



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE TÓPICOS DE
ELETROMAGNETISMO POR MEIO DE EXPERIÊNCIAS VIRTUAIS E
ATIVIDADES PRÁTICAS.**

MARCELO DE AMORIM OLIVEIRA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Mossoró

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE TÓPICOS DE
ELETROMAGNETISMO POR MEIO DE EXPERIÊNCIAS VIRTUAIS E
ATIVIDADES PRÁTICAS.**

MARCELO DE AMORIM OLIVEIRA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Semi-Árido no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Dr. Gustavo de Oliveira Gurgel Rebouças.

Mossoró

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

O48s OLIVEIRA, MARCELO DE AMORIM.
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE TÓPICOS DE
ELETROMAGNETISMO POR MEIO DE EXPERIÊNCIAS
VIRTUAIS E ATIVIDADES PRÁTICAS / MARCELO DE
AMORIM OLIVEIRA. - 2020.
143 f. : il.

Orientador: Gustavo de Oliveira Gurgel
Rebouças.

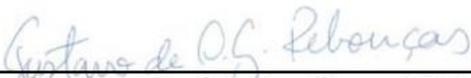
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Física, 2020.

1. Ensino. 2. Eletromagnetismo. 3.
Experimentação. 4. Vygotsky. I. Rebouças, Gustavo
de Oliveira Gurgel , orient. II. Título.

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE TÓPICOS DE
ELETROMAGNETISMO POR MEIO DE EXPERIÊNCIAS VIRTUAIS E
ATIVIDADES PRÁTICAS.**

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação Em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

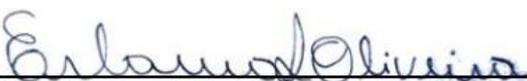
Aprovada por:



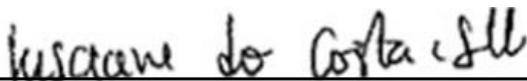
Prof. Dr. Gustavo de Oliveira Gurgel Rebouças
Presidente da banca e orientador (UFERSA)



Prof. Dr. Tibério Magno de Lima Alves
Examinador externo (IFRN)



Profa. Dra. Erlania Lima de Oliveira
Examinadora interna (UFERSA)



Profa. Dra. Jusciane da Costa e Silva
Examinadora interna (UFERSA)

Mossoró

2020

AGRADECIMENTOS

A Deus, Senhor de todas as coisas, que em Jesus teve compaixão de mim e, quando eu ainda estava longe, ao me avistar correu ao meu encontro, abraçou-me, cobriu-me de beijos e fez uma festa porque estive perdido e fui encontrado.

Aos Meus pais, Sabino de Oliveira Neto e Maria Assunção de Amorim Oliveira que souberam me educar e sempre foram exemplo de honestidade, fé e sabedoria.

A minha esposa Rafaela Gonzaga Silva de Amorim que em todos os momentos esteve ao meu lado me aceitando com tantos defeitos e limitações e sendo um apoio forte nos momentos de fraqueza.

As meus filhos Luiz Guilherme Gonzaga de Amorim e Sofia Gonzaga de Amorim, que com sua alegria e ternura me deram forças pra seguir na luta.

A todos os professores do MNPEF Polo 09 da UFERSA, de modo especial ao Prof. Gustavo de Oliveira Gurgel Rebouças por sua amizade, sabedoria e paciência durante a orientação deste trabalho e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido por meio de bolsa.

Aos amigos Aécio Damaceno, Hélison Giló, Marília Sena e aos alunos da turma de 2018 do MNPEF Polo 09 da UFERSA. Foram estes gigantes que me emprestaram seus ombros para que, apoiado sobre eles, eu pudesse enxergar mais longe.

Aos estudantes da EEM Liceu do Conjunto Ceará que voluntariamente colaboraram com a elaboração desta proposta e a todos aqueles que direta ou indiretamente colaboraram para que este trabalho fosse concluído.

Não explicar a ciência me parece perverso. Quando você está apaixonado,
quer contar ao mundo.
(Carl Sagan, 1994).

RESUMO

Esta dissertação apresenta o desenvolvimento e a aplicação de um produto educacional: uma sequência didática para o ensino de eletromagnetismo no ensino médio. Este produto educacional foi aplicado em um grupo de estudantes do ensino médio da rede pública estadual de ensino da cidade de Fortaleza, CE. A proposta, baseada na teoria do sócio interacionismo de Lev Vygotsky, se apresenta por meio do desenvolvimento de atividades experimentais nas plataformas virtuais PhET Simulações e Física na Escola, mescladas com atividades experimentais reais desenvolvidas em laboratório didático por meio de quatro experiências científicas com o uso de ímãs de neodímio, bobinas, condutores, baterias, led's e outros. O desenvolvimento das atividades busca contemplar as recomendações da Base Nacional Curricular Comum (BNCC) ao usar estratégias de ensino que contextualizam os conteúdos e os conectam a realidade do estudante por meio de ações de manuseio, interação, investigação em grupo, discussão, montagem, simulação e expressão de hipóteses. O produto educacional está dividido em quatro encontros e sua aplicação proporcionou um ambiente de aprendizagem dinâmico que exigiu maior envolvimento e atenção dos estudantes. A avaliação do produto educacional apresentou resultados de aprendizagem positivos e permitiram uma sistematizada comunicação de ideias.

Palavras chave: Ensino, Eletromagnetismo, Experimentação, Vygotsky.

ABSTRACT

This paper presents the development and application of an educational product: a didactic sequence for electromagnetism teaching in high school. This educational product was applied in a group of students at a public high school in the city of Fortaleza, CE. The proposal, based on Lev Vygotsky's theory of social interaction, presenting itself through the development of experimental activities at a virtual platform named "PhEt Simulações e Física na Escola", merged with live experimental activities developed at a didactic laboratory through four scientific experiments with the use of: neodymium magnets, coils, conductors, batteries, led's and among other components. The development of activities seeks to contemplate the recommendations from Base Nacional Curricular Comum (BNCC) by using teaching strategies that contextualize the subjects connecting them within the student's reality, through: handling actions, interaction, group research, debate, mounting, simulations and expression of hypothesis. The educational product was divided in four meetings and its application led to a dynamical learning environment that required a greater involvement and attention from the students. The evaluation of the educational product showed positive learning results and allowed a systematized communication of ideas.

Keywords: Teaching, Electromagnetism, Experimentation, Vygotsky.

Mossoró

2020

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Interação entre corpos carregados.	26
Figura 2 - Fluxo de campo elétrico perpendicular a uma superfície A	27
Figura 3 - O movimento do ímã produz uma corrente na espira.	31
Figura 4 – Fluxo de campo magnético do ímã.	33
Figura 5 – Campo magnético que surge na espira.....	33
Figura 6 - Correntes de Foucault numa placa metálica.	34
Figura 7 - Montagem experimental para demonstração do freio magnético. ...	35
Figura 8 - Campo magnético B ao redor de um fio retilíneo percorrido por uma corrente elétrica i	36
Figura 9 – Trajetória curva qualquer envolvendo um fio condutor percorrido por uma corrente elétrica i que gera um campo magnético B	37
Figura 10 - Materiais para experiência da Força de Lorentz/regra da mão direita.	50
Figura 11 – Materiais para experiência da Força de Lorentz/regra da mão direita.	51
Figura 12 – Materiais para experiência da lei da indução eletromagnética de Faraday.	53
Figura 13 – Figura esquemática de materiais para experiência da lei da indução eletromagnética de Faraday.....	53
Figura 14 – Materiais para a experiência da Levitação magnética/Lei de Ampère /Força magnética.	55
Figura 15 – Figura esquemática de materiais para a experiência Levitação magnética/Lei de ampère /Força magnética.	56
Figura 16 – Materiais para experiência da Lei da indução eletromagnética de Faraday, Lei de Lenz e Correntes de Foucault.	57
Figura 17 – Figura esquemática de Materiais para experiência da Lei da indução eletromagnética de Faraday, Lei de Lenz e Correntes de Foucault.	58
Figura 18 – Questão sobre a Lei de Faraday.....	59
Figura 19 – Momento de acesso aos computadores no laboratório de informática no primeiro encontro.	63
Figura 20 – Detalhe do momento da atividade prática 01. Alunos divididos em grupos trabalham com dispositivo da Força de Lorentz.	65

Figura 21 – Detalhe do momento, do uso do material, para realização do experimento da Lei de Faraday na atividade prática 02.	67
Figura 22 – Detalhe da atividade prática 03.	68
Figura 23 – Detalhe da atividade prática 03.	69
Figura 24 – Detalhe da atividade prática 03.	69
Figura 25 - Detalhe da atividade prática 04.	70
Figura 26 - Detalhe da atividade prática 04.	71
Figura 27 – Aplicação do teste final.	72
Figura 28 - Questão sobre a Lei de Faraday.	76
Figura 29 – Desenho parte da resposta do aluno 01.	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Materiais para aulas práticas.....	43
Quadro 02 – Links de acesso aos Simuladores PhET simulações interativas.....	47
Quadro 03 – Links de acesso aos Simuladores Física na Escola.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Números de matriculas em licenciatura por disciplina.....	16
Tabela 02 – Resumo dos encontros.....	40

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Distribuição das notas dos alunos no teste avaliativo.....82.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	5
2.1 O ensino de física nos níveis fundamental e médio.....	5
2.2 O uso de tecnologias da informação da comunicação no ensino de física. .	8
2.3 O ensino experimental de eletromagnetismo.....	11
2.4 A formação de professores e as pesquisas em ensino de física.....	15
2.5 O sócio interacionismo de Lev Vygotsky.....	17
2.6 As bases legais da educação no Brasil.....	21
2.6.1 A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira (LDB) e a Base Nacional Curricular Comum (BNCC).....	21
2.6.2 As diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio (DCNEM) e Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN).....	23
3. AS EQUAÇÕES DE MAXWELL.....	25
3.1 Primeira Equação de Maxwell: A Lei de Gauss para a eletricidade.....	26
3.2 Segunda Equação de Maxwell: A Lei de Gauss para o magnetismo.....	28
3.3 Terceira Equação de Maxwell: A Lei de Faraday.....	30
3.3.1 A Lei de Lenz: complemento da Lei de Faraday.....	32
3.3.2 As correntes de Foucault.....	34
3.4 Quarta Equação de Maxwell: A Lei de Ampère-Maxwell.....	35
4. O PRODUTO EDUCACIONAL.....	40
4.1 Visão geral do produto educacional.....	40
Metodologia/objetivo dos encontros.....	40
4.2 Conteúdos abordados no produto.....	42
4.3 Materiais utilizados.....	43
4.4 Os encontros.....	43

4.4.1 Primeiro encontro.	44
O texto introdutório.	44
As simulações computacionais.	45
4.4.2 Segundo encontro.	48
Atividades práticas 01 e 02.	48
Atividade prática 01 – A Força de Lorentz e a regra da mão direita.	49
Atividade prática 02 – A Lei da indução eletromagnética de Faraday.	52
4.4.3 Terceiro encontro.	54
Atividades práticas 03 e 04.	54
Atividade prática 03 – Levitação magnética.	54
Atividade prática 04 – Freio magnético.	56
4.4.4 Quarto encontro.	59
Aplicação de teste final.	59
Questionário.	59
5. A APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.	62
5.1 Primeiro encontro: Texto introdutório e simuladores computacionais.	62
5.2 Segundo encontro.	64
5.2.1 Atividade prática 01.	65
5.2.2 Atividade prática 02.	66
5.3 Terceiro encontro.	68
5.3.1 Atividade prática 03.	68
5.3.2 Atividade prática 04.	70
5.4 Quarto encontro: Aplicação do teste final.	72
6. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS.	83
REFERÊNCIAS.	85
APÊNDICE A.	95

1. INTRODUÇÃO.

A física é um ramo do conhecimento humano que busca entender e explicar o cosmos e a natureza que nos rodeiam, usando diversas ferramentas como a matemática, a computação, a lógica e a experimentação entre outros. Olhando para o desenvolvimento das sociedades, o domínio das ciências físicas pode ser visto como uma mola que dá impulso para a evolução de diversas outras ciências como as engenharias, a medicina, os transportes e os meios de comunicação entre outros. A física é assim: bela e interessante, ela faz parte do nosso dia a dia e nos rodeia de todos os lados, no entanto, quando se fala do apreço por esta disciplina e seu reconhecimento na educação formal, pode-se afirmar que a física é rejeitada por muitos estudantes e que esta aversão está ligada às enormes dificuldades que estes alunos encontram em conseguir compreender os conceitos físicos e as ferramentas que a física usa para tratar o conhecimento. Existe um grande número de alunos que enxergam a física como sendo uma disciplina de entendimento muito complexo, abstrata, exaustivamente carregada de fórmulas e gráficos, desnecessária e que não agrega nada de relevante para o dia a dia dos estudantes (Moreira 2018).

Se a física é tão importante por sempre e cada vez mais impulsionar a evolução da humanidade em termos de tecnologias em diversos ramos, por que a escola e os professores não conseguem levar os estudantes a perceberem esta disciplina como uma parcela fundamental para a compreensão da natureza e para o desenvolvimento das sociedades?

Uma das respostas para esta questão é que ensino de física na educação básica está em crise por diversos motivos: falta e/ou despreparo de professores, má formação docente, más condições de trabalho desses profissionais, reduzido número de aulas no ensino médio e currículo inadequado para este nível. Além destas questões, existem outras que são consideradas mais graves: o ensino de conteúdos desatualizados e descontextualizados, onde se dá ênfase apenas para os testes, ausência de abordagem e metodologias de ensino diversificadas, uso exaustivo de fórmulas sem correlação com a realidade do aluno, aulas desestimulantes de desinteressantes que não motivam os alunos, ensino sem espaços para

questionamentos, com o processo educativo centrado no professor que, continua seguindo o modelo tradicional de ensino que é o da narrativa, onde o aluno deve de modo passivo, apresentar um comportamento adequado, o que corrobora uma aprendizagem mecânica (Moreira 2017).

Com relação à formação de professores de física, um ponto deficiente e que merece destaque é o desconhecimento ou a pouca afinidade destes profissionais acerca das teorias de aprendizagem que, apesar de apresentarem algumas ideias e características divergentes sobre o processo de ensino e aprendizagem, afirmam que existem processos nos quais o conhecimento do indivíduo se constrói e que estes processos têm fases ou etapas que se consolidam gradativamente, no entanto outro problema verificado no ensino de física hoje, é que estas teorias quando não são desconhecidas são ignoradas por professores, que ensinam de qualquer forma ou como foram ensinados ou ainda como acham que devem ensinar, atuando muitas vezes sem uma base teórica, de modo improvisado ou ensinando apenas para preparar seus alunos para testes escolares (Moreira e Massoni 2015).

Problemas e dificuldades que permeiam o processo de ensino e aprendizagem em física tanto referente às realidades dos estudantes quanto às dos professores são antigos e tem sido objeto de estudos há muitos anos, levando muitos pesquisadores e grupos de estudiosos a refletirem sobre suas origens e consequências (Gomes e Castilho 2010, Alves *et al.* 2014). Resultados deste estudo apresentam diversas ideias, incluindo àquelas associadas à realização de atividades experimentais ligadas ao cotidiano dos alunos, na medida do possível, são apresentadas com o objetivo de promover entre eles, uma melhor compreensão dos conteúdos ministrados nas aulas de física.

A experimentação tem sido deste modo uma estratégia vista como um modelo bastante amplo e com uma grande variedade de possibilidades para o ensino de física. A prática é indicada por profissionais do magistério e por alunos como um dos meios mais produtivos de se reduzir as inúmeras dificuldades de se aprender física de modo significativo e consistente. Logo, atividades práticas podem ser realizadas desde circunstâncias em que se solicita ao aluno a simples verificação de teorias, fórmulas, equações ou leis

até situações onde se destacam condições para que os alunos consigam refletir e reverter suas ideias a respeito dos fenômenos físicos abordados, fazendo com que eles adquiram um nível de aprendizado que lhes permita efetuar uma reestruturação adequada de seu entendimento dos fenômenos observados e experimentados (Araújo e Abib 2003). A realização de atividades deste tipo como estratégia de ensino é considerada como uma peça chave para o aprendizado da física e não é de hoje que assumiram um caráter de importância para o ensino de ciências (Marineli e Pacca 2006).

Dentro da perspectiva apresentamos uma proposta para o ensino de eletromagnetismo através de um produto educacional. Trata-se de uma sequência didática que se candidata a ser uma ferramenta para ajudar professores de física do ensino médio na área de eletricidade e magnetismo. A sequência de aulas é composta por atividades de experimentação virtuais, que são desenvolvidas por meio do uso de simuladores computacionais e aplicativos de smartphone disponíveis na internet, associadas à utilização de um kit experimental educacional para a realização de aulas práticas experimentais que abordam assuntos relacionados ao eletromagnetismo como a Força de Lorentz, as Leis de Ampère, Faraday, Lenz e outras. A aplicação deste produto educacional ocorreu na cidade de Fortaleza – CE com um grupo de alunos de uma turma de terceiro ano do ensino médio, de uma escola pública da rede estadual de educação. A sequência didática e o relato da aplicação deste produto educacional com seus resultados e perspectivas são o centro deste trabalho.

O desenvolvimento deste produto teve por base a teoria do interacionismo social de Lev Vygotsky (Moreira e Massoni 2015). Sendo dividido em seis capítulos.

A proposta deste trabalho tem um objetivo específico: oferecer uma ferramenta didática para o ensino de eletromagnetismo de modo a atender as demandas educacionais atuais, considerando a dinâmica das relações sociais marcantes e das formas de comunicação e interação dos nossos estudantes. Neste contexto, o produto educacional desenvolvido neste trabalho visa colaborar com a motivação e engajamento dos estudantes, tentando fazer

despertar neles o prazer pelo estudo da física observando-a de forma lúdica, empírica e envolvente.

No primeiro capítulo é apresentada esta introdução e o objetivo deste trabalho. O segundo capítulo apresenta o referencial teórico que deu base conceitual ao desenvolvimento do produto educacional. Ele é subdividido em tópicos que apresentam uma revisão da literatura sobre: o ensino de física nos ensinos fundamental e médio, o uso de novas tecnologias no ensino de física, a realização de atividades experimentais como estratégia para o ensino de eletromagnetismo, o ensino de física no Brasil abordando a questão da formação de docentes, a teoria do interacionismo sócio histórico cultural de Lev Vygotsky e finaliza com uma análise das bases legais que fundamentam o Ensino médio por meio do estudo de alguns documentos.

No terceiro capítulo apresentamos os conceitos e explicações físicas detalhadas e em nível de ensino superior sobre o eletromagnetismo, que são os conteúdos que serão trabalhados na sequência didática: As equações de Maxwell que sintetizam todo o eletromagnetismo adicionado mais alguns conceitos e leis que permeiam esta temática.

O quarto capítulo vai tratar da sequência didática: o produto educacional em si e as etapas de seu desenvolvimento/aplicação. O capítulo quinto traz o relato da aplicação do produto e a intervenção didática na referida turma, a população de estudo, sua caracterização e os resultados obtidos. As conclusões e perspectivas são por fim apresentadas no sexto capítulo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.

2.1 O ensino de física nos níveis fundamental e médio.

Aulas de física nas séries iniciais servem para auxiliar os alunos no desenvolvimento de sua capacidade de expressão e ainda colaborar com os processos que são necessários para o aprendizado científico dos alunos. Isso porque a física pode propor atividades experimentais que permitem ao alunos a manipulação de materiais e experimentos e não somente tenham contato através de livros e com isso observem seus resultados podendo daí tirar suas conclusões. Desse modo, é relevante que os professores destes alunos sejam capacitados a desenvolver estas ações, propondo discussões e despertando o raciocínio dos alunos. Uma série de atividades com alunos das primeiras séries do ensino fundamental foi desenvolvida e foi observado que a interação com materiais concretos em experimentos motiva as crianças e desenvolve seu aprendizado muito mais do que as simples aulas expositivas. No entanto, a pouca intimidade dos professores dessas séries com a física não os deixa a vontade para desenvolver tais atividades (Schroeder 2007).

A utilização de um kit de brinquedos para a realização de experiências lúdicas se revela como uma ferramenta eficaz no ensino de física para crianças a fim de despertar seu interesse pelas ciências naturais. O kit foi elaborado com base no construtivismo social de Vygotsky e buscou aproveitar a curiosidade natural das crianças, valorizando sua busca incessante em entender como o mundo ao seu redor funciona e associando o fator lúdico à aquisição de conhecimento de modo a promover o engajamento dos estudantes nas aulas, despertar seu interesse pelas ciências (Sousa 2017).

Outra iniciativa positiva que teve como foco a abordagem de conteúdos de física para crianças foi um projeto desenvolvido através de um curso de extensão e um minicurso durante um encontro de física, que buscou capacitar os professores para desenvolverem atividades pedagógicas com a utilização de material didático e experimental específico. Por meio de oficinas intituladas “Física para crianças”, professores abordaram conteúdos de física para alunos das séries iniciais do ensino fundamental e durante a realização das atividades,

foi observado pelos professores que estavam fazendo parte do projeto que os alunos se interessavam bastante pelos conteúdos e que sua curiosidade era despertada. Outro ponto muito positivo foi deste trabalho foi à colaboração na formação dos professores que tiveram uma experiência a mais na sua prática docente. A avaliação o curso pelos professores participantes foi muito positiva (Damásio e Steffani 2008).

No que se refere à formação de professores é necessário que os docentes consigam construir uma identidade profissional que lhes garanta uma atuação em sala de aula eficaz, e sintonizada com as exigências atuais em torno das ciências. Planejar, produzir e programar propostas para o ensino de física, com mais qualidade e prazer tanto para os professores como para os alunos, e fundamentadas em experiências empíricas, servirão para fortalecer a crença dos estudantes nas verdades da natureza reveladas pela ciência. Ações deste tipo são boas iniciativas pra melhorar a aceitação da física pelos alunos já desde as séries iniciais de sua vida escolar, fato que pode gerar a possibilidade de um melhor desempenho no ensino médio com a possibilidade de participação ativa no processo (Monteiro e Teixeira 2004).

Pode-se inferir, de forma geral no ensino médio, que a abordagem teórica dos conteúdos de física numa metodologia exclusivamente expositiva e com foco no que é ensinado, algo que é amplamente majoritário nas salas de aula no Brasil, desestimula o interesse de grande parcela dos estudantes, e explica o número cada vez maior de alunos desmotivados e enfadados, diante de práticas tradicionais passivas e propedêuticas de ensino. Sabe-se que as grandes descobertas da física e a construção do conhecimento deste ramo, em sua grande maioria, foram constituídas com base em investigações de forma experimental. A baixa atratividade motivacional de metodologias onde os estudantes se portam de forma passiva e sem conexão empírica com os conhecimentos da física, contribui para elevação de índices como o de reprovação e o de evasão educacional fatos que mostram em muitos casos a indiferença dos estudantes por esta disciplina (Oliveira *et al.* 2007, Araújo e Mazur 2013, Reis *et al.* 2019).

As concepções destes estudantes do ensino médio, a acerca da física foi alvo de um estudo exploratório onde foi verificado que alunos deste nível

escolar sofrem fortes cobranças em nível social, uma vez que o término desta etapa escolar é concomitante ou sucedido pelo ingresso dos jovens no mercado de trabalho e/ou pela continuação dos estudos através de cursos em nível técnico profissionalizante e/ou em nível superior. As muitas incertezas do contexto escolar com toda sua heterogeneidade e desafios impõe à escola a exigência de uma formação que interligue ela ao mundo contemporâneo, uma vez que a ciência e a física desfrutam de certo prestígio na sociedade. No entanto isto não ocorre com a física no ambiente escolar que por sua vez não tem boa aceitação entre estudantes. Estes afirmam que até admiram a disciplina, mas o que se verifica é que esses alunos, em sua grande maioria, tiveram acesso a um ensino de física, excessivamente preso à matemática por meio de uso de fórmulas não despertando a motivação dos estudantes (Ricardo e Freire 2007).

Desse modo, a área de ciências há muito tempo vem se preocupando com o desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem, e buscando na psicologia, metodologias teóricas para alcançar este desenvolvimento. As metodologias, estratégias e as técnicas de ensino colocadas à disposição dos professores são frutos de pesquisas e trabalhos científicos e visam de um modo geral contribuir com este processo focalizando uma questão que hoje em dia é tida como consenso entre os profissionais da educação: o desinteresse dos estudantes pela ciência (Alves e Stachak 2005, Laburú 2006).

Como consequência destas deficiências no ensino de física, os resultados do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), que é uma avaliação aplicada em larga escala, indicam as diversas fragilidades dos estudantes que geralmente prestam o exame ao final deste ciclo formativo. O ENEM é considerado uma fonte de dados importante por se apresentar como uma ferramenta de avaliação de aprendizagem no ensino médio e revelou que existem dificuldades permanentes na compreensão de diversos conceitos básicos de física na educação básica e que, apesar dos esforços recentes aplicados à pesquisa sobre ensino de física, os impactos sobre o resultado do processo de ensino e aprendizagem são mínimos, justificados pela não incorporação dentre os estudantes dos conhecimentos em física (Barroso *et al.* 2018). O que se pode verificar, quando se trata do ensino de física no ensino

médio e no ensino fundamental é que é necessário fazer mudanças em termos de metodologias, abordagens, estratégias e conteúdos.

2.2 O uso de tecnologias da informação da comunicação no ensino de física.

A sequência didática contida neste produto educacional propõe o uso tecnologias digitais para o ensino de física no estilo de simulações virtuais associado à realização de atividades práticas experimentais, com o objetivo de facilitar o aprendizado de conceitos de eletromagnetismo. As tecnologias de comunicação e informação, internet, softwares educacionais, plataformas e mídias são recursos que cada vez mais têm sido utilizados para fins de ensino não somente para a modalidade à distância, mas também na modalidade presencial. Inegavelmente as tecnologias transformam as relações e os processos humanos. Ferramentas de modelagem como os simuladores utilizados nesta proposta são consideradas de grande viabilidade didática e encontram-se bem estabelecidas, permitindo o acesso livre para estudantes e professores a experimentos que demandariam expressivos recursos e mão de obra para operação em um laboratório físico real (Heck 2017, Rodrigues e Lavino 2020).

O uso da robótica educacional como ferramenta tecnológica é outro ramo que também tem se destacado recentemente, e vem apresentando diversas proposta inovadoras para o ensino de física (Honorato 2016, Rabelo 2016 e Vazzi 2017). A robótica articulada com a engenharia didática são um meio valioso para impulsionar o desenvolvimento de habilidades e competências dos estudantes no ensino de física. Por meio do manuseio de dispositivos eletromecânicos, motores, sensores e programação computacional, professores se permitem criar um novo universo para ensino de física que pode ser determinante para a superação de obstáculos educacionais (Lima e Ferreira 2020).

Propõe-se neste trabalho o uso dos simuladores de dois sites que abordam o estudo da física em suas diversas áreas. O detalhamento do manuseio destes simuladores, o acesso, os links e os aplicativos usados na

proposta de intervenção pedagógica, são feitos no capítulo 04 deste trabalho. A opção pelo uso destes simuladores como parte deste produto educacional teve como base trabalhos de diversos pesquisadores que afirmam que a interatividade entre o estudante e o material instrucional é um ponto chave para seu aprendizado (Dorneles *et al.* 2006, Pire e Veit 2006, Santos *et al.* 2006, Tavares 2008, Moreira 2008).

Os simuladores abordados nesta proposta são também chamados de “objetos de aprendizagem” (em inglês, “learning object”). Este conceito surgiu durante a expansão de ferramentas tecnológicas da década de 90 (Carneiro e Silveira 2014). Neste período foram desenvolvidos e catalogados diversos materiais instrucionais em repositórios de materiais didáticos com acesso livre para professores e estudantes, e como exemplo, temos no Brasil o Banco Internacional de Objetos Educacionais (BIOE). O conceito de objetos de aprendizagem também faz referência ao uso de materiais pedagógicos digitais que tem entre outras características, a interatividade do estudante com o objeto e a reusabilidade do mesmo (Tarouco *et al.* 2003).

Observando do ponto de vista da história, as tecnologias sempre acompanharam a educação em suas fases, com suporte através do rádio, TV, telégrafo e finalmente através da informática, sempre com vistas ao apoio à aprendizagem. Em trabalho realizado na educação básica, foi feita uma investigação sobre a aceitação e o uso de tecnologias educacionais pelos professores, buscando uma reflexão sobre suas limitações e potencialidades e foi verificado que os professores investigados em sua totalidade, de alguma forma utilizam tecnologias em suas aulas, no entanto o que ficou evidente é que o uso destas tecnologias para o ensino de física exige planejamento (Oliveira *et al.* 2016).

O uso destas tecnologias para o ensino de física não é algo restrito ao Brasil. Muitos países estão desenvolvendo programas educacionais que buscam o aperfeiçoamento destas ferramentas digitais para uso didático. Deve-se tomar cuidado para que o uso das mídias, e de modo especial do computador, não seja restrito à busca de informação, como aconteceu em algumas situações no passado. Pesquisadores defendem o uso do computador, como uma ferramenta para auxílio na construção do

conhecimento. O software Modellus foi desenvolvido especialmente para modelagem em física e matemática, com ênfase na criação e exploração de representações de fenômenos físicos e matemáticos, fazendo conexão com os diversos conteúdos vistos nestas disciplinas. Este programa foi explorado em termos didáticos e considerado uma ferramenta valiosa para o ensino de física, uma vez que, através da modelagem se pode saltar das realidades perfeitas dos livros que subtraem em diversos casos variáveis de fenômenos físicos para simulações de situações reais como, por exemplo, com fenômenos não lineares e caos (Viet e Teodoro 2002).

As simulações computacionais também podem ser ferramentas usadas para o auxílio da aprendizagem de conceitos em eletricidade, com o uso do Modellus, adicionado a circuitos elétricos. O Modellus é uma ferramenta digital que permite simular diversos modelos físicos, permitindo a visualização de movimentos de acordo com equações matemáticas. Entre as diversas dificuldades apresentadas pelos estudantes muitas estão relacionadas ao aprendizado do conceito de corrente elétrica, diferença de potencial e resistência elétrica. Sendo assim a interatividade através de aulas experimentais ou de mapas conceituais são algumas técnicas válidas, no entanto o uso de simulação e de modelagem computacional como complementos a outras atividades é uma opção eficiente. Foi verificado que o desempenho dos estudantes que, além das aulas expositivas e de laboratório, também desenvolveram atividade de simulação e modelagem, foi estatisticamente superior ao desempenho dos alunos que participaram apenas das aulas expositivas e de laboratório. Muitos estudos sobre ensino de física estão apontando não somente os problemas, mas também formas alternativas de superação destes e que este trabalho foi mais um que tentou colaborar com a superação destes problemas por meio da simulação e modelagem (Dorneles *et al.* 2006).

O uso destes tipos de ferramentas também ocorre em situação de educação à distância. Um ambiente de educação nesta modalidade, através da plataforma educacional (TelEduc), foi desenvolvido para alunos da primeira série do ensino médio onde diversos assuntos da física foram abordados. O uso da plataforma também proporcionou uma maior interação entre

professores e estudantes e ambos com o conhecimento. Por meio de estudo conclui-se que conseguiram aumentar mesmo que virtualmente a carga horária da disciplina de física uma vez que cerca de 40% de todos os acessos ao ambiente virtual foi em dias não letivos. As contribuições dos estudantes mostraram que 67% deles se envolveram no projeto e que 82% expressaram ser favoráveis a esta proposta de ensino de física (Pires e Veit 2006).

Utilizando uma planilha eletrônica do Excel, foi apresentada a professores de física de ensino médio uma maneira de se utilizar recursos computacionais para esclarecer e aprofundar conceitos físicos que são explorados de modo superficial. Criou-se um ambiente informatizado para que seus alunos pudessem, além de fazer a coleta e registro de dados, observar a coerência dos números e o comportamento do sistema físico estudado a partir da análise de gráficos (Barbosa *et al.* 2006).

O que se pode verificar é que a experiência educacional com o uso de novas tecnologias tem muito a colaborar com o processo de ensino aprendizagem em física, seja ele adotado através do desenvolvimento de softwares educacionais, robótica, do uso de applets e mídias ou ainda através de ambientes virtuais de educação presencial e à distância. Sendo assim fica cada vez mais claro que a inclusão de novas metodologias e tecnologias de ensino é uma exigência que o professor, a quem é dada a tarefa de ensinar, precisa atender para que ele deixe de ser mero transmissor de saberes, muitas vezes desconectado das realidades vividas pelos alunos, para se tornar moderador de um processo onde a aprendizagem realmente acontece.

2.3 O ensino experimental de eletromagnetismo.

Diversos trabalhos apresentam propostas exitosas no que diz respeito à experimentação como estratégia para o ensino física e de modo especial ao ensino de conteúdos ligados à eletricidade e ao eletromagnetismo (Barbosa *et al.* 1999, Santos *et al.* 2015, Pinto *et al.* 2017, Laia *et al.* 2017, Borges *et al.* 2018). A realização de atividades experimentais tem a capacidade de colaborar para que haja um aumento do interesse dos alunos pelas aulas de ciências uma vez que estas atividades criam uma grande expectativa nos mesmos.

Para que uma aula se torne interessante para os alunos é necessário que ela seja carregada de um saber que ostente uma relação com o mundo que o cerca e com cotidiano do aluno, e este saber é diretamente responsável pelo aprender. Neste contexto, o emprego de atividades experimentais, como a que são propostas neste trabalho, quando repletas de motivação e de proximidade com o cotidiano dos estudantes, pode colaborar de modo eficiente para prender a atenção dos alunos, criar entre eles mais interesse pelos conteúdos que são expostos e contribuir para o aprendizado (Laburú 2006).

A experimentação como estratégia de ensino de física tem sido defendida já a algum tempo, de modo que a opção por esta estratégia ganhou maior ênfase no Brasil anos atrás quando projetos nacionais e internacionais de ensino a incorporaram. Existem diferentes concepções de atividades experimentais e diferentes concepções de aprendizagem, pressupondo diferentes posturas de professores e estudantes em relação ao conhecimento em si e a atividade experimental (Seré *et al.* 2003).

As atividades experimentais de demonstração são um caminho para se tentar resolver problemáticas existentes no ensino de física, como, por exemplo, a falta de boas propostas instrucionais para o ensino de corrente alternada no ensino médio. Este fato é a justificativa para a ênfase maior que é dada nesta etapa escolar, ao ensino de corrente contínua. Uma pesquisa bibliográfica cujo enfoque era a produção acadêmica sobre o ensino de corrente alternada foi o objeto inicial de um estudo realizado junto a um grupo de estudantes. Neste estudo após a realização das duas pesquisas, decidiu-se realizar demonstrações sobre motor de corrente alternada, indução eletromagnética e geração de energia elétrica usando diversos dispositivos como polias de arrasto, bobinas, geradores, motores síncrono. De acordo com os autores, boa parte dos alunos adquiriu algum conhecimento sobre a natureza da corrente alternada (Erthal e Gaspar 2006).

Metodologicamente, algumas atividades práticas são mais demonstrativas e nelas, o estudante apenas observa fenômenos, outras práticas permitem mais a participação do estudante e priorizam a investigação científica. Esta metodologia pode ser aplicada no modelo de transmissão-recepção de conhecimentos já elaborados onde se pode fazer uma abordagem

teórica de forma separada da abordagem prática. Outra forma de se utilizar a experimentação é permitindo ao estudante participar destas atividades de modo a descobrir modelos científicos e fenomenológicos. As atividades experimentais também se mesclam algumas vezes com tecnologias computacionais, outras vezes fazem referencia a algum teórico educacional e suas perspectivas como, por exemplo, o construtivismo cognitivista. De modo geral, existem duas grandes abordagens: uma que valoriza a aprendizagem através da compreensão da atividade científica e da articulação entre conhecimentos teóricos e práticos, e outra que visa à interação, afirmando a importância das atividades experimentais, por promoverem a participação do aluno na execução da atividade, o entrosamento entre os estudantes e a interdisciplinaridade (Higa e Oliveira 2012).

Um experimento simples e que é muito comum no ensino de conceitos básicos da eletricidade é o eletroscópio. Um dos modelos mais simples é o eletroscópio de folhas metálicas, que consiste em um recipiente transparente, que possui na sua parte exterior uma esfera metálica condutora presa a uma haste que fica na parte interna. Sobre a haste se suspende uma folha de alumínio. Ao se aproximar deste recipiente um objeto qualquer carregado, este induzirá a polarização no conjunto esfera-folha de papel alumínio e fará com que haja repulsão entre os lados da folha de papel alumínio, demonstrando assim a carga do corpo indutor. Alguns trabalhos de ensino de física com uso do eletroscópio demonstram seu potencial educacional (Catelli e Franco 2007, Santos 2016 e Gomes *et al.* 2018). Uma versão eletrônica de eletroscópio feita com o uso de um transistor de efeito de campo foi desenvolvida apresentando uma sensibilidade muito maior que a do eletroscópio de folhas (Sampaio *et al.* 2017).

Outro dispositivo de grande potencial didático-experimental é o motor elétrico por indução que, mesmo sendo um motor muito importante e presente em diversos equipamentos como eletrodomésticos e grandes máquinas, não são apresentados nos livros didáticos de ensino de física nem em nível médio nem mesmo em nível superior. No ensino de eletromagnetismo e de eletrodinâmica para engenheiros, os livros que abordam tais assuntos privilegiam uma abordagem técnica do mesmo. Dois motores de indução que

podem ser facilmente serem construídos em qualquer laboratório de eletromagnetismo e usados por estudantes de física foram apresentados em um trabalho voltado para a temática do ensino experimental de eletromagnetismo. A utilização dos motores nos laboratórios didáticos de física permite a discussão de variados assuntos no âmbito do eletromagnetismo, como as aplicações das Leis de Faraday e Lenz e podem despertar o interesse do estudo dos motores elétricos de indução para os estudantes de física (Silveira e Marques 2012).

A experimentação no ensino de física associada à programação computacional por meio de plataformas, linguagens de programação e robótica, possui forte potencial didático. Isto foi observado por meio de trabalho que utilizou a plataforma Arduino em um protótipo de um sistema alternativo de medição de radiação solar global, que foi construído com materiais de baixo custo. Para a construção do dispositivo se utilizou alumínio em chapa, acrílico e sensores. Por meio do aparato construído, se percebeu que diversos campos da física como, por exemplo, a eletricidade podem ser contextualizados e explorados de modo a proporcionar um aprendizado satisfatório (Alves *et al.* 2020).

Outra proposta baseada na experimentação associada à plataforma Arduino foi à construção de uma maquete que simula uma rede elétrica trifásica, utilizando-se de um circuito de frequência variável e de elementos diversos como linhas de transmissão, transformadores, geradores. A maquete possui relés eletromecânicos, LED's (Light Emitting Diode), transformadores e fontes de tensão. Para controlar o funcionamento do circuito foram utilizados relés e uma plataforma Arduino, programada na linguagem C e transferida para placa através de uma porta USB. A maquete apresentada no trabalho serve para auxiliar professores nas aulas de eletricidade e eletromagnetismo Além de conceitos físicos importantes, também se pode discutir sobre outros assuntos como matriz energética e fontes renováveis de energia. Testes realizados indicaram que o material teve boa receptividade pelos alunos que se mostraram interessados e motivados (Viscovini *et al.* 2015).

O produto educacional desenvolvido neste trabalho é semelhante a estas iniciativas, e se apresenta como uma proposta para o ensino de

eletromagnetismo através de atividades experimentais virtuais por meio de simuladores disponíveis para computadores e smartphones e também por meio da realização de aulas de práticas experimentais empíricas mediadas pelo professor, e busca proporcionar a este profissional uma ferramenta adicional para o desenvolvimento de seu trabalho.

2.4 A formação de professores e as pesquisas em ensino de física.

O ensino de física no Brasil foi abordado por meio de uma retrospectiva em âmbito internacional do curso de Física. Este foi criado nos Estados Unidos, mas o ponto de partida da abordagem foi o curso do *Physical Science Study Committee* (PSSC). A primeira edição do PSSC foi publicada em 1960 e se tratava de um projeto curricular completo, pois até essa época o ensino de física era baseado apenas em livros texto, embora a atividade experimental por parte dos alunos já fosse considerada importante. Esse paradigma dos livros texto foi substituído pelo dos projetos. Nessa mesma época e um pouco depois surgiram outros grandes projetos curriculares para o ensino médio, porém esse paradigma de projetos durou pouco tempo e foi substituído pelo modelo que defendia o ensino e aprendizagem como interdependentes, criando-se então uma nova proposta: o da pesquisa em ensino de física. A existência destas várias correntes ainda hoje em pleno vapor sugere que estamos em uma época em que convivem diversos modelos e abordagens. No ensino superior o paradigma que ainda adotado é o do livro e isso torna o ensino muito ruim, com altos índices de evasão, no entanto, existe pelo menos a consciência do problema continuará a existir se o modelo do livro não for mudado (Moreira 2000). O autor prossegue sua linha de raciocínio fazendo referência as Diretrizes Curriculares para os Cursos de Graduação (1999) e os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (1999), pois estes documentos nortearam seu estudo. As notas observadas nestes documentos expuseram clara a necessidade de mudanças na formação de professores de física.

Outra necessidade existente no Brasil é a de aumentar o número de professores de física que são anualmente formados. Nos últimos anos, as pesquisas que tem focado no trabalho dos professores indica a existência de

várias dificuldades e resistências como, por exemplo, a própria questão social da remuneração e do *status* social dos professores que é diretamente afetada pela má distribuição de renda no país. Outra realidade observada é que a prática docente cotidiana dos professores em geral é resumida a memorização de fórmulas e sua aplicação em alguns exercícios reproduzindo assim o método de ensino que os mesmos receberam em sua formação. Cita-se ainda o fato de os professores não se empenharem em trabalhar o pensamento científico e investigativo, com o objetivo de desenvolver habilidades de argumentação de ideias científicas em seus alunos, fato este que também decorre de sua formação docente. Observa-se que existe um clamor por mudanças na forma de ensinar para formar não somente cientistas, mas também aqueles que não atuarão em carreiras científicas nas ciências naturais (Borges 2006).

Com relação aos cursos de Licenciatura em física no Brasil, o Censo da Educação Superior de 2017 trás dados estatísticos com os números de matrículas em licenciaturas de todas as disciplinas. O que se observa nesses dados é que o déficit de professores de física para o ensino médio é muito grande. A Tabela 01 apresenta o número de matrículas em licenciatura deste censo nas diversas disciplinas e podemos observar que o número de matriculados em Física é muito inferior a disciplinas como educação física, matemática e biologia entre outras, sendo superior apenas a poucas disciplinas (INEP 2017).

Tabela 01 – Números de matrículas em licenciatura por disciplina.

Disciplina	Números de Matrículas em Licenciatura 2017
Pedagogia	710.855
Educação física	185.792
Matemática	95.004
História	90.420
Biologia	83.679
Português/Literatura	78.912
Geografia	55.818
Língua Estrangeira Moderna	44.099

Língua Estrangeira Vernácula	41.574
Química	37.769
Física	28.243
Artes visuais	22.657
Filosofia	21.732
Sociologia	17.744
Música	16.611

Fonte: INEP - Censo da Educação Superior (2017)

A cerca das pesquisas em ensino de física, sua evolução foi estudada ao longo das décadas de 1970 a 2000. Dados apresentaram uma análise que leva em consideração uma dimensão quantitativa de teses e dissertações sobre a temática, outra qualitativa que foca os objetos de estudo e suas transformações e por fim um recorte que dá ênfase a natureza dos trabalhos. Consegue-se na pesquisa ter uma visão ampla da evolução das pesquisas em ensino de física tendo como base a produção de teses e dissertações, pois para a autora, estes tipos de trabalhos refletem de modo mais fiel o estado da arte das produções acadêmicas. Durante mais de vinte anos a pesquisa teve foco na construção de uma base de dados de referências bibliográficas em ensino de física e logo em seguida colaborou com a elaboração dos catálogos Analíticos de Dissertações e Teses de Ensino de Física no Brasil ligado a Universidade de São Paulo. No trabalho observa-se que a evolução dos trabalhos em ensino de física deu um salto qualitativo de mais de 500% no período de 1995 a 2008 (Salem 2012).

As diversas problemáticas aqui abordadas sobre o ensino de física, desde as séries escolares iniciais até a educação de nível superior, são enormes barreiras que precisam com o empenho do poder público, da iniciativa privada, dos docentes e alunos, das intuições de ensino e da sociedade em geral, serem ultrapassadas para que um novo horizonte se abra na educação.

2.5 O sócio interacionismo de Lev Vygotsky.

A teoria de Vygotsky faz parte do conjunto de teorias cognitivas da aprendizagem. O cognitivismo estuda o que acontece com o indivíduo quando ele se coloca diante de uma determinada situação e se posiciona a respeito desta situação, como ele compreende e armazena as informações no seu processo de cognição e também se ocupa de investigar como o ser humano percebe o mundo ao seu redor, algo que é desconsiderado em outras teorias de aprendizagem. Segundo os teóricos do cognitivismo, o ser vai estabelecendo relações de significados com as coisas à medida que interage com elas, ou seja, ele atribui significados à realidade em que se encontra. A aprendizagem segundo a teoria cognitivista é vista como um processo de armazenamento de informações, divididas em classes e que são incorporados a uma estrutura na mente do indivíduo, podendo ser manipulada e utilizada a qualquer tempo (Moreira e Masini 2011).

Para Vygotsky, o desenvolvimento cognitivo de forma alguma pode ser explicado sem se fazer conexão com o contexto social, histórico e cultural do indivíduo. Para ele, estes processos sociais dão origem aos processos mentais que são o pensamento, a linguagem e o comportamento. O desenvolvimento desses processos é auxiliado por instrumentos e signos cuja construção ocorre no contexto social, histórico e cultural. Não se trata então de considerar apenas o meio social como sendo o elemento mais importante para o desenvolvimento cognitivo, mas sim a conversão das relações sociais em funções mentais, pois para Vygotsky é por meio da socialização que acontece o desenvolvimento dos processos mentais superiores (Vygotsky 1998, Moreira, 2009/2016). Para este teórico o homem além de um ser histórico ele também é resultado de diversas relações sociais que vai tendo sua mente modelada e seu psiquismo construído e organizado em processos psicológicos (Vygotsky 1998, Freitas 2000). O homem é concebido como alguém que, por meio das relações como determinada cultura, transforma e ao mesmo tempo é transformado, sendo que estes resultados não são simples adições entre fatores adquiridos e inatos, mas frutos de comunicação que se iniciam desde a origem do indivíduo. Neste processo Vygotsky afirma que, por mais que alguns indivíduos estejam mais predispostos para algumas atividades do que outros, seja por fatores físicos ou genéticos, estas diferenças não são determinantes para a aprendizagem. Logo,

não são fatores isolados que se desenvolvem na pessoa nem fatores ambientais que vão modelando seu comportamento, mas interações constantes entre indivíduo e meio, por meio de signos, e ao longo de toda a vida (Neves e Damiani 2006).

A mediação dos signos e instrumentos, também chamada de atividade mediada indireta ocorre por meio da internalização, que é o processo de reconstrução interna de uma situação, atividade ou comportamento (Garton, 1992). Esta conversão das relações sociais em funções mentais superiores não é direta, mas se dá por meio de uma mediação humana na construção de significados, na qual o papel da linguagem é fundamental. Para Vygotsky os instrumentos são como ferramentas e os signos são algo que significa alguma coisa. Sistemas de signos como a matemática ou computação e ferramentas foram criadas ao longo do tempo, modificando e influenciando o desenvolvimento social e cultural dos povos e é através da internalização destas construções sociais, históricas e culturais, que o indivíduo se desenvolve cognitivamente. À medida que ele vai utilizando os signos com seus sistemas e as ferramentas, vão se alterando suas capacidades psicológicas e se amplia a capacidade de realizar novas tarefas. A aprendizagem e a internalização de signos e instrumentos é, para Vygotsky, uma condição necessária para o desenvolvimento, e as interações sociais que provocam esta aprendizagem devem ocorrer dentro do que ele chama de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) que é definida como a distância entre o nível do desenvolvimento cognitivo real do indivíduo e seu nível de desenvolvimento potencial e ela define as funções mentais que ainda estão em processo de desenvolvimento (Moreira, 2009/2016).

Para Vygotsky existem dois níveis de conhecimento: o potencial e o real. No nível real o indivíduo possui independência para realizar sozinho determinada atividade, no nível potencial, o indivíduo somente com ajuda de outro é que será capaz de realizar aquela atividade o que denota desenvolvimento. Assim estas funções e capacidades ainda não adquiridas, delimitam a ZDP: a distância entre a independência que o indivíduo já possui e o nível de desenvolvimento potencial que pode ser determinado por meio da colaboração de companheiros já capacitados. Com isto, pode-se dizer que o

desenvolvimento cognitivo está sempre sobreposto nas possibilidades de ser do indivíduo que, colocado constantemente em situações que provoquem a construção dos conhecimentos, a partir da ZDP. O indivíduo necessita desestabilizar os conhecimentos já estabelecidos conflitando-os com as novas informações e conhecimentos que serão internalizados por meio da interação com outros conhecimentos anteriormente consolidados (Oliveira *et al.* 2004).

A função da escola e do professor no processo de aprendizagem para Vygotsky é o de mediadores. Em uma situação de ensino, o professor que já internalizou significados, apresenta aos seus alunos, no contexto dos conteúdos, significados já aceitos socialmente, e o estudante de alguma forma devolve ao professor os significados que captou e o ensino então de estabelece quando os significados são compartilhados por aluno e professor (Moreira, 2009/2016).

Sob a ótica de Vygotsky, conteúdos de física, que podem ser abordados por meio de atividades experimentais, adicionam ao cognitivismo do estudante elementos da sua realidade pessoal que podem preencher uma lacuna de aprendizagem científica e dar a estes, conhecimentos com sentido para sua vivência. A atividade experimental moderada, em um processo interativo que inclui materiais, estudantes e docente, simula a experiência vivencial do estudante fora do ambiente de aprendizagem. Por meio de um trabalho que buscou utilizar a experimentação em ensino de física, através de atividade de demonstração de fenômenos físicos, a teoria de Vygotsky foi experimentada. Na ocasião a confirmação da aprendizagem de fenômenos físicos, foi observada num processo de colaboração e interação social entre estudantes em sala de aula, que foram motivados à manipular material experimental. Com auxílio da atividade experimental e com a reiterada e necessária ação do professor, que é considerado o desencadeador das interações, bons resultados educacionais foram obtidos (Gaspar e Monteiro 2005).

No desenvolvimento e na aplicação do produto educacional deste trabalho, usamos ideias e conceitos da teoria de Vygotsky, na tentativa de promover interação entre estudantes, material instrucional, atividades experimentais e professor, com o objetivo de permitir o intercâmbio de

significados, a internalização de signos e fortalecer o potencial de aprendizagem dos estudantes dentro da ZDP.

2.6 As bases legais da educação no Brasil.

Para os documentos que norteiam a educação no Brasil, o modelo atual de lecionar física precisa ser modificado do atual tradicionalismo para uma educação mais voltada para a contextualização, interdisciplinaridade, em que a prática docente esteja focada no desenvolvimento de habilidades e competências por parte dos alunos. Os conteúdos da física, trabalhados da forma mais tradicional possível, com foco no professor e base no modelo da narrativa geram uma enorme aversão a esta disciplina (Moreira 2018).

Estas características mostram um ensino sempre voltado para o concurso vestibular e isto fez com que o ensino se limitasse a mera aplicação matemática de muitos conceitos físicos além de ignorar o fato de que nem todos os estudantes seriam físicos profissionais. Novos rumos apontam um ensino de física interdisciplinar e contextualizado que se preocupe com a formação dos jovens independente de sua opção de profissionalização futura e, portanto, que sua ênfase seja na promoção de competências e habilidades com o ensino da física. Como o período do ensino médio é curto, existe a necessidade da seleção de tópicos que tenham um maior potencial do que outros para que este objetivo seja atingido.

Uma proposta para se chegar a estes objetivos é o de temas estruturadores que podem ser potenciais desenvolvedores destas habilidades e competências que são enfatizadas. Essa nova prática de sala de aula, com reflexões, troca de experiências e vivências experimentais, é uma articulação que pretende atuar na construção de uma juventude cidadã que passa a ser objeto de uma nova educação voltada para a complexidade da escola e da sociedade atual (Kawamura e Hosoume 2003).

2.6.1 A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira (LDB) e a Base Nacional Curricular Comum (BNCC).

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira (LDB) publicada em 20 de dezembro de 1996 sob o N° 9.394 considera o ensino médio como sendo a etapa final da educação básica, complementando o aprendizado iniciado no ensino fundamental. Seu objetivo é não somente de preparar o aluno para o ingresso em uma instituição de ensino superior ou para o mercado de trabalho, mas garantir uma formação comum para o exercício da cidadania de modo que ele seja autônomo e assim capaz de decidir sobre seu futuro. Ela deixa clara a necessidade de uma reforma educacional que surge a partir das grandes mudanças que acontecem constantemente na sociedade. Novas tecnologias surgem a cada dia e também mudanças na produção de bens, conhecimentos e serviços exigem que a rede de ensino dê condições aos alunos de se integrarem ao mundo moderno nas dimensões fundamentais de trabalho e cidadania (Brasil, 1996). Para isto a LDB sofreu alterações e atualizações sendo a mais recente delas a Base Nacional Curricular Comum (BNCC).

A BNCC por sua vez é o mais novo documento que norteia os currículos da educação básica no Brasil. Ela vem definir quais são as aprendizagens básicas que devem ser garantidas a cada estudante para que lhe possa ser assegurado o desenvolvimento das dez competências gerais da educação básica que compõem os direitos de aprendizagem e desenvolvimento no âmbito pedagógico. A BNCC é o documento normativo que é a referência nacional para a construção dos currículos das redes de ensino, no entanto ele reforça a unidade nacional das competências e diretrizes que continuam comuns a todos, permitindo a diversidade de currículos em cada rede de ensino.

É a esta nova realidade curricular que este produto educacional busca dar respostas, uma vez que são exigências da BNCC ações como:

Contextualizar os conteúdos dos componentes curriculares, identificando estratégias para apresentá-los, representá-los, exemplificá-los, conectá-los e torná-los significativos, com base na realidade do lugar e do tempo nos quais as aprendizagens estão situadas; (BNCC, BRASIL, 2017).

Desta forma o professor de posse do produto educacional contido neste trabalho, pode explorar conceitos físicos por meio das experiências virtuais e empíricas propostas aqui.

As atualizações da BNCC mantêm válidas, mas também fazem algumas alterações importantes nas recomendações e diretrizes vigentes nos outros documentos norteadores da educação brasileira como as Diretrizes Curriculares Nacionais e os Parâmetros Curriculares Nacionais, que são abordados no próximo tópico.

2.6.2 As diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio (DCNEM) e Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN).

As Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM) foram redigidas inicialmente em 1998, atualizadas em 2013 e atualizadas bem recentemente em 2018. Estas diretrizes apresentam a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico dos alunos como um dos objetivos a serem alcançados ao final desta etapa escolar (Brasil DCNEM 1998). Estes objetivos sozinhos caracterizam a mudança que é necessária, como sendo não somente de conteúdos ou currículos, mas numa dimensão bem mais ampla quando trata do desenvolvimento de qualidades humanas (Ricardo 2003). A cerca destas mudanças propostas, as DCNEM de 1998 recomendaram que as escolas e as secretarias de educação criassem para o ensino médio, alternativas institucionais baseadas na missão de educação dos jovens, usando diferentes possibilidades de organização pedagógica com foco na formação básica do estudante e na preparação geral para o trabalho (Brasil DCNEM 1998).

Concomitantemente às diretrizes, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) de 1999 e as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+) publicadas em 2002 são documentos que foram elaborados com o objetivo de oferecer aos profissionais do magistério subsídios para a realização e consolidação das reformas sugeridas pela LDB e orientadas pelas DCNEM. Segundo os PCN o ensino no Brasil antes da LDB de 1996 era descontextualizado, dividido em

compartimentos e baseado praticamente no acúmulo de conteúdos. Sua publicação vem justamente tentar mudar estas características do ensino brasileiro. Para isso, busca dar significado ao conhecimento escolar através da contextualização do ensino e inibir a divisão dos conteúdos por meio da interdisciplinaridade, incentivando assim a capacidade de aprender de modo significativo e desenvolver o raciocínio dos alunos. Eles são divididos por área de conhecimento a fim de facilitar o trabalho interdisciplinar (Brasil PCN 1999, Brasil PCN+ 2002), no entanto, ainda existe um grande abismo entre o que alguns destes documentos que norteiam a educação no Brasil propõem, e a realidade do ensino no país (Ricardo 2003).

Os objetivos educacionais expostos nos PCN se reportam, de um lado, ao aprofundamento dos saberes das disciplinas de Física, Biologia e Química e de outro ao agrupamento interdisciplinar destes conhecimentos que deve ser incentivado e constituído através de diversos mecanismos didáticos. Para os PCN a interdisciplinaridade do aprendizado das Ciências da Natureza e suas tecnologias não anulam em momento algum a disciplinaridade própria de cada ciência. Os conhecimentos específicos, os objetos de estudo de cada uma e as tecnologias associadas às mesmas seriam de difícil assimilação por parte de alunos do ensino fundamental, por isso estas disciplinas são exploradas com mais expressão no ensino médio. (Brasil PCN 1999, Brasil PCN+ 2002).

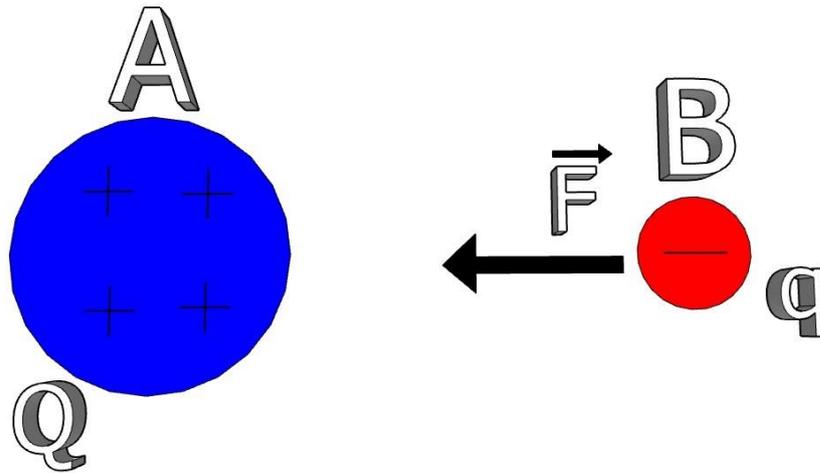
Práticas pedagógicas tradicionais no ensino médio, que ainda são majoritárias em nossas salas de aula, no que se refere às disciplinas científicas como a Física, estão retirando dos nossos estudantes conhecimentos relacionados ao desenvolvimento de diversas tecnologias e em diversos setores que no século XX tiveram expressivos progressos, como a mecânica quântica, a relatividade e a física de partículas. O conjunto de novas propostas contido nos PCN e nas DCNEM para os novos métodos no ensino de física geram uma perspectiva diferenciada para uma nova forma de encarar essa disciplina no ensino médio. (Brasil PCN+ 2002).

3. AS EQUAÇÕES DE MAXWELL.

Grande parte dos fenômenos eletromagnéticos pode ser descrita por um conjunto de quatro equações básicas que reúnem diversas relações entre campos elétricos e magnéticos e suas fontes. Estas equações famosas são chamadas de equações de Maxwell. James Clerk Maxwell, escocês nascido em 1831, estudou na Universidade de Cambridge e a base do seu trabalho foram estudos sobre as pesquisas de Michael Faraday, que descrevia fenômenos elétricos por meio de linhas de força. Maxwell tratou matematicamente as ideias de Faraday por meio dos operadores divergente e rotacional que expressam a forma diferencial destas equações, mas aqui elas serão expressas em sua forma integral. O conjunto das quatro equações de Maxwell compreende duas equações que falam do fluxo dos campos elétricos \vec{E} e magnéticos \vec{B} em superfícies fechadas e duas equações para integrais de linha destes dois campos (NUSSENZVEIG 1997. P. 263-264 e VILLATE 2009. P. 180).

Para compreender a ideia de campo, tomemos como exemplo o conceito de campo elétrico \vec{E} . Ao observamos a interação de atração elétrica entre dois corpos A e B carregados com cargas de sinais opostos conforme ilustrado na Figura 1, com B possuindo uma carga q e sendo \vec{F} a força exercida por A em B. Uma forma de interpretar a ação desta força seria imaginar que ela atua a distância, agindo através do espaço e sem a necessidade de interação de contato direto entre os corpos. Isto é explicado porque o corpo A, em virtude de possuir carga elétrica Q modifica o espaço ao seu redor por lhe imprimir o campo elétrico, fato que também ocorre com o corpo B que sente como o espaço foi modificado pelo corpo A. A percepção que B tem deste espaço alterado se dá pela força que atua sobre ele. Essa alteração do espaço ao redor de si e em todos os pontos da vizinhança ocorre, pois os corpos A e B produzem o que se chama de campo elétrico. Assim o corpo B, ao se colocar na região do espaço alterada pelo campo elétrico produzido por A, sofre ação de uma força, comunicada pelo campo elétrico, que vai depender entre outros fatores do módulo das cargas de ambos (YOUNG E FREEDMAN 2009. P. 12).

Figura 1 - Interação entre corpos carregados.



Fonte: O próprio autor.

Da mesma forma que A, o corpo B também altera o espaço ao seu redor e comunica pelo campo elétrico uma força sobre A assim se verifica que a força elétrica sobre um corpo carregado é exercida pelo campo elétrico produzido por outro (s) corpo (s) carregado (s). Assim como a força elétrica, a força gravitacional e a força magnética são forças derivadas de campos com atuação à distância e estas ideias de alteração do espaço ao redor também se aplicam aos campos gravitacionais e também magnéticos. O campo elétrico de um corpo carregado é uma grandeza vetorial e varia de um ponto para outro do espaço sendo considerado como um campo vetorial.

3.1 Primeira Equação de Maxwell: A Lei de Gauss para a eletricidade.

A primeira Equação de Maxwell envolve uma integral de campo elétrico \vec{E} sobre uma superfície A fechada. Ela permite a simplificação do cálculo do campo elétrico de uma distribuição de cargas e é chamada de Lei de Gauss para o campo elétrico.

Elementos de carga de uma dada distribuição de cargas criam campos elétricos $d\vec{E}$, mas no lugar de considerar estes campos, a Lei de Gauss considera uma superfície imaginária fechada que envolve tal distribuição de cargas chamada de superfície gaussiana que pode ter qualquer formato. A Lei

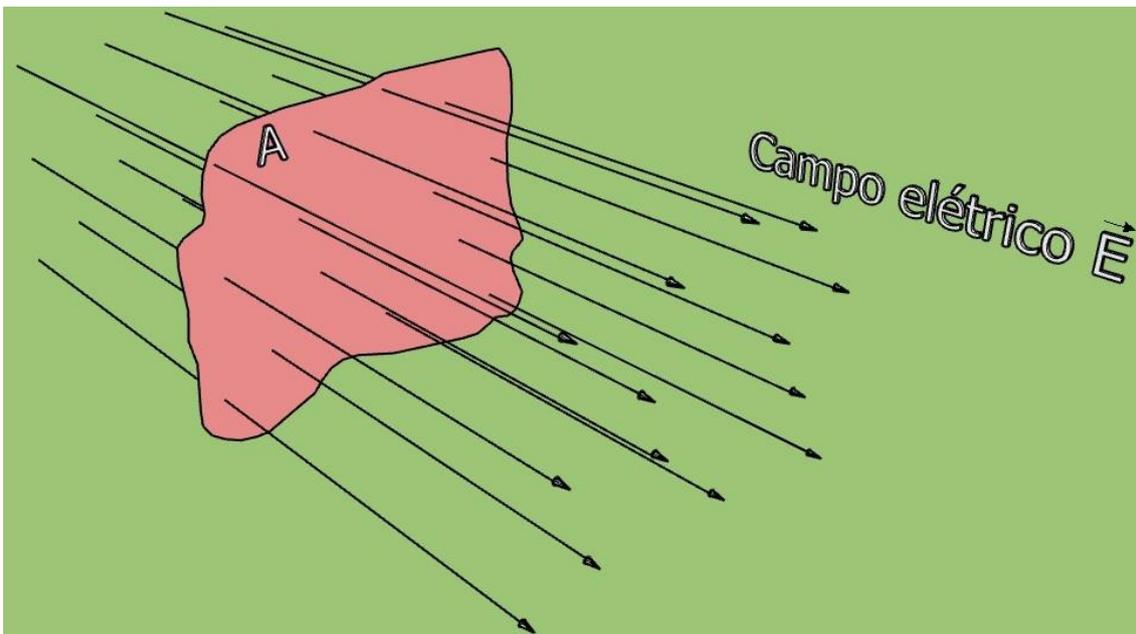
de Gauss relaciona os campos elétricos nos pontos desta superfície gaussiana com a carga total envolvida por ela. A Equação 3.1 apresenta a Lei de Gauss que é a primeira Equação de Maxwell na forma integral, onde a carga total q_{env} é a soma algébrica de todas as cargas envolvidas pela superfície gaussiana (HALLIDAY, RESNICK E WALKER 2009. P. 52 a 56).

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = q_{env}/\epsilon_0 \quad (3.1)$$

A quantidade de campo elétrico que atravessa a superfície gaussiana indica o valor da carga, no entanto essa quantidade de campo elétrico é mais bem compreendida por meio do conceito de fluxo elétrico Φ_E . O fluxo Φ_E depende apenas da carga q_{env} dentro da superfície não importando o raio da superfície no caso de ser esférica nem mesmo o formato desta superfície. Assim sendo o fluxo Φ_E de um campo vetorial \vec{E} constante e perpendicular a uma superfície A , é definido pela Equação 3.2 e ilustrado pela Figura 2.

$$\Phi_E = E A \quad (3.2)$$

Figura 2 - Fluxo de campo elétrico perpendicular a uma superfície A .



Fonte: O próprio autor.

Quando as linhas de campo elétrico \vec{E} formam um ângulo qualquer θ com a área A , o fluxo é obtido por meio da Equação 3.3 (VILLATE 2009. P. 84).

$$\Phi_E = E A \cos \theta = \vec{E} \cdot \vec{A} \quad (3.3)$$

A generalização desta expressão para uma superfície qualquer que é atravessada por um campo elétrico qualquer nos remete à lei de Gauss por relacionar o fluxo elétrico através de uma superfície fechada A com a carga elétrica q_{env} dentro da superfície conforme Equação 3.4 (HALLIDAY, RESNICK E WALKER 2009. P. 56).

$$\Phi_E = \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = q_{env}/\epsilon_0 \quad (3.4)$$

3.2 Segunda Equação de Maxwell: A Lei de Gauss para o magnetismo.

A estrutura magnética mais simples que existe é o dipolo magnético. A lei de Gauss para os campos magnéticos, que é a segunda Equação de Maxwell é um modo matemático de dizer que monopólios magnéticos não existem. Até o momento não existe nenhuma evidência que comprove a existência de cargas magnéticas isoladas e, portanto suas linhas não podem “nascer” em qualquer ponto. Podemos compreender o fluxo magnético de modo análogo ao fluxo elétrico definido na primeira Equação de Maxwell. Entende-se por fluxo magnético Φ_B através de uma superfície qualquer A , a quantidade de campo magnético que atravessa essa superfície. Em uma superfície plana de área A , o vetor área \vec{A} é um vetor perpendicular à superfície cujo módulo é igual à área da superfície. Assim o fluxo magnético Φ_B de um campo magnético \vec{B} através de uma área A , com a integral se estendendo por toda a área, é dado pela Equação 3.5 (HALLIDAY, RESNICK E WALKER 2009 p. 265).

$$\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad (3.5)$$

Para um campo magnético \vec{B} uniforme e perpendicular à superfície A , o fluxo através da superfície é dado pela Equação 3.6 sendo unidade de medida do fluxo magnético o Tesla-metro quadrado que recebe o nome de weber (Wb) (HALLIDAY, RESNICK E WALKER 2009 p. 266).

$$\Phi_B = B A \quad (3.6)$$

A segunda Equação de Maxwell que também é conhecida como lei de Gauss para os campos magnéticos exposta na sua forma integral por meio da Equação 3.7, afirma que o fluxo magnético através de qualquer superfície gaussiana fechada é zero, pois as linhas de campo magnético são fechadas não tendo começo nem fim, uma vez que sempre emergem no polo norte magnético e imergem no polo sul magnético. (HALLIDAY, RESNICK E WALKER 2009. P. 344).

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (3.7)$$

Outra forma de se observar esta segunda Equação de Maxwell é pela construção do raciocínio para a obtenção da primeira Equação. Nesta construção relacionou-se o fluxo do campo elétrico produzido por uma distribuição de cargas envolvida por esta superfície fechada. De modo semelhante poderíamos pensar numa lei de Gauss para o magnetismo em função de uma carga magnética que, como dito antes, até o momento não foi observada. Outro ponto importante a se destacar é que as linhas de campo elétrico são abertas fato que não ocorre com as linhas do campo magnético. No caso desta segunda Equação de Maxwell também é válida a consideração sobre o formato da superfície gaussiana fechada que pode ser qualquer um, assim como também sobre sua posição sobre um ímã qualquer que não interfere no resultado como também não tem influência o formato do ímã. (MACHADO 2002. P. 202 e 203).

3.3 Terceira Equação de Maxwell: A Lei de Faraday.

A energia elétrica, tal qual como conhecemos e usamos nos dias de hoje, é algo que se tornou possível graças às descobertas de Michael Faraday (1791-1867). Suas pesquisas e experiências foram publicadas a partir de 1832 e nestas publicações havia o relato de diversas descobertas importantes: eletroquímica, paramagnetismo, a constante dielétrica, o diamagnetismo e muitas outras. Ele construiu duas bobinas de fio de cobre, nelas utilizou aproximadamente setenta metros de fio enrolados em blocos de madeira. Utilizou também uma bateria e um galvanômetro. Faraday percebeu que o galvanômetro sofria deflexão sempre que o circuito era desligado ou ligado, ou seja, uma corrente elétrica em uma das bobinas era induzida pela variação do campo magnético da outra bobina. Faraday informou os resultados de seus experimentos à Royal Society. No mesmo período, outro físico, o americano Joseph Henry publicou uma informação semelhante. Em pouco tempo, com a continuidade das experiências, Faraday chegou a algumas conclusões:

- Ao introduzir um ímã em formato cilíndrico no interior de um solenoide ligado a um galvanômetro, Faraday percebeu que o galvanômetro acusava passagem de corrente elétrica.
- Quando o ímã era retirado do solenoide, o galvanômetro acusava uma corrente elétrica em sentido oposto.
- O resultado de corrente elétrica era o mesmo se o ímã ficasse imóvel e o solenoide entrasse em movimento seja ele de aproximação ou de afastamento do ímã em repouso.
- A indução magnética dependia somente do movimento relativo entre solenoide e ímã o que provocava uma variação do campo magnético no interior do solenoide.

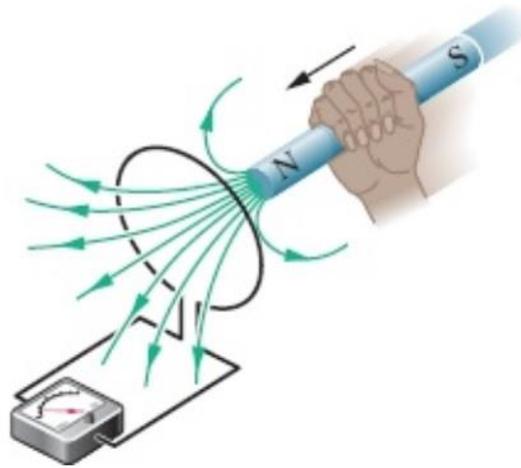
Para encontrar uma lei que pudesse quantificar esta indução, Faraday criou os conceitos de linhas e tubo de força, ilustrando o que conhecemos hoje como fluxo de campo magnético já explicado no tópico 3.2 deste trabalho (NUSSENZVEIG 1997. P. 162).

Podemos enunciar a lei de Faraday, ilustrada na Figura 3, usando a definição de fluxo magnético por meio da Equação 3.8: “O módulo da força

eletromotriz \mathcal{E} induzida em uma espira condutora é igual à taxa de variação com o tempo do fluxo magnético Φ_B que atravessa a espira” (HALLIDAY, RESNICK E WALKER 2009 p. 266).

$$\mathcal{E} = - \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (3.8)$$

Figura 3 - O movimento do ímã produz uma corrente na espira.



Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2009)

Para uma bobina com N espiras, em um enrolamento compacto onde todas as espiras estão muito próximas umas das outras e que sofre variação do fluxo magnético sobre si, a força eletromotriz induzida será a soma das forças de todas as N espiras conforme Equação 3.9 (HALLIDAY, RESNICK E WALKER 2009 p. 266).

$$\mathcal{E} = - N \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (3.9)$$

A força eletromotriz recebe outro significado quando associada ao trabalho que é realizado sobre a partícula pelo campo elétrico \vec{E} induzido gerado a partir do fluxo magnético variável integrado em cada elemento de comprimento $d\vec{l}$ (HALLIDAY, RESNICK E WALKER 2009 p. 275).

$$\mathcal{E} = \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (3.10)$$

A Equação 3.8 pode definir a força eletromotriz induzida como o trabalho por unidade de carga executado sobre uma partícula carregada que descreve uma curva fechada em uma região onde existe um fluxo magnético variável (HALLIDAY, RESNICK E WALKER 2009 p. 275-276). No entanto pode existir uma força eletromotriz induzida mesmo que não haja uma corrente ou uma partícula. Assim a força eletromotriz ganha um significado mais geral obtido pela integração do produto escalar $\vec{E} \cdot d\vec{l}$ ao longo de uma curva fechada, onde \vec{E} é o campo elétrico induzido pela variação do fluxo magnético e $d\vec{l}$ é o elemento de comprimento ao longo da curva. Combinando então as Equações 3.8 e 3.10 temos uma nova versão da lei da indução de Faraday que é a terceira Equação de Maxwell (HALLIDAY, RESNICK E WALKER 2009 p. 276):

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d\Phi_B}{dt} \quad (3.11)$$

Por simetria se observou que a indução também ocorre no sentido oposto, ou seja, um fluxo elétrico variável pode induzir um campo magnético. A Equação que governa a indução de um campo magnético é quase simétrica à Equação 3.11, ela recebe o nome de lei de indução de Maxwell e é apresentada na Equação 3.12 (HALLIDAY, RESNICK E WALKER 2009 P. 345).

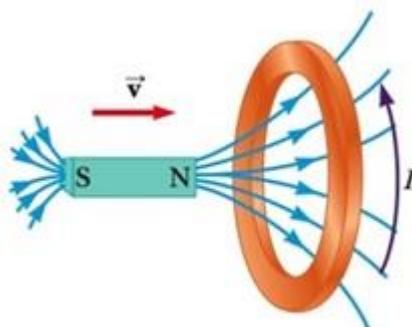
$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 e_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \quad (3.12)$$

3.3.1 A Lei de Lenz: complemento da Lei de Faraday.

Após Faraday propor sua lei de indução, Heinrich Friedrich Lenz criou uma regra para determinar o sentido da corrente induzida em uma espira. Esta regra ficou conhecida como lei de Lenz e afirma: "A corrente induzida em uma espira tem um sentido tal que o campo magnético produzido por ela, se opõe

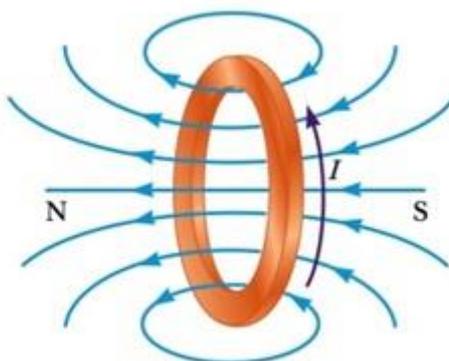
ao campo magnético original que induz a corrente” (HALLIDAY, RESNICK E WALKER 2009 p. 267). Para se ter uma ideia de como funciona a lei de Lenz, vejamos as Figuras 4 e 5 a seguir:

Figura 4 – Fluxo de campo magnético do ímã.



Fonte: Lei Lenz - Instituto de física (USP)¹.

Figura 5 – Campo magnético que surge na espira.



Fonte: Lei Lenz - Instituto de física (USP)¹.

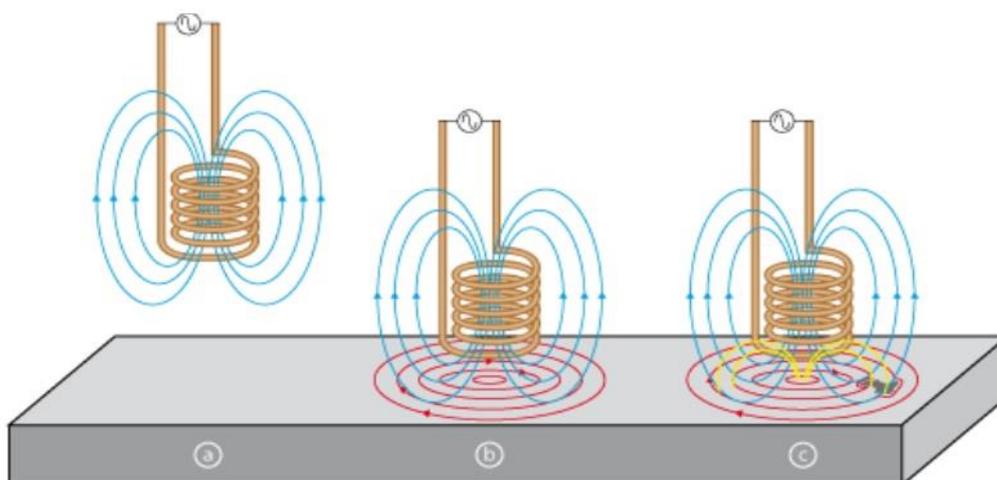
Quando o ímã se aproxima da espira, conforme a Figura 4, o fluxo através desta aumenta e uma corrente induzida se estabelece na espira. A corrente elétrica que flui através da espira também produz seu próprio campo magnético que tem suas linhas representadas na Figura 5. O campo magnético produzido pela corrente na espira se opõe e busca anular a variação no fluxo original Figura 4. A espira desenvolve um dipolo magnético oposto ao do ímã. Existe então uma força de repulsão entre estes dois campos magnéticos. Esta

força tenta afastar o ímã e impedir o aumento de fluxo. A lei de Lenz é expressa pelo sinal negativo do lado direito da Equação 3.11 que garante a conservação da energia. Caso este sinal fosse positivo aconteceria que o aumento de fluxo magnético tenderia a aumentar mais ainda o próprio fluxo, gerando um fluxo infinito e uma corrente infinita com apenas um pequeno movimento do ímã na direção da espira (MACHADO 2002. P.568 e VILLATE 2009. P. 128).

3.3.2 As correntes de Foucault.

A indução eletromagnética exposta até agora, se limita a um fio condutor em formato de espira colocado em um campo magnético variável. No entanto o fenômeno também ocorre em blocos metálicos sujeitos à variação de fluxo magnético conforme a Figura 6. Nestas condições blocos também sofrem a indução eletromagnética e neles aparecem correntes elétricas induzidas. Estas corrente elétrica são chamadas de Correntes de Foucault ou ainda correntes parasitas e surgem no interior de uma massa metálica quando esta atravessa um campo magnético. Pela lei de Lenz, a oposição que surge ao campo magnético original funciona como freio magnético ou amortecedor, com dissipação de calor por efeito Joule o que garante a conservação da energia e a dissipação da energia mecânica inicial do sistema (CANALLE 2000. P. 96-97).

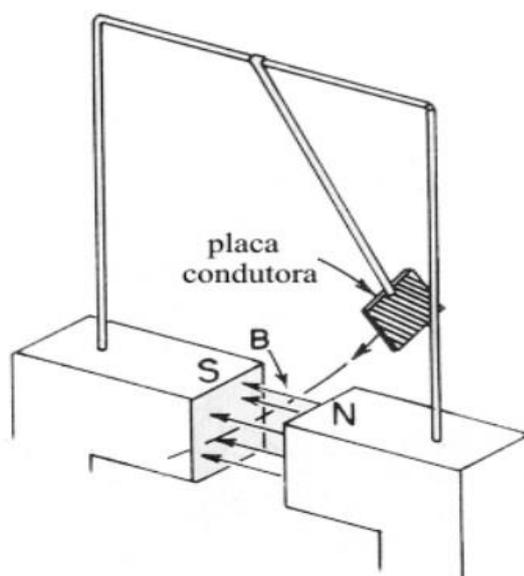
Figura 6 - Correntes de Foucault numa placa metálica.



Fonte: Catanni e Vanutti (2013)

A Figura 6 mostra a formação das correntes de Foucault que são representadas pelos círculos em vermelho, que surgem à medida que a bobina se aproxima do bloco metálico. Também são mostradas as linhas de campo magnético: em azul o campo magnético da bobina, e em amarelo, são exibidas as linhas do campo magnético gerado pelas correntes de Foucault, em oposição ao campo da bobina e de acordo com a lei de Lenz. Um experimento muito comum usado em demonstrações experimentais das correntes de Foucault está ilustrado na Figura 7. Souza (2005) propõe algumas montagens experimentais para se observar as correntes de Foucault. Uma das experiências consta do uso de uma chapa metálica pendular que se move através de um campo magnético. Neste experimento fica clara a ação do freio magnético sobre a chapa quando esta entra em movimento passando pela região de campo magnético, compreendida entre os dois ímãs conforme a Figura 7.

Figura 7 - Montagem experimental para demonstração do freio magnético.



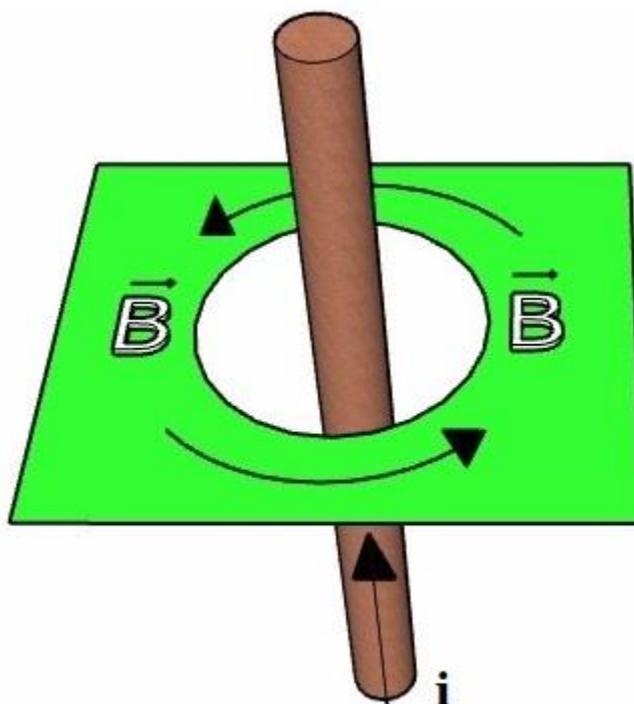
Fonte: Souza (2005)

3.4 Quarta Equação de Maxwell: A Lei de Ampère-Maxwell.

O magnetismo é intimamente relacionado com a eletricidade. Assim como uma carga elétrica é rodeada por um campo elétrico, ela estará rodeada por um campo magnético se estiver em movimento (HEWITT 2015 P.

455). As primeiras observações das relações existentes entre o magnetismo e a eletricidade foram feitas pelo físico dinamarquês Hans Cristian Oersted em 1819. Realizando um estudo no qual se procurava ver se estas interações ocorriam, Oersted colocou uma bússola perto de um fio metálico percorrido por uma corrente elétrica. Quando a posição da agulha da bússola era perpendicular ao fio nada acontecia, no entanto quando esta posição era paralela, a agulha da bússola sofria uma deflexão e se movimentava de modo a ficar perpendicular ao fio conforme a Figura 8. Concluiu-se com isso que a corrente elétrica produzia um campo magnético e que, para um fio retilíneo percorrido por uma corrente, as linhas imaginárias do campo magnético gerado pela corrente eram círculos perpendiculares ao fio (NUSSENZVEIG 1997. P. 139).

Figura 8 - Campo magnético \vec{B} ao redor de um fio retilíneo percorrido por uma corrente elétrica i .



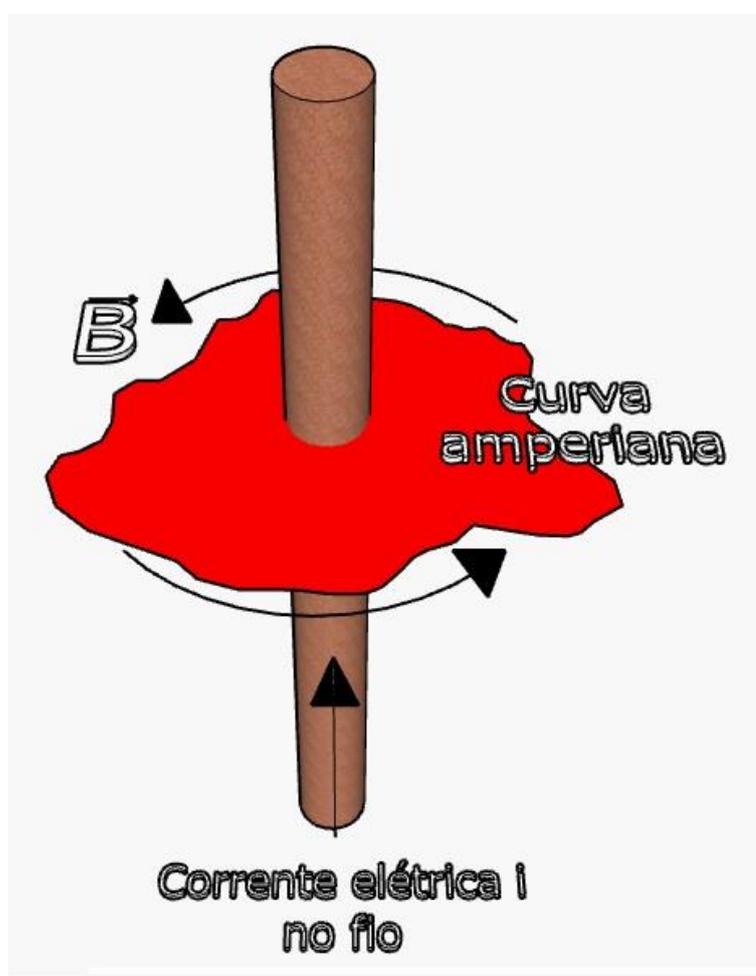
Fonte: O próprio autor.

Em 1820, Oersted apresentou em Paris os resultados de seu trabalho durante uma reunião da Academia de Ciências da França. Presente nesta reunião, um jovem físico chamado André Marie Ampère, imediatamente deu

início a uma série de estudos cujos resultados foram publicados pouco tempo depois. Os trabalhos de Ampère explicaram a circulação de campo magnético em torno de um fio condutor de corrente elétrica, e ficaram conhecidos como Lei de Ampère.

Para explicá-la, vamos considerar o seguinte esquema: o fio condutor já representado na Figura 8, percorrido por uma corrente elétrica i , que gera ao redor de si um campo magnético \vec{B} circular, uma trajetória curva fechada qualquer ao redor do fio e um elemento de comprimento $d\vec{l}$ desta curva de qualquer um formato e não paralelo ao campo \vec{B} conforme a Figura 9.

Figura 9 – Trajetória curva qualquer envolvendo um fio condutor percorrido por uma corrente elétrica i que gera um campo magnético \vec{B} .



Fonte: O próprio autor.

A Equação 3.13 vale para qualquer contorno em volta do fio independente do formato ou posição. Ela faz a relação entre a corrente i_{env} que percorre o fio com o campo magnético \vec{B} . O campo magnético no contorno fechado em torno do fio é proporcional a corrente elétrica i_{env} que a curva envolve. Essa Equação também é válida para uma curva circular num campo magnético cujas linhas tenham qualquer formato. Esta Equação é conhecida como a Lei de Ampère e está exposta na forma integral. O círculo na integral indica que a integração do produto escalar $\vec{B} \cdot d\vec{l}$ é aplicada para uma curva fechada que também é conhecida como amperiana, e a corrente i_{env} é a corrente total envolvida por esta curva. (MACHADO 2002 P. 211-212).

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i_{env} \quad (3.13)$$

Com as Equações 3.12 e 3.13 temos duas expressões que especificam o campo magnético produzido por meios que não um material magnético (no caso um campo elétrico variável na Equação 3.12 e uma corrente elétrica na Equação 3.13), o que nos fornece o campo magnético exatamente da mesma forma. Combinando as duas expressões, chegamos à chamada lei de Ampère-Maxwell na Equação 3.14 que é a quarta Equação de Maxwell (HALLIDAY, RESNICK E WALKER 2009 p. 346):

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 e_0 \frac{d\Phi_E}{dt} + \mu_0 i_{env} \quad (3.14)$$

A Equação é explicada com os seguintes termos: quando existe uma corrente elétrica, mas o fluxo elétrico não está variando como no caso de um fio percorrido por uma corrente contínua, o primeiro termo do lado direito da Equação 3.14 é zero e, portanto ela se reduz a Equação 3.13 que é a lei de Ampère. Quando o fluxo elétrico está variando, mas a corrente é zero, o segundo termo do lado direito da Equação 3.14 é zero e ela se reduz a Equação 3.12 que é a lei de indução de Maxwell. Esta situação ocorre, por exemplo, nas proximidades de um capacitor que está sendo carregado, pois entre as placas não há movimento de cargas e nem corrente elétrica, por isso e

para complementar com a ideia de corrente, Maxwell propôs a ideia de corrente de deslocamento entre as placas que seria uma corrente imaginária que tem seu papel realizado realmente pela variação temporal do fluxo elétrico. (HALLIDAY, RESNICK E WALKER 2009 p. 346).

4. O PRODUTO EDUCACIONAL.

Neste capítulo é feita uma breve descrição do produto educacional desenvolvido neste trabalho, atendendo a uma das exigências do programa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). O produto em sua íntegra é encontrado nos apêndices deste trabalho. O relato da aplicação deste produto educacional e a caracterização da população estudada e assim como os resultados, serão apresentados nos capítulos 05.

4.1 Visão geral do produto educacional.

Este produto educacional é uma sequência didática para ensino de tópicos de eletromagnetismo, proposta para acontecer em quatro encontros de cinquenta minutos conforme detalhamento da Tabela 01.

Tabela 02 – Resumo dos encontros

ENCONTRO	DURAÇÃO (min)	ATIVIDADE
1	50	Texto introdutório / Simulações computacionais
2	50	Atividade prática 01 e 02
3	50	Atividade prática 03 e 04
4	50	Aplicação do questionário avaliativo

Fonte: O próprio autor.

Metodologia/objetivo dos encontros

Primeiro encontro: Por meio da leitura de um texto introdutório fomentar uma breve discussão sobre aplicações gerais das leis do eletromagnetismo. Em seguida, por meio do manuseio e interação com os simuladores computacionais, explorar de forma introdutória e experimental/virtual fenômenos e conceitos mais específicos do eletromagnetismo.

Segundo encontro: Por meio de realização de atividades experimentais pelos alunos e da interação destes entre si, com o material experimental e com o professor, explorar conceitos e ideias do eletromagnetismo como a Força de

Lorentz, a Lei de Ampère, a força magnética, a regra da mão direita e a Lei da indução de Faraday.

Terceiro encontro: Por meio de realização de atividades experimentais pelos alunos e da interação destes entre si, com o material experimental e com o professor, dar continuidade à exploração de conceitos e ideias do eletromagnetismo trabalhado no segundo encontro, adicionando a estes as ideias da Lei de Lenz e das correntes de Foucault.

Quarto encontro: Fazer uma avaliação de aprendizagem dos conteúdos explorados por meio das atividades desenvolvidas.

A base desta proposta de intervenção pedagógica é a teoria do interacionismo social de Lev Vygotsky descrita no capítulo dois e possui atividades que englobam o uso de simulações computacionais e a realização de práticas experimentais. As atividades didáticas virtuais e experimentais apresentadas neste trabalho devem ser realizadas pelos alunos sob a observação e tutoria do professor. Isto vai permitir a adoção de uma metodologia de ensino onde se busca constantemente estabelecer a interação do aprendiz com o objeto de estudo, com o professor e com os demais estudantes.

Durante as atividades experimentais virtuais e práticas, os estudantes não se limitarão apenas a observar a execução de um experimento pelo professor, uma vez que eles mesmos é que deverão manusear os simuladores computacionais e também os materiais nas atividades empíricas, na tentativa de montar os experimentos, observar e reproduzir os fenômenos físicos. Outra possibilidade desta metodologia é a de se estabelecer uma comunicação dialógica entre e com os estudantes, algo que na visão de Paulo Freire é fundamental, uma vez que para este, até mesmo os conteúdos ensinados devem ser geridos a partir da realidade vivencial dos estudantes (Freire 2014). Busca-se por fim induzir os alunos a observar, realizar atividades empíricas, formular questionamentos, levantar hipóteses sobre os fenômenos envolvidos e a propor respostas coerentes com o saber científico para estes mesmos

questionamentos. Esta sequência de aulas pode ser adaptada à realidade do professor, de seus alunos e dos recursos como tempo, materiais e equipamentos disponíveis.

As atividades devem ser preferencialmente desenvolvidas em dois ambientes: em uma sala de informática/computação e em um laboratório didático de ciências ou de física. A sequência de atividades foi organizada para acontecer com grupos de no máximo 20 alunos divididos em grupos (a partir do segundo encontro) com no máximo cinco alunos cada. É recomendado que os alunos que irão participar destas atividades já tenham visto em seu currículo, conteúdos referentes à eletrodinâmica como corrente elétrica, corrente contínua e alternada, potencial elétrico entre outras, no entanto esta recomendação não é um pré-requisito exigido para o desenvolvimento destas atividades.

No primeiro encontro desta sequência, os alunos de forma individual, farão a leitura de um texto introdutório e logo em seguida irão fazer o manuseio de simuladores computacionais, para isto devem ter acesso a computador com internet. A sala de informática é o local indicado para a realização desta atividade e a condição ideal é que fique um aluno em cada computador ou caso não seja possível que sejam no máximo dois alunos por computador.

Os dois encontros seguintes devem ser realizados preferencialmente nos laboratórios de ciências ou física, no entanto estes encontros também podem acontecer na sala de aulas convencional. Neles serão realizadas as atividades práticas experimentais.

Por fim no quarto encontro os alunos deverão responder a um questionário que é o teste avaliativo e que poderá ser usado pelo professor como parâmetro para observação da aquisição de competências e habilidades adquiridas nestes encontros.

4.2 Conteúdos abordados no produto.

Os conteúdos abordados nas atividades desta proposta são leis e formulações do eletromagnetismo:

- A Lei de Ampère, a força de Lorentz, a experiência de Oersted, a regra da mão direita e a interação carga campo;
- A Lei da Indução Eletromagnética de Michael Faraday;
- A Lei de Lenz que é um complemento da Indução Eletromagnética;
- As Correntes de Foucault.

4.3 Materiais utilizados.

Computadores com acesso a internet são necessários para a realização do encontro 01. O quadro 01 a seguir, apresenta a lista dos materiais que serão utilizados nas experiências práticas que serão realizadas nos encontros 02 e 03. O detalhamento do manuseio destes materiais com a definição de quantidades e medidas se encontra nos tópicos 4.4.2 e 4.4.3.

Quadro 01 – Materiais para aulas práticas.

ITEM	MATERIAIS	QUANTIDADES
1	Ímãs de neodímio em formato cilíndrico com diâmetro entre 13 mm e 15 mm e altura de 3 mm a 5 mm.	20 unidades
2	Pequenas estruturas em madeira ou material similar com 2 pequenos pregos fixados na extremidade.	5 unidades
3	Fio de rede RJ45 (o fio mais fino geralmente colorido que compõe o cabo de rede).	3 metros
4	Bateria de 9,0 V.	5 unidades
5	Tubos cilíndricos que devem ser constituídos de material transparente.	5 unidades
6	Fio de cobre esmaltado 28, 30 ou 32 AWG.	400 gramas
7	LED difuso de 5 mm.	15 unidades
8	Cano de cobre ou alumínio de 3/4".	5 peças de 30 cm
9	Cano de PVC de 3/4".	5 peças de 30 cm

Fonte: O próprio autor.

4.4 Os encontros.

4.4.1 Primeiro encontro.

O texto introdutório.

No início do primeiro encontro o professor apresentará aos alunos o texto em destaque abaixo que vai introduzir os assuntos. Os alunos devem fazer uma breve leitura do texto, ele é a parte deste material que antecede os conteúdos propriamente ditos. O texto tem uma abordagem contextualizada e explora a geração de energia elétrica em usinas hidrelétricas. Nele além de se falar sobre a importância das usinas hidrelétricas, de modo sucinto se apresenta a conversão da energia mecânica da água em energia elétrica através de um sistema de represamento da água, turbinas e geradores. O texto deve ser lido pelos estudantes no próprio laboratório de informática, local adequado para o primeiro encontro, na forma impressa ou em arquivo digital. O texto deve ser o ponto de partida de uma breve discussão que tem como objetivo principal fazer a apresentação de aplicações mais gerais do eletromagnetismo e suscitar questionamentos sobre a geração de energia, mas sem apresentar suas bases teóricas. Após a discussão do texto que deve durar, no máximo 10 minutos deste encontro, os alunos devem começar a usar os computadores para fazer as simulações.

A ENERGIA HIDRELÉTRICA E SUA IMPORTÂNCIA

Em 2002 durante a Conferência da Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento sustentável, representantes de mais de 170 países se posicionaram favoráveis à geração de energia hidrelétrica e a reconheceram como merecedora de apoio internacional. O fato se deve por vários motivos: a energia hidrelétrica é renovável, viabiliza a utilização de outras fontes de energia renováveis, promove a segurança energética dos povos e a estabilidade dos preços da energia, contribui para o armazenamento de água potável, ajuda a combater mudanças climáticas, melhora o ar que respiramos e contribui significativamente para o desenvolvimento entre outros.

Uma usina hidrelétrica como a de Itaipu ilustrada na figura 16 produz eletricidade a partir da energia hidráulica da água sem reduzir sua quantidade, através de um sistema eletromecânico. A água dos rios é represada em grandes reservatórios elevados que formam lagos artificiais e dela se aproveita a energia potencial gravitacional. A água escoar por meio de dutos forçados até as turbinas que são formadas por uma grande roda, dotada de uma série de pás ligadas a um eixo, que gira quando a água passa por elas. Antes de se converter em energia elétrica a energia potencial gravitacional da água é convertida em energia cinética que vai provocar a rotação da turbina. As turbinas por sua vez são acopladas aos geradores eletromagnéticos que são constituídos basicamente por fios e ímãs, neles o rotor entra em movimento o que provoca uma mudança de posição do campo magnético produzindo assim a energia elétrica que alimenta as cidades.

Em 2015 a contribuição da energia hidráulica na matriz energética do Brasil foi de aproximadamente 63% e, apesar da tendência do aumento de produção de outras fontes de energia e dos avanços tecnológicos na geração de energia a partir de outras fontes, tudo indica que a energia hidráulica continuará sendo a principal fonte geradora de eletricidade no Brasil por muitos anos.

FONTE: Energia hidráulica. Texto adaptado. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/energia/energia-hidraulica>. Acesso em 30/10/2019.

As simulações computacionais.

O restante do tempo deste primeiro encontro, 40 minutos, será usado para os simuladores. O objetivo do uso das simulações computacionais são fazer uma apresentação introdutória e virtual de fenômenos e conceitos mais específicos do eletromagnetismo e permitir que os estudantes realizem por conta própria experiências virtuais de física. A experimentação virtual proposta neste encontro segue a ideia de Vygotsky da mediação por símbolos icônicos, onde os estudantes irão interagir com imagens e desenhos de coisas concretas.

As diversas simulações que serão acessadas nos simuladores PhET Simulações interativas e Física na Escola que são detalhados mais a frente, abordam conteúdos do eletromagnetismo. Nestas simulações os alunos poderão interagir com um ambiente virtual que simula experiências que são realizadas em um laboratório real. Interagindo com os simuladores os alunos terão acesso a conceitos e conhecimentos sobre: o comportamento de ímãs e eletroímãs, a representação das linhas de campo magnético, poderá observar que um eletroímã tem comportamento semelhante ao de um ímã convencional, a interação entre polos norte e sul de um ímã, terá acesso a uma bússola virtual e seu funcionamento, a representação do campo magnético da terra, poderá entender como a variação do fluxo magnético no interior de uma bobina induz uma corrente elétrica, poderá perceber a relação entre a corrente elétrica, a tensão elétrica e a quantidade de voltas da bobina, perceberá como a velocidade do ímã pode interferir na corrente induzida, poderá fazer observação da conservação da energia do sistema, poderá observar a Força de Lorentz, os fenômenos físicos expressos nas Leis de Faraday, de Lenz, Ampère. Poderá interagir com simulações que demonstram a regra da mão direita, observarão a atração magnética de um ímã sobre objetos constituídos por alguns tipos de metal, ferromagnetismo, perceberá o sentido do campo magnético ao redor de um condutor percorrido por corrente elétrica, a perpendicularidade entre corrente elétrica e campo magnético, observará as dinâmicas de um transformador e a relação entre as espiras e a tensão elétrica, observará o campo magnético da corrente induzida em sentido oposto ao campo magnético que originou a corrente.

As simulações estão disponíveis para compra em duas lojas de aplicativos e com livre acesso em dois sites confiáveis:

Site da Universidade do Colorado (EUA) onde são disponibilizados recursos didáticos para o ensino de física e outras ciências, mas no caso desta proposta se limitarão à categoria de eletricidade, circuitos e magnetismo. Para uso dos simuladores nos computadores o acesso é por meio dos links do quadro 02.

PHET SIMULAÇÕES INTERATIVAS. Física: Eletricidade, Ímãs e Circuitos. c2020. University of Colorado. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics/electricity-magnets-and-circuits> Acesso em 30 de ago. de 2019.

Quadro 02 – Links de acesso aos Simuladores PhET simulações interativas.

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics/electricity-magnets-and-circuits
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/magnets-and-electromagnets
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/magnet-and-compass
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/faradays-law
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/faraday
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/generator

FONTE: o próprio autor.

Site Física na Escola – HTML5. Física Animações/simulações. Nele são disponibilizados os recursos didáticos para o ensino de física. Para uso dos simuladores nos computadores o acesso é por meio dos links do quadro 03. No caso desta proposta as simulações se limitarão à categoria de eletricidade, circuitos e magnetismo. Cada simulação/experiência está contida em um link específico.

FÍSICA NA ESCOLA HTML5. Física Animações/simulações. Página inicial. Disponível em <<https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=pt>>. Acesso em 30 de ago. de 2019.

Quadro 03 – Links de acesso aos Simuladores Física na Escola.

https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=ac_transformator&l=pt
https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mag_lenz&l=pt
https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mag_vodic&l=pt

https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mag_fleming&l=pt

https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mag_ferro&l=pt

https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mag_magnet&l=pt

https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mag_indukce_accel&l=pt

FONTE: o próprio autor.

Durante o manuseio dos computadores os alunos podem ficar livres para interagir livremente com as simulações, devendo ser estimulados pelo professor a fazer alterações em suas variáveis e tentar fazer conexões com as ideias expostas no texto. Nestas atividades experimentais virtuais, busca-se a construção do saber científico através da interatividade com a máquina e com as muitas variáveis e possibilidades contidas nas simulações e derivadas das leis físicas exploradas nestas.

Ao final desta aula o professor deve informar aos estudantes que no próximo encontro, eles farão o manuseio de materiais e que de modo prático terão a oportunidade de montar dispositivos e realizar as mesmas experiências que foram contempladas nestas atividades virtuais ou que possuem fundamento teórico em leis físicas expostas nestas simulações.

4.4.2 Segundo encontro.

Atividades práticas 01 e 02.

As aulas práticas experimentais propostas neste trabalho buscam colocar o aprendiz como protagonista do processo de aprendizagem. Por este motivo, estas atividades experimentais buscam permitir que eles tentem, por si só, já tendo visto estes fenômenos físicos nos simuladores e interagindo com os materiais e os demais colegas do seu grupo, construir/reproduzir os fenômenos físicos que foram abordados de modo virtual e específico através das simulações. Assim o professor inicialmente apenas irá informar aos alunos um título para a atividade prática, mas não irá propor uma sequência a ser seguida ou um roteiro de prática experimental, ele deixará a disposição dos estudantes os materiais necessários para a realização das práticas e ao invés

de dar um roteiro pronto ele deve questionar os estudantes sobre os fenômenos físicos que permeiam a atividade experimental, tentando levar os alunos a aprender inclusive quando errarem, deixando que eles percebam a evolução do conhecimento e perceber que a repetição de um modelo pronto não provoca necessariamente a compreensão de certo fenômeno.

Para as atividades que ocorrerão nestes encontros, é necessário que o professor antecipadamente construa e realize os experimentos, para que ele possa compreender a execução e o passo a passo de cada atividade, para que após as tentativas de realização dos experimentos pelos estudantes possa questionar ou levá-los a formular seus próprios questionamentos acerca do sucesso ou não da execução de cada experimento e sobre os princípios físicos contidos neles e também possa auxiliá-los em caso de dúvida ou de problemas no decorrer das experiências. Recomenda-se também que antecipadamente, o professor construa e deixe prontas as bobinas de cobre e as bases de madeira que serão utilizadas nestes encontros.

Atividade prática 01 – A Força de Lorentz e a regra da mão direita.

Este procedimento experimental deve durar 25 minutos. Nele pretende-se levar os alunos a montarem o aparato que demonstra a Força de Lorentz. O fenômeno explica como partículas carregadas com carga q e velocidade v na presença de campos magnéticos sofrem a ação de forças magnéticas, e o experimento ainda pode ser usado para fixar as ideias da regra da mão direita.

A tarefa consiste de um suporte feito em madeira, sobre o qual será colocada uma bateria de 9,0 V, que terá conectada aos seus dois terminais um pedaço de fio que será percorrido pela corrente elétrica. Este fio será colocado próximo a um conjunto de ímãs de neodímio. A verificação da existência da força de Lorentz se dará pela interação entre as cargas em movimento no fio e o campo magnético dos ímãs de neodímio. Na situação uma força será aplicada sobre o fio fazendo-o sofrer uma deflexão de sua posição de original de repouso.

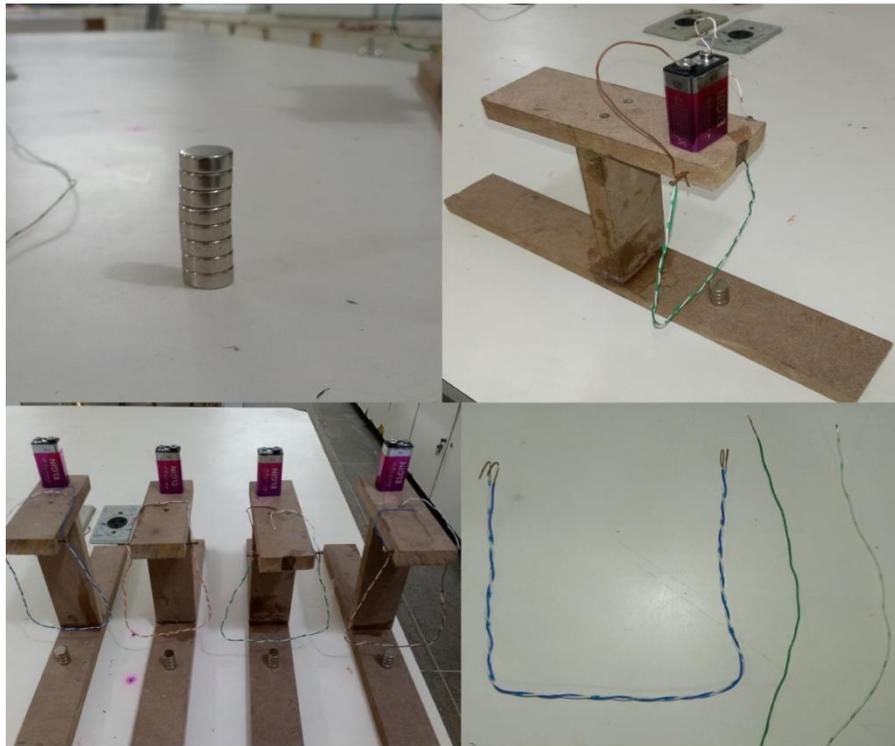
Os alunos devem ser divididos em grupos com no máximo cinco pessoas e para cada grupo o professor deve disponibilizar os seguintes

materiais que estão listados a seguir, mas sem dar um roteiro ou direcionamento do que deve ser construído ou montado. Este experimento é ilustrado nos simuladores que os estudantes já devem ter manuseado e é possível que eles o façam com facilidade, cabe ao professor então induzir os alunos a levantar hipóteses e criar questionamentos sobre o ocorrido no experimento.

Materiais (Figuras 10 e 11)

1. Quatro Ímãs de neodímio (para cada equipe) em formato cilíndrico e diâmetro entre 13 mm e 15 mm com altura de 3 mm a 5 mm.
2. Devem ser construídas/montadas pequenas estruturas em madeira ou material similar (uma para cada grupo). Nestas estruturas serão colocados o fio, a bateria e os ímãs.
3. Aproximadamente 3,00 m de fio de rede RJ45 (o fio mais fino geralmente colorido que compõe o cabo de rede) (60 cm de fio para cada equipe). Os pedaços de fio devem ser cortados em duas peças de 20 cm cada e ser moldado em formato de U, serem colocados próximo dos ímãs e também serem conectados às baterias de 9,0 V com pedaço de fio que sobra.
4. Uma bateria de 9,0 V para cada grupo.

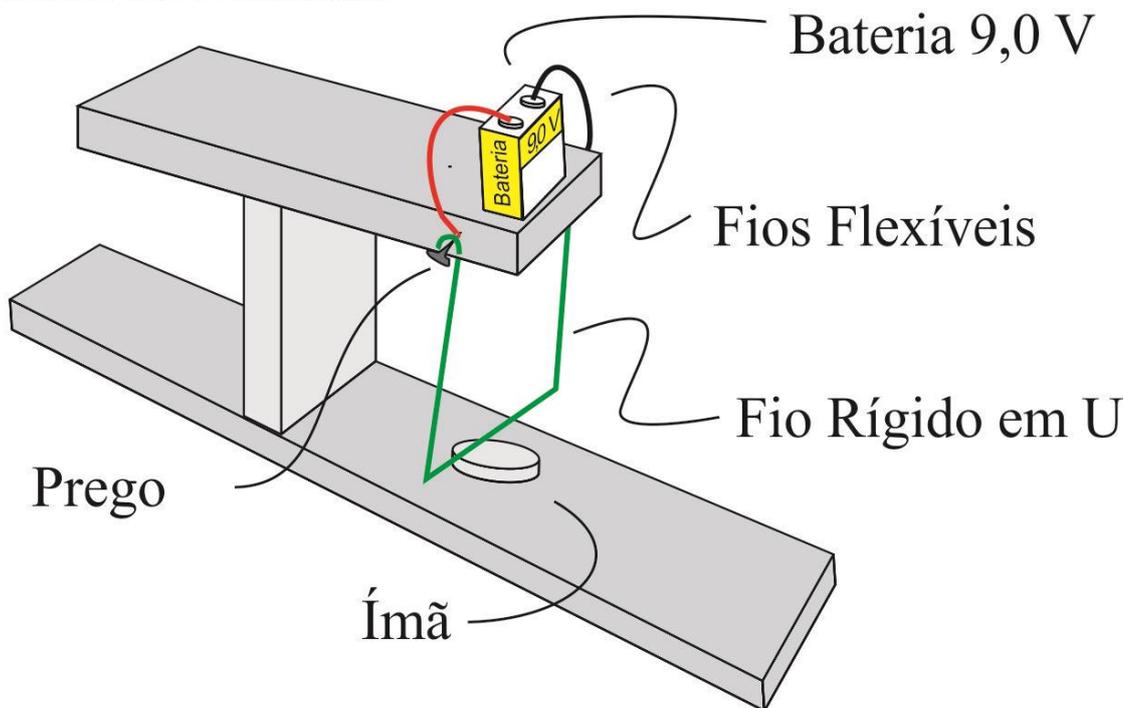
Figura 10 - Materiais para experiência da Força de Lorentz/regra da mão direita.



FONTE: O próprio autor.

Figura 11 – Materiais para experiência da Força de Lorentz/regra da mão direita.

Suportes de Madeira



FONTE: O próprio autor.

Atividade prática 02 – A Lei da indução eletromagnética de Faraday.

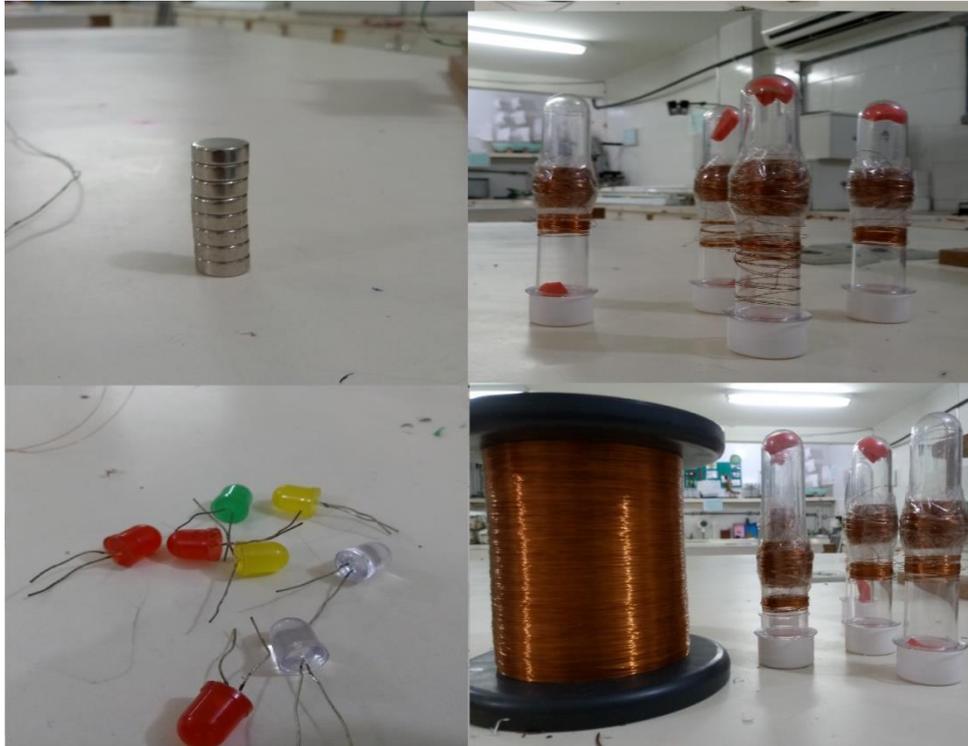
Este procedimento experimental deve durar 25 minutos. Nele pretende-se levar os alunos a construir o aparato que demonstra a Lei da Indução Eletromagnética de Michael Faraday, que afirma que a variação do fluxo magnético em uma bobina, gera um campo elétrico associado a uma voltagem que por consequência produz uma corrente elétrica induzida. O experimento consiste na construção e manuseio de um pequeno transformador de energia cinética em energia elétrica usando os materiais disponibilizados. Acionado manualmente este dispositivo permitirá aos alunos a realização do fenômeno da indução eletromagnética e sua observação através do LED. Os alunos devem ser divididos em grupos com no máximo quatro alunos e para cada grupo o professor deve disponibilizar os seguintes materiais listados e ilustrados a seguir, novamente sem dar um roteiro ou direcionamento do que deve ser construído ou montado. Este experimento é ilustrado nos simuladores e é possível que os alunos o façam com facilidade, cabe ao professor então induzir os alunos a levantar hipóteses e criar questionamentos sobre o funcionamento de tais dispositivos.

Materiais (Figuras 12 e 13)

1. Quatro Ímãs de neodímio (para cada equipe) em formato cilíndrico e diâmetro entre 13 mm e 15 mm com altura de 3 mm a 5 mm.
2. Tubos cilíndricos (um pra cada equipe) que devem ser constituídos de material transparente com comprimento que pode variar entre 7 e 10 cm, e diâmetro de $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ de polegada (pode-se usar tubo de material PET, acrílico ou mesmo tubo de seringa para injeção).
3. Aproximadamente 50 m de fio de cobre esmaltado para cada tubo cilíndrico (fio de bobina de eletrodomésticos) com bitola que compreenda o intervalo de AWG 28 a AWG 32 para construção de bobinas (uma pra cada equipe) com 500 voltas.
4. LED's difuso (dois pra cada equipe) de 5 mm.
5. Deverão ser construídas bobinas de 500 voltas com o fio de cobre esmaltado no tubo cilíndrico transparente (um para cada grupo).

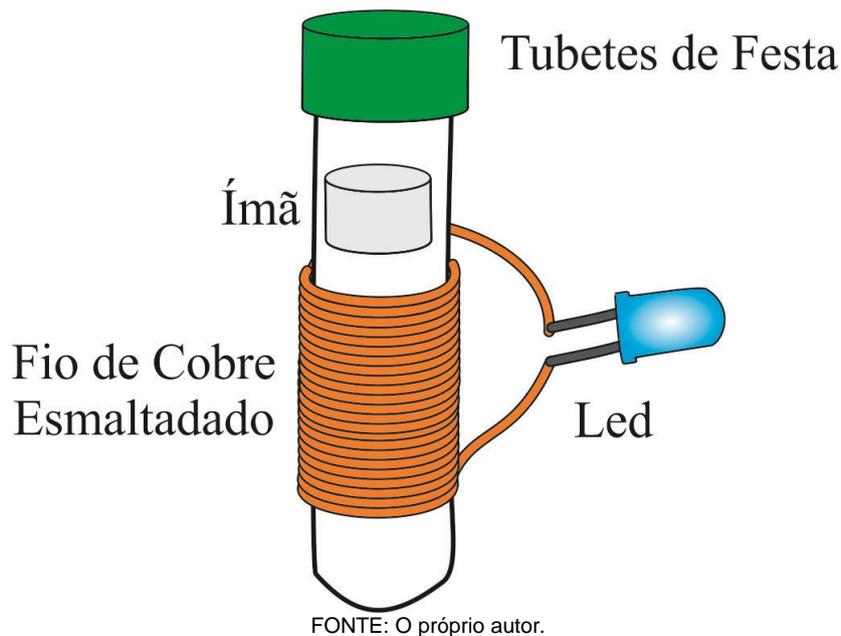
As pontas do fio de cobre da bobina deverão ter um tamanho maior que 30 cm, elas devem ser raspadas ou queimadas para que seja retirado o esmalte isolante.

Figura 12 – Materiais para experiência da lei da indução eletromagnética de Faraday.



FONTE: O próprio autor.

Figura 13 – Figura esquemática de materiais para experiência da lei da indução eletromagnética de Faraday.



4.4.3 Terceiro encontro.

Atividades práticas 03 e 04.

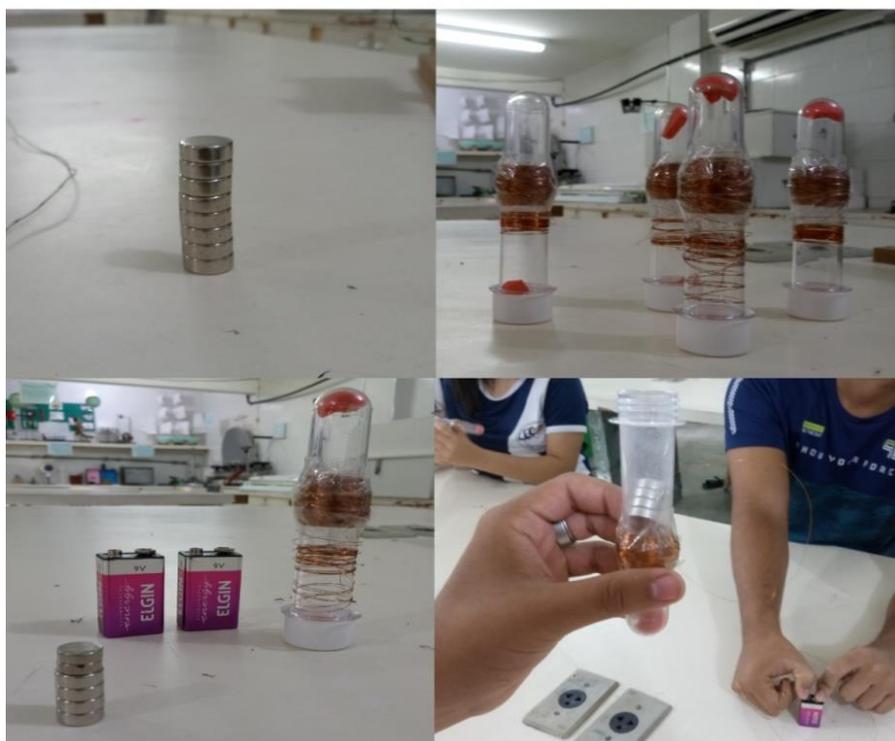
Atividade prática 03 – Levitação magnética.

Este procedimento experimental deve durar 25 minutos. Esta atividade tem o objetivo de levar os alunos a construir outro aparato que também apresenta a Lei de Ampère que relaciona a corrente elétrica que atravessa um circuito com a circulação sobre este mesmo circuito de um campo magnético gerado por esta corrente e também demonstrar a interação do campo magnético produzido pela corrente elétrica que percorre a bobina com o campo magnético de um ímã permanente. Neste experimento será verificada a levitação magnética derivada da interação de um ímã permanente e um eletroímã. Os alunos devem ser divididos em grupos com no máximo cinco alunos e para cada grupo o professor deve disponibilizar os seguintes materiais listados e ilustrados a seguir, novamente sem dar um roteiro ou direcionamento do que deve ser construído ou montado. Este experimento é ilustrado nos simuladores e é possível que os alunos o façam com facilidade, cabe ao professor então induzir os alunos a levantar hipóteses e criar questionamentos sobre o funcionamento de tais dispositivos.

Materiais (Figuras 14 e 15)

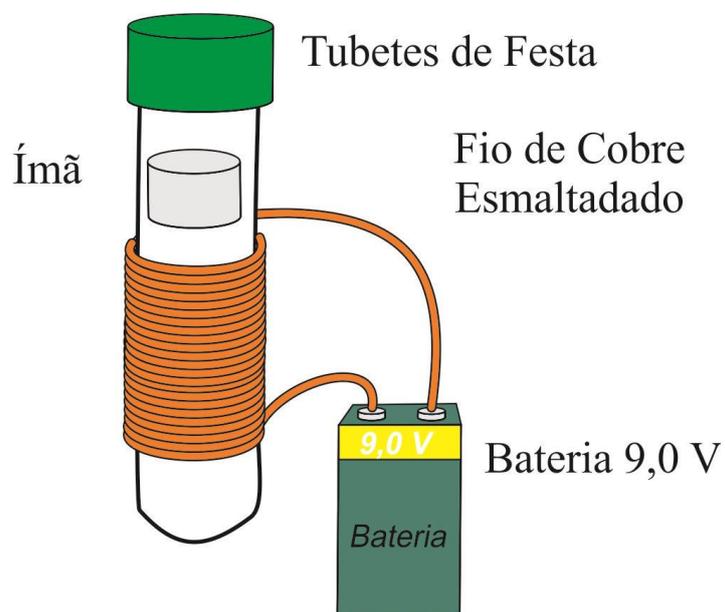
1. Dois ou três Ímãs de neodímio (para cada equipe) em formato cilíndrico e diâmetro entre 13 mm e 15 mm com altura de 3 mm a 5 mm.
2. Tubos cilíndricos (um para cada equipe) que devem ser constituídos de material transparente com comprimento que pode variar entre 7 e 10 cm, e diâmetro de $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ de polegada (pode-se usar tubo de material PET, acrílico ou mesmo tubo de seringa para injeção).
3. Aproximadamente 50 m de fio de cobre esmaltado para cada tubo cilíndrico (fio de bobina de eletrodomésticos) com bitola que compreenda o intervalo de AWG 28 a AWG 32 para construção de bobinas (uma para cada equipe) com 500 espiras.
4. Deverão ser construídas bobinas de 500 voltas com o fio de cobre esmaltado no tubo cilíndrico transparente (um para cada grupo). As pontas do fio de cobre da bobina deverão ter um tamanho maior que 30 cm, elas devem ser raspadas ou queimadas para que seja retirado o esmalte isolante.
5. Baterias de 9,0 V (uma pra cada equipe).

Figura 14 – Materiais para a experiência da Levitação magnética/Lei de Ampère /Força magnética.



FONTE: O próprio autor.

Figura 15 – Figura esquemática de materiais para a experiência Levitação magnética/Lei de ampère /Força magnética.



FONTE: O próprio autor.

Atividade prática 04 – Freio magnético.

Este procedimento experimental deve durar 25 minutos. Esta atividade tem o objetivo de levar os estudantes novamente montar um aparato experimental que reproduza a Lei da Indução Eletromagnética de Michael Faraday acrescida da Lei de Lenz que também é conhecido como freio magnético. A Lei de Lenz afirma que o campo magnético gerado pela corrente induzida na bobina é tal que se opõe à variação do fluxo magnético que o originou. Outro objetivo desta aula é atestar a existência das correntes de Foucault, que são correntes que aparecem em blocos metálicos na forma de corrente induzida e que neste caso, serão as responsáveis pela dissipação da energia potencial gravitacional dos ímãs. Este experimento não é ilustrado nos simuladores, mas é possível que os alunos o façam com facilidade uma vez que para sua realização basta apenas fazer cair o ímã dentro dos canos, cabe ao professor então induzir os alunos a levantar hipóteses e criar questionamentos sobre o funcionamento e o resultado desta experiência.

Materiais (Figuras 16 e 17)

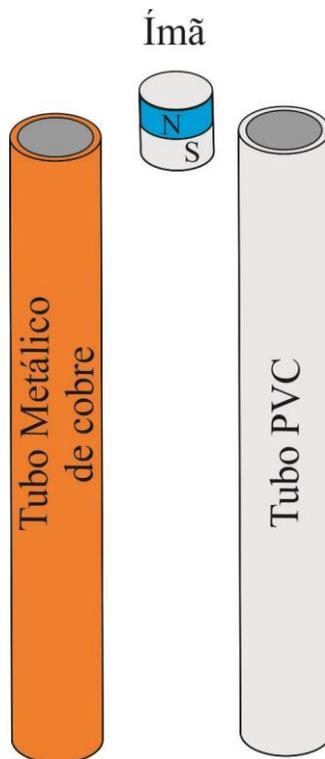
1. No mínimo seis ímãs de neodímio (para cada equipe) em formato cilíndrico e diâmetro entre 13 mm e 15 mm com altura de 3 mm a 5 mm.
2. Cano de cobre ou alumínio com 30 cm de comprimento e diâmetro de $\frac{3}{4}$ de polegada e cano de PVC de qualquer cor com 30 cm de comprimento e diâmetro de $\frac{3}{4}$ de polegada.

Figura 16 – Materiais para experiência da Lei da indução eletromagnética de Faraday, Lei de Lenz e Correntes de Foucault.



FONTE: O próprio autor.

Figura 17 – Figura esquemática de Materiais para experiência da Lei da indução eletromagnética de Faraday, Lei de Lenz e Correntes de Foucault.



FONTE: O próprio autor.

4.4.4 Quarto encontro.

Aplicação de teste final.

Neste ultimo encontro, os estudantes responderão ao questionário teste para fins de avaliação da aprendizagem dos conteúdos explorados durante a aplicação do produto educacional. Este teste deve ser respondido individualmente e os estudantes terão o tempo de 50 minutos para fazê-lo. O produto educacional é encontrado na íntegra nos apêndices deste trabalho.

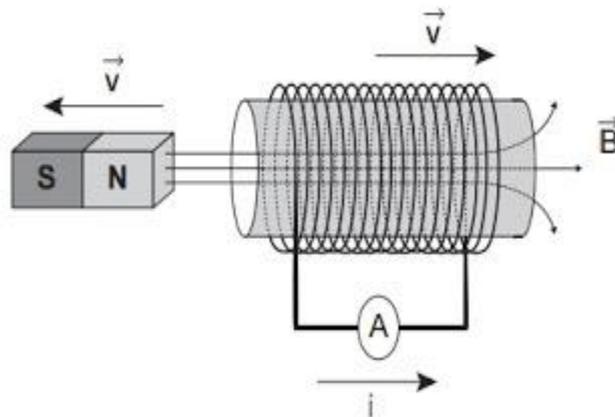
Questionário.

Questão 01. (**UFRS** - Adaptada) Um fio metálico conduz uma corrente elétrica i , em uma região onde existe um campo magnético uniforme B proveniente de um ímã. Devido a este campo magnético, o fio fica sob o efeito de uma força de módulo F , cuja direção é perpendicular ao fio e à direção B . Cite exemplos de alguns dispositivos que têm seu funcionamento baseado neste princípio.

Questão 02. A lei de Ampère relaciona a corrente elétrica que através de um circuito, com a circulação neste circuito, de um campo magnético B gerado pela própria corrente. Esta relação foi detectada pela primeira vez pelo físico Hans Christian Oersted, através de uma experiência onde se observou uma interação entre um fio metálico e uma bússola. Explique o fato curioso ocorrido nesta experiência.

Questão 03. (**ENEM 2014** - Adaptada) O funcionamento dos geradores de usinas elétricas baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética, descoberto por Michael Faraday no século XIX. Pode-se observar esse fenômeno ao se movimentar um ímã e uma espira em sentidos opostos com módulo da velocidade igual a v , induzindo uma corrente elétrica de intensidade i , como ilustrado na figura:

Figura 18 – Questão sobre a Lei de Faraday



Fonte: ENEM – MEC

Descreva um esquema com outra possibilidade de movimento da espira e do ímã a fim de obter uma corrente com o mesmo sentido da apresentada na figura, utilizando os mesmos materiais.

Questão 04. (UFSC - Adaptada) No início do período das grandes navegações europeias, as tempestades eram muito temidas. Além da fragilidade dos navios, corria-se o risco de ter a bússola danificada no meio do oceano. Como pode ser explicada a ação de uma descarga atmosférica sobre uma bússola?

Questão 05. (UFSCAR - Adaptada) No final do século XIX, uma disputa tecnológica sobre qual a corrente elétrica mais adequada para transmissão e distribuição da energia elétrica, gerada em usinas elétricas, tornou clara a vantagem do uso da corrente alternada, em detrimento da corrente contínua. Um dos fatores decisivos para essa escolha foi à possibilidade da utilização de transformadores na rede de distribuição de eletricidade. Os transformadores podem aumentar ou diminuir a tensão a eles fornecida, permitindo a adequação dos valores da intensidade da corrente transmitida e reduzindo perdas por efeito Joule, mas só funcionam em corrente alternada. Como o funcionamento dos transformadores é explicado?

Questão 06. Segundo a Lei de Lenz, qualquer corrente induzida tem um sentido tal que o campo magnético que ela gera se opõe à variação do fluxo magnético que a produziu. Matematicamente a Lei de Lenz é expressa pelo sinal negativo que aparece na Equação da Lei de Faraday:

$$\epsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

A lei de Lenz está diretamente associada à conservação de energia. Estas correntes induzidas podem dissipar a energia de um sistema. Assinale V para verdadeiro e F para falso.

- () Nem todos os dispositivos baseados na lei da indução de Faraday obedecem ao princípio da conservação da energia.
- () As correntes dissipadas em alguns sistemas de indução eletromagnética são conhecidas como correntes de Foucault.
- () O freio magnético é uma situação onde a corrente induzida dissipa a energia do sistema.
- () A lei de Lenz complementa a lei de Faraday ao garantir que a energia elétrica produzida em um gerador por indução eletromagnética é proveniente da energia mecânica primária daquele sistema.

Questão 07. (UFRS - Adaptada) Preencha corretamente as lacunas no texto abaixo.

Materiais com propriedades magnéticas especiais têm papel muito importante na tecnologia moderna. Entre inúmeras aplicações, podemos mencionar a gravação e a leitura magnéticas, usadas em fitas magnéticas e discos de computadores. A ideia básica na qual se fundamenta a leitura magnética é a seguinte: variações nas intensidades de campos, produzidos pela fita ou pelo disco em movimento, induzem em uma bobina existente no cabeçote de leitura, dando origem a sinais que são depois amplificados.

5. A APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.

Neste capítulo é feita a descrição da aplicação do produto educacional e apresentamos os resultados do teste avaliativo onde damos ênfase a alguns pontos relevantes da aplicação do produto.

Nosso produto foi aplicado com um grupo de doze alunos divididos em quatro grupos, de uma turma do terceiro ano do ensino médio da Escola de Ensino Médio (EEM) Liceu do Conjunto Ceará, localizada na Cidade de Fortaleza, em janeiro de 2020. A Escola pertence à rede estadual de ensino, teve em 2019 a nota 4,7 no IDEB e atende cerca de 1.200 alunos das três séries do ensino médio em três turnos de funcionamento. A escola é bem assistida em termos de estrutura e equipamentos possuindo diversos laboratórios, auditório, refeitório, anfiteatro entre outros. A quantidade de alunos convidados a participar da aplicação do produto foi realizada em função da quantidade de computadores em funcionamento na escola e a disposição dos estudantes.

Para a aplicação do produto foram realizados quatro encontros em duas semanas consecutivas. Esporadicamente alguns alunos deixaram de participar de algum encontro por motivos pessoais e, portanto não puderam entrar no processo de avaliação deste produto educacional. A participação dos alunos neste processo foi voluntária e no final da aplicação do produto foi aplicado o questionário apenas com os oito alunos que participaram integralmente de todos os encontros. Desse modo, quando nos referirmos aos alunos, os identificaremos com os números de 01 a 08.

5.1 Primeiro encontro: Texto introdutório e simuladores computacionais.

O primeiro ambiente onde foram desenvolvidas as atividades foi o laboratório de informática da escola. Nele os estudantes fizeram a leitura do texto introdutório, acessando ele em formato digital nos computadores. Em seguida foi realizada uma discussão sobre os dispositivos físicos e processos que permitem a geração de eletricidade nas usinas. Após a leitura e discussão do texto que duraram os 10 minutos iniciais deste encontro, imediatamente os

estudantes acessaram as plataformas dos simuladores PhET Simulações Interativas e Física na Escola por meio dos links que foram listados nos Quadros 03 e 04. Este momento está ilustrado na Figura 19.

Figura 19 – Momento de acesso aos computadores no laboratório de informática no primeiro encontro.



FONTE: O próprio autor.

Nesta atividade os alunos foram convidados a simular as diversas variáveis encontradas nas muitas simulações. O uso dos computadores se estendeu pelos quarenta minutos restantes do encontro e uma coisa que foi observada foi o fato dos estudantes não terem se limitado aos links de acesso disponibilizados e restritos aos conteúdos de eletromagnetismo. Como estes simuladores englobam os diversos ramos estudados pela física, ocorreu em alguns momentos que alunos que já haviam interagido com os simuladores recomendados, já estavam explorando outros simuladores como os de luz, ondas, eletrostática, termodinâmica, mecânica entre outros. Cabe ao professor da tarefa de estar atento para que os estudantes não percam o foco das simulações relativas ao eletromagnetismo.

Um fato importante identificado por meio dos diálogos entre os estudantes em alguns momentos durante a aplicação do produto foi que

fenômenos físicos até então despercebidos por eles como, por exemplo, o campo magnético que até então era, para eles uma exclusividade de ímãs, agora era uma propriedade também de fios percorridos por correntes elétricas e o sentido do campo magnético nestes fios possuía uma direção específica dependente do sentido das correntes elétricas. Estes conhecimentos estavam sendo não somente visualizados com surpresa, mas também compreendidos por eles, fato que corrobora com as ideias de Vygotsky sobre a internalização e reconstrução interna de novos significados e abandono de alguns outros significados incompatíveis por meio da interação e intercâmbio destes significados (Moreira, 2009/2016).

Outras situações, que mostraram de forma evidente a motivação e a surpresa dos estudantes com os fenômenos físicos ocorridos, ocorreram durante as atividades experimentais. Para os estudantes, realizar experimentos físicos onde situações interessantes, do ponto de vista dos estudantes, são tarefas atraentes. Usamos a expressão “situações estranhas”, pois foi esta mesmo que os estudantes usaram para adjetivar eventos realizados por eles como: atrair com ímãs um pedaço de fio de cobre que não é naturalmente atraído por ímãs, ver a queda rápida dos ímãs em um tudo de PVC e a queda lenta dos mesmos ímãs pelo tudo de metal, gerar energia elétrica pelo movimento do seu braço ao agitar uma bobina com um ímã passando por seu interior.

O teste avaliativo aplicado no quarto encontro foi corrigido de modo a enquadrar as respostas dos estudantes em quatro situações: Resposta correta, resposta parcialmente correta, resposta incorreta e resposta em branco. Foi considerada certa a questão que foi formulada de acordo com os conhecimentos físicos estabelecidos. Já a resposta parcialmente correta era considerada quando a resposta do estudante possuía formulação na qual alguma parte da resposta era coerente com os princípios físicos estabelecidos e era errada quando não apresentava nenhuma relação com o que era considerada correta.

5.2 Segundo encontro.

5.2.1 Atividade prática 01.

O segundo encontro também teve duração de cinquenta minutos e neste encontro assim como no terceiro. Os estudantes receberam os materiais pertinentes à atividade prática, mas não foi dada orientação sobre procedimento de montagem/execução do experimento. Eles foram convidados a tentar associar os fenômenos observados nas simulações às novas práticas experimentais que poderiam desenvolver ou reproduzir com aqueles materiais. As propostas foram feitas sempre na tentativa de conduzir os alunos à interação mútua entre si e deles com os materiais relativos à atividade prática na tentativa de, por meio desta troca e internalização de significados e da reconstrução de ferramentas e signos, que eles pudessem incorporar novos significados à sua estrutura cognitiva.

O fenômeno físico ocorrido nesta primeira prática experimental, relacionado à Força de Lorentz e as relações carga/campo. A execução do experimento durou 25 minutos. Acredito que, um fato que facilitou a realização deste experimento por parte dos estudantes foi que eles já haviam interagido com aparato bem parecido explorado no simulador do site Física na Escola. Eles rapidamente fizeram as conexões dos cabos com a bateria e verificaram a interação entre os fios e os ímãs conforme figuras 20. Alguns estudantes não sabiam explicar o fato, outros formulavam hipóteses e ficavam discutindo a novidade: o fio se transformava em um ímã quando ligado à bateria.

Figura 20 – Detalhe do momento da atividade prática 01. Alunos divididos em grupos trabalham com dispositivo da Força de Lorentz.



FONTE: O próprio autor.

Após o uso pelos estudantes dos materiais para a realização do experimento, foi feita uma intervenção oral onde eu orientei os mesmos a realizar novamente a atividade, mas desta vez com algumas dicas de montagem. Uma das intenções do momento de diálogo com os estudantes foi a de leva-los a associar este experimento ao que eles viram nos simuladores. Outra ação foi de fazer questionamentos sobre o porquê do movimento do fio na presença dos ímãs permanentes, apenas quando o fio era ligado à fonte de tensão. Após ouvir os estudantes, suas opiniões, dúvidas e perguntas, foram corrigidos eventuais equívocos e apresentar os conceitos e ideias sobre o assunto abordado de acordo com os conhecimentos físicos estabelecidos. Este momento de interação e intervenção oral pós-prática foi extremamente importante e por isso foi realizado após realização de cada experiência da sequência.

5.2.2 Atividade prática 02.

A atividade prática 02 durou 25 minutos e novamente os alunos não receberam orientação sobre procedimento de montagem/execução do experimento e foram convidados a tentar associar os fenômenos observados

nas simulações. O experimento diz respeito à Lei de Faraday sobre a indução eletromagnética.

A única dificuldade de realização da prática, relatada pelos alunos e observada por mim foi relativa à questão da polaridade dos Led's que só funcionam quando percorridos pela corrente em um sentido específico. Com exceção deste fato, a realização da prática transcorreu de forma rápida e simples, pois em pouco tempo os alunos já estavam fazendo os Led's piscarem conforme ilustrado na Figura 21, por meio da conversão da energia mecânica em elétrica e relacionando este episódio com os simuladores que também abordam a Lei de Faraday.

Figura 21 – Detalhe do momento, do uso do material, para realização do experimento da Lei de Faraday na atividade prática 02.



FONTE: O próprio autor.

Assim como na prática 01, após o uso pelos estudantes dos materiais para a realização do experimento, novamente fiz uma intervenção oral onde orientei os mesmos a realizar novamente a atividade, mas desta vez com algumas dicas de montagem. Neste momento também fiz questionamentos sobre o processo da indução da corrente elétrica no fio da bobina que produzia o funcionamento dos Led's sempre tentando fazer associação com os conhecimentos abordados nos simuladores e também incentivando as interações com os demais colegas, e concluímos atividade com esta intervenção oral pós-prática.

Conhecimentos relativos à Lei de Faraday explorados nesta atividade prática foram temas explorados nas simulações computacionais dos dois sites indicados e são abordados em algumas questões do teste avaliativo como nas questões 03 e 07.

5.3 Terceiro encontro.

5.3.1 Atividade prática 03.

A atividade prática durou 25 minutos e os alunos novamente não receberam orientação sobre procedimento de montagem/execução do experimento e foram convidados a tentar associar os fenômenos observados nas simulações. O experimento também diz respeito à Lei de Ampère e a força magnética entre dois ímãs. Ele expõe um fenômeno chamado de levitação magnética que é ilustrado conforme Figuras 22 e 23 que mostra bobinas na posição vertical, ligadas a baterias e, portanto percorridas por correntes elétricas. No centro das bobinas os ímãs levitando sob o efeito da interação dos campos magnéticos.

Figura 22 – Detalhe da atividade prática 03.



FONTE: O próprio autor.

Figura 23 – Detalhe da atividade prática 03.



FONTE: O próprio autor.

A Figura 24 mostra a interação entre ímãs permanentes presos por fora da bobina e o campo magnético gerado a partir da corrente elétrica percorrendo a bobina.

Figura 24 – Detalhe da atividade prática 03.



FONTE: O próprio autor.

Assim como nas demais práticas, após o uso pelos estudantes dos materiais para a realização do experimento, eu orientei os mesmos a realizar novamente a atividade, mas desta vez com algumas dicas de montagem. Neste momento também fiz o que chamamos de uma intervenção oral pós-prática por meio de questionamentos sobre o porquê da interação dos ímãs permanentes com a bobina, apenas quando o fio era ligado à fonte de tensão, sempre na tentativa da associação com os conhecimentos abordados nos simuladores e também incentivando as interações com os demais colegas e finalmente concluímos a atividade.

5.3.2 Atividade prática 04.

A atividade prática 04 durou 25 minutos e assim como nas demais práticas, os estudantes foram deixados livres para a montagem/execução do experimento. O experimento executado nesta prática engloba diversos conceitos sobre a Lei da indução de Faraday, a Lei de Lenz e adiciona uma nova ideia que é sobre as correntes de Foucault.

Chamado de freio magnético, conforme ilustrado nas Figuras 25 e 26, a atividade mostra a interação entre um conjunto de ímãs permanentes e dois canos sendo um deles de cobre e outro de PVC.

Figura 25 - Detalhe da atividade prática 04.



FONTE: O próprio autor.

Figura 26 - Detalhe da atividade prática 04.



FONTE: O próprio autor.

Assim como em todas as atividades, o grupo de estudantes ficou por um tempo com os materiais, para realizar seu manuseio livremente para que sua curiosidade fosse despertada e para que realizasse a experiência em si. Após esse manuseio eu orientei os mesmos a realizar novamente a atividade, mas desta vez com algumas dicas de montagem. Neste momento uma intervenção oral pós-prática estimulando as discussões. Foram feitos questionamentos sobre o porquê da interação dos ímãs permanentes com o cano de cobre apenas e não com o cano de PVC, além de questionar o porquê do retardo na queda dos ímãs quando percorrendo o cano metálico. Muitos alunos demonstraram ficar surpresos com a lentidão da queda dos ímãs quando percorrendo o cano de cobre, e este fato deu abertura para a intervenção oral na qual se tentaram de elencar argumentos e ideias que dessem uma resposta científica para o episódio sempre por meio da associação com os conhecimentos abordados nos simuladores e também das interações com os demais colegas.

5.4 Quarto encontro: Aplicação do teste final.

No quarto encontro com os estudantes, foi aplicado o teste final com os oito estudantes que se fizeram presentes nos três encontros anteriores, com o objetivo de verificar a aprendizagem ocorrida durante a aplicação do produto educacional. As questões usadas neste teste final fazem referência aos conteúdos abordados no texto introdutório, nas atividades realizadas com os simuladores e também nas atividades práticas experimentais. O teste final é todo composto de questões subjetivas e foi respondido durante os cinquenta minutos deste encontro conforme ilustra a Figura 27.

Figura 27 – Aplicação do teste final.



FONTE: O próprio autor.

Algumas situações mostraram de forma evidente a motivação e a surpresa dos estudantes com os fenômenos físicos ocorridos, ocorreram durante as atividades experimentais. Para os estudantes, realizar experimentos físicos onde situações no mínimo estranhas, do ponto de vista dos estudantes, são tarefas atraentes. Usamos a expressão “situações estranhas”, pois foi esta mesmo que os estudantes usaram para adjetivar eventos realizados por eles como: atrair com ímãs um pedaço de fio de cobre que não é naturalmente atraído por ímãs, ver a queda rápida dos ímãs em um tudo de PVC e a queda lenta dos mesmos ímãs pelo tudo de metal, gerar energia elétrica pelo movimento do seu braço ao agitar uma bobina com um ímã passando por seu interior.

O teste avaliativo aplicado no quarto encontro foi corrigido de modo a enquadrar as respostas dos estudantes em quatro situações: Resposta correta, resposta parcialmente correta, resposta incorreta e resposta em branco. Foi considerada certa a questão que foi formulada de acordo com os conhecimentos físicos estabelecidos. Já a resposta parcialmente correta era considerada quando a resposta do estudante possuía formulação na qual alguma parte da resposta era coerente com os princípios físicos estabelecidos e era errada quando não apresentava nenhuma relação com o que era considerada correta.

Apresentaremos nesta seção uma descrição de como os alunos responderam cada uma das questões do teste avaliativo final. Repetiremos o enunciado das questões antes da discursão para que o leitor não precise voltar o texto para entender as questões já apresentadas.

Conhecimentos relativos à experiência de Oersted e a Lei de Ampère, que são temas explorados tanto nas simulações como nas atividades práticas, são abordados em algumas questões do teste avaliativo como nas questões 01 e 02.

A Questão 01: Um fio metálico conduz uma corrente elétrica i , em uma região onde existe um campo magnético uniforme B proveniente de um ímã. Devido a este campo magnético, o fio fica sob o efeito de uma força de módulo F , cuja direção é perpendicular ao fio e à direção B . Cite exemplos de alguns dispositivos que têm seu funcionamento baseado neste princípio.

Esta questão trata de aplicações tecnológicas da Lei de Ampère como os motores presentes em eletrodomésticos. Esta lei explica o surgimento da força magnética quando um fio condutor de corrente se aproxima do campo magnético de um ímã. Nesta questão, sete alunos formularam respostas corretas.

Aluno 01 respondeu: “Motor, liquidificador, ventilador”;

Aluno 02, “Motor, Liquidificador”;

Aluno 03, “Motores, ventilador, liquidificador”;

Aluno 04: “Liquidificador, equipamentos com bobinas eletromagnéticas em geral, ventiladores”.

Aluno 05: “Liquidificador e geradores”;

Aluno 07: “ventilador”;

Aluno 08: “Motores liquidificador ventilador, etc”;

Identificando assim exemplos de equipamentos domésticos presentes em seu cotidiano e que apresentam motores elétricos.

Já o Aluno 06 respondeu: “Bússola, medidor de eletromagnetismo e HD”. Neste caso ele apresentou exemplos de equipamentos magnéticos. Não dá neste caso para identificar se o mesmo pensou no motor que faz girar o disco rígido de um computador, HD, provavelmente não.

Logo é possível identificar que a maioria identificou o efeito da geração de campo elétrico em um fio percorrido por uma corrente elétrica estão presentes em dispositivos do seu cotidiano.

A Questão 02: A lei de Ampère relaciona a corrente elétrica que através de um circuito, com a circulação neste circuito, de um campo magnético B gerado pela própria corrente. Esta relação foi detectada pela primeira vez pelo físico Hans Christian Oersted, através de uma experiência onde se observou uma interação entre um fio metálico e uma bússola. Explique o fato curioso ocorrido nesta experiência.

Esta questão busca resgatar o episódio histórico da experiência de Oersted e pede ao estudante que relate o fato curioso daquele episódio. Abaixo as respostas dos alunos e a análise das questões.

Aluno 01: “Conforme Ampere quando um ferro entra em contato com a energia sendo ela elétrica ou cinética a energia se transforma em campo magnético”;

No caso do Aluno 01 consideramos uma resposta parcialmente correta, se considerar que o mesmo se refere à energia elétrica no ferro como a corrente elétrica que geraria o campo magnético ao redor do fio.

Aluno 02: “Pois a bússola é imantada, quando foi gerada a corrente magnética a bússola irá apontar para o fio, pois a corrente atrai o ímã da bussola”;

Aluno 03: “O fio metálico vai se transformar em um ímã e com esse campo a bussola fica variando”

Aluno 04: “O campo magnético do fio metálico interfere na orientação da bussola.”;

Aluno 05: “O fio com corrente elétrica gera um campo magnético que atrai a bússola”;

Alunos 06: “Isso ocorre pois a bússola segue o campo magnético criado pela corrente no fio metálico.”;

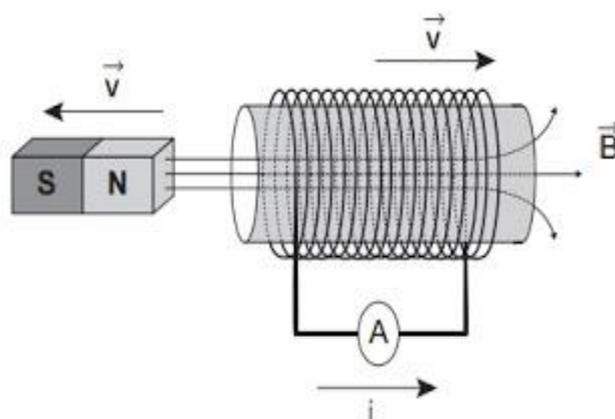
Alunos 07: “O fio metálico se transforma em um ímã e ao se aproximar da bússola criam um campo magnético que move o ponteiro da bússola”;

Do aluno 01 ao 07, todos relacionaram o campo magnético ao redor do fio que interage com a bússola com a presença da corrente elétrica no fio.

Alunos 08: “A interação do fio metálico e da bússola fez com que a agulha da bússola apontava para o fio porque as correntes do fio e da bússola estavam em sentido oposto.”. Neste caso, o aluno aparentemente atribui a presença do campo magnético no fio à presença da bússola, mas ainda fala em corrente elétrica no fio, neste caso consideramos esta resposta incorreta.

A Questão 03. **(ENEM 2014 - Adaptada) O funcionamento dos geradores de usinas elétricas baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética, descoberto por Michael Faraday no século XIX. Pode-se observar esse fenômeno ao se movimentar um ímã e uma espira em sentidos opostos com módulo da velocidade igual a v , induzindo uma corrente elétrica de intensidade i , como ilustrado na Figura 28:**

Figura 28 - Questão sobre a Lei de Faraday



Fonte: ENEM – MEC

Descreva um esquema com outra possibilidade de movimento da espira e do ímã a fim de obter uma corrente com o mesmo sentido da apresentada na figura, utilizando os mesmos materiais.

A questão adaptada do Exame Nacional do Ensino Médio, abordando a Lei de Faraday, solicitava ao aluno estabelecer uma relação entre a disposição dos polos de um ímã e o sentido de uma corrente induzida em uma bobina.

De todo o questionário, esta foi a questão que teve o menor índice de acertos pelos estudantes. Nesta questão dois alunos não responderam e quatro alunos formularam respostas incorretas, abaixo.

Aluno 02: “Virar a turbina de modo vertical e colocar o ímã com o polo norte na frente atravessando a turbina”;

Aluno 03: “Outro esquema seria se colocássemos um ímã rodando em sentido anti-horário onde o ímã ia fazer um campo magnético da mesma figura apresentada”;

Aluno 04: “Um tubo ao qual ao seu redor há uma espira e um ímã passe em um meio, repetidas vezes até induzir corrente elétrica”;

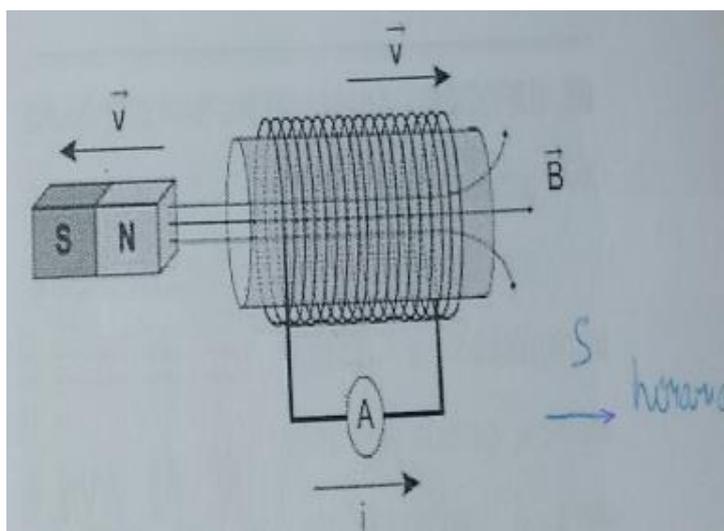
Aluno 03: “Quando o ímã passa por dentro muitas vezes fica instável e colocar corrente pra um lado só.”.

Nenhum desses apresentou uma resposta que se aproximasse da correta.

Já o Aluno 08 respondeu: “É só inverter a polaridade do ímã e aproximar ele da bobina”, indicando de forma correta como manter a mesma corrente induzida na espira.

O Aluno 01 fez um acréscimo ao desenho, aqui reproduzido na Figura 29.

Figura 29 – Desenho parte da resposta do aluno 01.



Fonte: Dados da pesquisa.

Na figura, interpretamos que o mesmo identifica o sul do ímã e a seta a direção e o sentido da velocidade do ímã, de modo que consideramos a resposta como sendo correta.

Discutiremos aqui a questão 07, adaptada da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por trabalhar também a Lei de Faraday, neste caso, aplicada em dispositivos de gravação e leitura magnética de discos rígidos.

A Questão 04. (UFSC - Adaptada) **No início do período das grandes navegações europeias, as tempestades eram muito temidas. Além da fragilidade dos navios, corria-se o risco de ter a bússola danificada no meio do oceano. Como pode ser explicada a ação de uma descarga atmosférica sobre uma bússola?**

A descarga elétrica pode realinhar o campo magnético da agulha da bússola ou pode ainda desmagnetizar a bússola provocando a perda da sensibilidade magnética fazendo com que ela deixe de apontar na direção correta. No contexto dos experimentos realizados pelos estudantes, nesta questão foi considerada correta a resposta que associou o fenômeno atmosférico à Lei de Ampère que trata do surgimento de um campo magnético em um condutor, no caso a própria atmosfera, quando percorrida por corrente elétrica.

Aluno 01: “As descargas atmosféricas possuem campo magnético atraía a bussola. Assim não daria pra saber onde é o norte”;

Aluno 02: “Os raios são carregados de energia logo eles atrairão as bussolas”;

Aluno 03: “Por causa do campo magnético causado pela descarga e a bussola apontar para esse campo”;

Aluno 04: “Pode ocorrer a interferência na orientação do ímã devido a essa descarga podendo dissipar energia desse sistema”;

Alunos 05: “Das tempestades existe grande quantidade elétrica pelos raios relâmpagos, etc, criando assim um campo magnético”;

Alunos 06: “Como a descarga atmosférica gera uma corrente que carrega os objetos metálicos assim fazendo a bússola apontar para o objeto carregado”;

Alunos 07: “Porque a descarga atmosférica ao atingir a bússola muda sua configuração elas não conseguem mais definir os pontos norte e sul com precisão”;

O Aluno 08 não respondeu.

Observamos que apesar do uso de termos inadequados os alunos 01, 02, 03 e 05 fazem a relação entre a descarga atmosférica e o surgimento de

campo magnético que poderia interferir no funcionamento da bússola. Os alunos 04, 06 e 07 formularam respostas incoerentes.

A Questão 05. (UFSCAR - Adaptada) No final do século XIX, uma disputa tecnológica sobre qual a corrente elétrica mais adequada para transmissão e distribuição da energia elétrica, gerada em usinas elétricas, tornou clara a vantagem do uso da corrente alternada, em detrimento da corrente contínua. Um dos fatores decisivos para essa escolha foi à possibilidade da utilização de transformadores na rede de distribuição de eletricidade. Os transformadores podem aumentar ou diminuir a tensão a eles fornecida, permitindo a adequação dos valores da intensidade da corrente transmitida e reduzindo perdas por efeito Joule, mas só funcionam em corrente alternada. Como o funcionamento dos transformadores é explicado?

A questão 05 do teste avaliativo traz um assunto que é abordado nos simuladores, mas que não é explorado por meio das atividades práticas dos encontros 02 e 03. Esta questão, adaptada do vestibular da Universidade de São Carlos no ano 2001, aborda a vantagem da transmissão de energia por meio de corrente alternada, faz referência aos transformadores de energia e pergunta sobre seu funcionamento. No simulador do site Física na Escola, um transformador virtual com duas bobinas, uma com 600 e outra com 1200 espiras, mostra por meio de um multímetro, como os valores de tensão são alterados num fator de proporcionalidade que corresponde sempre ao dobro da tensão original.

Nesta questão do teste avaliativo quatro alunos formularam respostas que são coerentes com o funcionamento dos transformadores.

Aluno 01 responde: “Foucault afirma que a energia se dissipa quando a corrente está no mesmo sentido, pois se transformará em campo magnético. Já alternada dificulta a transformação e dissipação”;

Aluno 02: “Princípio de Foucault que afirma que a energia dissipa quando a corrente está em um sentido menor”;

Estas três respostas acima consideramos erradas, pois estabelecem relações de corrente elétrica em termos de tipos, sentido ou intensidade que não existem nos processos de dissipação de energia das correntes de Foucault.

Aluno 03: “Quando a energia vem passa pelos transformadores passa por uma queda ou ganho de corrente”;

Aluno 04: “Através da relação das quantidades de espiras ao passar uma corrente nelas pode tanto aumentar sua a tensão como diminuir.”;

Aluno 05: “A carga elétrica gera um campo magnético pelo ímã aumentando assim a tensão elétrica”

Aluno 06: “Princípio de Amperidade quando um transformador é utilizado para regular a corrente elétrica vinda da distribuidora sendo assim se relaciona com o campo magnético e as correntes nos fios”;

Aluno 08: “Por que os transformadores induzem uma corrente elétrica e essa corrente induz um campo magnético e esse campo magnético induz uma nova corrente de menor tensão do outro lado”.

Novamente vemos que apesar do uso de termos inadequados os alunos 03, 04, 05 e 08 conseguem estabelecer relação entre o número de espiras e as variações de tensão nos transformadores. O aluno 06 faz referencia a campo magnético e regulagem corrente o que permite considerar a resposta parcialmente correta, mas não cita a questão das espiras ou da alteração na tensão. O aluno 07 não respondeu a questão.

A Questão 06. **Segundo a Lei de Lenz, qualquer corrente induzida tem um sentido tal que o campo magnético que ela gera se opõe à variação do fluxo magnético que a produziu. Matematicamente a Lei de Lenz é expressa pelo sinal negativo que aparece na Equação da Lei de Faraday:**

$$\epsilon = - \frac{d\Phi B}{dt}$$

A lei de Lenz está diretamente associada à conservação de energia. Estas correntes induzidas podem dissipar a energia de um sistema. Assinale V para verdadeiro e F para falso.

() Nem todos os dispositivos baseados na lei da indução de Faraday obedecem ao princípio da conservação da energia.

() As correntes dissipadas em alguns sistemas de indução eletromagnética são conhecidas como correntes de Foucault.

() O freio magnético é uma situação onde a corrente induzida dissipa a energia do sistema.

() A lei de Lenz complementa a lei de Faraday ao garantir que a energia elétrica produzida em um gerador por indução eletromagnética é proveniente da energia mecânica primária daquele sistema.

Nesta questão, por ser objetiva, os alunos poderiam ter respondido sem ter certeza da coerência de sua resposta. Apesar desta possibilidade obtivemos um bom resultado nas respostas uma vez que nesta questão tivemos cinco alunos que assinalaram corretamente todas as quatro afirmações e três alunos acertaram parcialmente estes itens. Os erros cometidos foram, por exemplo: Assinalar Verdadeiro na primeira expressão que afirma que “Nem todos os dispositivos baseados na Lei de Faraday obedecem ao princípio da conservação da energia” e assinalar falso na terceira expressão que afirma que “O freio magnético é uma situação onde a corrente induzida dissipa a energia do sistema”.

A Questão 07. **(UFRS - Adaptada) Preencha corretamente as lacunas no texto abaixo.**

Materiais com propriedades magnéticas especiais têm papel muito importante na tecnologia moderna. Entre inúmeras aplicações, podemos mencionar a gravação e a leitura magnéticas, usadas em fitas magnéticas e discos de computadores. A ideia básica na qual se fundamenta a leitura magnética é a seguinte: variações nas intensidades de campos, produzidos pela fita ou pelo disco em movimento, induzem em uma bobina existente no cabeçote de leitura, dando origem a sinais que são depois amplificados.

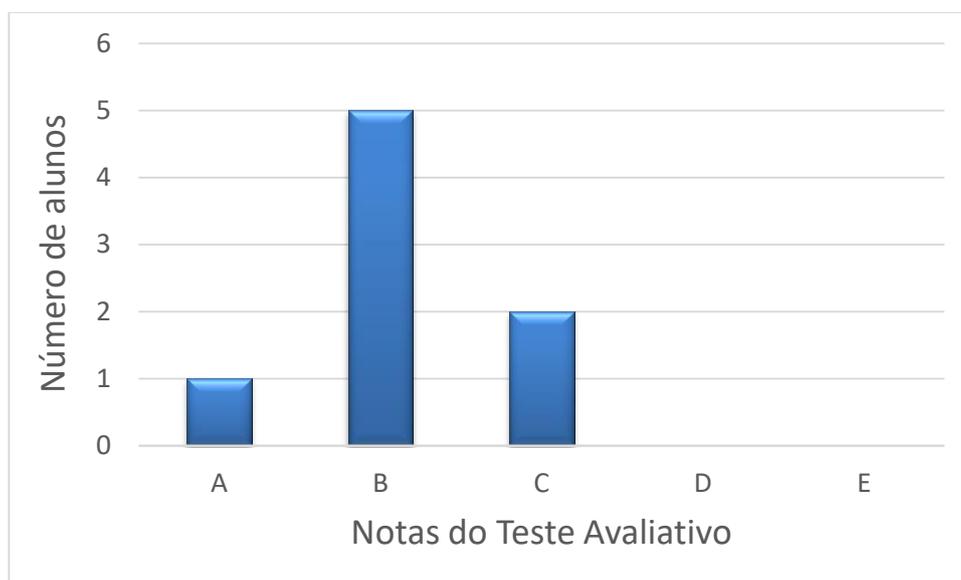
A questão solicita o preenchimento de lacunas do texto e nela o aluno tem que estabelecer uma relação entre variação de fluxo magnético com circulação de corrente elétrica com resposta com as expressões: “magnéticos” e “correntes elétricas”.

Houve um ótimo aproveitamento desta questão, onde todos acertaram o primeiro campo de preenchimento. Uma análise posterior depois da aplicação do teste nos levou a pensar se o termo “campos” antes do espaço pode ter

induzido o aluno a escrever a resposta correta. O segundo campo preenchido corretamente por sete alunos, e somente o Aluno 05 preencheu “campo magnético”.

Após analisarmos as respostas do teste decidimos aplicar uma nota ao aluno entre A e E. Onde A seria a melhor nota e E a pior nota gradativamente, considerando que todas as questões terão um mesmo peso na avaliação, construímos o Gráfico 01 apresenta a distribuição das notas dos alunos.

Gráfico 01 – Distribuição das notas dos alunos no teste avaliativo.



FONTE: O próprio autor.

Assim, vemos que os alunos, com base no teste avaliativo tiveram um resultado muito bom, considerando que todos acertaram mais da metade das questões e que mais da metade tiveram nota B, 5 alunos, 1 aluno ficou com A e dois alunos com C.

Esta análise do gráfico nos permite identificar como os alunos reagiram ao produto e responderam ao teste. Mas destacamos que o mais importante é análise individual que fizemos de cada questão, tentando identificar o entendimento dos alunos para como os alunos aprenderam de certa forma ao ter contato com o nosso produto.

6. CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS.

O trabalho realizado nesta pesquisa buscou encontrar novas alternativas para tornar a aula de física mais atraente e interessante, tentando proporcionar aos estudantes um aprendizado efetivo, algo que é uma provocação constante para todos os professores que lecionam esta disciplina. A proposta aqui descrita, utilizando uma metodologia que engloba atividades experimentais virtuais associadas a novas tecnologias e experimentos reais e centrada no sócio interacionismo de Vygotsky é uma tentativa de dar resposta a este desafio. Buscou-se associar a fundamentação teórica deste trabalho à teoria sócio interacionista de Lev Vygotsky na tentativa de se conhecer um pouco mais sobre esta teoria de aprendizagem e suas contribuições para o ensino de física.

O alicerce deste trabalho foi à realização de uma longa revisão da literatura que passou pelo estudo: do ensino de física nos níveis fundamental e médio, do uso de tecnologias da informação, da comunicação e da robótica no ensino de física, do ensino experimental de eletromagnetismo, da formação de professores e das pesquisas em ensino de física, do sócio interacionismo de Vygotsky e finalmente das bases legais da educação brasileira.

Constatou-se que os objetivos foram alcançados, o produto educacional desenvolvido nesta pesquisa e aplicado em uma turma de terceiro ano do ensino médio, apresentaram resultados positivos tanto no que se refere ao engajamento dos estudantes nas atividades propostas, seu entusiasmo, socialização e satisfação em participar das atividades, como nos resultados apresentados no teste avaliativo que mostraram como a interação com os demais estudantes e com os materiais didáticos utilizados colaborou para o aprendizado dos tópicos de eletromagnetismo que foram objeto de estudo. Cito como exemplo o interesse dos estudantes no manuseio dos materiais utilizados nas atividades laboratoriais, onde se pôde observar que até aqueles alunos mais tímidos não só eram evidentemente atraídos pelo material didático, como também aproveitaram o espaço para opinar no que diz respeito à execução das atividades e na explicação/discussão dos fenômenos observados.

O processo de ensino e aprendizagem, baseado na teoria de Vygotsky, se apresentou como uma estratégia que reuniu diversos fatores potencializadores do ato educativo como, por exemplo, o ambiente criado para os encontros que promoveu a interação social e provocou discussões, deu oportunidade aos alunos de se apresentarem com espírito colaborativo, incitou o desenvolvimento da oralidade, permitiu o confronto e a interação com opiniões divergentes, permitiu a participação efetiva dos atores na construção de novos saberes, propiciou a integração e o desenvolvimento do grupo e dos indivíduos por meio da socialização e dos relacionamentos. Em termos de capital cultural e científico, os estudantes desenvolveram ações que favoreceram a aquisição de conhecimento científico por meio dos atos de observar, investigar, manusear, alterar variáveis e formular hipóteses. Estas ações apresentaram aos estudantes uma nova física, diferente, que mesmo oculta nas leis da natureza é contextualizada e perceptível no dia a dia.

A exposição/construção das ideias e dos conceitos físicos, geradas nas atividades experimentais virtuais e reais, foi exposta pelos estudantes com muita dificuldade. Ficou bastante visível nos questionário final que os alunos não conseguem expressar em termos técnicos ou científicos o conteúdo das discussões e dos questionamentos gerados na interação com o material instrucional e com os demais colegas. As respostas ao questionário, em sua grande maioria foram dadas em termos informais, como em uma estrutura de dialogo informal entre pessoas, quase sempre sem o uso da norma culta da linguagem e os conceitos físicos também foram embaralhados ou sinonimizados.

As atividades foram enfim muito proveitosas e colaboraram de modo efetivo para a construção e reelaboração do saber físico abordado no produto educacional. Sugerimos que atividades práticas no ensino de Física sejam sempre realizadas por terem a capacidade de não somente dar motivação e entusiasmo aos alunos, ou despertar neles a curiosidade pela ciência atrelada as práticas, mas também oferecer aos alunos a oportunidade de reelaborar e reconstruir seus conceitos e conhecimentos pré-concebidos a cerca de assuntos relacionados à física e a ciência como um todo.

REFERÊNCIAS.

¹CAP 8. LEI DE FARADAY. Disponível em:
http://fma.if.usp.br/~mlima/teaching/4320292_2012/Cap8.pdf

Acesso em Agosto de 2019.

Alves, V. C. e Stachak, M. A importância de aulas experimentais no processo de ensino aprendizagem em física: Eletricidade. XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física. (2005)

Alves, J. D. N., Alves, M. B. N., Oliveira, N. de, Bicalho, F. da S. Atividades Experimentais para o Ensino de Hidrostática em duas Escolas Públicas no Município de Capitão Poço, Pará. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.10, n.18; p. 3536-3546, (2014).

Alves, P. V.; Reis, L. H. S.; Querino, C. A. S.; Moura, M. A. L.; Júnior, A. A. F; Martins, P. A. S. Uso do Arduíno como um sistema alternativo para medir radiação solar global e práticas educacionais. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 42, e20190304 (2020).

Angotti, J. A. P. Desafios para a formação presencial e a distância do Físico educador, revista brasileira do Ensino de Física, v. 28, n. 2, p.143 - 150, (2006).

Araújo, M. S. T e Abib, M. L. V. S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. Revista Brasileira de Física, vol. 25, no. 2, junho (2003).

Araújo, I. S. e Mazur, E. Instrução pelos colegas e ensino sobre medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino aprendizagem de física. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 30, n. 2: p. 362-384, abr. (2013).

Barbosa, J. O.; Paulo, S. R. e Rinaldi, C. Investigação do papel da experimentação na construção de conceitos em eletricidade no ensino médio Cad. Cat. Ens. Fís., v. 16, n. 1: p. 105-122, abr. (1999).

Barbosa, A. C. C.; Carvalhães. C. G. e Costa. M. V. T. A computação numérica como ferramenta para o professor de Física do Ensino Médio. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 2, p. 249 - 254 (2006).

Barroso, M. F.; Rubini, G. e Silva, T. Dificuldades na aprendizagem de Física sob a ótica dos resultados do Enem. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 40, nº 4, e4402 (2018).

Borges, O. Formação inicial de professores de Física: Formar mais! Formar melhor! Revista Brasileira do Ensino de Física, v. 28 p.135-142. (2006).

Borges, C. C.; Dickman, A. G. e Vertchenko, L. Uma aula sobre conversão de energia utilizando bicicleta, motor, alternador e lâmpada Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 40, nº 2, e2504 (2018).

Brasil, Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (CNE, Brasília, 1998, 2013 e 2018).

Brasil, Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio (Ministério da Educação, Brasília, 1999).

Brasil, PCN+ Ensino Médio: Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (MEC/SEMTEC, Brasília, 2002).

Brasil, Lei Nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Diário Oficial da União, Brasília 1996).

Brasil, Lei nº 13.415/2017, de 13 de fevereiro de 2017. Altera a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. (Diário Oficial da União, Brasília 2017).

Canalle, J. B. G. Demonstre em aula – Freio magnético. Cad. Cat. Ens. Fís. V. 17, n. 1: p. 96-100, abr. (2000).

Catelli, F. e Franco, V. C. Laboratório caseiro: eletroscópio gigante. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 24, n. 1: p. 64-70, abr. (2007).

Carneiro, M. L. F. e Silveira, M. S. Objetos de Aprendizagem como elementos facilitadores na educação à distância. Educar em Revista, Curitiba, Brasil, Edição Especial n. 4/2014, p. 235-260. Editora UFPR. (2014).

Catanni, M. e Vanutti, A. Correntes de Foucault – Aspectos básicos. Instituto de Física. USP. (2013).

Damásio, F. e Steffani, M. H. A física nas séries iniciais (2ª e 5ª) do ensino fundamental: desenvolvimento e aplicação de um programa visando à qualificação de professores. Revista Brasileira do Ensino de Física, v. 30, n. 4, 4503, (2008).

Dorneles, P. F.T.; Araujo, I. S. e Veit, E. A. Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: Parte I – circuitos elétricos simples. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 4, p. 487-496, (2006).

Dorneles, P. F.T.; Araujo, I. S. e Veit, E. Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: Parte II - circuitos RLC. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 3, 3308 (2008).

Erthal, J. P. C. e Gaspar, A. Atividades experimentais de demonstração para o ensino da corrente alternada ao nível do ensino médio. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 23, n. 3: p. 345-359, dez. (2006).

Freire, P. Pedagogia do Oprimido. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 253 p. 56a edição. (2014).

Freitas, M. T. A. As apropriações do pensamento de Vygotsky no Brasil: um tema em debate. In: Psicologia da Educação. Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Psicologia da Educação. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, n.10/11: 9-28. (2000).

Garton, A.F. Social interaction and the development of language and cognition. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. (1992).

Gaspar, A. e Monteiro, I. C. C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. Revista Investigações em Ensino de Ciências – V10(2), pp. 227-254, (2005).

Gobara, S. T. e Garcia. R. B, As licenciaturas em Física das universidades brasileiras: um diagnóstico da formação inicial de professores de Física, Revista Brasileira de Física, v. 29, n. 4, p. 519-525, (2007).

Gomes, J. C. e Castilho, W. S. Uma Visão de Como a Física é Ensinada na Escola Brasileira, e a Experimentação como Estratégia para Mudar essa Realidade. Anais Eletrônicos - 1ª Jornada de Iniciação Científica e Extensão do IFTO. (2010).

Gomes, S. R.; Miranda, M. J. S.; Souza, E. B. e Miranda, K. S. Eletroscópio de folhas: confecção, funcionalidade e aplicabilidade no ensino intercultural de física em São Gabriel da Cachoeira, Estado do Amazonas. Revista de educação, ciência e tecnologia do IFAM Vol. 12 - Nº 2 – Dez. (2018).

Griffiths, D. J. Introduction to eletrodynamics. Reed College. Ed Prentice Hall. New Jersey. (1999).

Halliday, D. Resnick; R; e Walker, J. Fundamentos da física – Eletromagnetismo. Vol. 03. Ed. LTC. 8º Edição. (2009).

Heck, C. Integração de tecnologia no ensino de física na educação básica: um estudo de caso utilizando a experimentação remota móvel. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá (2016).

Hewitt, P. G. Física conceitual. Ed. Bookman. 12º Edição. (2015).

Higa, I. e Oliveira, O. B. A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física. Educar em Revista, Curitiba, Brasil, n. 44, p. 75-92, abr./jun. (2012).

Honorato, W.A.M. Proposta de uma plataforma robótica para o ensino de cinemática. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá (2016).

Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Censo da Educação Superior: Sinopse Estatística – 2017. Brasília, Inep 2018. Disponível em:<<http://portal.mec.gov.br/docman/setembro-2018-pdf/97041-apresentac-a-o-censo-superior-u-ltimo/file>>. Acesso em 10/05/2020.

Kawamura, M. R. D. e Hosoume, Y. A contribuição da Física para um novo ensino médio. Física na escola, v.4, n.2, (2003).

Laburú, C. E. Fundamentos para um experimento cativante. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 23, n. 3: p. 382-404, dez. (2006).

Laia, A. S.; Gomes, L. M.; Ferreira, F. C. L. e Gester, R. M. Uma prática experimental alternativa para o estudo quantitativo de indução eletromagnética

no ensino médio. Revista Experiências em Ensino de Ciências V.12, N. 5. (2017).

Lima, J. R. e Ferreira, H. Contribuições da Engenharia Didática como elemento norteador no Ensino de Física: estudando o fenômeno de Encontro de Corpos com atividades da Robótica Educacional. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 42, e20190021 (2020).

Machado, K. D. Teoria do eletromagnetismo. Vol. 02. Editora UEPG. (2002).

Marineli, F. e Pacca, J. L. A. Uma interpretação para dificuldades enfrentadas pelos estudantes em um laboratório didático de física. Revista Brasileira de ensino de Física, v. 28, n. 4, p. 497-505, (2006).

Monteiro, M. A. A. e Teixeira, O. P. B. O ensino de física nas séries iniciais do ensino fundamental: um estudo das influências das experiências docentes em sua prática em sala de aula. Investigações em Ensino de Ciências – V9(1), pp. 7-25, (2004).

Moreira, M. A. Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e perspectiva. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 22, n. 1 (2000).

Moreira, M. A. e Masini, E. F. S. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Centauro, 2º edição 3º reimpressão, (2011).

Moreira, M. A. e Massoni, N. T. Interfaces entre teorias de aprendizagem e ensino de ciências/física. Textos de Apoio ao Professor de Física, v.26 n.6, (2015).

Moreira, M. A. Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências – Comportamentalismo, Construtivismo e Humanismo. Porto Alegre (2009 1º Edição / 2016 Edição revisada).

Moreira, M. A. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. Revista do Professor de Física. Brasília, vol. 1, n. 1 (2017).

Moreira, M. A. Ensino de física no século XXI: Desafios e equívocos. Revista do Professor de Física. Brasília, vol. 2, n. 3 (2018).

Moreira, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. Revista estudos avançados. 32 (94), USP. (2018).

Neves R. A. e Damiani, M. G. Vygotsky e as teorias da aprendizagem. UNI revista - Vol. 1, nº 2: (2006).

Nussenzveig, H. M. Curso de física básica 3 – Eletromagnetismo. Ed. Edgar Blucher. (1997).

Oliveira, E. S. G.; Capelo, C.; Rego, M. L.; Villardi, R. O processo de aprendizagem em uma perspectiva sócio – interacionista ... ensinar é necessário, avaliar é possível. Disponível em <http://www.abed.org.br/congresso2004/por/htm/171-TC-D4.htm>. Acesso em 15/01/2020.

Oliveira, F. F.; Vianna, D. M. e Gerbassi, R. S. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 3, p. 447-454, (2007).

Oliveira, J. M. M.; Ferreira, M. e Mill, D. Tecnologias no ensino de física: um estudo sobre concepções e perspectivas de professores do ensino médio. Inc. Soc., Brasília, DF, v.10 n.1, p.147-161, jul./dez. (2016)

Pena, F. L. A. Porque apesar do grande avanço da pesquisa acadêmica sobre o ensino de Física no Brasil, ainda há pouca aplicação dos resultados em sala de aula? Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26, n.4, p. 293-295, (2004).

Pinto, J. A. F.; Silva, A. P. B. e Ferreira, E. J. B. Laboratório desafiador e história da ciência: um relato de experiência com o experimento de Oersted. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 34, n. 1, p. 176-196, abr. (2017).

Pires, M. A e Viet, E. A. Tecnologias de Informação e Comunicação para ampliar e motivar o aprendizado de Física no Ensino Médio. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 2, p. 241 - 248, (2006).

Rabelo, A.P.S. Robótica Educacional no Ensino de Física. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, Catalão (2016).

Reis, J. R. T; Rodrigues, A. G; e Neto, N. M. B; Medindo a constante dielétrica em líquidos: um estudo de caso para elaboração de uma proposta para formação de físicos experimentais Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 41, nº 1, e20180081 (2019).

Ricardo, E. C. Implementação dos PCN em Sala de Aula: Dificuldades e Possibilidades. Revista Física na Escola, v. 4, n. 1, p. 8-11, (2003).

Ricardo, E. C. e Freire, J. C. A. A concepção dos alunos sobre física do ensino médio: um estudo exploratório. Revista Brasileira de Física, v. 29, n. 2, p. 251-266, (2007).

Rodrigues, E. V. e Lavino, D. Modelagem no ensino de Física via produção de stop motion, com o computador Raspberry Pi. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 42, e20190012 (2020).

Salem, S. Perfil, evolução e perspectivas da Pesquisa em Ensino de Física no Brasil. Tese (Doutorado em ensino de ciências). USP. São Paulo, (2012).

Sampaio, T. A. S. M; Rodrigues, E. S; Souza, C. J. M. Aparato experimental para o ensino de tópicos da eletrostática: o eletroscópio com transistor de efeito

de campo. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 34, n. 1, p. 298-309, abr. (2017).

Santos, G. H.; Alves, L.; Moret, M. A. Modellus: Animações Interativas Mediando a Aprendizagem Significativa dos Conceitos de Física no Ensino Médio. Revista Científica da Escola de Administração do Exército – n. 02, (2006).

Santos, E. S.; Júnior, R. S. M. e Santana, V. M. S. Determinação experimental da constante de Planck pela observação da corrente de descarga de um capacitor Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 32, n. 3, p. 824-836, dez. (2015).

Santos, M. A. S. O eletroscópio de folhas de alumínio como instrumento de ensino dos conceitos da eletrostática. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro (2016).

Santos, C. A. Desafios para a interdisciplinaridade no ensino das ciências da natureza. Revista Thema. V. 15, n. 02, p. 363-370, (2018).

Schroeder, C. A importância da física nas quatro primeiras séries do ensino fundamental. Revista Brasileira de Física, v. 29, n. 1, p. 89-94, (2007).

Seré, M. G., Coelho, S. M. e Nunes, A. D. O papel da experimentação no ensino da física. Cad. Bras. Ens. Fís., v.20, n.1: 30-42, abr. (2003).

Silveira, F. L. da e Marques, N. L. R. Motor elétrico de indução: Uma das dez maiores invenções de todos os tempos. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. 1: p. 114-129, abr. (2012).

Sousa, A. S. Kit de brinquedos: uma forma prazerosa de ensinar e aprender física no ensino fundamental I. Dissertação de mestrado. UFRSA (2017).

Souza, R. D. Balança de Curie e Correntes de Foucault. Instrumentação para o ensino. I.F. UNICAMP. (2005).

Tarouco, L. M. R.; Fabre, M. J. M.; Tamusiunas, F. R. Reusabilidade de objetos educacionais. Revista Novas Tecnologias na Educação, PPGIE/UFRGS, v.1., n.1., 2003.

Tavares, R. Animações interativas e mapas conceituais: uma proposta para facilitar a aprendizagem significativa em ciências. Revista Ciências & Cognição. Vol 13 (2): p. 99-108, (2008).

Vazzi, M.R.G. O Arduino e a Aprendizagem de Física: um kit robótico para abordar conceitos e princípios do Movimento Uniforme. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista, Araraquara (2017).

Veit, E. A e Teodoro, V. D. Modelagem no Ensino / Aprendizagem de Física e os parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Revista Brasileira do Ensino de Física, vol. 24, nº. 2, Junho, (2002).

Viscovini, R. C; Silva, D. M; Ávila, E. A; Marton, I. L. A; Santos, M. A; Baliscei, M. P; Oliveira, M. A. F; Santos, R. R; Sabino, A. C; Gomes, E. S; Passos, M. M; Arruda, S. M. Maquete didática de um sistema trifásico de corrente alternada com Arduino: ensinando sobre a rede elétrica. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 32, n. 3, p. 856-869, dez. (2015).

Vygotsky, L. S. Pensamento e Linguagem. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

Villate, J. E. Física 2. Eletricidade e magnetismo. Faculdade de engenharia. Universidade do Porto. (2009).

Young, H. D. e Freedman, R. A. Física III – Eletromagnetismo. Ed. Pearson. 12º Ed. (2009).

APÊNDICE A

PRODUTO EDUCACIONAL

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE TÓPICOS DE
ELETROMAGNETISMO POR MEIO DE EXPERIÊNCIAS VIRTUAIS E
ATIVIDADES PRÁTICAS.**

Aluno: Marcelo de Amorim Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Gurgel de Oliveira Rebouças

Mossoró

2020

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	1
CAPÍTULO 01 - UMA VISÃO GERAL DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	2
Metodologia/Objetivo dos encontros.....	2
Conteúdos abordados.....	3
CAPÍTULO 02 – MATERIAIS UTILIZADOS.....	4
CAPÍTULO 03 – A SEQUÊNCIA DE ENCONTROS.....	5
ENCONTRO 01.....	5
O texto introdutório.....	5
As simulações computacionais.....	6
PhET simulações interativas.....	7
Física na Escola simulações.....	11
ENCONTRO 02.....	16
Experiência 01 – A Força de Lorentz e a regra da mão direita.....	17
Experiência 02 – A Lei da indução eletromagnética de Faraday.....	20
ENCONTRO 03.....	23
Experiência 03 – Levitação magnética.....	23
Experiência 04 – Freio magnético.....	26
ENCONTRO 04.....	29
Aplicação de teste.....	29

APRESENTAÇÃO.

Caro professor

Este produto educacional é uma sequência didática para ensino de tópicos de eletromagnetismo. A base teórica desta proposta de intervenção pedagógica é a teoria do interacionismo social de Lev Vygotsky e propõe atividades pedagógicas que englobam o uso de simulações computacionais e a realização de práticas experimentais. As atividades didáticas virtuais e experimentais apresentadas neste trabalho devem ser realizadas pelos alunos sob a observação e tutoria do professor. Busca-se nesta proposta a adoção de uma metodologia de ensino onde se possa constantemente estabelecer a interação do aprendiz com o objeto de estudo, com o professor e com os demais estudantes.

Durante as atividades experimentais virtuais e práticas, os estudantes não se limitarão apenas a observar a execução de um experimento pelo professor, uma vez que eles mesmos é que deverão manusear os simuladores computacionais e também os materiais nas atividades empíricas, na tentativa de montar os experimentos, observar e reproduzir os fenômenos físicos. Outra possibilidade desta metodologia é a de se estabelecer uma comunicação dialógica entre professor e estudantes. Busca-se por fim induzir os alunos a observar, realizar atividades empíricas, formular questionamentos, levantar hipóteses sobre os fenômenos envolvidos e a propor respostas coerentes com o saber científico para estes mesmos questionamentos. Esta sequência de aulas pode ser adaptada à realidade do professor, de seus alunos e dos recursos como tempo, materiais e equipamentos disponíveis.

Este produto educacional é resultado de um trabalho que é parte do trabalho de conclusão do curso do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física promovido pela a Universidade Federal do Rural do Semiárido (UFERSA) e pela Sociedade Brasileira de Física.

CAPÍTULO 01 - UMA VISÃO GERAL DO PRODUTO EDUCACIONAL.

Este produto educacional apresenta uma sequência didática com atividades para serem desenvolvidas em dois ambientes: em uma sala de informática/computação e em um laboratório didático de ciências ou de física. A sequência de atividades consta de quatro encontros de 50 minutos conforme detalhamento da Tabela 01.

TABELA 01 – Resumo dos encontros

ENCONTRO	DURAÇÃO (min)	ATIVIDADE
1	50	Texto introdutório / Simulações computacionais
2	50	Atividade prática 01 e 02
3	50	Atividade prática 03 e 04
4	50	Aplicação do questionário avaliativo

Fonte: O próprio autor.

Metodologia/Objetivo dos encontros.

Primeiro encontro: Por meio da leitura de um texto introdutório fomentar uma breve discussão sobre aplicações gerais das leis do eletromagnetismo. Em seguida, por meio do manuseio e interação com os simuladores computacionais, explorar de forma introdutória e experimental/virtual fenômenos e conceitos mais específicos do eletromagnetismo.

Segundo encontro: Por meio de realização de atividades experimentais pelos alunos e da interação destes entre si, com o material experimental e com o professor, explorar conceitos e ideias do eletromagnetismo como a força de Lorentz, a regra da mão direita e a Lei da indução de Faraday.

Terceiro encontro: Por meio de realização de atividades experimentais pelos alunos e da interação destes entre si, com o material experimental e com o professor, dar continuidade à exploração de conceitos e ideias do eletromagnetismo trabalhado no segundo encontro, adicionando a estes as ideias da Lei de Lenz e das correntes de Foucault.

Quarto encontro: Fazer uma avaliação de aprendizagem dos conteúdos explorados por meio das atividades desenvolvidas.

Esta proposta é direcionada para acontecer com grupos de no máximo 20 alunos divididos em grupos com no máximo cinco alunos cada. É recomendado que os alunos que irão participar destas atividades já tenham visto em seu currículo, conteúdos referentes à eletrodinâmica como corrente elétrica, corrente contínua e alternada, potencial elétrico entre outras, no entanto esta recomendação não é um pré-requisito exigido para o desenvolvimento destas atividades.

No primeiro encontro desta sequência, os alunos farão a leitura de um texto introdutório e logo em seguida irão fazer o manuseio de simuladores computacionais, para isto devem ter acesso a computador com internet. A sala de informática é o local indicado para a realização desta atividade e a condição ideal é que fique um aluno em cada computador, ou caso não seja possível que sejam no máximo dois alunos por computador.

Os dois encontros seguintes são em laboratórios de ciências ou física, no entanto estes encontros também podem acontecer na sala de aulas convencional. Neles serão realizadas as atividades práticas experimentais.

Por fim no quarto encontro os alunos deverão responder a um questionário que é o teste avaliativo e que poderá ser usado pelo professor como parâmetro para observação da aquisição de competências e habilidades adquiridas nestes encontros.

Conteúdos abordados.

Os conteúdos abordados nas atividades desta proposta são algumas Leis e formulações do eletromagnetismo:

- A Lei de Ampère, a força de Lorentz, a experiência de Oersted, a regra da mão direita e a interação carga campo;
- A Lei da Indução Eletromagnética de Michael Faraday;
- A Lei de Lenz que é um complemento da Indução Eletromagnética;
- As Correntes de Foucault.

CAPÍTULO 02 – MATERIAIS UTILIZADOS.

Computadores com acesso a internet são necessários para a realização do encontro 01. O quadro 01 apresenta a lista dos materiais que serão utilizados nas experiências que serão realizadas nos encontros 02 e 03. O detalhamento do manuseio destes materiais com a definição de quantidades e medidas se encontra no capítulo 03 no detalhamento de cada atividade prática.

QUADRO 01 – Materiais para aulas práticas

ITEM	MATERIAIS	QUANTIDADES
1	Ímãs de neodímio em formato cilíndrico com diâmetro entre 13 mm e 15 mm e altura de 3 mm a 5 mm.	30 unidades
2	Pequenas estruturas em madeira ou material similar com 2 pequenos pregos fixados na extremidade.	5 unidades
3	Fio de rede RJ45 (o fio mais fino geralmente colorido que compõe o cabo de rede).	3 metros
4	Bateria de 9,0 V.	5 unidades
5	Tubos cilíndricos que devem ser constituídos de material transparente.	5 unidades
6	Fio de cobre esmaltado 28, 30 ou 32 AWG .	400 gramas
7	LED difuso de 5 mm.	15 unidades
8	Cano de cobre ou alumínio 3/4".	5 peças de 30 cm
9	Cano de PVC 3/4".	5 peças de 30 cm

Fonte: O próprio autor.

CAPÍTULO 03 – A SEQUÊNCIA DE ENCONTROS.

ENCONTRO 01.

O texto introdutório.

Todos os encontros terão duração de cinquenta minutos. No início do primeiro encontro o professor apresentará aos alunos o texto em destaque abaixo que vai introduzir os assuntos. Os alunos devem fazer uma breve leitura do texto, ele é a parte deste material que antecede os conteúdos propriamente ditos. O texto tem uma abordagem contextualizada e explora a geração de energia elétrica em usinas hidrelétricas. Nele além de se falar sobre a importância das usinas hidrelétricas, de modo sucinto se apresenta a conversão da energia mecânica da água em energia elétrica através de um sistema de represamento da água, turbinas e geradores. O texto deve ser lido pelos estudantes no próprio laboratório de informática, local adequado para o primeiro encontro, na forma impressa ou em arquivo digital. O texto deve ser o ponto de partida de uma breve discussão que tem como objetivo principal fazer a apresentação de aplicações mais gerais do eletromagnetismo e suscitar questionamentos sobre a geração de energia, mas sem apresentar suas bases teóricas. Após a discussão do texto que deve durar, no máximo 10 minutos deste encontro, os alunos devem começar a usar os computadores para fazer as simulações.

A ENERGIA HIDRELÉTRICA E SUA IMPORTÂNCIA

Em 2002 durante a Conferência da Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento sustentável, representantes de mais de 170 países se posicionaram favoráveis à geração de energia hidrelétrica e a reconheceram como merecedora de apoio internacional. O fato se deve por vários motivos: a energia hidrelétrica é renovável, viabiliza a utilização de outras fontes de energia renováveis, promove a segurança energética dos povos e a estabilidade dos preços da energia, contribui para o armazenamento de água

potável, ajuda a combater mudanças climáticas, melhora o ar que respiramos e contribui significativamente para o desenvolvimento entre outros.

Uma usina hidrelétrica como a de Itaipu produz eletricidade a partir da energia hidráulica da água sem reduzir sua quantidade, através de um sistema eletromecânico. A água dos rios é represada em grandes reservatórios elevados que formam lagos artificial e dela se aproveita a energia potencial gravitacional. A água escoar por meio de dutos forçados até as turbinas que são formadas por uma grande roda, dotada de uma série de pás ligadas a um eixo, que gira quando a água passa por elas. Antes de se converter em energia elétrica a energia potencial gravitacional da água é convertida em energia cinética que vai provocar a rotação da turbina. As turbinas por sua vez são acopladas aos geradores eletromagnéticos que são constituídos basicamente por fios e ímãs, neles o rotor entra em movimento o que provoca uma mudança de posição do campo magnético produzindo assim a energia elétrica que alimenta as cidades.

Em 2015 a contribuição da energia hidráulica na matriz energética do Brasil foi de aproximadamente 63% e, apesar da tendência do aumento de produção de outras fontes de energia e dos avanços tecnológicos na geração de energia a partir de outras fontes, tudo indica que a energia hidráulica continuará sendo a principal fonte geradora de eletricidade no Brasil por muitos anos.

FONTE: Energia hidráulica. Texto adaptado. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/energia/energia-hidraulica>. Acesso em 30/10/2019.

As simulações computacionais.

O restante do tempo deste primeiro encontro, 40 minutos, será usado para os simuladores. O objetivo do uso das simulações computacionais é fazer uma apresentação introdutória e virtual de fenômenos e conceitos mais específicos do eletromagnetismo e permitir que os estudantes realizem por conta própria experiências virtuais de física. A experimentação virtual proposta neste encontro segue a ideia de Vygotsky da mediação por símbolos icônicos, onde os estudantes irão interagir com imagens e desenhos de coisas concretas.

As diversas simulações que serão acessadas nos simuladores PhET Simulações Interativas e Física na Escola que são detalhados mais a frente, abordam conteúdos do eletromagnetismo. Nestas simulações os alunos poderão interagir com um ambiente virtual que simula experiências que são realizadas em um laboratório real. Interagindo com os simuladores o aluno terá acesso a conceitos e conhecimentos sobre: o comportamento de ímãs e eletroímãs, a representação das linhas de campo magnético, poderá observar que um eletroímã tem comportamento semelhante ao de um ímã convencional, a interação entre polos norte e sul de um ímã, terá acesso a uma bússola virtual e seu funcionamento, a representação do campo magnético da terra, poderá entender como a variação do fluxo magnético no interior de uma bobina induz uma corrente elétrica, poderá perceber a relação entre a corrente elétrica, a tensão elétrica e a quantidade de voltas da bobina, perceberá como a velocidade do ímã pode interferir na corrente induzida, poderá fazer observação da conservação da energia do sistema, poderá observar a força de Lorentz, os fenômenos físicos expressos nas Leis de Faraday, de Lenz, e de Ampère, irá interagir com simulação que demonstra a regra da mão direita, observará a atração magnética de um ímã sobre objetos constituídos por alguns tipos de metal, ferromagnetismo, perceberá o sentido do campo magnético ao redor de um condutor percorrido por corrente elétrica, a perpendicularidade entre corrente elétrica e campo magnético, observará as dinâmicas de um transformador e a relação entre as espiras e a tensão elétrica, observará o campo magnético da corrente induzida em sentido oposto ao campo magnético que originou a corrente.

PhET simulações interativas.

PHET INTERACTIVE SIMULATIONS. Física: Eletricidade, Ímãs e Circuitos. c2020. University of Colorado. Disponível em: <https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics/electricity-magnets-and-circuits> Acesso em 30 de ago. de 2019.

No site da Universidade do Colorado (EUA) são disponibilizados os recursos didáticos para o ensino de física e outras ciências. Para uso dos simuladores nos computadores o acesso é por meio dos links do quadro 02. No

caso desta proposta as simulações se limitarão à categoria de eletricidade, circuitos e magnetismo. Cada simulação/experiência está contida em um link específico.

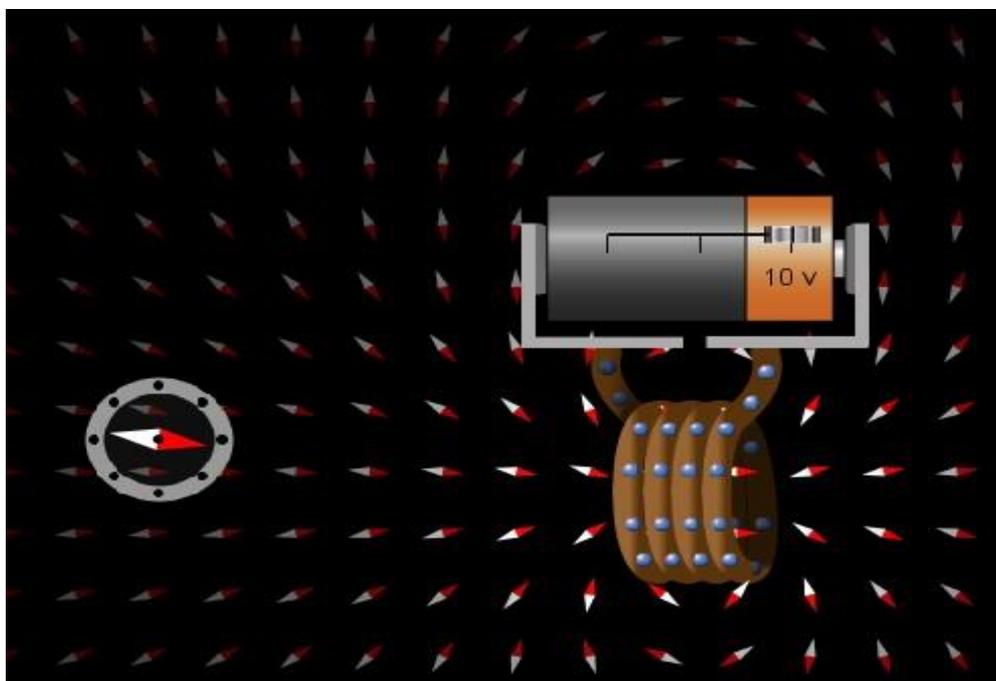
QUADRO 02 – Links de acesso aos simuladores PhET simulações interativas.

https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics/electricity-magnets-and-circuits
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/magnets-and-electromagnets
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/magnet-and-compass
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/faradays-law
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/faraday
https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/generator

FONTE: o próprio autor.

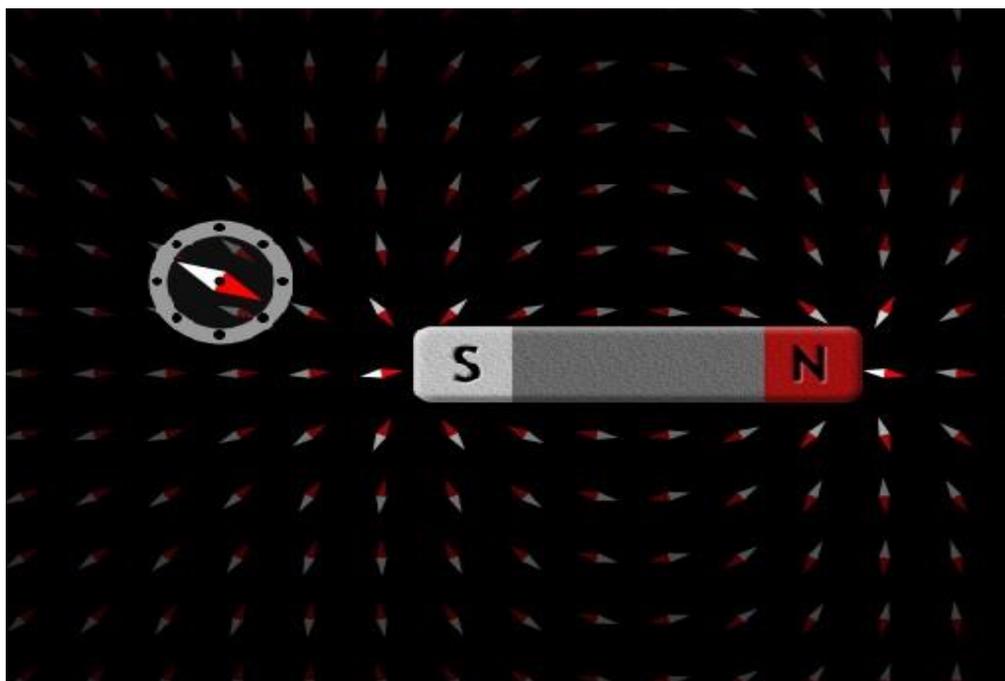
As figuras 01, 02, 03, 04, 05 e 06 são de simulações de eletromagnetismo do PhET Simulações Interativas.

FIGURA 30: Eletroímã



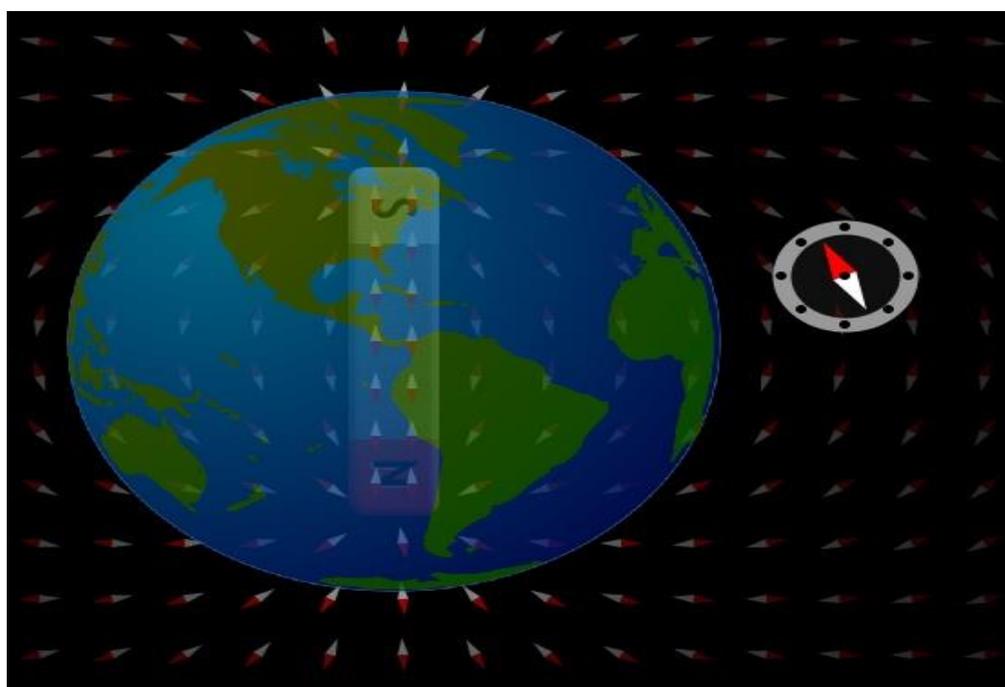
Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/magnets-and-electromagnets

FIGURA 31: Ímã em barra



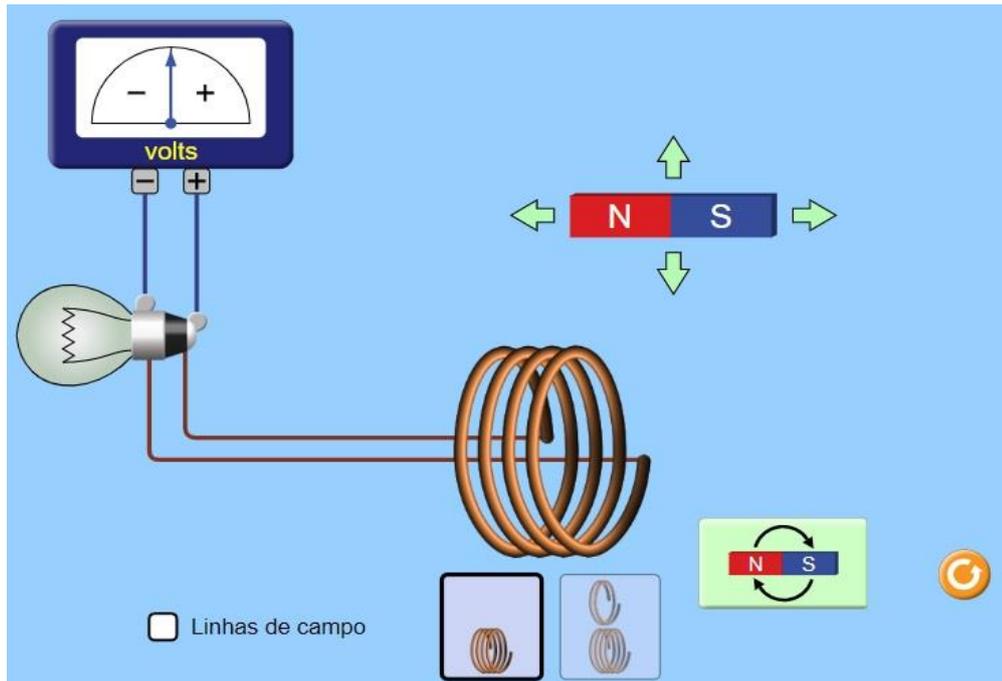
Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/magnets-and-electromagnets

FIGURA 32: Ímã e bússola



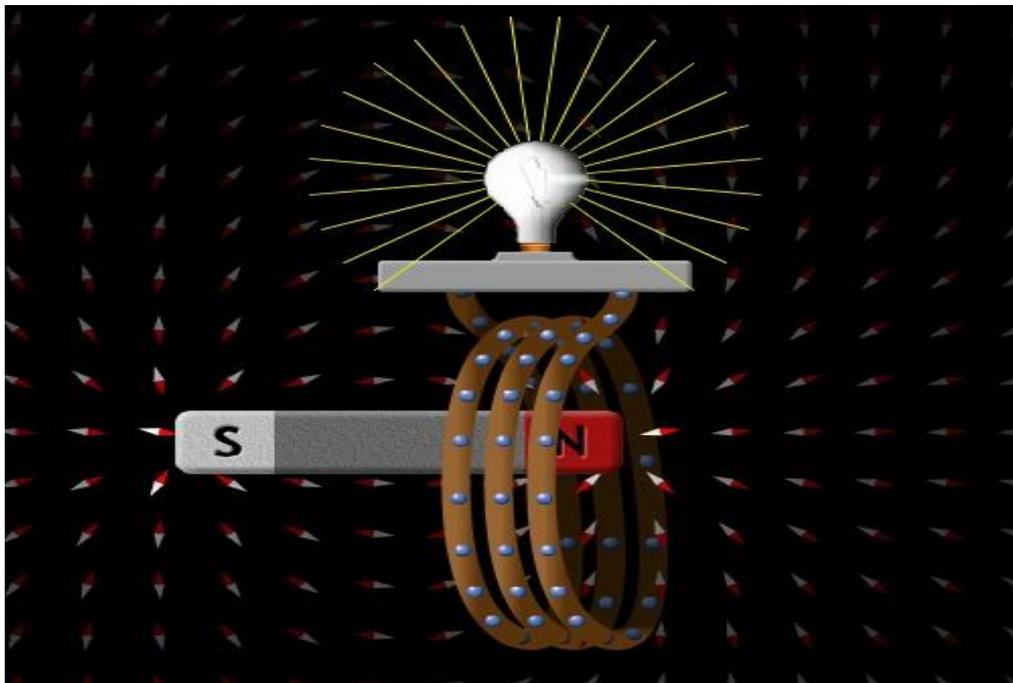
Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/magnet-and-compass

FIGURA 33: Lei de Faraday



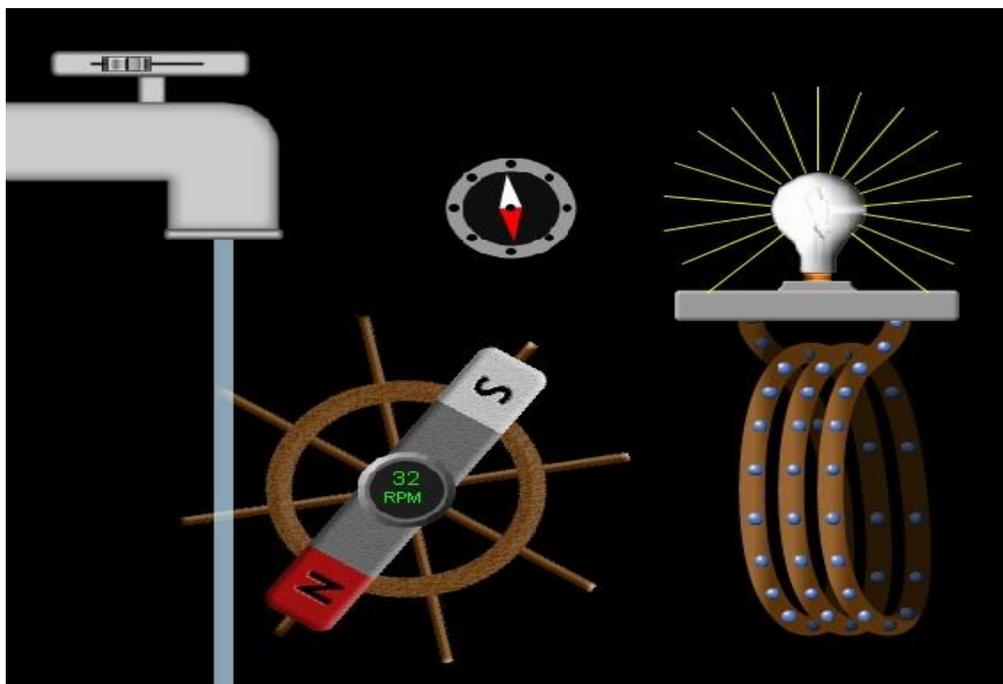
Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/faradays-law

FIGURA 34: Lei de Faraday



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/faraday

FIGURA 35: Gerador



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/generator

Física na Escola simulações.

FÍSICA NA ESCOLA HTML5. Física Animações/simulações. Página inicial. Disponível em <<https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=pt>>. Acesso em 30 de ago. de 2019.

No site Física na Escola – HTML5. Física Animações/simulações são disponibilizados os recursos didáticos para o ensino de física. Para uso dos simuladores nos computadores o acesso é por meio dos links do quadro 03. No caso desta proposta as simulações se limitarão à categoria de eletricidade, circuitos e magnetismo. Cada simulação/experiência está contida em um link específico.

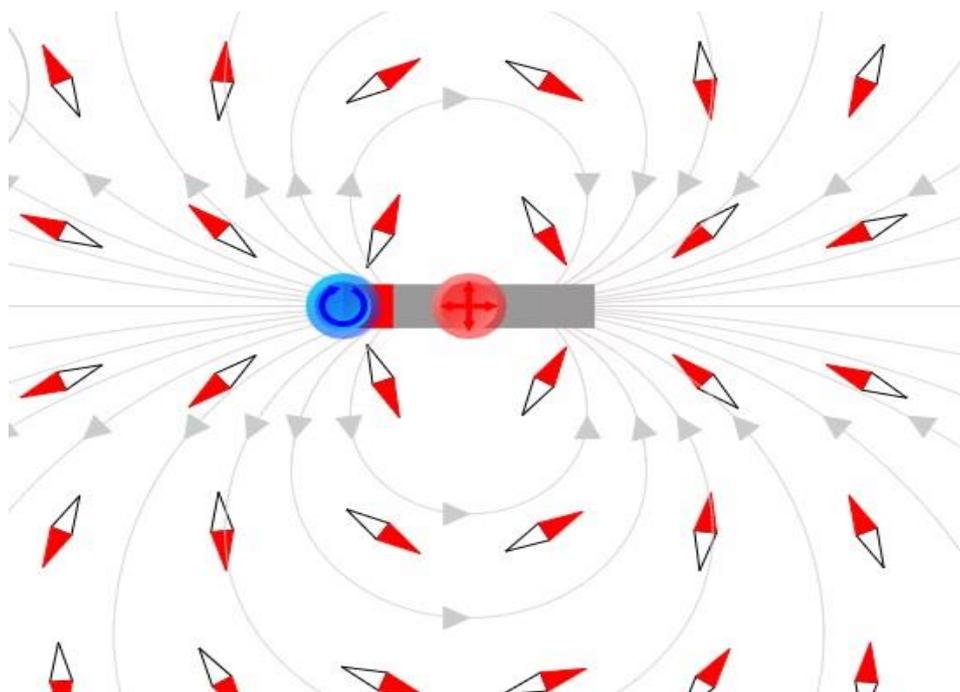
QUADRO 03 – Links de acesso aos simuladores Física na Escola.

https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=ac_transformator&l=pt
https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mag_lenz&l=pt
https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mag_vodic&l=pt
https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mag_fleming&l=pt
https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mag_ferro&l=pt
https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mag_magnet&l=pt
https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mag_indukce_accel&l=pt

FONTE: o próprio autor.

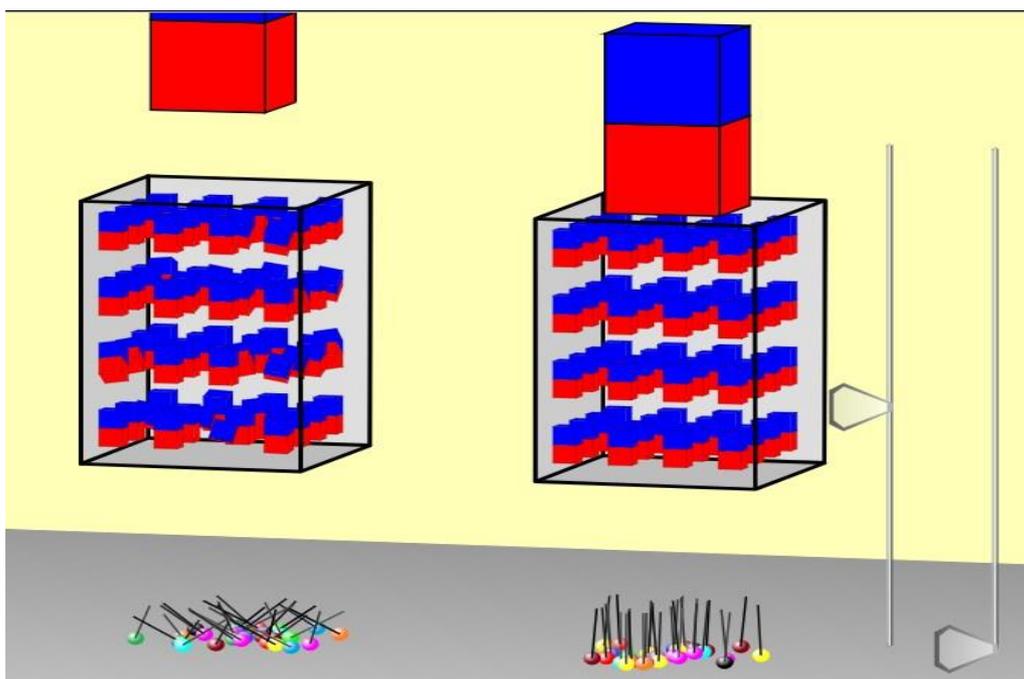
As figuras 07, 08, 09, 10, 11, 12 e 13 são de simulações de eletromagnetismo do site Física na Escola.

FIGURA 36: Ímã e linhas de campo magnético



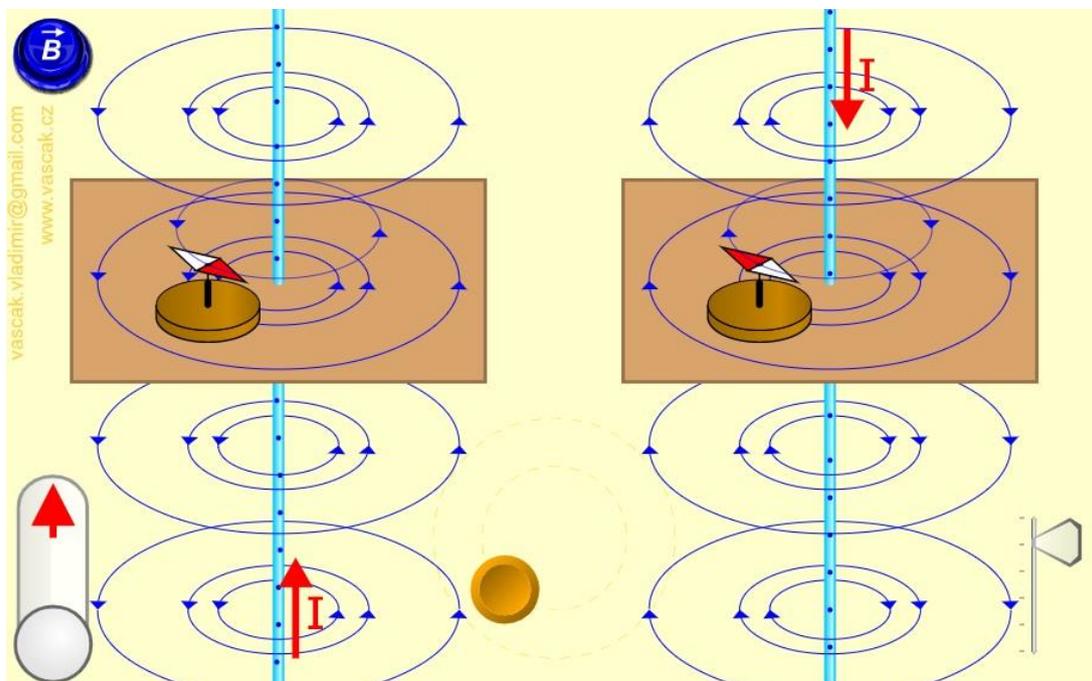
Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mag_magnet&l=pt

FIGURA 37: Ferromagnetismo



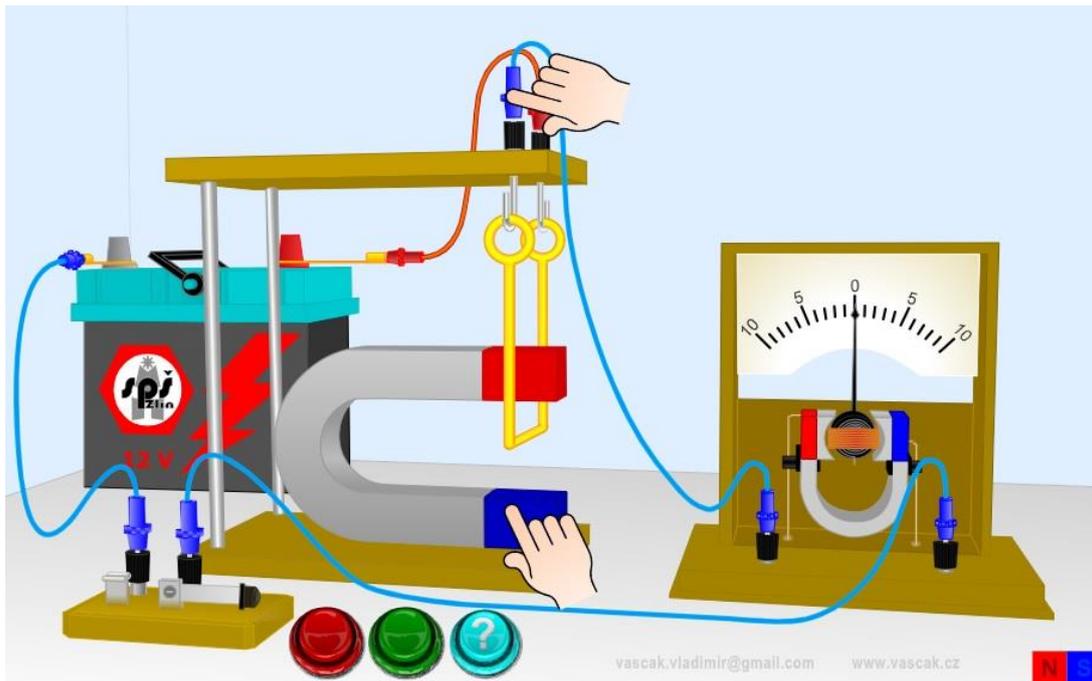
Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mag_magnet&l=pt

FIGURA 38: A regra da mão direita.



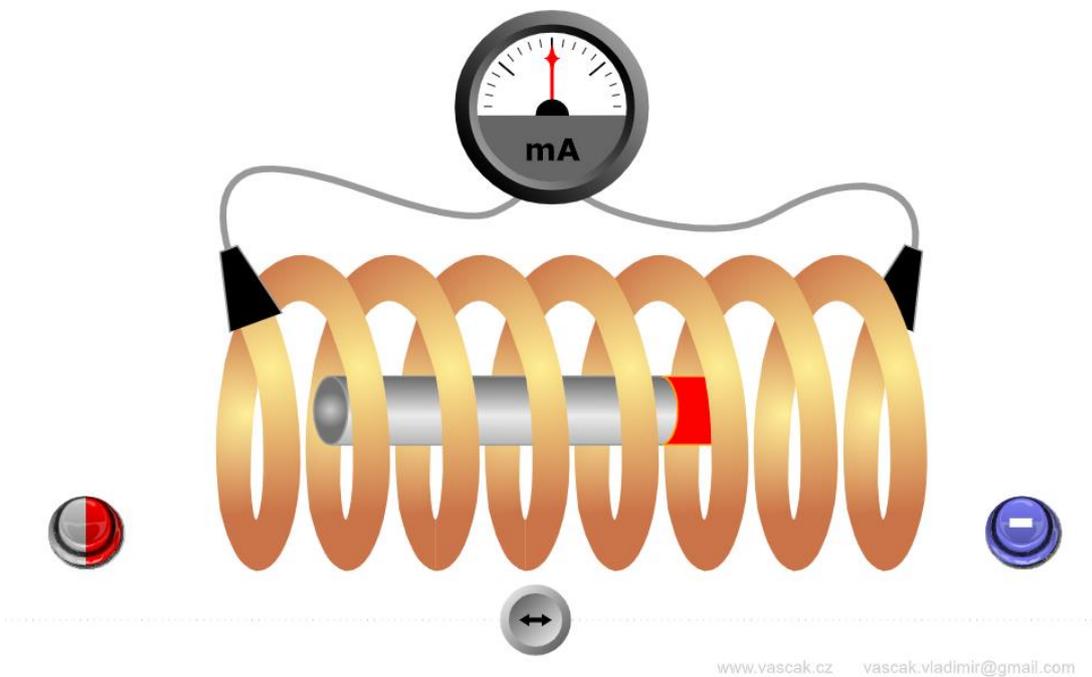
Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mag_vodic&l=pt

FIGURA 39: Força de Lorentz/regra da mão direita.



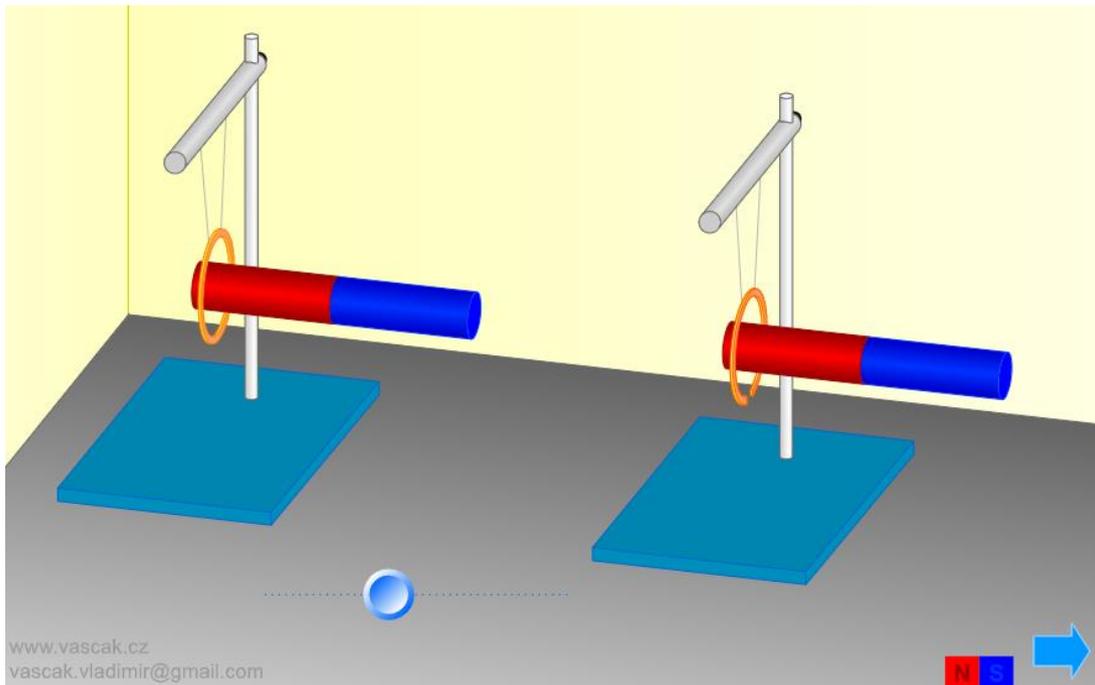
Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=mag_fleming&l=pt

FIGURA 40: A lei de Faraday.



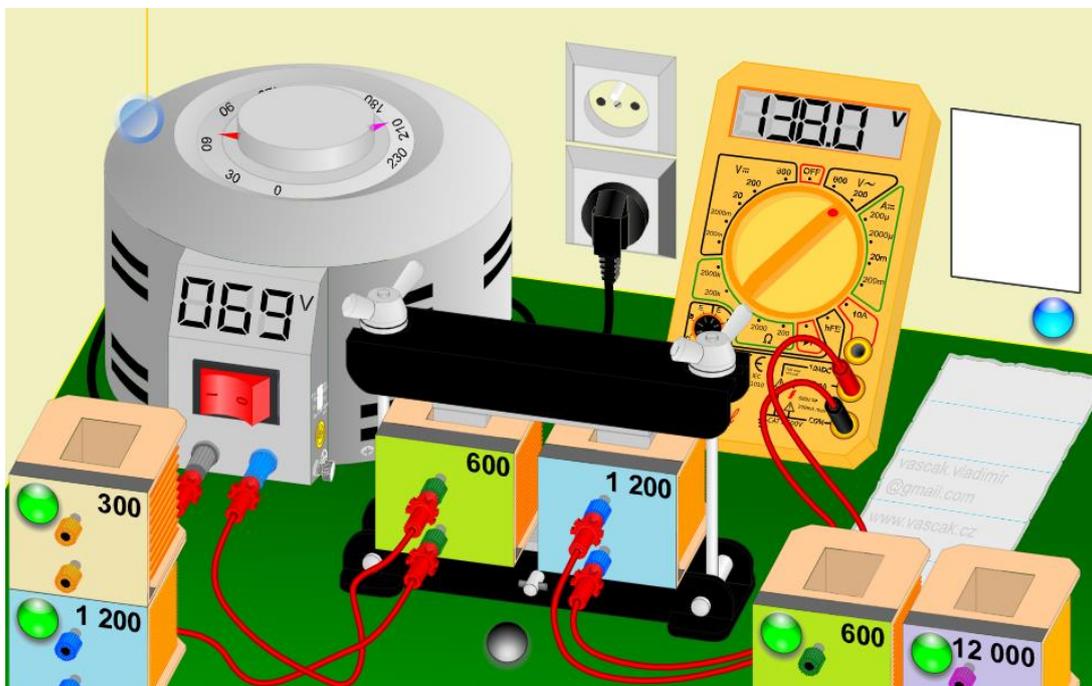
https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mag_indukce_accel&l=pt

FIGURA 41 - A lei de Lenz.



Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mag_lenz&l=pt

FIGURA 42: Transformador



FONTE: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=ac_transformator&l=pt

Durante o manuseio dos computadores os alunos podem ficar livres para interagir com as simulações da forma que quiserem, devendo ser estimulados pelo professor a fazer alterações em suas variáveis e tentar fazer conexões com as ideias expostas no texto. Nestas atividades experimentais virtuais, busca-se a construção do saber científico através da interatividade com a máquina e com as muitas variáveis e possibilidades contidas nas simulações e derivadas das leis físicas exploradas nestas.

Ao final desta aula o professor deve informar aos estudantes que no próximo encontro, eles farão o manuseio de materiais e que de modo prático terão a oportunidade de montar dispositivos e realizar as mesmas experiências que foram contempladas nestas atividades virtuais ou que possuem fundamento teórico em leis físicas expostas nestas simulações.

ENCONTRO 02.

Nota introdutória para os encontros 02 e 03.

As aulas experimentais propostas neste trabalho buscam colocar o aprendiz como protagonista do processo de aprendizagem. Por este motivo, estas atividades experimentais tentem permitir que eles por si só, já tendo visto estes fenômenos físicos nos simuladores e interagindo com materiais e os demais colegas do seu grupo, construir/reproduzir os fenômenos físicos que foram abordados de modo virtual e específico através das simulações. Assim o professor inicialmente apenas irá informar aos alunos um título para a atividade prática, mas não irá propor uma sequência a ser seguida ou um roteiro de prática experimental, ele deixará a disposição dos estudantes os materiais necessários para a realização das práticas e ao invés de dar um roteiro pronto ele deve questionar os estudantes sobre os fenômenos físicos que permeiam a atividade experimental, tentando levar os alunos a aprender inclusive quando errarem, deixando que eles percebam a evolução do conhecimento e perceber que a repetição de um modelo pronto não provoca necessariamente a compreensão de certo fenômeno.

Para as atividades que ocorrerão nestes encontros, é necessário que o professor antecipadamente construa e realize os experimentos, para que ele possa compreender a execução e o passo a passo de cada atividade, para que

após as tentativas de realização dos experimentos pelos estudantes possa questionar ou levá-los a formular seus próprios questionamentos acerca do sucesso ou não da execução de cada experimento e sobre os princípios físicos contidos neles e também possa auxiliá-los em caso de dúvida ou de problemas no decorrer das experiências. Recomenda-se também que antecipadamente, o professor construa e deixe prontas as bobinas de cobre e as bases de madeira que serão utilizadas nos encontros 02 e 03.

Experiência 01 – A Força de Lorentz e a regra da mão direita.

O que se espera dos alunos nesta experiência?

Nele pretende-se levar os alunos a montarem o aparato que demonstra a Força de Lorentz. O fenômeno explica como partículas carregadas com carga q e velocidade v na presença de campos magnéticos sofrem a ação de forças magnéticas, e o experimento ainda pode ser usado para fixar as ideias da regra da mão direita.

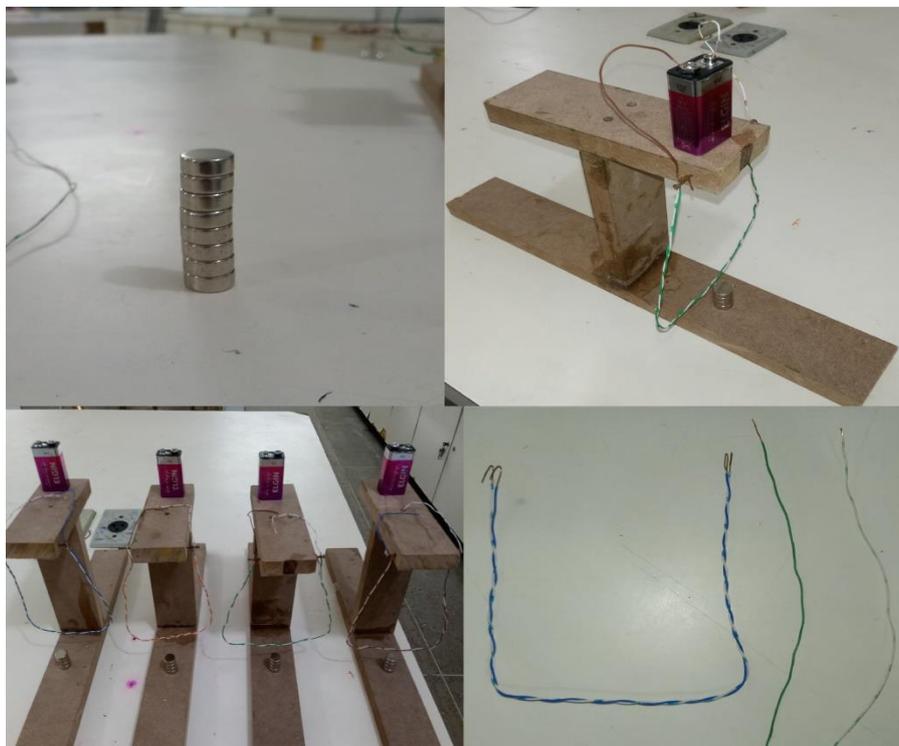
A tarefa consiste de um suporte feito em madeira, sobre o qual será colocada uma bateria de 9,0 V, que terá conectada aos seus dois terminais um pedaço de fio que será percorrido pela corrente elétrica. Este fio será colocado próximo a um conjunto de ímãs de neodímio. A verificação da existência da força de Lorentz se dará pela interação entre as cargas em movimento no fio e o campo magnético dos ímãs de neodímio. Na situação uma força será aplicada sobre o fio fazendo-o sofrer uma deflexão de sua posição de original de repouso.

Os alunos devem ser divididos em grupos com no máximo cinco pessoas e para cada grupo o professor deve disponibilizar os seguintes materiais que estão listados a seguir, mas sem dar um roteiro ou direcionamento do que deve ser construído ou montado. Este experimento é ilustrado nos simuladores que os estudantes já devem ter manuseado e é possível que eles o façam com facilidade, cabe ao professor então induzir os alunos a levantar hipóteses e criar questionamentos sobre o ocorrido no experimento.

Para esta experiência que apresenta a Força de Lorentz e a regra da mão direita, os materiais e suas quantidades estão descritas a seguir e estão ilustrados nas figuras 14 e 15.

1. Quatro Ímãs de neodímio (para cada equipe) em formato cilíndrico e diâmetro entre 13 mm e 15 mm com altura de 3 mm a 5 mm.
2. Devem ser construídas/montadas pequenas estruturas em madeira ou material similar (uma para cada grupo). Nestas estruturas serão colocados o fio, a bateria e os ímãs.
3. Aproximadamente 3,00 m de fio de rede RJ45 (o fio mais fino geralmente colorido que compõe o cabo de rede) (60 cm de fio para cada equipe). Os pedaços de fio devem ser cortados em duas peças de 20 cm cada e ser moldado em formato de U, serem colocados próximo dos ímãs e também serem conectados às baterias de 9,0 V com pedaço de fio que sobra.
4. Uma bateria de 9,0 V para cada grupo.

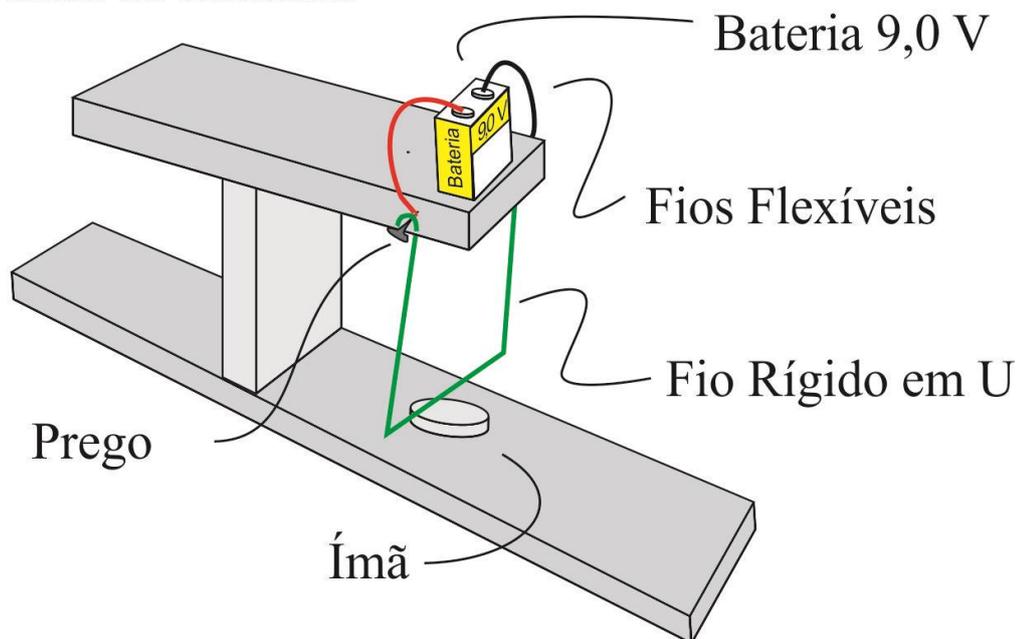
FIGURA 43 - Materiais para experiência da força de Lorentz.



FONTE: O próprio autor.

FIGURA 44 – Figura esquemática de materiais para experiência da força de Lorentz.

Suportes de Madeira



FONTE: O próprio autor.

Um das formas de montagem/procedimento adequado para realização desta experiência.

Qual resultado esperado a partir desta forma de montagem/execução?

Após a execução da experiência pelos estudantes o professor pode junto com a turma realizar novamente a experiência, moderar as discussões, corrigir eventuais equívocos e apresentar os conceitos e ideias sobre o assunto abordado de acordo com os conhecimentos físicos estabelecidos.

Para a realização do experimento deve se conectar os terminais da bateria nos pregos fixados na base de madeira. Também nestes pregos devem ser fixadas as duas pontas do pedaço de fio de rede RJ 45 que deve ser moldado em formato de U (ele é a bobina) e colocar abaixo do U (fio) os ímãs. O resultado esperado é que o fio de rede RJ 45 sofra uma deflexão de sua posição de repouso de modo a se afastar do conjunto de ímãs deixando assim evidente a ação da Força de Lorentz.

Experiência 02 – A Lei da indução eletromagnética de Faraday.

O que se espera dos alunos nesta experiência?

Este procedimento experimental deve durar 25 minutos. Nele pretende-se levar os alunos a construir o aparato que demonstra a Lei da Indução Eletromagnética de Michael Faraday, que afirma que a variação do fluxo magnético em uma bobina, gera um campo elétrico associado a uma voltagem que por consequência produz uma corrente elétrica induzida. O experimento consiste na construção e manuseio de um pequeno transformador de energia cinética em energia elétrica usando os materiais disponibilizados. Acionado manualmente este dispositivo permitirá aos alunos a realização do fenômeno da indução eletromagnética e sua observação através do LED. Os alunos devem ser divididos em grupos com quatro ou cinco pessoas e para cada grupo o professor deve disponibilizar os seguintes materiais listados e ilustrados a seguir sem dar um roteiro ou direcionamento do que deve ser construído ou montado. Este experimento é ilustrado nos simuladores e é possível que os alunos o façam com facilidade, cabe ao professor então induzir os alunos a levantar hipóteses e criar questionamentos sobre o funcionamento de tais dispositivos.

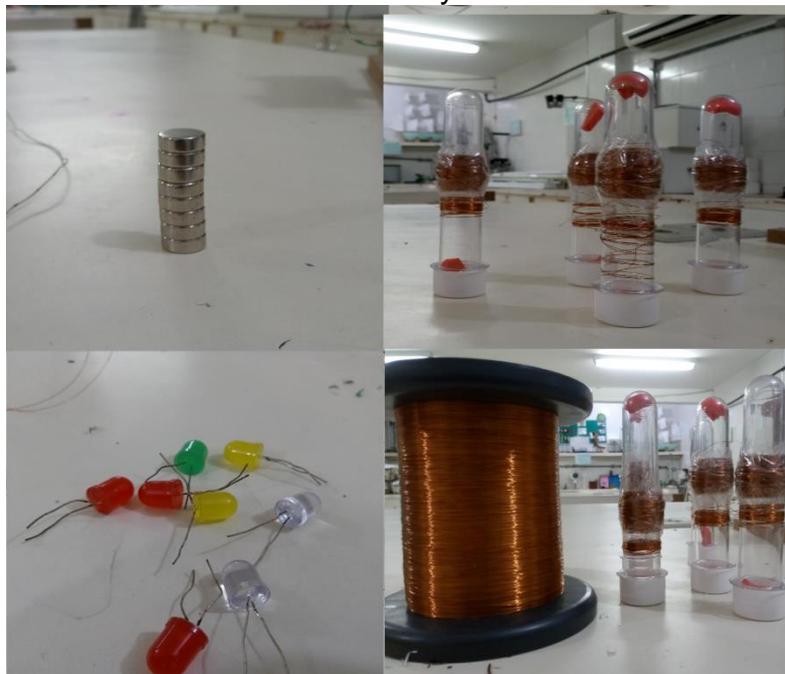
Para esta experiência que aborda a Lei da Indução eletromagnética de Faraday e o gerador eletromagnético, os materiais e suas quantidades estão descritas a seguir e estão ilustrados nas figuras 16 e 17.

1. 4 Ímãs de neodímio (para cada equipe) em formato cilíndrico e diâmetro entre 13 mm e 15 mm com altura de 3 mm a 5 mm.
2. Tubos cilíndricos (um para cada equipe) que devem ser constituídos de material transparente com comprimento que pode variar entre 7 e 10 cm, e diâmetro de $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ de polegada (pode-se usar tubo de material PET, acrílico ou mesmo tubo de seringa para injeção).
3. Aproximadamente 50 m de fio de cobre esmaltado para cada tubo cilíndrico (fio de bobina de eletrodomésticos) com bitola que

compreenda o intervalo de AWG 28 a AWG 32 para construção de bobinas (uma para cada equipe) com 500 voltas.

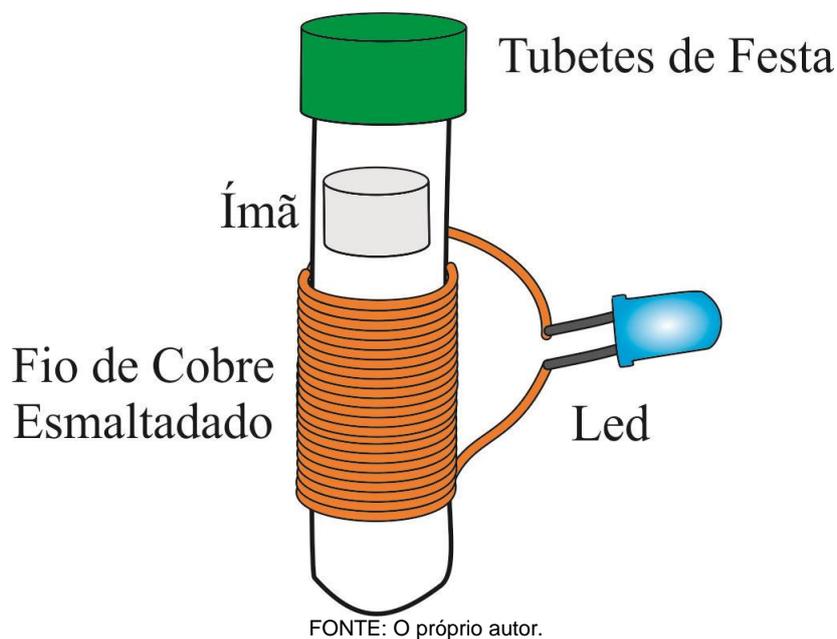
4. LED's difuso (2 para cada equipe) de 5 mm.
5. Deverão ser construídas bobinas de 500 voltas com o fio de cobre esmaltado no tubo cilíndrico transparente (um para cada grupo). As pontas do fio de cobre da bobina deverão ter um tamanho maior que 30 cm, elas devem ser raspadas ou queimadas para que seja retirado o esmalte isolante.

FIGURA 45 – Materiais para experiência da Lei da indução eletromagnética de Faraday.



FONTE: O próprio autor.

FIGURA 46 – Figura esquemática de materiais para experiência da lei da indução eletromagnética de Faraday.



Um das formas de montagem/procedimento adequado para realização desta experiência.

Qual resultado esperado a partir desta forma de montagem/execução?

Após a tentativa dos estudantes o professor pode junto com a turma realizar a experiência e moderar as discussões. Para a realização do experimento deve se conectar os terminais da bobina com os terminais do LED através de emenda ou por contato simples. Devem-se inserir os quatro ímãs de neodímio no interior do tubo cilíndrico transparente e agitar este, fazendo movimento de vai e vem, de modo que o conjunto de ímãs percorra o interior do tubo cilíndrico transparente. O resultado esperado é que o LED comece a piscar enquanto ocorrer o movimento dos ímãs entrando e saindo da bobina (Caso não ocorra deve-se inverter a polaridade dos LED's). Caso seja possível, deve-se fazer a conexão dos terminais da bobina com o LED através de solda de estanho. É recomendado ainda que seja colocado no fundo do tubo transparente um pedaço de borracha para que o choque dos ímãs com a parte interna do tubo não venha a danificá-los. Após a tentativa dos estudantes o professor pode junto com a turma realizar a experiência, moderar as discussões, corrigir eventuais equívocos e apresentar os conceitos e ideias

sobre o assunto abordado de acordo com os conhecimentos físicos estabelecidos.

ENCONTRO 03.

Experiência 03 – Levitação magnética.

O que se espera dos alunos nesta experiência?

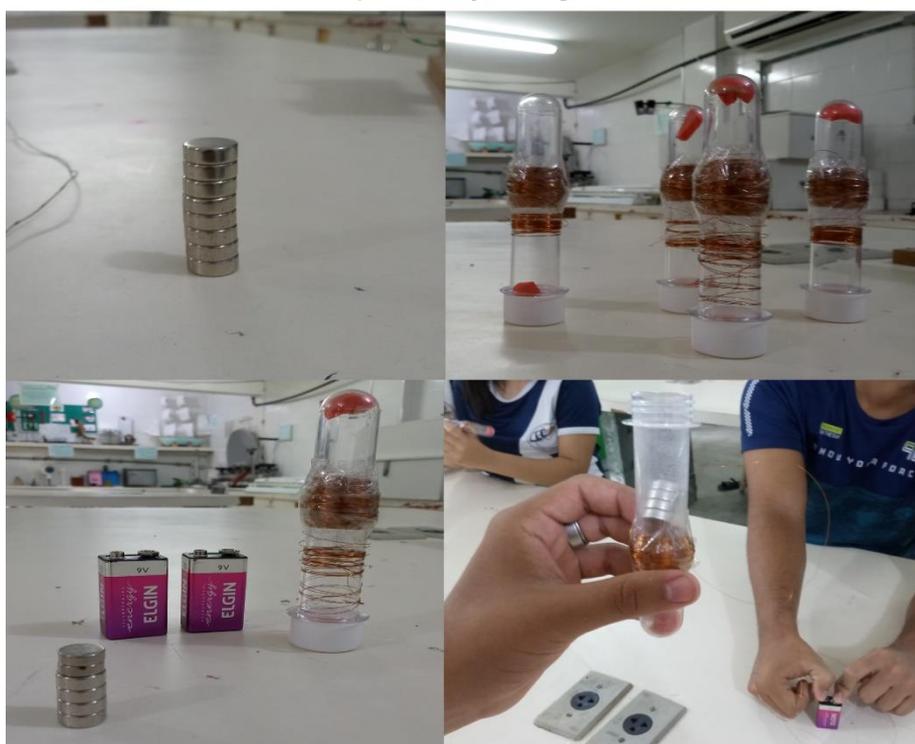
Este procedimento experimental deve durar 25 minutos. Esta atividade tem o objetivo de levar os alunos a construir outro aparato que também apresenta a Lei de Ampère que relaciona a corrente elétrica que atravessa um circuito com a circulação sobre este mesmo circuito de um campo magnético gerado por esta corrente e também demonstrar a interação do campo magnético produzido pela corrente elétrica que percorre a bobina com o campo magnético de um ímã permanente. Neste experimento será verificada a levitação magnética derivada da interação de um ímã permanente e um eletroímã.

Para esta experiência que também aborda a Lei de Ampère e demonstra a levitação magnética, os materiais e suas quantidades estão descritas a seguir e estão ilustrados nas figuras 18 e 19.

1. 2 ou 3 Ímãs de neodímio (para cada equipe) em formato cilíndrico e diâmetro entre 13 mm e 15 mm com altura de 3 mm a 5 mm.
2. Tubos cilíndricos (um para cada equipe) que devem ser constituídos de material transparente com comprimento que pode variar entre 7 e 10 cm, e diâmetro de $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ de polegada (pode-se usar tubo de material PET, acrílico ou mesmo tubo de seringa para injeção).
3. Aproximadamente 50 m de fio de cobre esmaltado para cada tubo cilíndrico (fio de bobina de eletrodomésticos) com bitola que compreenda o intervalo de AWG 28 a AWG 32 para construção de bobinas (uma para cada equipe) com 500 espiras.

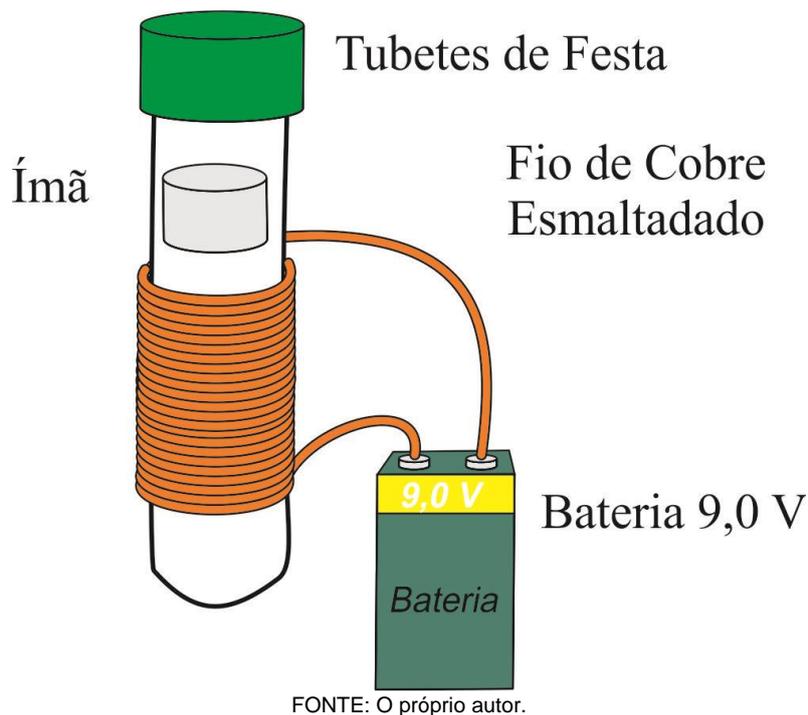
4. Deverão ser construídas bobinas de 500 voltas com o fio de cobre esmaltado no tubo cilíndrico transparente (um para cada grupo). As pontas do fio de cobre da bobina deverão ter um tamanho maior que 30 cm, elas devem ser raspadas ou queimadas para que seja retirado o esmalte isolante.
5. Baterias de 9,0 V (uma para cada equipe).

FIGURA 47 – Materiais para a segunda experiência da levitação magnética/lei de ampère/força magnética.



FONTE: O próprio autor.

FIGURA 48 – Figura esquemática de materiais para a segunda experiência da levitação magnética/lei de ampère/força magnética.



Um das formas de montagem/procedimento adequado para realização desta experiência.

Qual resultado esperado a partir desta forma de montagem/execução?

Inicialmente deve-se conectar um dos terminais da bobina em um dos terminais da bateria de 9,0 V. Em seguida inserir três ímãs de neodímio agrupados, no interior do tubo cilíndrico transparente que deve estar na posição horizontal, exatamente no centro da bobina, e depois se deve ligar o outro terminal da bobina no terminal livre da bateria de 9,0 V. Neste caso duas situações são possíveis e vão depender da polaridade dos ímãs e da polaridade do campo magnético gerado pela corrente na bobina:

Situação 01- Os ímãs serão expulsos do interior da bobina logo que ela seja conectada à pilha; Isto acontece devido à interação entre o campo magnético dos ímãs e o campo magnético secundário gerado na bobina. Neste caso os polos dos campos magnéticos estarão na situação norte/norte ou sul/sul.

Ou

Situação 02 - Eles ficarão presos no interior da bobina logo que ela seja conectada às pilhas. Isto acontece devido à interação entre o campo magnético

dos ímãs e o campo magnético secundário gerado na bobina. Neste caso os polos dos campos magnéticos estarão na situação norte/sul ou sul/norte.

Nesta segunda situação é possível verificar esta atração forte do conjunto ímãs/bobina, colocando o tubo cilíndrico transparente na posição vertical e observando que o conjunto de ímãs fica suspenso “levitando” no interior da bobina preso por uma força de atração magnética que supera o efeito gravitacional da terra. Para se oscilar entre os efeitos de expulsão do conjunto de ímãs e prisão do mesmo à bobina, basta que se faça a inversão de polaridade da bobina na bateria de 9,0 V. Após a tentativa dos estudantes o professor pode junto com a turma realizar a experiência, moderar as discussões, corrigir eventuais equívocos e apresentar os conceitos e ideias sobre o assunto abordado de acordo com os conhecimentos físicos estabelecidos.

Experiência 04 – Freio magnético.

O que se espera dos alunos nesta experiência?

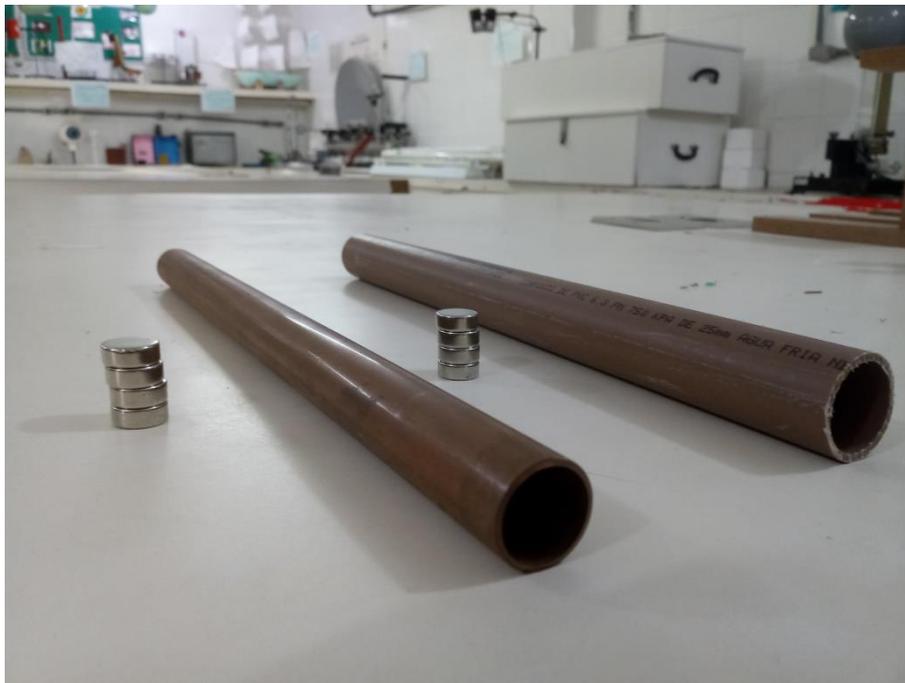
Este procedimento experimental deve durar 25 minutos. Esta atividade tem o objetivo de levar os estudantes novamente montar um aparato experimental que reproduza a Lei da Indução Eletromagnética de Michael Faraday acrescido da Lei de Lenz que também é conhecido como freio magnético. A Lei de Lenz afirma que o campo magnético gerado pela corrente induzida na bobina é tal que se opõe à variação do fluxo magnético que o originou. Outro objetivo desta aula é atestar a existência das correntes de Foucault, que são correntes que aparecem em blocos metálicos na forma de corrente induzida e que neste caso, serão as responsáveis pela dissipação da energia potencial gravitacional dos ímãs. Este experimento não é ilustrado nos simuladores, mas é possível que os alunos o façam com facilidade uma vez que para sua realização basta apenas fazer cair o ímã dentro dos canos, cabe ao professor então induzir os alunos a levantar hipóteses e criar questionamentos sobre o funcionamento e o resultado desta experiência.

Para esta experiência que aborda a Lei da Indução eletromagnética de Faraday, a Lei de Lenz e as correntes de Foucault através do freio magnético,

os materiais e suas quantidades estão descritas a seguir e estão ilustrados na figura 20 e 21.

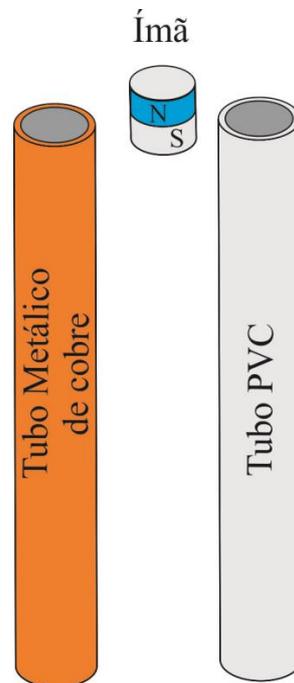
1. No mínimo 6 ímãs de neodímio (para cada equipe) em formato cilíndrico e diâmetro entre 13 mm e 15 mm com altura de 3 mm a 5 mm.
2. Cano de cobre ou alumínio com 30 cm de comprimento e diâmetro de $\frac{3}{4}$ de polegada e cano de PVC de qualquer cor com 30 cm de comprimento e diâmetro $\frac{3}{4}$ de polegada.

FIGURA 49 – Materiais para experiência da lei da indução eletromagnética de Faraday, lei de Lenz e correntes de Foucault.



FONTE: O próprio autor.

FIGURA 50 – Figura esquemática de materiais para experiência da lei da indução eletromagnética de Faraday, lei de Lenz e correntes de Foucault.



FONTE: O próprio autor.

Um das formas de montagem/procedimento adequado para realização desta experiência.

Qual resultado esperado a partir desta forma de montagem/execução?

Os ímãs devem ser soltos em queda livre na parte superior dos dois canos simultaneamente (dois ou três ímãs em cada cano) e deve ser observado que os ímãs que primeiro chegam ao fim do cano são os ímãs que estão no cano de PVC com conseqüente retardo na queda dos ímãs que estão no cano metálico. O retardo que acontece no tempo de queda dos ímãs do cano de cobre/alumínio, se deve as interações entre o campo magnético primário que é o campo magnético dos ímãs de neodímio e o campo magnético secundário. A queda dos ímãs e a conseqüente variação de fluxo magnético geram uma corrente elétrica induzida no cano de metal (Correntes de Foucault). Esta corrente induzida também gera seu campo magnético (campo magnético secundário) que, conforme afirma a Lei de Lenz, é oposto ao campo magnético dos ímãs permanentes. Esta oposição dos campos magnéticos,

primário e secundário, provoca uma força resistência ao movimento de queda dos ímãs dilatando seu tempo de queda e demonstrando a lei de Lenz. Após a tentativa dos estudantes o professor pode junto com a turma realizar a experiência, moderar as discussões, corrigir eventuais equívocos e apresentar os conceitos e ideias sobre o assunto abordado de acordo com os conhecimentos físicos estabelecidos.

ENCONTRO 04.

Aplicação de teste.

Objetivo do encontro: Fazer uma avaliação de aprendizagem dos conteúdos explorados por meio das atividades desenvolvidas.

Neste último encontro, os estudantes responderão a um questionário para fins de avaliação da aprendizagem dos conteúdos explorados durante a aplicação do produto educacional. Este teste deve ser respondido individualmente e os estudantes terão o tempo de 50 minutos para fazê-lo.

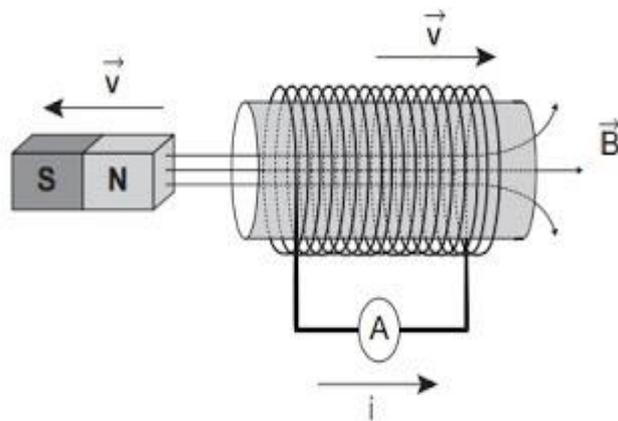
QUESTIONÁRIO

1. (UFRS - Adaptada) Um fio metálico conduz uma corrente elétrica i , em uma região onde existe um campo magnético uniforme B proveniente de um ímã. Devido a este campo magnético, o fio fica sob o efeito de uma força de módulo F , cuja direção é perpendicular ao fio e à direção B . Cite exemplos de alguns dispositivos que têm seu funcionamento baseado neste princípio.

2. A lei de Ampère relaciona a corrente elétrica que através de um circuito, com a circulação neste circuito, de um campo magnético B gerado pela própria corrente. Esta relação foi detectada pela primeira vez pelo físico Hans Christian Oersted, através de uma experiência onde se observou uma interação entre

um fio metálico e uma bússola. Explique o fato curioso ocorrido nesta experiência.

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



Descreva um esquema com outra possibilidade de movimento da espira e do ímã a fim de obter uma corrente com o mesmo sentido da apresentada na figura, utilizando os mesmos materiais.

4. (UFSC - Adaptada) No início do período das grandes navegações europeias, as tempestades eram muito temidas. Além da fragilidade dos navios, corria-se o risco de ter a bússola danificada no meio do oceano. Como pode ser explicada a ação de uma descarga atmosférica sobre uma bússola?

5. (UFSCAR - Adaptada) No final do século XIX, uma disputa tecnológica sobre qual a corrente elétrica mais adequada para transmissão e distribuição da energia elétrica, gerada em usinas elétricas, tornou clara a vantagem do uso da corrente alternada, em detrimento da corrente contínua. Um dos fatores decisivos para essa escolha foi à possibilidade da utilização de transformadores na rede de distribuição de eletricidade. Os transformadores podem aumentar ou diminuir a tensão a eles fornecida, permitindo a adequação dos valores da intensidade da corrente transmitida e reduzindo perdas por efeito Joule, mas só funcionam em corrente alternada. Como o funcionamento dos transformadores é explicado?

6. Segundo a Lei de Lenz, qualquer corrente induzida tem um sentido tal que o campo magnético que ela gera se opõe à variação do fluxo magnético que a produziu. Matematicamente a Lei de Lenz é expressa pelo sinal negativo que aparece na equação da Lei de Faraday:

$$\epsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

A lei de Lenz está diretamente associada à conservação de energia. Estas correntes induzidas podem dissipar a energia de um sistema. Assinale V para verdadeiro e F para falso.

- () Nem todos os dispositivos baseados na lei da indução de Faraday obedecem ao princípio da conservação da energia.
- () As correntes dissipadas em alguns sistemas de indução eletromagnética são conhecidas como correntes de Foucault.
- () O freio magnético é uma situação onde a corrente induzida dissipa a energia do sistema.
- () A lei de Lenz complementa a lei de Faraday ao garantir que a energia elétrica produzida em um gerador por indução eletromagnética é proveniente da energia mecânica primária daquele sistema.

7. (UFRS - Adaptada) Preencha corretamente as lacunas no texto abaixo.

Materiais com propriedades magnéticas especiais têm papel muito importante na tecnologia moderna. Entre inúmeras aplicações, podemos mencionar a gravação e a leitura magnéticas, usadas em fitas magnéticas e discos de computadores. A ideia básica na qual se fundamenta a leitura magnética é a seguinte: variações nas intensidades de campos....., produzidos pela fita ou pelo disco em movimento, induzem.....em uma bobina existente no cabeçote de leitura, dando origem a sinais que são depois amplificados.