principal efeito das correntes parasitas em um núcleo ?
- 10) Quais as maneiras de se diminuir o efeito das correntes de Foucault ?
- 11) Por que as chapas de um núcleo devem ser isoladas entre si ?
- 12) Cite três aplicações das correntes de Foucault ?

#### ATIVIDADE TEÓRICO-PRÁTICA IV

### 4. O TRANSFORMADOR ELÉTRICO DESMONTÁVEL

**4.1 Objetivo:** Esta atividade permite ao aluno estudar experimentalmente transformadores, por meio de demonstração prática. Relacionar a indução de correntes em bobinas, Também é discutido o acoplamento magnético entre as bobinas, visando explicitar as relações existentes entre a variação de tensão, a força eletromotriz e a Lei de Faraday.



01 Hora Aula

#### 4.2 Fundamentação teórica:

**O que é um transformador?**

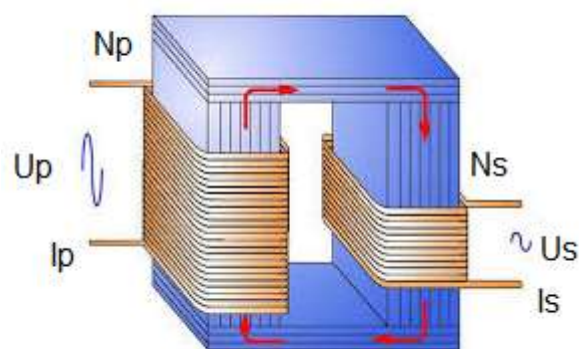
O transformador é um dispositivo elétrico que permite modificar a amplitude de tensões e correntes. Consiste basicamente de duas bobinas isoladas eletricamente, porém

acopladas magneticamente, pois são montadas em torno de um mesmo núcleo de ferro ou ferrite, (BARRETO; CASTRO JUNIOR; MURARI, SATO 2012).

Instalações elétricas, de um modo geral, podem necessitar que a tensão fornecida pelas companhias de energia elétrica aumente ou diminua. Nestes casos, é necessária a utilização de um dispositivo auxiliar - o transformador elétrico - que permita fazer o ajuste necessário na tensão. Por exemplo, imagine que você compra um furadeira e descobre que ela é fabricada para funcionar com uma tensão de 220V, no entanto, em sua casa só existem tomadas com tensão de 110 V. O que fazer nesse caso? A forma mais fácil de usá-la, sem que ele seja danificada, é utilizar um transformador, que neste caso, aumentará a tensão da tomada passando de 110 V para 220 V, permitindo o uso da furadeira na tensão especificada pelo fabricante.

De funcionamento bem simples, o transformador é um dispositivo que opera com corrente alternada, baseado nos princípios eletromagnéticos da Lei de Faraday e da Lei de Lenz. O transformador de tensão é constituído por uma peça de ferro, denominada de núcleo do transformador, ao redor do qual são enroladas duas bobinas ou mais bobinas. Em uma dessas bobinas é aplicada a tensão primária ( $U_p$ ) que se deseja transformar, ou seja, aumentar ou diminuir. Essa bobina é chamada de bobina primária ou enrolamento primário e possui um número específico de espiras ( $N_p$ ). Nos terminais da outra bobina - a bobina secundária - que conta com um número diferente de espiras ( $N_s$ ), a tensão é transformada passando a apresentar um valor diferente - tensão secundária ( $U_s$ ) - que pode ser maior ou menor que  $U_p$ , dependendo da relação entre o número de espiras  $N_p$  e  $N_s$ .

A **Figura 16** ilustra um transformador que funciona do seguinte modo: ao aplicar uma tensão alternada no enrolamento primário surgirá uma corrente ( $i_p$ ), também alternada, que percorrerá todo o enrolamento. Através dessa corrente é gerado um fluxo magnético no núcleo de ferro, que varia com o tempo, pois a corrente é alternada<sup>17</sup>. Esse fluxo magnético se propaga através do núcleo passando pela bobina secundária, onde induz uma força eletromotriz (tensão) e por consequência uma corrente ( $i_s$ ) diferente daquelas verificadas no enrolamento primário, que dependerão da relação entre  $N_p$  e  $N_s$ .



**Figura 16:** Esquema de um transformador  
Fonte: <http://teslablog.iaa.es>

<sup>17</sup> No Brasil, a tensão e as correntes distribuídas pelas concessionárias é alternada e possui frequência de 60 Hz, ou seja, completa 60 ciclos de oscilação a cada segundo.

**Qual a relação das correntes de Foucault com o transformador?**

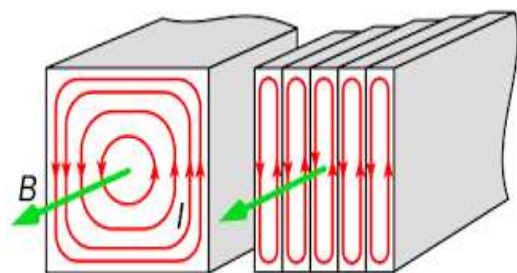
Em um transformador ideal, os efeitos relacionados às perdas de energia são desprezados, e sendo assim, a mesma potência que é fornecida ao enrolamento primário, também é drenada no enrolamento secundário. No entanto, em um transformador real existem perdas de energia. Podemos atribuir essas perdas de energia majoritariamente à três motivos; à resistência dos fios dos enrolamentos, às correntes de Foucault que percorrem o núcleo e à energia associada à histerese de magnetização do núcleo.

Embora fios de cobre - geralmente usados nos enrolamentos dos transformadores - apresentem baixa resistência elétrica, essa resistência passa a não ser mais desprezível quando consideramos que as bobinas geralmente possuem um número bem elevado de voltas. Dessa forma, a potência (**P**) dissipada pela passagem da corrente elétrica em um fio (**i**), está relacionada com a resistência elétrica (**R**) conforme a **Equação 9** abaixo:

$$P = Ri^2 \quad (9)$$

É importante notar que toda a energia associada à essa potência passará a dissipada na forma de calor em decorrência do efeito Joule.

Como o núcleo do transformador é feito a partir de um metal, é natural que nesse metal também surja correntes de Foucault, representado na **Figura 17**, em decorrência do fluxo magnético induzido pela bobina primária. Essas correntes também auxiliam a diminuir a eficiência do transformador, aumentando o calor gerado durante seu funcionamento. No entanto,

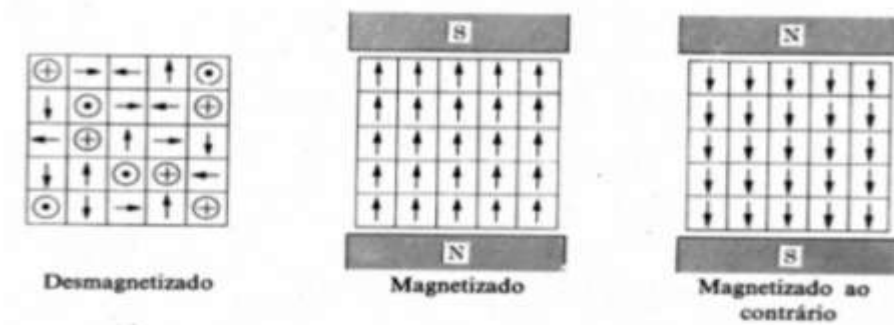


**Figura 17:** Representação da correntes de Foucault

visando diminuir as perdas de energia pelas correntes de Foucault, medidas como produzir núcleos compostos por várias laminas de ferro isoladas entre si são adotadas na fabricação dos transformadores comerciais. Esses núcleos laminados restringem o caminho das correntes de Foucault, minimizando a dissipação de energia, conforme a figura acima.

Por fim, o terceiro fator que acarreta perdas de energia está intimamente ligado à natureza do material magnética do qual o núcleo é feito. É importante lembrar que para conduzir as linhas de campo geradas em uma bobina para a outra, necessitamos de materiais onde os momentos magnéticos possam se alinhar com o campo gerado pela bobina. Os momentos magnéticos, mostrados na **Figura 18**, podem ser compreendidos em primeira aproximação como pequenos ímãs associados a cada átomo de material. Nos materiais ditos ferromagnéticos esses momentos

magnéticos se alinham como o campo magnético de modo a reforçar o campo no interior do material. Porém como o fluxo magnético no núcleo, gerado na bobina primária, é alternado, ou seja, varia com o tempo, é natural pensar que ora os momentos magnéticos estão orientados majoritariamente num sentido, ora no sentido oposto. Sendo assim, para variar a orientação dos momentos magnéticos de um material, também é necessária uma energia, que também é dissipada na forma de calor, contribuindo com o aquecimento do transformador durante seu funcionamento.



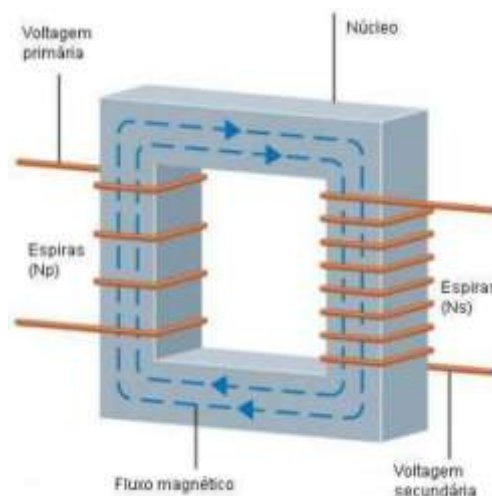
**Figura 17:** Esquema simplificado mostrando o alinhamento dos momentos magnéticos de um material ferromagnético.

**Fonte:** Halliday (7ª Edição)

**Transformador funciona para qualquer tipo de corrente elétrica?**

É importante notar que um transformador só funciona quando o mesmo é alimentado com tensão alternada, pois é necessária a variação do fluxo magnético para induzir tensão na bobina secundária do transformador.

Transformadores são utilizados para reduzir ou elevar a tensão no secundário, mas independente de seu uso sempre oferecem isolação entre o enrolamento primário e o secundário. São particularmente utilizados em equipamentos nos quais há a interação humana, garantindo assim maior segurança ao usuário.



**Figura 18:** Representação do fluxo magnético no transformador em um dado instante de tempo.

Fonte: <http://www.sigmatransformadores.com.br/o-transformador/>

Desconsiderando-se as perdas, num transformador ideal são válidas as relações,

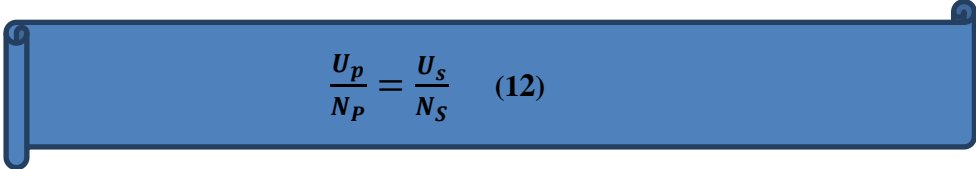
$$\Delta\phi_P = \Delta\phi_S \qquad \frac{\phi_P}{N_P} = \frac{\phi_S}{N_S} \qquad \varepsilon = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

, onde  $\Delta\phi_P$  e  $\Delta\phi_S$  representam o fluxo magnético de cada espira do enrolamento primário e do secundário respectivamente, chegando na **Equação 11**:

$$\frac{\varepsilon_P \Delta t}{N_P} = \frac{\varepsilon_S \Delta t}{N_S} \quad (11)$$

O núcleo de ferro de um transformador atua como um condutor de linhas de campo, por isso só realiza a transformação da intensidade da corrente elétrica em corrente alternada, condição necessária para que haja variação fluxo magnético.

Torna-se interessante lembrar que diferentes autores usam notações diferentes para tratar a grandeza Física diferença de potencial. Neste contexto, f.e.m. (força eletromotriz ( $\varepsilon$ ), tensão (**U**) ou voltagem (**V**), apresentam significado análogo e podem ser compreendidas como a diferença de potencial em cada uma das bobinas. Dessa forma abaixo segue a **Equação 12** geral do transformador ideal:


$$\frac{U_P}{N_P} = \frac{U_S}{N_S} \quad (12)$$

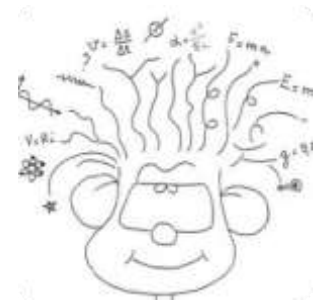
Conforme a **Equação 12**, quanto maior for o número de espiras no secundário em relação ao primário, maior será a tensão obtida no secundário em relação a alimentação do transformador.

Neste caso, como o transformador tratado no equacionamento acima é ideal – não oferece perdas resistivas - a energia fornecida ao enrolamento primário é a mesma que é drenada no secundário. Dessa forma, a potência na bobina primária é igual ao da secundária, conforme apresentado no equacionamento abaixo.

$$P = Ui \qquad U = \frac{P}{i}$$
$$\frac{P_P}{i_P N_P} = \frac{P_S}{i_S N_S} \qquad \boxed{i_S N_S = i_P N_P} \quad (13)$$

Sendo assim, a **Equação 13** apresenta o comportamento da corrente (**i**) em um transformador ideal. Note que quanto maior for o número de espiras (**N**) no secundário em relação ao primário, menor será a corrente elétrica obtida no secundário.

## 4.3 ATIVIDADE PRÁTICA I



### **Materiais Utilizados**

Dois transformadores reciclados (Núcleos)

Fio de cobre esmaltado AWG 30.

Fita isolante

Fio de cobre 4 mm

Dois pinos (um macho e um fêmea)

Um multímetro

### **Procedimento:**

- 1) Desmonte o transformador comercial reciclado, separe a parte metálica (núcleo), retire as bobinas;
- 2) Veja a sequencia das fotos abaixo para entender como foi desmontado o transformador:



Transformador Comercial



Núcleo de transformador separado

1º passo: separe os dois núcleos



Núcleo sem a bobina



Bobina

2º passo: retire as bobina, depois refaça a bobina para conhecer o número de espira feitas cada suporte, de um lado use o fio fino fazendo 700 espiras e do outro um fio mais grosso, fazendo 300 espiras, conecte em cada bobina um pino (macho) e na outra um pino (fêmea), em seguida isole cada bobina.



Transformador montado

3º passo: Junte os núcleos de forma que fiquem totalmente fixos.

### Discussão:

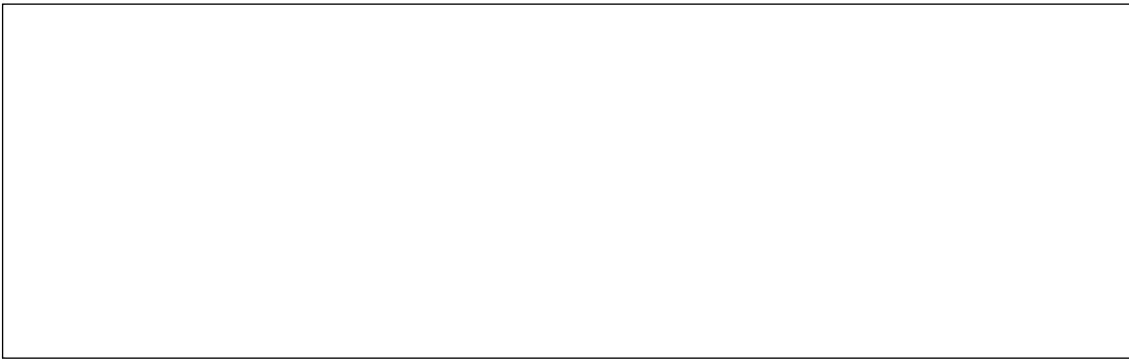
- 1) Conecte a tomada do transformador em uma tensão de 110V e faça a medida com o multímetro conforme a figura ao lado, explique o que aconteceu:



2) Relacione o transformador com as correntes de Foucault.



3) Durante a atividade prática, você percebeu um aquecimento no transformador? Justifique:



4) O transformador utilizado possui de um lado 700 espiras e do outro 300 espiras. Inverta os lados ligados à rede elétrica e explique o que acontece.

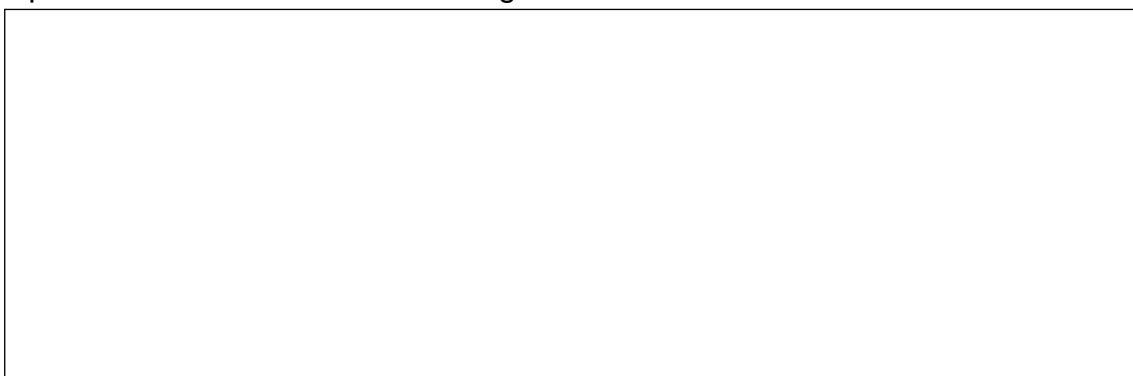




5) Explique o funcionamento do transformador de maneira esquemática, relacionando fluxo magnético, campo magnético, força eletromotriz e corrente.



5) Utilizando apenas a metade do transformador correspondente a 700 voltas e ligando a mesma à rede elétrica, explique o que acontece quando aproximamos um material ferromagnético desta metade do transformador.



### **O que esperamos ao final desta atividade?**

Ao final desta atividade do Transformador Desmontável, esperamos que alunos compreendam o real funcionamento do transformador, suas características e benefícios, entender a amplitude de suas tensões, tanto para aumenta-la como

diminuí-la, proporcionalmente ao seu número de espiras. Saber que seu funcionamento depende de uma corrente alternada, para gerar uma variação de fluxo, relacionar este efeito com o aparecimento da força de Lorentz, que gera dissipação da energia mecânica do sistema e correntes de Foucault. Transpor esse aprendizado com o seu dia a dia, como o funcionamento de transformadores públicos, usinas hidrelétrica, transformadores para aparelhos eletrônicos.

### QUESTÕES PROPOSTAS

1) (UFRGS) O primário de um transformador alimentado por uma corrente elétrica alternada tem mais espiras do que o secundário. Nesse caso, comparado com o primário, no secundário:

- a) a diferença de potencial é a mesma e a corrente elétrica é contínua
- b) a diferença de potencial é a mesma e a corrente elétrica é alternada
- c) a diferença de potencial é menor e a corrente elétrica é alternada
- d) a diferença de potencial é maior e a corrente elétrica é alternada
- e) a diferença de potencial é maior e a corrente elétrica é contínua

2) (Unisinos-RS) As companhias de distribuição de energia elétrica utilizam transformadores nas linhas de transmissão. Um determinado transformador é utilizado para baixar a diferença de potencial de 3 800 V (rede urbana) para 115 V (uso residencial).

Nesse transformador:

- I. O número de espiras no primário é maior que no secundário;
- II. A corrente elétrica no primário é menor que no secundário;
- III. A diferença de potencial no secundário é contínua.

Das afirmações acima:

- a) Somente I é correta.
- b) Somente II é correta.
- c) Somente I e II são corretas.
- d) Somente I e III são corretas.
- e) I, II e III são corretas.

3) A tensão elétrica fornecida pelas empresas energéticas em alguns estados do Brasil é 220V, porém muitos aparelhos domésticos trabalham com tensões bem inferiores e já possuem transformadores integrados. Supondo que um aparelho funcione com tensão elétrica de 20V e possua um transformador integrado com 1500 espiras no enrolamento primário. Quantas espiras são necessárias no enrolamento secundário para que a tensão não supere os 20V?

4) A corrente elétrica que passa pelo enrolamento primário do transformador, que tem 800 espiras, é  $i_p = 5A$ . Calcule a corrente no enrolamento secundário do transformador, sabendo que ele possui 100 espiras.

5) Marque a alternativa **ERRADA**.

a) Transformadores são dispositivos eletromagnéticos que transformam o valor da tensão elétrica alternada, aplicada em sua entrada, para uma tensão alternada diferente na saída.

b) Os transformadores podem ser usados tanto para aumentar quanto para diminuir o valor da tensão.

c) Um transformador consiste em duas bobinas enroladas no mesmo núcleo de ferro.

d) Um transformador consiste em uma bobina enrolada em dois núcleos de ferro.

e) Em transformadores com dois enrolamentos, é comum denominá-los de enrolamento primário e enrolamento secundário.

6) Uma máquina de solda elétrica precisa operar com uma corrente elétrica de 400 A para que haja potência dissipada suficiente para fundir as peças metálicas. A potência necessária é dada por  $P = R \cdot i^2$ , onde R é a resistência dos eletrodos de solda. Com a intenção de obter esse valor de corrente elétrica, utiliza-se um transformador, que está ligado a uma rede elétrica cuja tensão vale 110 V, e pode fornecer um máximo de 40 A. Qual deve ser a razão do número de espiras entre o enrolamento primário e o secundário do transformador, e qual a tensão de saída?

a)  $N_1/N_2 = 5$ ;  $V = 9$

b)  $N_1/N_2 = 10$ ;  $V = 11$

c)  $N_1/N_2 = 15$ ;  $V = 15$

d)  $N_1/N_2 = 20$ ;  $V = 20$

e)  $N_1/N_2 = 25$ ;  $V = 22$

## REFERÊNCIAS

BARRETO, G., CASTRO JUNIOR, C. A de., MURARI, C. A. F., SATO, F. **Circuitos de Corrente Alternada: Fundamentos e Prática**. 1ª ed, São Paulo: Oficina de Textos, 2012. Disponível em: <http://www.li.facens.br/~machado/lxo/materiais/Exp8.pdf>. Acesso em 11 de maio de 2016.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**, 3 Volume, Ensino Médio, Editora Ática, 1ª Edição, São Paulo, 2011

DIETRICH, A. B.; CHABU, I. E. ; CARDOSO, J. R. Eddy-current brake analysis using analytic and FEM calculations - Part I : Theory. In: IEMDC 2001, 2001, Cambridge, Massachussets. **IEEE International Electric Machines and Drives Conference**, 2001. p. 454-457

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **The Feynman Lectures on Physics**. v. II. 1979. cap. 16-3.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **The Feynman Lectures on Physics**. v. II. 1979. cap. 16-3.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Eletromagnetismo**, Volume 3; LTC; 2012.

KAZUHITO, Y.; FUKU, L. F. **Física para o Ensino Médio: Eletricidade Física Moderna**, Volume 3, Saraiva, pg.219, 2013.

MOURA, C. E. **Física para o Ensino Médio Gravitação, Eletromagnetismo e Física Moderna**. EdiPUC, Porto Alegre-RS, 2011.

PAULA, R. N. F. **Correntes de Foucault**. Disponível em:  
<http://www.infoescola.com/fisica/corrente-de-foucault/>. Acessado em 23 de abril de 2016.

SILVA, D. C. M.; **Fluxo Magnético**. Disponibilizado em:  
<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/fluxo-magnetico.htm>, acessado em 21 de abril de 2016.

SILVA, P. **Correntes de Foucault**. Disponível em:  
<http://www.estudopratico.com.br/corrente-de-foucault-historico-e-o-que-ocorre-nela/>. Acesso em 20 de maio de 2016.

SILVEIRA, F.L; LEVIN, Y; RIZZATO, F. B; **A frenagem eletromagnética de ímã que cai**. Caderno Brasileiro de ensino de Física, UFRGS. 2007. Disponível em:  
[http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Queda\\_freada\\_magneto.pdf](http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Queda_freada_magneto.pdf). Acesso em 20 de Abril de 2016.

ZINN, S.; SEMIATIN, S. L. **Elements of Induction Heating** .ASM International, 1988.