



Cremilson de Souza

UMA PROPOSTA DE ENSINO DE CONCEITOS DE ELETROMAGNETISMO
UTILIZANDO O SIMULADOR PhET

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

Orientador: Profa. Dra. Leticie Mendonça Ferreira

Santo André - SP

2016

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do ABC

Elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da UFABC
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

De Souza, Cremilson

UMA PROPOSTA DE ENSINO DE CONCEITOS DE
ELETROMAGNETISMO UTILIZANDO O SIMULADOR PhET /
Cremilson De Souza. — 2016.

141 fls. : il.

Orientadora: Leticie Mendonça Ferreira

Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do ABC, Mestrado
Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF, Santo André,
2016.

1. Simuladores Virtuais. 2. Eletromagnetismo. 3. Ensino Médio.
I. Mendonça Ferreira, Leticie. II. Mestrado Nacional Profissional em
Ensino de Física - MNPEF, 2016. III. Título.

Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, de acordo com as observações levantadas pela banca no dia da defesa, sob responsabilidade única do autor e com anuência do seu orientador.

Santo André – SP, 16 de dezembro de 2016.

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

UMA PROPOSTA DE ENSINO DE CONCEITOS DE ELETROMAGNETISMO UTILIZANDO O SIMULADOR PhET

Cremilson de Souza

Orientadora:

Doutora Leticie Mendonça Ferreira.

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação Universidade Federal do ABC 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:

Dra. Leticie Mendonça Ferreira

Dr. José Kenichi Mizukoshi

Dra. Rebeca Vilas Boas Cardoso de Oliveira

Santo André - SP

2016

*Aos meus pais,
Orivaldino Henrique de Souza (In Memoriam)
e Maria Aparecida de Souza,
e aos meus filhos, Raissa Magalhães
de Souza e Caio Magalhães de Souza,
pela dedicação e apoio em
todos os momentos difíceis.*

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, MNPEF, pela oportunidade de realização de trabalhos em minha área de pesquisa.

Aos colegas e professores do MNPEF Santo André, pelo seu auxílio nas tarefas desenvolvidas durante o curso e apoio na revisão deste trabalho.

Ao Instituto Educacional Ativa e alunos pelo apoio na aplicação do produto de minha dissertação.

À equipe Gestora da E.E. Pedro de Toledo pelo apoio nos momentos mais difíceis.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, pela provisão da bolsa de mestrado.

RESUMO

Neste trabalho apresentamos uma sequência didática para o ensino de tópicos de Eletromagnetismo em nível de Ensino Médio. A sequência didática proposta inclui atividades de pesquisa em *sites* de busca na *Internet* e a realização de experimentos virtuais seguindo as etapas e sequências do simulador virtual “Gerador” disponibilizado pelo grupo PhET, da Universidade do Colorado. Para tanto desenvolvemos um produto educacional direcionado aos professores de Física a ser utilizado como organizador prévio visando facilitar a aprendizagem significativa dos novos conteúdos, segundo a concepção proposta por David Ausubel. A sequência foi desenvolvida em uma turma da terceira série do Instituto Educacional Ativa, escola particular situada na cidade de Itapira, no estado de São Paulo. Foram trabalhados os seguintes conceitos e tópicos previstos no conteúdo programático: campo magnético e linhas de campo magnético, fluxo magnético, a Lei da Indução de Faraday, força eletromotriz induzida, a Lei de Lenz, eletroímãs, transformadores, e geração e transformação de energia. As atividades foram realizadas em sala de aula com os alunos organizados em duplas/trios, previamente à aula formal sobre o assunto trabalhado, e os grupos registravam por escrito as suas observações/conclusões relativas às atividades propostas. Após cada atividade, ocorria a socialização do conhecimento, com a mediação do professor, por meio de discussões com os alunos das observações/conclusões dos grupos. Teve-se por objetivos com esta proposta didática estimular a participação do aluno, tornando a aula mais dinâmica, promover a autonomia e o trabalho em equipe, incentivar o senso crítico e desenvolver a capacidade de observação e de registro das observações/conclusões. Com base nos apontamentos realizados pelos alunos e nas discussões que se sucederam às atividades, implementamos algumas correções/melhorias no material didático, resultando como produto final deste trabalho os roteiros das atividades de pesquisa na *Internet* e os roteiros dos experimentos virtuais utilizando o simulador virtual “Gerador” do PhET.

Palavras-chave: simuladores virtuais, Eletromagnetismo, Ensino Médio.

ABSTRACT

In this work, we present a didactic sequence for teaching concepts of Electromagnetism in a high school level. It includes web researches and the realization of virtual experiments according to the sequences and steps of the “Generator” simulator, designed by the Physics Education Technology project, from the University of Colorado. We have developed an instructional product to be used by high school teachers as advance organizers in order to facilitate the meaningful learning of the new knowledges, as proposed by David Ausubel. The sequence was applied to students of the third year from Instituto Educacional Ativa, a private school in Itapira, São Paulo state. The contents worked were: magnetic field and magnetic field lines, magnetic flux, the Faraday’s Law of electromagnetic induction, induced electromotive force, the Lenz’s Law, electromagnet, transformers, and generation and transformation of energy. The activities were carried out in the classroom with the students arranged in groups, in advance to the formal class, and the groups registered by hand their observations/conclusions concerning the questions proposed. Socialization of the knowledge was promoted after each activity with the aid of the teacher to moderate the discussion. The goals of the present didactic sequence were to stimulate the student participation, favoring a more dynamic class, to promote autonomy, group work and critical thinking, and to improve the observational and registering skills. Based on the handwritten notes taken in class by students along the different activities, we improved the didactical material which resulted in the final product, that is, the guides of the research activities in the web and the guides of the virtual experiments using the “Generator” simulator from PhET.

Keywords: virtual simulators, Electromagnetism, high school.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
2. ELEMENTOS DA SEQUÊNCIA.....	23
2.1 Aprendizagem Significativa.....	23
2.2 Simulador Virtual e Organizador Prévio.....	25
2.3 PhET – Physics Education Technology.....	27
3. PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	31
3.1 Sondagem Inicial.....	31
3.2 Sequência Didática.....	33
3.2.1 Atividade Inicial.....	34
3.2.2 Atividade Avançada.....	34
3.2.3 Formalização do Conhecimento.....	35
3.3 Tópicos Abordados.....	36
3.3.1 Ímã em Barra.....	37
3.3.2 Solenoide.....	40
3.3.3 Eletroímã.....	45
3.3.4 Transformadores.....	47
3.3.5 Gerador.....	52
4. RELATO DA APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	57
4.1 Sondagem Inicial.....	57
4.2 Ímãs em Barra.....	62
4.3 Solenoide.....	74
4.4 Eletroímã.....	80
4.5 Transformadores.....	84
4.6 Geração e Transformação de Energia.....	92
4.7 Questionário de Avaliação do Curso.....	98
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	103
REFERÊNCIAS.....	107
APÊNDICE 1 – CRONOGRAMA DE APLICAÇÃO.....	109
APÊNDICE 2 – SONDAÇÃO INICIAL.....	111
APÊNDICE 3 – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO CURSO.....	115
APÊNDICE 4 – PRODUTO EDUCACIONAL.....	117

1 INTRODUÇÃO

Minha trajetória profissional na área de Ensino de Física teve início no último semestre do curso de licenciatura em Física na Fundação Educacional de Guaxupé – Unifeg, situada na cidade de Guaxupé, Minas Gerais, quando comecei a atuar como docente em escolas do Ensino Médio. Já nessa época percebi que os alunos, em sua maioria, consideravam a disciplina de Física extremamente difícil, “impossível de se aprender”. Além das dificuldades de compreensão dos conceitos e da matemática que a disciplina requer, os alunos se mostravam desmotivados, apáticos, nas aulas de Física. A prática pedagógica tradicionalmente adotada por boa parte dos professores de Física, com aulas centradas na figura do maestro, que fazem uso basicamente da lousa e do giz, e distantes do contexto social dos alunos, contribui para agravar esta situação. Assim, buscando modificar esse cenário, nesta época comecei a introduzir alguns experimentos simples na minha prática pedagógica, que faziam uso de materiais de baixo custo. Estas atividades pareciam despertar um pouco o interesse dos alunos pelo assunto abordado e motivavam a sua participação nas aulas.

A partir daí e até os dias de hoje, atuo tanto nas redes pública e privada de ensino, lecionando o conteúdo de Física para todas as séries do Ensino Médio. Na minha experiência docente constato uma grande dificuldade de aprendizagem dos alunos com os conteúdos de Eletromagnetismo, em particular. As dificuldades são inúmeras, e vão desde o entendimento conceitual até a manipulação de equações matemáticas, agravadas pelo alto grau de abstração que os temas exigem. Em sua tese de doutorado, Paz (PAZ, 2007) defende que os obstáculos ao aprendizado do Eletromagnetismo estão relacionados a dificuldades na visualização espacial das interações entre as grandezas físicas e na compreensão das relações matemáticas que envolvem estas grandezas. Neste caso, a visualização espacial é dificultada pelo fato de que a distribuição das variáveis relevantes ao Eletromagnetismo ocorre no espaço tridimensional, representando um elemento complicador para o entendimento dos conceitos e leis que regem os fenômenos eletromagnéticos, como argumenta Pereira (PEREIRA, 2011). No entanto, as dificuldades apresentadas pelos alunos não se limitam ao ensino em nível médio. Em sua tese de doutorado, Pantoja (PANTOJA, 2015) apresenta uma ampla revisão da literatura identificando as concepções dos

professores e alunos do Ensino Superior sobre os conceitos de campo elétrico, campo magnético e indução eletromagnética.

É inegável a importância do aprendizado dos fundamentos do Eletromagnetismo para a formação dos alunos. A aplicação tecnológica dos conhecimentos dessa área é muito ampla, desde a mais simples tarja magnética dos cartões de crédito e bilhetes de metrô e ônibus, até os mais complexos sistemas de aceleradores de partículas e usinas hidrelétricas. Nas ramificações da informática e telefonia móvel, o Eletromagnetismo também está presente, seja no sistema de gravação de dados no disco rígido ou na memória dos *chips*, seja nas comunicações entre aparelhos via *bluetooth*, infravermelho ou *wi-fi*. Assim, o conhecimento e domínio de conceitos do Eletromagnetismo são fundamentais para a formação de profissionais capacitados nas áreas de Ciências Exatas, em particular, nas Engenharias, Física e Química. Mesmo em nível técnico, os conceitos do Eletromagnetismo são fundamentais para uma boa formação neste nível. Porém, o domínio dos conceitos transcende a simples formação profissional e estende-se a todo indivíduo da sociedade atual, capacitando-o a utilizar tais conhecimentos nas mais diversas e simples atividades do seu dia-a-dia, como na tomada de decisão no momento da compra de um aparelho eletrônico que possa consumir menos energia, ao analisar, comparar e interpretar as informações contidas nos equipamentos (grandezas e unidades, por exemplo).

Usualmente a abordagem dos conteúdos de Eletromagnetismo em sala de aula se dá pelo método tradicional, com aulas expositivas que fazem uso basicamente da lousa e do livro-texto, e através da resolução de exercícios. Esta prática tem se mostrado incapaz de despertar o interesse do aluno pelo conteúdo e não promove a sua participação. O professor é a figura central, o detentor do conhecimento, e o aluno é um mero receptor. Além disso, as práticas pedagógicas tradicionais usualmente falham em relacionar os conteúdos estudados em aula com as suas aplicações tecnológicas. O aluno, portanto, não consegue identificar aquele conhecimento como algo útil para si. Neste contexto, é imprescindível a proposição de metodologias que visem promover uma aprendizagem mais significativa dos conteúdos de Eletromagnetismo e que promovam uma participação e engajamento do aluno no processo de ensino-aprendizagem.

Muitas são as ferramentas disponíveis e as estratégias propostas para promover uma aprendizagem significativa. Nos últimos anos, os recursos computacionais tais como os softwares, a *Internet*, as plataformas e simuladores, têm se mostrado ferramentas interessantes no processo de aprendizagem. Uma das grandes vantagens dos simuladores é que eles podem simular a realidade de tal forma proporcionando uma visualização de conceitos abstratos, cuja visualização muitas vezes requer o uso de equipamentos sofisticados e de alto custo, inacessíveis à maioria das escolas. Além disso, o ambiente virtual permite uma interação muito grande do aprendiz com o objeto de estudo, integrando o objeto de estudo à realidade do sujeito, estimulando-o e desafiando-o, e ao mesmo tempo permite que novas situações possam ser adaptadas às estruturas cognitivas existentes, propiciando o seu desenvolvimento intelectual. Outra vantagem da utilização de ambientes virtuais é que eles podem ser acessados a qualquer momento pelo aluno, seja no ambiente escolar ou em casa, como parte das suas atividades de estudo. Ou seja, o experimento virtual pode ser repetido inúmeras vezes e em diferentes ambientes físicos, ao contrário dos experimentos reais, em geral limitados às condições dos laboratórios nas escolas. Neste contexto, um de nossos desafios é fazer com que o aluno, dentro de um processo de ensino-aprendizagem, seja no ensino presencial ou à distância, tenha a oportunidade de vivenciar a prática, trabalhando com o seu contexto real e buscando sustentação teórica nas mídias sob a orientação do professor e/ou de material escrito ou eletrônico.

Assim, motivado pelas potencialidades do uso dos recursos computacionais, em particular dos simuladores virtuais, e decidido a mudar a minha prática pedagógica, iniciei em 2010 um curso na Universidade de São Paulo sobre linhas espectrais e relatividade voltado para professores do Ensino Médio. Nesta ocasião conheci o simulador PhET (sigla em inglês para Physics Education Technology) e como aplicá-lo em uma sequência didática. Em função dessa experiência, vislumbrei a possibilidade de adotar o seu uso nas minhas aulas sobre Eletromagnetismo no Instituto Educacional Ativa (IEA), onde leciono desde 2010 para todas as séries.

O IEA é uma escola particular de ensino construtivista, porém os professores possuem autonomia para trabalhar com livros ou roteiros de atividades. Em minhas aulas, adoto o livro de Física volume único de Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga (MÁXIMO & ALVARENGA, 2011) para trabalhar a parte conceitual. A escola dispõe

de laboratórios de ensino de Biologia, Química e Física. O laboratório de Física está equipado com equipamentos de baixo custo e possibilita a experimentação com materiais recicláveis, estando melhor equipado para a realização de experimentos de Mecânica. As práticas experimentais relacionadas ao Eletromagnetismo contemplam basicamente o estudo de circuitos elétricos. Em função da impossibilidade de trabalhar os conteúdos de Eletromagnetismo por meio de experimentos em laboratório, os experimentos virtuais podem ser um recurso valioso à prática pedagógica, considerando que a escola dispõe de sala de computadores e acesso fácil à rede. Não se trata aqui de defender que os experimentos virtuais com objetivos educacionais substituem os experimentos reais em laboratório. Entendo inclusive que, nas escolas que dispõem de condições físicas para realizar atividades experimentais e computacionais, o uso integrado destes recursos pode trazer muitos benefícios para o aprendizado de Física, como aponta um trabalho realizado por Dorneles (DORNELES, 2010) ao aplicar esta metodologia para o estudo de circuitos elétricos.

Em vista das considerações acima, propomos neste trabalho uma sequência didática que contempla o uso de recursos computacionais visando promover uma aprendizagem significativa de conteúdos de Eletromagnetismo em nível de Ensino Médio e o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem. Os seguintes conceitos e conteúdos de Eletromagnetismo foram trabalhados na proposta: campo magnético e linhas de campo magnético, fluxo magnético, a Lei da Indução de Faraday, força eletromotriz induzida, a Lei de Lenz, eletroímãs, transformadores e geração e transformação de energia. A sequência didática foi aplicada ao longo do terceiro bimestre do ano de 2015 em uma turma da terceira série do Instituto Educacional Ativa. Na chamada Atividade Inicial, os alunos utilizaram a *Internet* para a realização de pesquisas relacionadas a conceitos mais gerais sobre os conteúdos de Eletromagnetismo propostos. Em seguida, na Atividade Avançada, os alunos passaram a investigar conceitos mais específicos seguindo as etapas e sequências do simulador virtual “Gerador” do grupo PhET, da Universidade do Colorado, acessando ou fazendo o *download* no link https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/generator. Nas atividades com o simulador virtual, os alunos experimentaram diversas situações, registrando por escrito suas observações e conclusões. Após cada atividade ocorreu a socialização do conhecimento, um momento no qual os alunos debatiam, com a mediação do

professor, as suas observações e hipóteses, promovendo a construção coletiva do conhecimento científico formal. Com base nos registros realizados pelos alunos ao longo das atividades desenvolvidas na sequência, implementamos algumas correções/melhorias no material didático, resultando como produto educacional deste trabalho os roteiros das atividades de pesquisa na *Internet* e os roteiros dos experimentos virtuais utilizando o simulador virtual “Gerador” do PhET. Estes materiais revisados constam no apêndice 4.

No capítulo 2 apresentamos os elementos que fundamentaram este trabalho, a Teoria de Aprendizagem Significativa de David Ausubel e o simulador virtual PhET, principal recurso computacional utilizado na sequência. No capítulo 3 descrevemos a sequência didática, detalhando os materiais desenvolvidos e utilizados como organizadores prévios na nossa proposta. No capítulo 4 apresentamos as anotações realizadas pelos alunos para as diferentes questões e atividades desenvolvidas, acompanhadas de uma breve análise que nortearam a implementação de algumas melhorias no produto. Finalmente, no capítulo 5, apresentamos as considerações finais do trabalho desenvolvido.

2 ELEMENTOS DA SEQUÊNCIA

2.1 Aprendizagem significativa

Na década de 1960, David Ausubel (AUSUBEL, 1963; AUSUBEL, 2003) propôs a sua teoria da aprendizagem significativa, onde enfatiza a aprendizagem de significados (conceitos) como aquela mais relevante para o ser humano. A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel procura explicar o processo de aprendizagem e como o ser humano compreende, transforma, armazena e usa informações. De acordo com Ausubel, a aprendizagem significativa é aquela na qual uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do indivíduo. Ausubel refere-se a este conhecimento especificamente relevante à nova aprendizagem de subsunção ou ideia-âncora. Há, portanto, uma valorização daquilo que o aluno já domina, dos conhecimentos prévios adquiridos fora da escola, na sua vida pessoal.

Nas palavras de Tavares (TAVARES, 2004):

Existem três requisitos essenciais para a aprendizagem significativa: a oferta de um novo conhecimento estruturado de maneira lógica; a existência de conhecimentos na estrutura cognitiva que possibilite a sua conexão com o novo conhecimento; a atitude explícita de aprender e conectar o seu conhecimento com aquele que pretende absorver. Esses conhecimentos prévios são também chamados de conceitos subsunções ou conceitos âncora. Quando se dá a aprendizagem significativa, o aprendente transforma o significado lógico do material pedagógico, à medida que esse conteúdo se insere de modo peculiar na sua estrutura cognitiva, e cada pessoa tem um modo específico de fazer essa inserção, o que torna essa atitude um processo idiossincrático. Quando duas pessoas aprendem significativamente o mesmo conteúdo, elas partilham significados comuns sobre a essência deste conteúdo. (TAVARES, 2004, p. 56).

Uma aula significativa é aquela que faz sentido e promove significado ao aluno sobre o conteúdo que está sendo apresentado pelo professor. Podemos ter uma aprendizagem receptiva significativa em uma sala de aula convencional, onde se usam recursos tradicionais tais como giz e quadro negro, quando existirem condições de o aprendiz transformar significados lógicos de determinado conteúdo potencialmente significativo em significados psicológicos, em conhecimento construído e estruturado de forma peculiar. Na interação entre o conhecimento novo

e o antigo, ambos serão modificados de maneira específica por cada aprendiz, como estrutura cognitiva peculiar a cada pessoa.

Para iniciar uma aula significativa, é fundamental que o professor ofereça ao aluno um contexto inclusivo (próximo ao aluno) para que o cérebro realize a simulação do conceito, ou seja, contextualize o conceito o mais próximo possível da realidade do aluno. Em um segundo momento, ocorre a apresentação do conteúdo, que deve ser feito de forma a levar o aluno a construir significados junto com o professor (aqui não devemos entregar o conceito pronto, é necessária a construção conjunta com o aluno). A última parte consiste na verificação da aprendizagem, quando deve-se apresentar desafios com valor sociocultural para checar se os conceitos foram realmente aprendidos. Ao longo desse processo, é fundamental dar aos alunos a oportunidade de expressar as ideias que estão sendo construídas, estabelecendo o diálogo professor/aluno.

Uma das contribuições de Ausubel é diferenciar claramente aprendizagem significativa de aprendizagem mecânica. Segundo Ausubel (AUSUBEL, 2003), a aprendizagem mecânica é aquela na qual as novas informações têm pouca ou nenhuma relação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Ausubel sugere o uso de aprendizagem mecânica quando não existirem na estrutura cognitiva do aprendiz ideias-âncora (subsunçores) que facilitem a comunicação entre esta e a nova informação. Na ausência de ideias prévias que promovam a ancoragem, Ausubel propõe a utilização de organizadores prévios, âncoras criadas a fim de manipular a estrutura cognitiva e facilitar a aprendizagem significativa, servindo de ponte entre o que o aluno já sabe e o que ele deve saber. Isto é, organizadores prévios são úteis para facilitar a aprendizagem na medida em que funcionam como "pontes" cognitivas.

Nas palavras de Moreira (MOREIRA, 2008), o organizador prévio é:

Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material de aprendizagem em si. Contrariamente a sumários que são, de um modo geral, apresentados ao mesmo nível de abstração, generalidade e abrangência, simplesmente destacando certos aspectos do assunto, organizadores são apresentados em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade. Para Ausubel, a principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que aprendiz já sabe e o que ele deveria saber a fim de que o novo material pudesse ser aprendido de forma significativa. Ou seja, organizadores prévios são úteis para facilitar a

aprendizagem na medida em que funcionam como “pontes cognitivas”. (MOREIRA, 2008, p.2)

Segundo Moreira (MOREIRA, 2008):

Os organizadores prévios podem tanto fornecer “ideias âncora” relevantes para a aprendizagem significativa do novo material, quanto estabelecer relações entre ideias, proposições e conceitos já existentes na estrutura cognitiva e aqueles contidos no material de aprendizagem, ou seja, para explicitar a relacionabilidade entre os novos conhecimentos e aqueles que o aprendiz já tem, mas não percebe que são relacionáveis aos novos. No caso de material totalmente não familiar, um organizador “expositivo”, formulado em termos daquilo que o aprendiz já sabe em outras áreas de conhecimento, deve ser usado para suprir a falta de conceitos, ideias ou proposições relevantes à aprendizagem desse material e servir de “ponto de ancoragem inicial”. No caso da aprendizagem de material relativamente familiar, um organizador “comparativo” deve ser usado para integrar e discriminar as novas informações e conceitos, ideias ou proposições, basicamente similares, já existentes na estrutura cognitiva. (MOREIRA, 2008, p.2)

No trabalho de Moreira (MOREIRA, 2011), o autor elenca vários exemplos de organizadores prévios utilizados em diferentes áreas, como Biologia e Farmácia. Como enfatizado por Moreira, os organizadores prévios não se limitam a textos introdutórios; podem ser uma demonstração, um filme, uma dramatização, uma pergunta, uma simulação, etc...O importante não é a forma, mas a função da estratégia instrucional.

2.2 Simuladores virtuais e organizador prévio

A escolha de um organizador prévio depende da situação de aprendizagem, e diversas alternativas têm sido propostas (MOREIRA, 2011). Uma alternativa é o simulador virtual, definido como um programa de computador que simula os fenômenos físicos modelados matematicamente em que o aprendiz pode, através de ação, trocar significados e modificar a animação para atender seu objetivo geral ou específico, estabelecendo relações entre grandezas, gráficos e referências.

Os simuladores virtuais enquadram-se no conceito de objetos de aprendizagem, ou seja, materiais didáticos digitais em diferentes formatos (vídeos, áudios, animações e simulações computacionais), disponibilizados em repositórios na *Internet*, e que têm por objetivo facilitar a aprendizagem, seja no ensino à distância ou

presencial (ARANTES, 2010). Como pontuado por Araújo (ARAUJO & VEIT, 2004), as simulações computacionais com objetivos educacionais dão suporte a atividades exploratórias caracterizadas pela observação, análise e interação dos estudantes com os modelos já construídos.

De acordo com Tavares (TAVARES, 2004):

Com as animações interativas, pode-se criar uma representação real ou ideacional de um fenômeno físico e apresentar aos alunos as características para a observação. Além de serem sensíveis aos critérios individuais, onde o aprendiz pode agir nas condições iniciais, e observar as respostas e relacionar grandezas e outros atributos pertinentes aos fenômenos físicos, estando o conhecimento amparado nos contextos nos quais os alunos aprendem, de tal forma que os subsunçores seriam modificados e ampliados para aprender o novo conhecimento. (TAVARES, 2004, p. 59).

As simulações e animações oferecem um potencial para os estudantes compreenderem os princípios teóricos das ciências naturais, a ponto de serem chamados de laboratórios virtuais. Estas ferramentas são de grande valia para o aumento da percepção do aluno, pois permitem incorporar diversas mídias (escrita, visual e sonora) em um único produto, potencializando as possibilidades pedagógicas da interação professor-aluno. Em particular, as animações são valiosas na exposição de fenômenos que variam com o tempo, tornando o processo mais direto e mais simples, e na exposição de fenômenos que exigem dos alunos uma percepção visual aguçada ou uma grande capacidade de abstração. Ademais, os “experimentos virtuais” são acessíveis a qualquer instante, podendo ser vivenciados de forma individualizada.

Os simuladores virtuais têm se mostrado uma ferramenta promissora no processo ensino-aprendizagem de conteúdos de Física. No contexto da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, estes recursos têm o potencial de exercer a função dos organizadores prévios, preenchendo o hiato entre aquilo que o aprendiz já conhece e o que precisa conhecer antes de aprender significativamente o conteúdo com que se defronta.

Apesar de toda a produção já existente em termos de simuladores computacionais (SOUZA FILHO, 2010), a sua utilização em nossas escolas do ensino fundamental e médio é ainda tímida. De acordo com Arantes (ARANTES, 2010):

Um dos mais disseminados tipos de objetos de aprendizagem são as simulações educacionais de experimentos de física, que estão disponíveis para utilização em diversos contextos. Mas infelizmente seu uso em sala de aula está longe de ser uma realidade, particularmente no Ensino Médio. (ARANTES, 2010, p.27).

Há, porém, posições divergentes quanto ao papel do uso de simulações no processo educacional. Medeiros (MEDEIROS & de MEDEIROS, 2002) apresentam uma reflexão sobre as potencialidades e limitações das animações e simulações computacionais no ensino de Física, confrontando os argumentos favoráveis e contrários à sua utilização apontados por educadores. Os autores defendem o uso de simulações criteriosamente elaboradas, de forma equilibrada e jamais exclusiva. Nas palavras dos autores:

O ato educativo é por demais complexo para que o profissional da educação em Física possa optar por um único recurso pedagógico. O ato educativo deveria, ao contrário, ser focalizado de uma forma holística em múltiplas possibilidades trazidas pela realidade concreta, pela interação humana e, também, pelas simulações. (MEDEIROS & de MEDEIROS, 2002, p. 84).

2.3 PhET – Physics Education Technology

O PhET (sigla em inglês para Physics Education Technology) - https://phet.colorado.edu/pt_BR/, é um programa da Universidade do Colorado, liderado pelo prêmio Nobel Carl Wieman, que pesquisa e desenvolve simulações na área de ensino de ciências e as disponibiliza em seu portal para serem usadas on-line (ou serem baixadas gratuitamente) pelos usuários, que podem ser alunos, professores ou mesmo curiosos. O projeto já desenvolveu e disponibilizou mais de 125 simulações interativas gratuitas para uso educacional nas áreas de Física, Química, Biologia, Ciências da Terra e Matemática. As simulações já foram traduzidas para mais de 65 idiomas, incluindo espanhol, português, chinês, alemão e árabe.

As simulações buscam conectar fenômenos diários com os conceitos científicos subjacentes a eles, oferecendo aos alunos modelos fisicamente corretos, de maneira acessível. Essa acessibilidade se refere tanto à plataforma na qual elas são elaboradas, quanto às ferramentas interativas que procuram ser intuitivas e divertidas, levando os usuários à conexão entre os fenômenos da vida real e a ciência básica. O caráter interativo do programa é capaz de fornecer não apenas animação

isolada de um fenômeno, mas uma vasta gama de animações alternativas selecionadas através do *input* de parâmetros pelo estudante. Permite, por exemplo, alterar com facilidade as condições iniciais e/ou de contorno de um determinado fenômeno, pois os controles são simples e intuitivos, mesmo que os alunos apenas façam alterações para “ver o que acontece”. Também é possível repetir diversas vezes o experimento de forma que todas as hipóteses possam ser testadas e analisadas. Além disso, possibilitam visualizar o “invisível aos olhos” num experimento real (átomos, elétrons, fótons e campos), seja pela leitura de variáveis obtidas usando medidores (régua, cronômetros, voltímetros, termômetros), ou através de gráficos que fornecem respostas em tempo real.

As simulações são apresentadas em várias seções: simulações em destaque; novas simulações; pesquisa de ponta; simulações traduzidas em vários idiomas. Além dessas seções, as simulações também são agrupadas em seções específicas de cada área como Física, Química, Ciências da Terra e Matemática. Para facilitar a busca pela simulação mais adequada aos interesses dos usuários, todas as simulações estão agrupadas em sete categorias:

1. Movimento;
2. Trabalho, energia e potência;
3. Som e ondas;
4. Calor e termometria;
5. Eletricidade, ímã e circuitos;
6. Luz e radiação;
7. Fenômenos quânticos.

Além disso, são disponibilizados pelo PhET, nas páginas “Ideias & Atividades do professor”, inúmeras sequências didáticas para apropriação e utilização por professores, baseadas principalmente em atividades de indagação que incentivam os alunos a construir seus próprios entendimentos. Também são estimuladas construções de novas atividades pelos professores usuários das simulações que podem, inclusive, serem submetidos à avaliação do grupo PhET para depois serem compartilhadas com professores de todo planeta, por meio da plataforma. No Brasil é

crescente o número de pesquisadores e professores que utilizam os recursos do PhET e contribuem com material para o projeto.

Outro aspecto interessante é a facilidade de acesso e a possibilidade de rodar a simulação em qualquer equipamento, sem a necessidade de recursos altamente específicos, pois são produzidas em Java e Flash e podem ser executadas em qualquer navegador *web*, desde que os *plug-ins* dessas linguagens estejam instalados. Além disso, todas as simulações possuem acesso gratuito sob a licença *Criative Commons Attribution 3.0 United States*. Isso significa que todas as simulações podem ser livremente usadas e/ou redistribuídas por terceiros, desde que os créditos sejam devidamente atribuídos a “Simulações Interativas PhET/Universidade do Colorado”. Todas as simulações podem ser usadas diretamente na página principal, mas também é permitido o *download* para o uso em computadores desconectados da *internet*.

O uso dessa ferramenta pelo professor pode ser bastante variado, como o próprio PhET aponta: aulas expositivas, atividades em grupo na sala de aula, tarefas em casa e no laboratório (WIEMAN, 2010). De acordo com o grupo PhET, o objetivo é encorajar os alunos a explorarem o comportamento da simulação, questionar as suas ideias e desenvolver os correspondentes modelos mentais.

3 PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Neste trabalho propomos uma sequência didática para o ensino de conceitos de Eletromagnetismo. O trabalho foi desenvolvido no Instituto Educacional Ativa (IEA), localizado à rua Hildebrando José Rossi – 500, bairro Santa Fé, Itapira - SP, uma escola que segue os princípios construtivistas de Piaget. O ensino médio da escola é constituído de três séries (1º, 2º, 3º), totalizando 52 alunos. Em termos de infraestrutura, o IEA conta com sala de informática equipada com 12 computadores e com acesso à internet, biblioteca e laboratórios de Física, Química e Biologia.

A sequência foi aplicada em uma turma de 20 alunos da 3º série do Ensino Médio, ao longo de 12 encontros realizados no segundo trimestre de 2015. Até este momento já tinham sido trabalhados em sala de aula temas relacionados à Eletrostática e Eletrodinâmica de acordo com uma abordagem convencional e seguindo a sequência de temas proposta no livro didático adotado pela escola (MÁXIMO & ALVARENGA, 2011).

No decorrer dos encontros foram introduzidos e trabalhados os seguintes conceitos e tópicos previstos no conteúdo programático: campo magnético e linhas de campo magnético, fluxo magnético, a Lei da Indução de Faraday, força eletromotriz induzida, a Lei de Lenz, eletroímãs, transformadores e geração e transformação de energia. As atividades realizadas seguiram o cronograma apresentado no apêndice 1. O produto final é apresentado como anexo, e inclui os roteiros das atividades de pesquisa na *Internet* e das atividades realizadas com o simulador virtual “Gerador” do PhET, considerando melhorias e correções que foram aparecendo ao longo da aplicação.

Nas próximas seções detalharemos as etapas desenvolvidas ao longo da sequência didática.

3.1 Sondagem Inicial

A primeira atividade desenvolvida em sala de aula com os alunos foi a sondagem inicial. A sondagem inicial consistiu em uma avaliação individual e sem consulta, composta por duas questões dissertativas e cinco questões objetivas

(apêndice 2), que contemplavam conhecimentos que seriam posteriormente desenvolvidos na sequência didática. Teve por objetivo aferir o conhecimento prévio do aluno a respeito dos assuntos que seriam trabalhados na disciplina. A descrição de cada questão e o seu respectivo objetivo são apresentados abaixo:

Questão 1 (discursiva) - Esta questão está relacionada às forças de atração e repulsão que surgem na interação à distância entre ímãs; o objetivo é avaliar se o aluno sabe que polos magnéticos de nomes iguais se repelem e com nomes diferentes (opostos) se atraem, e verificar o conhecimento do aluno a respeito do campo magnético terrestre.

Questão 2 (discursiva) - Esta questão aborda as propriedades magnética dos materiais e visa avaliar se o aluno tem algum conhecimento/ideia sobre o comportamento magnético dos materiais e que eles respondem à presença de campo magnético.

Questão 3 (objetiva) - Esta questão apresenta duas fotos que mostram a distribuição das linhas de campo magnético nas proximidades dos polos de dois ímãs em barra, cujos polos são aproximados. As linhas são visualizadas através da configuração geométrica definida pelas limalhas de ferro. É necessário que o aluno interprete o desenho considerando que as linhas formadas pelas limalhas de ferro estão relacionadas às forças de atração e repulsão entre os ímãs: quando as linhas não se curvam entre os dois ímãs indica a ação de uma força de atração e, quando se curvam, indicam uma força de repulsão (as linhas tracejadas representam o campo magnético gerado pelos ímãs).

Questão 4 (objetiva) - A questão visa avaliar os conhecimentos dos alunos sobre grandezas vetoriais e suas habilidades para decompor vetores. A questão mostra o desenho de uma agulha de bússola imersa em um campo magnético uniforme, representado por linhas de campo uniformemente distribuídas. A agulha da bússola sofre a ação do campo magnético da Terra e de um campo magnético uniforme e horizontal; dessa forma, a posição em que a agulha da bússola se encontra representa o vetor resultante e, conseqüentemente, para definir o sentido e a direção do campo magnético da Terra será necessário observar e decompor as componentes vetoriais indicadas na figura.

Questão 5 (objetiva) - Esta questão está relacionada à Lei de Lenz. É apresentada uma figura de um ímã em barra sendo aproximado de um anel metálico. O deslocamento do ímã ocorre ao longo do eixo central do anel, perpendicular ao seu plano. Pede-se para o aluno avaliar o efeito proporcionado pela aproximação do ímã, em particular, se há ou não o surgimento de uma corrente elétrica no anel devido à ação do campo magnético variável gerado pelo movimento do ímã, e verificar que o ímã e o anel sofrem uma repulsão.

Questão 6 (objetiva) – A questão mostra um desenho com quatro situações de um ímã em forma de barra que se movimenta ao longo do eixo central de um anel metálico. O sentido do movimento do ímã é dado pelo vetor velocidade indicado em cada caso. Considerando a polaridade e o movimento do ímã, o aluno deve identificar qual das situações apresenta o sentido correto da corrente induzida no anel.

Questão 7 (objetiva) – A questão visa avaliar as transformações de energia que ocorrem em um dínamo e no gerador de uma usina hidrelétrica. A questão apresenta duas figuras, uma mostrando a roda de uma bicicleta e o detalhe da sua parte móvel, e outra mostrando o gerador de uma usina hidrelétrica. O aluno deve identificar as energias envolvidas nestes processos.

3.2 Sequência didática

Como mencionado anteriormente, a sequência didática contemplou os seguintes conteúdos: campo magnético e linhas de campo magnético, fluxo magnético, a Lei da Indução de Faraday, força eletromotriz induzida, a Lei de Lenz, eletroímãs, transformadores e geração e transformação de energia. Para fins de apresentação, organizamos a sequência didática em cinco tópicos, que correspondem aos nomes dos cinco experimentos virtuais do simulador “Gerador” do PhET: ímãs e bússolas, solenoide, eletroímã, transformador e geradores simples. Para cada um desses tópicos, foram realizadas três atividades: (i) atividade inicial, (ii) atividade avançada e (iii) formalização do conhecimento. As atividades da sequência didática serão detalhadas nas seções seguintes.

3.2.1 Atividade Inicial

A primeira atividade realizada para um dado tópico consistiu de uma pesquisa de busca na *Internet*. No início da atividade era entregue aos alunos um breve texto introdutório relacionado ao tema daquela sequência, juntamente com algumas questões a serem pesquisadas e respondidas. Esta atividade era desenvolvida na sala de informática, com os alunos organizados em duplas/trios de acordo com suas afinidades. Os grupos tiveram liberdade para consultar diferentes fontes de pesquisa, como livros e/ou a *Internet*, para responder às questões propostas na atividade inicial. Embora os alunos tivessem acesso à biblioteca, as pesquisas ficaram restritas à *Internet*. Nesta etapa os alunos foram orientados sobre a importância de avaliar as formas de acesso e confiabilidade das fontes das informações obtidas nos *sites* de busca.

Figura 1: Foto dos alunos



Alunos organizados em duplas, desenvolvendo a atividade inicial na sala de informática.

3.2.2 Atividade Avançada

Nesta atividade os alunos se reuniam em duplas/trios e acessavam a *Internet* utilizando os computadores da sala de informática da escola. Acessando o simulador virtual (http://PhET.colorado.edu/pt_BR/simulation/generator), os alunos realizavam os experimentos virtuais sugeridos em roteiros que eram entregues no início de cada

aula. Os roteiros descreviam os procedimentos a serem realizados numa dada simulação. As situações propostas continham diferentes etapas e orientações, onde cada etapa correspondia a uma atividade específica em que os alunos experimentavam, modificavam parâmetros e observavam o fenômeno. Nesta atividade era solicitado aos alunos anotarem as suas observações.

Figura 2: Foto dos alunos



Alunos organizados em duplas, desenvolvendo a atividade avançada na sala de informática.

3.2.3 Formalização do conhecimento

Ao final das atividades inicial e avançada ocorria a formalização dos conhecimentos trabalhados nestas atividades. Os alunos retornavam à sala de aula, onde se organizavam colocando as carteiras em forma de U. Cada questão desenvolvida nas atividades inicial e avançada era discutida (socializada): os alunos apresentavam os resultados de suas pesquisas, relatavam suas observações e expunham suas ideias e o que aprenderam sobre o tema abordado. Era estimulada a participação de todos os alunos de forma a despertar o seu interesse pelo assunto e, juntamente com o professor, o grupo buscava construir um consenso sobre as questões levantadas.

Figura 3: Foto dos alunos



Disposição dos alunos em forma de U durante a aula de formalização do conhecimento.

Procurou-se fazer com que os estudantes confrontassem e refletissem sobre as explicações/observações contraditórias às quais chegavam, eventualmente, ao longo do desenvolvimento da intervenção. Neste caso, o papel do professor foi problematizar com os alunos as observações e/ou argumentos apresentados pelo grupo para, posteriormente, ajudar na organização e formalização do conhecimento envolvido. Mesmo sendo uma atividade de formalização do conhecimento, buscou-se um formato mais dinâmico de aula que valorizava a participação e o envolvimento dos alunos.

A abordagem mais formal e quantitativa do assunto estudado era realizada neste momento, após a atividade avançada. O professor realizava suas intervenções, aprofundando os conceitos, introduzindo as equações pertinentes ao assunto e propondo exercícios para a classe.

3.3 Tópicos abordados

A seguir serão descritas as questões propostas nas atividades inicial e avançada para cada um dos cinco tópicos mencionados anteriormente. Os tópicos serão apresentados na ordem em que foram trabalhados em sala de aula.

3.3.1 Ímã em barra

As atividades relativas a este tópico propunham estudar a natureza das interações magnéticas (forças atrativas e repulsivas), a configuração das linhas de campo nas vizinhanças de um ímã em barra, as características dos campos magnéticos (identificando que é um vetor e, portanto, é caracterizado por uma intensidade, uma direção e sentido), e verificar a dependência da intensidade do campo magnético com a posição.

Atividade Inicial:

Para fins de contextualizar a questão dos campos magnéticos, propusemos primeiramente questões relativas à bússola e suas propriedades na atividade inicial de pesquisa na *Internet*. Foram propostas as seguintes questões aos alunos:

1. O que é uma bússola? Como ela funciona?
2. Com o quê a bússola interage?
3. Quais materiais da bússola interagem com o campo magnético?
4. A força magnética é sempre uma força de atração ou ela também pode ser de repulsão?
5. Qual a origem do campo magnético?

Atividade Avançada

Para o estudo das propriedades dos campos magnéticos, foram propostas atividades no experimento virtual *Ímã em barra* do simulador “Gerador” do PhET. Este experimento propõe analisar o campo magnético gerado por um ímã em barra, cuja intensidade pode ser variada de 0 a 100% e a polaridade pode ser invertida. As características do campo magnético podem ser avaliadas de diferentes formas. Ao selecionar a opção “Mostrar bússola”, uma bússola é apresentada e pode ser colocada em diferentes posições em torno do ímã a fim de investigar a orientação do vetor campo magnético em diferentes pontos do espaço. Também é possível visualizar as linhas de campo magnético e avaliar a sua intensidade selecionando “Mostrar campo”. Neste caso, a visualização do campo magnético se dá através das diferentes orientações adquiridas por pequenas agulhas magnéticas distribuídas nas vizinhanças do ímã, e a intensidade é avaliada por meio da intensidade da cor das

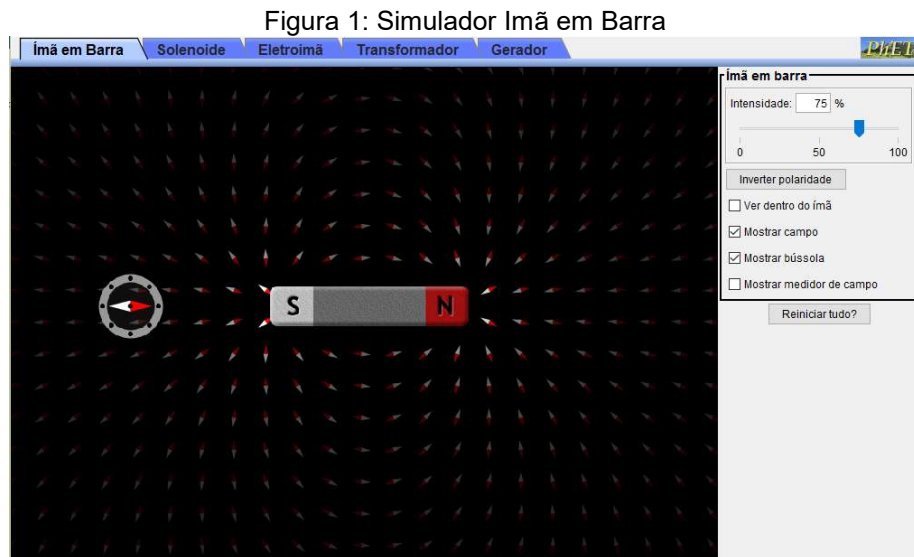
próprias agulhas. A visualização do campo magnético não está restrita à região externa ao ímã. Ao selecionar a opção “Ver dentro do ímã”, é mostrada a distribuição das agulhas magnéticas no interior do ímã em barra.

Com este experimento virtual pretende-se que o aluno investigue sobre a interação entre o ímã e a bússola, registrando a configuração e as propriedades do campo magnético nas regiões interna e externa do ímã. Nas atividades propostas foram utilizados a bússola e o medidor de campo magnético para o aluno investigar a configuração das linhas de campo e a variação da intensidade do campo magnético com a distância, respectivamente. Além do experimento virtual, foram propostas algumas questões neste roteiro relativas ao campo magnético terrestre e ao campo magnético de um ímã natural. Essas questões podiam ser pesquisadas na *Internet* paralelamente às atividades no simulador. Na figura 4 é apresentado o roteiro fornecido aos alunos com orientações para o Experimento virtual 1.

Figura 4: Roteiro do Experimento Virtual 1 – Ímã em barra

Roteiro Experimento Virtual 1 – Ímã em barra

Na simulação “Gerador”, abrir a aba “*Ímã em barra*” e marcar a opção “*Mostrar bússola*”, como mostra a Figura 1.



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

Etapa 1: Coloque a bússola em, no mínimo, quatro posições diferentes ao redor do ímã e represente em seu caderno a orientação do ponteiro da bússola.

Etapa 2: Clique no ícone “*Ver dentro do ímã*” e, em seguida, anote o que foi observado. Também consulte no *Google* como surgem as linhas de campo magnético no interior do ímã e registre em seu caderno.

Etapa 3: Clique no ícone “*Mostrar campo*” e, em seguida, observe e registre em seu caderno a bússola, o ímã e a representação do campo magnético. Feito esse procedimento, pesquise no *Google* como é possível visualizar o campo magnético e como surge.

Etapa 4: Clique no ícone “*Mostrar medidor de campo*” e, em seguida, faça a medição do campo colocando o medidor em diferentes pontos e registre seus valores no caderno: nos extremos do ímã, no interior e afastando.

Roteiro do Experimento Virtual 1 – Ímã em barra, entregue aos alunos para a realização da Atividade Avançada.

3.3.2 Solenoide

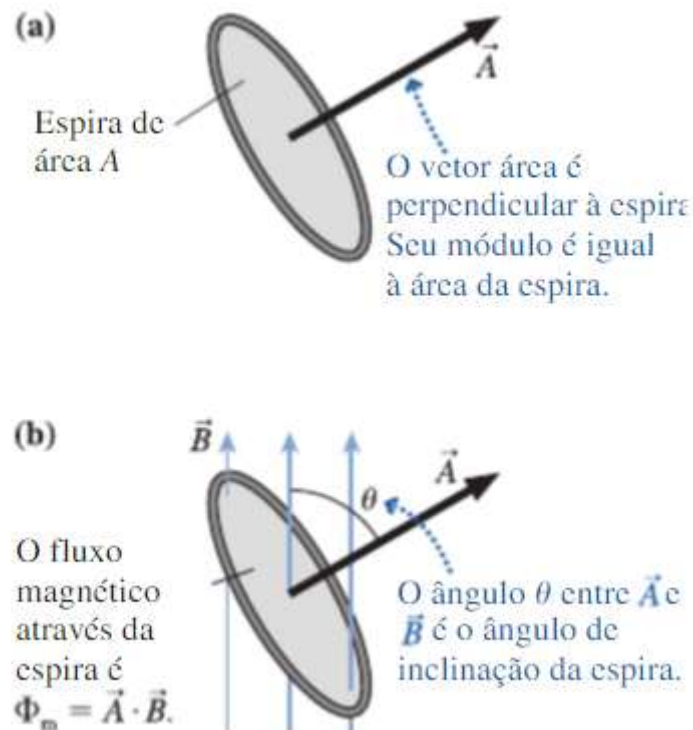
Após introduzida e trabalhada a ideia de linhas de campo magnético, foi abordada na sequência a lei da indução de Faraday. O fenômeno da indução eletromagnética é um dos mais importantes na Física e levou ao processo de produção de energia elétrica, em larga escala, em usinas geradoras e sua distribuição nos grandes centros consumidores. Esse fenômeno também se destaca por relacionar fenômenos elétricos e magnéticos, e estabelece um dos princípios fundamentais da Teoria Eletromagnética, cujos fundamentos foram sistematizados pelas equações de Maxwell.

Uma ideia central para a compreensão da lei da indução de Faraday é o conceito de fluxo magnético. Consideremos a Figura 5, que mostra uma espira de área A imersa em um campo magnético uniforme \vec{B} . A essa área podemos associar um vetor \vec{A} , cujo módulo é igual à área A da espira e a orientação é perpendicular ao plano definido pela espira (painel a). Podemos observar no painel (b) que há um certo número de linhas de campo que cruzam a superfície delimitada pela espira. Nestas condições, diz-se que há um fluxo magnético através da superfície. O fluxo magnético através da superfície, denotado pela letra grega ϕ , é dado pelo produto escalar dos dois vetores \vec{A} e \vec{B} :

$$\phi = \vec{A} \cdot \vec{B} = A \cdot B \cdot \cos \theta, \quad (3.1)$$

onde θ é o ângulo entre os vetores \vec{A} e \vec{B} , e que corresponde ao ângulo de inclinação da espira.

Figura 5: Fluxo magnético através da superfície definida por uma espira \vec{A} .



Fonte: Randall, 2009.

No sistema internacional, a unidade para a grandeza fluxo magnético é 1 Weber = 1 Wb = 1 T. m². O fluxo de campo sobre uma superfície aberta é, portanto, proporcional ao número de linhas que cruzam essa superfície (consideradas como positivas se cruzam em um sentido e negativas se cruzam no sentido oposto). Assim, o fluxo sobre qualquer superfície fechada é nulo.

A descoberta da indução eletromagnética foi feita pelo físico experimental inglês Michael Faraday, em 1831. Ao aproximar dois circuitos elétricos, Faraday percebeu que no momento em que um deles era ligado ou desligado, aparecia por um instante de tempo uma corrente no outro circuito. Percebeu também que o sentido da corrente era diferente se o circuito estava sendo ligado ou desligado. Para confirmar que era um efeito magnético, ele aproximou um ímã, e também observou o aparecimento de corrente. Essa corrente só se mantinha enquanto o ímã estava em movimento, e tinha sentido contrário dependendo se o ímã se aproximava ou se afastava. Ele também manteve o ímã fixo e movimentou o circuito, obtendo os

mesmos resultados. A conclusão de Faraday é que a variação do fluxo magnético que atravessa o circuito produz uma tensão elétrica, que dá origem à corrente.

Assim, a lei de Faraday estabelece que uma corrente elétrica é induzida em um circuito fechado quando ocorrer uma variação de fluxo magnético através do circuito. A expressão matemática que descreve o fenômeno da indução eletromagnética foi dada em 1845 pelo físico alemão Franz Ernst Neumann:

$$\mathcal{E} = \frac{d\phi}{dt} , \quad (3.2)$$

onde \mathcal{E} é a força eletromotriz induzida (f.e.m.), ϕ é o fluxo magnético e t é o tempo. Em nível de ensino médio, porém, a expressão usualmente apresentada aos alunos é na forma:

$$\mathcal{E} = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} , \quad (3.3)$$

onde $\Delta\phi$ é a variação do fluxo magnético ocorrida em um intervalo de tempo Δt .

O sentido da corrente induzida em um circuito em resposta à variação do fluxo magnético é determinado pela lei de Lenz, estabelecida pelo cientista alemão Heinrich Lenz, em 1834. O sentido da corrente induzida é tal que o campo magnético por ela criado se opõe à variação do fluxo magnético. Desta forma, a chamada lei da indução de Faraday-Lenz é expressa como:

$$\mathcal{E} = - \frac{\Delta\phi}{\Delta t} . \quad (3.4)$$

O sinal negativo garante que a f.e.m. induzida é no sentido de criar um campo magnético que vai se opor à variação do fluxo. Em outras palavras, se o fluxo está aumentando, a corrente circula em um sentido, e no sentido contrário quando o fluxo está diminuindo.

Atividade Inicial

Como veremos adiante, a lei da indução de Faraday foi trabalhada inicialmente a partir de uma abordagem mais qualitativa, por meio do experimento virtual “Solenóide” do simulador “Gerador” do PhET. Neste experimento, o aluno pode experimentar diferentes situações através de um solenóide. Assim, a fim de

familiarizar o aluno com este dispositivo e promover uma contextualização da lei da indução de Faraday, a atividade inicial proposta contemplou questões relativas às características e funcionalidade dos solenoides, além de propor uma pesquisa sobre os trabalhos desenvolvidos por Ampère e Faraday. Foram propostas as seguintes questões na atividade inicial:

1. O que é e como é constituído o solenoide?
2. Explique como Faraday chegou à ideia de campo magnético.
3. Escreva um parágrafo em seu caderno sobre as diferenças entre os métodos de trabalho de Ampère e de Faraday e sobre como seus trabalhos se complementaram.

Atividade Avançada

O experimento virtual “Solenóide” possibilita verificar, de forma qualitativa, a lei da indução de Faraday ao movimentar um ímã em barra através de um solenoide que se encontra ligado em série com um indicador. O indicador pode ser uma lâmpada ou voltímetro analógico. A verificação da força eletromotriz induzida no solenoide pode ser avaliada indiretamente, através da potência da lâmpada (luminosidade), ou diretamente pela leitura do voltímetro. O experimento permite alterar algumas grandezas, tais como a intensidade do campo magnético gerado pelo ímã, e a área e o número de espiras do solenoide. A indução da força eletromotriz pode ser verificada por meio de três procedimentos: (i) movimentando o ímã em relação ao solenoide em repouso, (ii) movimentando o solenoide em relação ao ímã em repouso, e (iii) variando continuamente a área do solenoide, com o ímã e solenoide mantidos em repouso. Além disso, é possível visualizar o sentido de circulação das cargas elétricas no solenoide para qualquer uma das situações descritas acima.

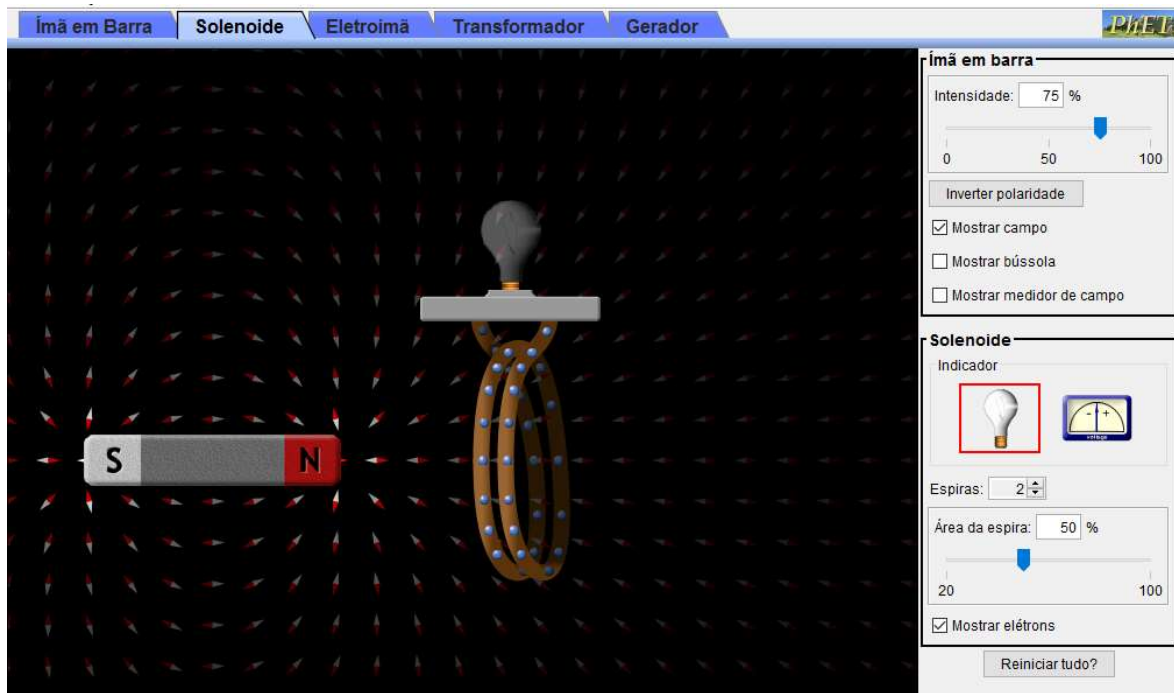
Na Atividade Avançada proposta, o aluno é orientado a colocar o ímã em barra em movimento no interior do solenoide, para que perceba o movimento das cargas elétricas com a variação do fluxo magnético. Também é solicitado ao aluno variar algumas grandezas, tais como o número de espiras e a área do solenoide, de forma a estabelecer a relação entre estas variáveis e a força eletromotriz induzida. Por fim, o aluno deverá analisar a luminosidade da lâmpada e o sentido da corrente elétrica, quando o ímã é deslocado em movimento de vai-e-vem através do solenoide. Na Figura 6 apresentamos o roteiro do experimento 2 como aplicado na escola.

Figura 6: Roteiro do Experimento Virtual 2 – Solenoide

Roteiro Experimento 2 – Solenoide

Na simulação “Gerador”, abrir a aba “Solenoide” e deixar todas as opções desmarcadas, como mostra a Figura 1. Selecione a lâmpada como indicador.

Figura 1: Simulador Solenoide



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

Etapa 1: Movimentando o ímã no interior do solenoide, o que acontece com o brilho da lâmpada? Explique.

Etapa 2: Repita o procedimento selecionando o voltímetro como indicador. Verifique a variação de tensão enquanto você movimenta o ímã. Varie a velocidade deste movimento. O que você observa? Procure sistematizar suas observações.

Etapa 3: Varie o número de espiras do solenoide e verifique se ocorre alguma alteração nos resultados. Você é capaz de obter uma relação entre o número de espiras e o valor medido da tensão?

Etapa 4: Varie a área das espiras do solenoide e verifique se ocorre alguma alteração nos resultados. Você é capaz de obter uma relação entre a área das espiras e o valor medido da tensão?

Etapa 5: O que acontece com o sentido da corrente quando você move o ímã para trás e para frente?

Roteiro do Experimento Virtual 2 – Solenoide, entregue aos alunos para a realização da Atividade Avançada.

3.3.3 Eletroímã

De acordo com a nossa proposta, os alunos estudaram inicialmente a configuração de campo magnético gerado por um ímã em barra permanente. Como exemplo de dispositivo capaz de gerar um campo magnético variável e controlável é discutido o eletroímã. A fim de diferenciar o ímã permanente de um eletroímã e identificar as grandezas que determinam o valor do campo magnético produzido por um eletroímã, foram propostas as questões da Atividade Inicial e o experimento “Eletroímã” do simulador “Gerador”.

Atividade Inicial

1. O que é um eletroímã? Como é constituído? Possui as mesmas características de um ímã?
2. Investigue e registre as vantagens e aplicações tecnológicas do eletroímã.

Atividade Avançada

O objetivo deste experimento virtual “Eletroímã” é estudar o campo magnético gerado por um eletroímã, identificando as grandezas que definem as suas características. O experimento é composto de um eletroímã ligado em série a uma fonte de corrente (AC/DC). A intensidade da fonte pode ser alterada nos casos AC/DC, e a frequência da corrente alternada imposta pela fonte AC também pode ser variada. No caso DC, é possível alterar a polaridade da fonte. O experimento também permite modificar o número de espiras do eletroímã. A representação do campo magnético gerado pelo eletroímã é dada pelo arranjo dos ímãs elementares. O vetor campo magnético pode ser avaliado por meio do medidor de campo magnético (que fornece a intensidade em Gauss, as componentes x e y do campo em Gauss, e a orientação do vetor, dado em graus).

No experimento virtual proposto é solicitado ao aluno variar grandezas como número de espiras e a tensão da fonte DC, verificando a presença do campo magnético através da orientação da agulha da bússola. O aluno deve analisar e registrar as linhas de indução do campo magnético que surgem ao redor do eletroímã, verificar a intensidade do campo magnético na presença de corrente elétrica

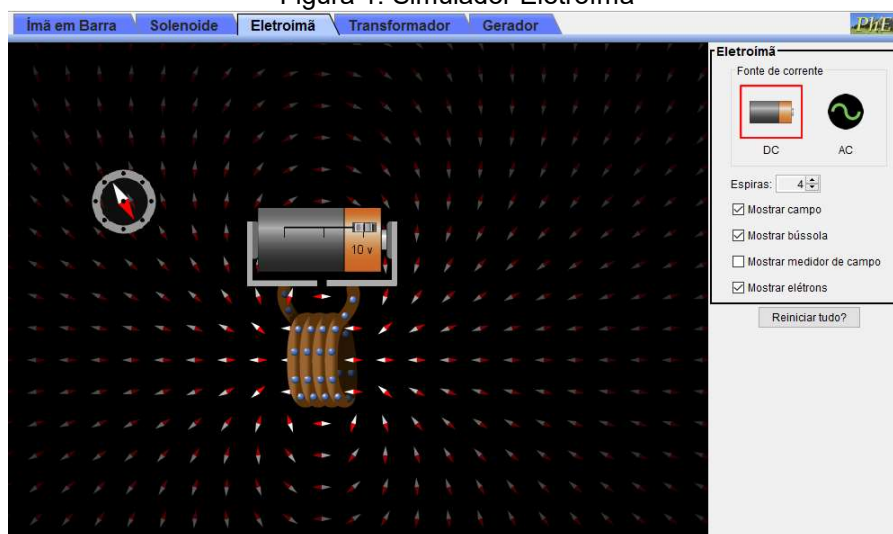
(alterando a tensão da fonte). O roteiro relativo à Atividade Avançada sobre eletroímãs é apresentado nas Figuras 7 e 8.

Figura 7: Roteiro do Experimento Virtual 3 – Eletroímã

Roteiro Experimento 3 – Eletroímã

No simulador “Gerador”, abrir a aba “Eletroímã” e deixar todas as opções desmarcadas, como mostra a figura.

Figura 1: Simulador Eletroímã



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

Etapa 1: Iremos avaliar a importância do número de espiras na potência do eletroímã. Reproduza e complete a tabela 1 em seu caderno.

Tabela 1: Número de espiras x Campo magnético

Tensão Elétrica	Número de Espiras	Intensidade do Campo Magnético
2 V	1	
	2	
	3	
	4	

Roteiro do Experimento Virtual 3 – Eletroímã entregue aos alunos para a realização da Atividade Avançada.

Figura 8: Roteiro do Experimento Virtual 3 – Eletroímã (Continuação)

Etapa 2: Iremos avaliar a importância da tensão na potência do eletroímã. Reproduza e complete a tabela 2 em seu caderno.

Tabela 2: Tensão elétrica x Campo magnético

Número de Espiras	Tensão Elétrica (V)	Intensidade do Campo Magnético
4	2	
	4	
	6	
	8	

Que diferença faz a tensão na intensidade do campo magnético do eletroímã?

Etapa 3: Agora com os ícones “Mostrar campo”, “Mostrar bússola” e “Mostrar elétrons” selecionados, inverta a polaridade da fonte DC e registre o observado.

Continuação do roteiro do Experimento Virtual 3 – Eletroímã, entregue aos alunos para a realização da Atividade Avançada.

3.3.4 Transformadores

Os transformadores de tensão, chamados normalmente de transformadores, são dispositivos capazes de aumentar ou reduzir valores de tensão. Os transformadores operam em corrente alternada e seu funcionamento está baseado nos princípios da Lei de Faraday-Lenz. Utilizados em diversas instalações elétricas, como nas residências com o intuito de aumentar ou diminuir a voltagem que é fornecida pelas companhias fornecedoras de eletricidade, esses dispositivos são construídos por uma peça de ferro denominada de núcleo do transformador, no qual são enroladas duas bobinas: a primária, que é receptora da tensão que se deseja modificar; e a secundária, que tem como função transferir a tensão modificada. O seu

funcionamento é baseado na criação de uma corrente induzida no secundário, a partir da variação de fluxo gerada pelo primário.

Além da importância destes dispositivos do ponto de vista prático, o estudo dos transformadores propicia um aprofundamento da discussão com os alunos sobre a lei de indução de Faraday-Lenz.

Atividade Inicial

Nesta primeira atividade foi proposto aos alunos investigar na *Internet* sobre transformadores, lançando para a classe algumas questões relativas à sua estrutura e funcionalidade. Foram propostas as seguintes questões na atividade inicial:

1. A figura abaixo mostra um sistema de linhas de transmissão. De onde partem os cabos? Para onde se dirigem?

Figura 9: Rede de transmissão de energia elétrica



Fonte: VALIO, 2015.

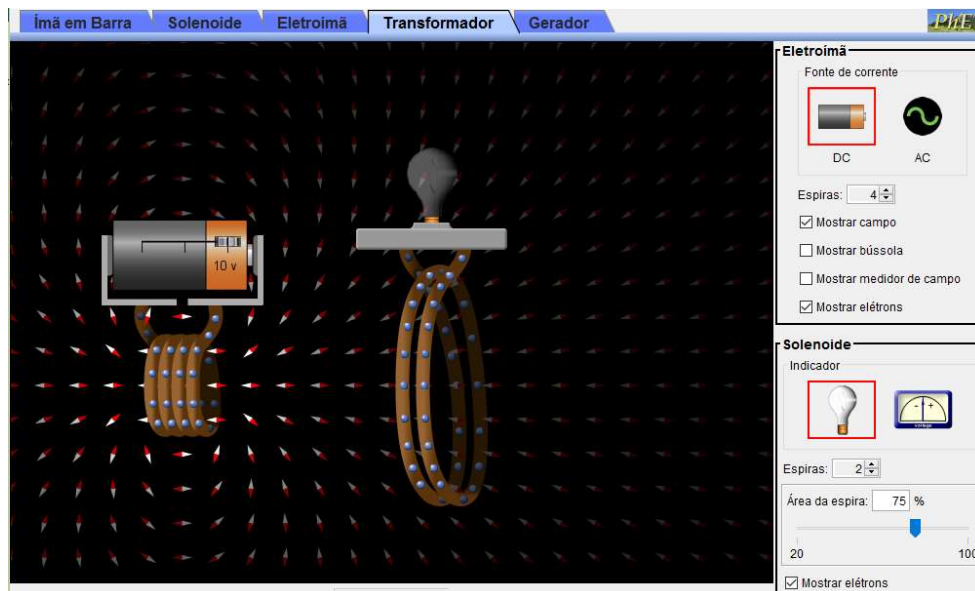
2. Perto das cidades, esses cabos passam por transformadores. Na sua opinião, qual é a função do transformador?
3. Qual é a função dos transformadores em uma instalação elétrica? Como eles funcionam?

Atividade Avançada

O experimento virtual “Transformador” propõe investigar as propriedades de um transformador a partir de uma montagem constituída de um solenoide e de um eletroímã, como mostra a Figura 10. Veja que ambos já foram trabalhados anteriormente nas atividades propostas nos experimentos virtuais “Solenoide” e “Eletroímã”. A força eletromotriz (f.e.m.) é induzida no solenoide (secundário), cujo número de espiras e área podem ser variados. A f.e.m. pode ser avaliada através da

intensidade da lâmpada ou do voltímetro analógico, ambos ligados em série com o solenoide. O eletroímã (primário), por sua vez, está ligado em série a uma fonte DC/AC. A intensidade da fonte contínua pode ser alterada entre 0 e 10 V, e sua polaridade pode ser invertida. No caso da fonte AC, é possível variar a frequência e a amplitude da corrente alternada. O experimento também permite modificar o número de espiras do eletroímã. A representação do campo magnético gerado pelo eletroímã é dada pelo arranjo dos ímãs elementares. O vetor campo magnético pode ser avaliado por meio do medidor de campo magnético (que fornece a intensidade em Gauss, as componentes x e y do campo em Gauss, e a orientação do vetor, dado em graus).

Figura 10: *Print* da tela do experimento virtual “Transformador” do simulador “Gerador” do PhET.



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

O experimento virtual “Transformador” oferece várias possibilidades de verificar a lei de indução de Faraday-Lenz, permitindo um aprofundamento de seu entendimento. Dentre as possibilidades a serem exploradas, podemos citar as seguintes situações:

- (i) O surgimento de uma força eletromotriz induzida pelo movimento relativo do solenoide e eletroímã, considerando uma situação de fonte DC;

- (ii) O surgimento de uma força eletromotriz no secundário quando imposta uma corrente AC pela fonte do primário, na ausência de movimento relativo entre os componentes.

Para variar a intensidade da força eletromotriz, o experimento “Transformador” permite alterar as seguintes grandezas:

- (i) O número de espiras e a área do solenoide;
- (ii) O número de espiras do eletroímã;
- (iii) A tensão e a polaridade da fonte DC;
- (iv) A frequência e a amplitude da fonte AC;
- (v) A velocidade relativa entre os componentes.

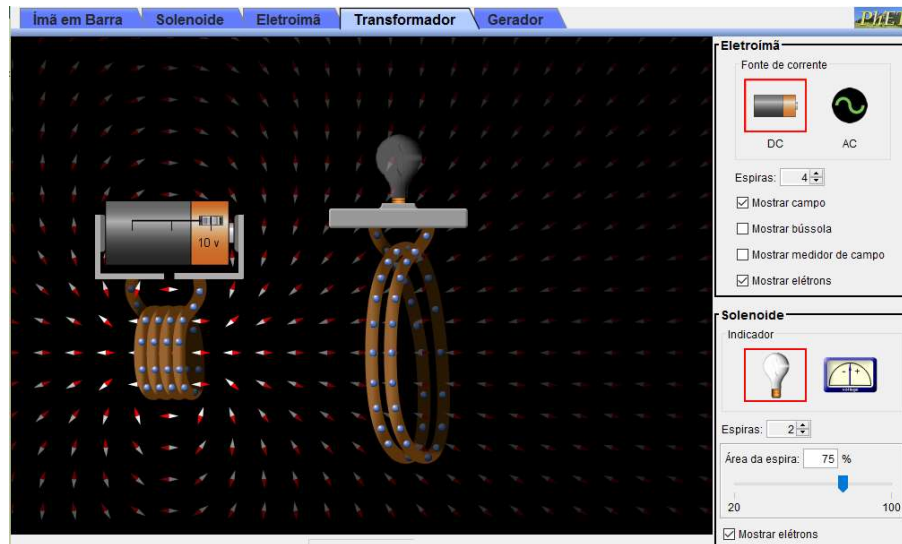
O roteiro relativo à Atividade Avançada sobre transformadores é apresentado nas Figuras 11 e 12.

Figura 11: Roteiro do Experimento Virtual 4 – Transformador

Roteiro Experimento 4 – Transformador

Na simulação “Gerador”, abrir a guia “Transformador” e deixar todas as opções desmarcadas, exceto “Mostrar Campo” e “Mostrar elétrons”. Selecione a lâmpada como indicador.

Figura 1: Simulador Transformador



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

Selecione a fonte de corrente em DC (corrente contínua):

Etapa 1: Ajuste a fonte para 0 V e verifique se a lâmpada acende. Por quê?

Etapa 2: Ajuste a fonte para 10 V. Em quais espiras você percebe movimentação de elétrons? A lâmpada acendeu? Por quê?

Etapa 3: Com base no que você aprendeu nos momentos anteriores, pense em maneiras de fazer a lâmpada acender. Teste suas ideias.

Selecione a fonte de corrente AC (corrente alternada):

Etapa 4: O que você observa? Explique.

Etapa 5: Selecione o indicador de tensão e verifique se ocorre variação no seu ponteiro.

Roteiro do Experimento Virtual 4 – Transformador entregue aos alunos para a realização da Atividade Avançada.

Figura 12: Roteiro do Experimento Virtual 4 – Transformador (Continuação)

Etapa 6: Aproximando o primário (eletroímã) do secundário (solenóide) do transformador, a tensão no secundário aumenta ou diminui? Justifique.

Etapa 7: Altere a área da espira e verifique o que ocorre com a tensão no secundário. É possível determinar uma relação entre a área da espira e a tensão medida? Explique.

Etapa 8: Agora altere o número de espiras do secundário para uma, duas e três e verifique se ocorre variação de tensão no secundário do transformador. É possível determinar uma relação entre o número de espiras do secundário e a tensão medida? Explique.

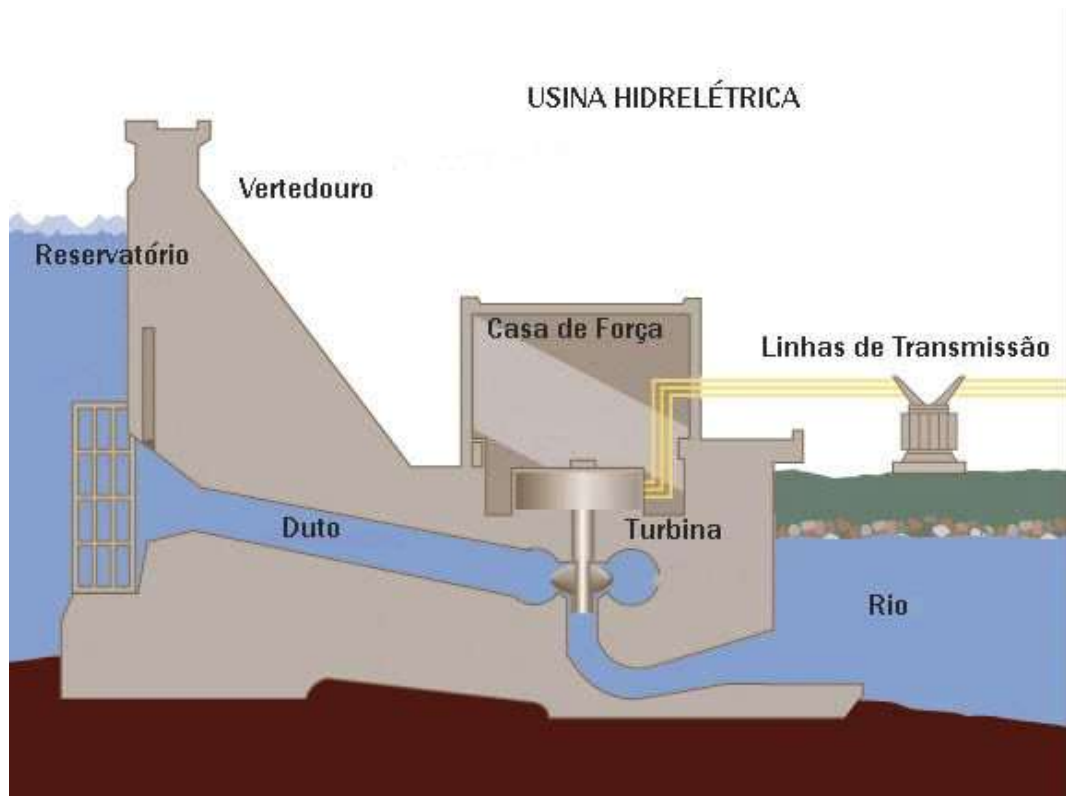
Continuação do roteiro do Experimento Virtual 4 – Transformador, entregue aos alunos para a realização da Atividade Avançada.

3.3.5 Gerador

O último assunto trabalhado com os alunos na sequência didática foi a geração de corrente elétrica alternada. No caso específico, abordou-se o princípio físico de geração de energia nas usinas hidrelétricas, dando particular ênfase para os processos de transformação de energia envolvidos e a Lei da Indução de Faraday.

A Figura 13 mostra um esquema de funcionamento de uma usina hidrelétrica, identificando os principais elementos. A energia elétrica gerada nas usinas hidrelétricas é resultado de um processo de conversão de energia potencial em energia elétrica. A água que se encontra represada no reservatório armazena energia potencial; ao abrir as comportas da usina, a energia potencial da água vai sendo convertida em energia cinética à medida que ela vai escoando pelos dutos. Ao entrar em contato com as turbinas, as mesmas começam a girar dando origem à força eletromotriz induzida, processo este que consiste na conversão da energia cinética das turbinas em energia elétrica, pois em razão da f.e.m. será estabelecida uma corrente elétrica entre dois pontos.

Figura 13: Esquema do funcionamento de uma usina hidrelétrica



Fonte: <http://brasilecola.uol.com.br/fisica/o-principio-funcionamento-uma-usina-hidreletrica.htm>

Atividade Inicial

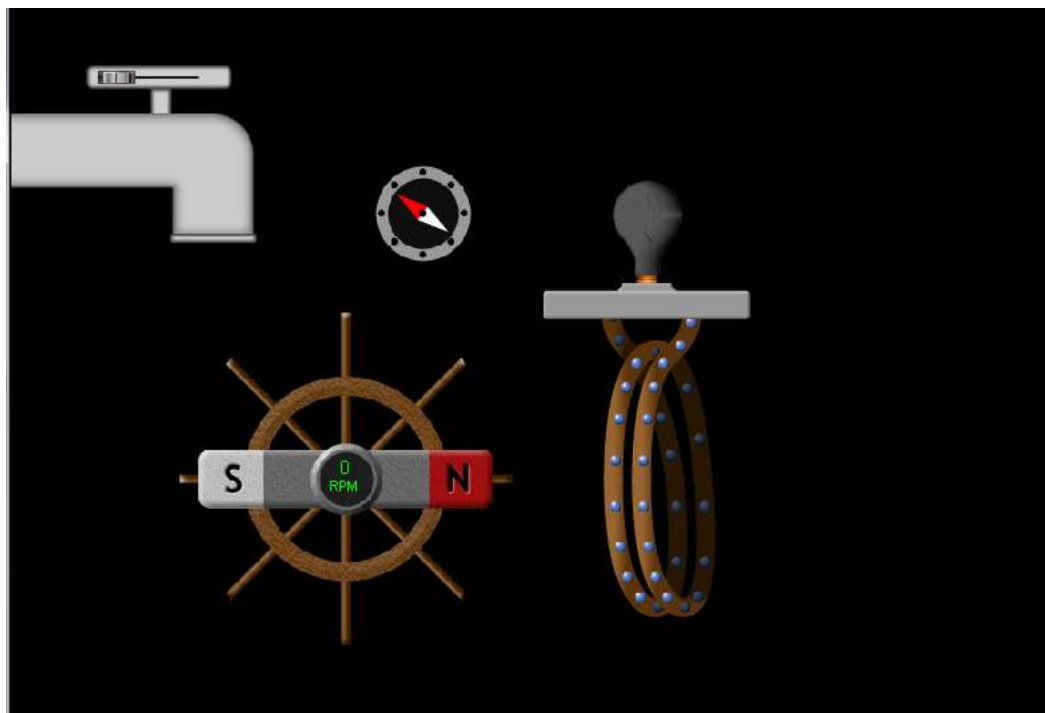
A atividade de pesquisa na *Internet* proposta para abordar a geração de energia elétrica focou em questões sobre aspectos históricos e as formas de geração de energia no país. Foram propostas as seguintes questões:

1. Onde e quando foi instalada a primeira hidrelétrica? E a primeira termelétrica?
2. Onde e quando foi instalado o primeiro sistema de iluminação pública?
3. Quais foram as primeiras usinas geradoras e distribuidoras de energia elétrica de nosso país?
4. Que tipos de usina de produção de energia elétrica têm em nosso país? Qual a mais abundante?
5. Como você avalia o acesso à energia elétrica no Brasil?

Atividade Avançada

O experimento virtual “Gerador” do simulador “Gerador” do PhET é composto de um solenoide ligado em série a um indicador (lâmpada ou voltímetro), um ímã em barra com os seus polos norte e sul indicados e fixo a uma roda d’água, conforme indica a Figura 14. A roda d’água desempenha o papel de uma turbina em uma usina hidrelétrica. A comporta da usina é representada por uma torneira cuja vazão de água pode ser controlada.

Figura 14: *Print* da tela do experimento virtual “Gerador” do simulador “Gerador” do PhET



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

Um recurso disponível no simulador é a visualização dos ímãs elementares que representam o campo magnético gerado pelo ímã em barra em diferentes pontos quando habilitada a opção “Mostrar Campo”. Assim, a visualização das diferentes orientações que os ímãs elementares adquirem quando o ímã em barra é colocado em rotação permite discutir de maneira mais aprofundada a ideia de fluxo magnético variável.

Nesta etapa o aluno inicia o experimento descrevendo o funcionamento das diversas partes do simulador e identificando quais as transformações de energia estão envolvidas no processo. Ou seja, o experimento permite integrar qualitativamente os

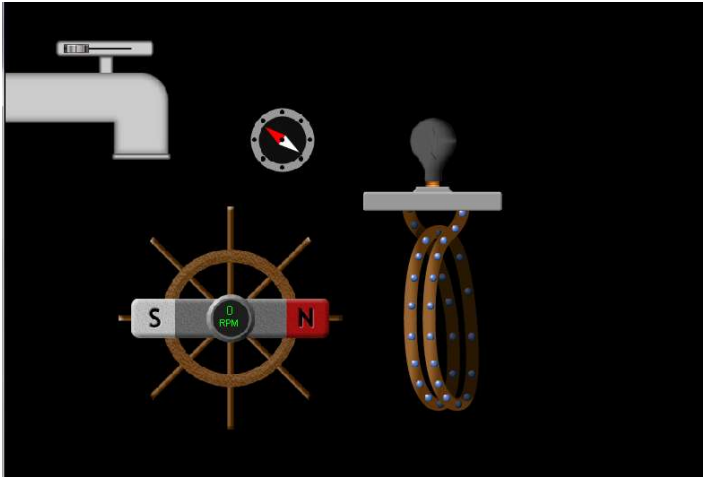
conhecimentos de mecânica e eletromagnetismo, alterando algumas variáveis como: vazão da água, número de espiras, intensidade do campo magnético (ímã), área da espira e indicador. O roteiro relativo à Atividade Avançada sobre eletroímãs é apresentado na Figura 15.

Figura 15: Roteiro do Experimento Virtual 5 – Gerador

Roteiro Experimento 5 – Gerador

Etapa 1: Acessando o simulador “Gerador” (https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/generator), abra a aba “Gerador”. Em seguida, explique o funcionamento deste gerador, descrevendo as partes que o compõem.

Figura 1: Simulador Gerador



Etapa 2: Aumente o volume d'água e verifique a intensidade do brilho da lâmpada. Explique.

Etapa 3: Varie o número de espiras e a área das espiras, verificando o efeito sobre o brilho da lâmpada. Isto era esperado? Explique.

Etapa 4: Relacione o funcionamento da simulação do gerador com as características da corrente elétrica que obtemos em nossa casa. Faça um relato com suas conclusões.

Roteiro do Experimento Virtual 5 – Gerador entregue aos alunos para a realização da Atividade Avançada.

4 Relato da Aplicação da Sequência Didática

Neste capítulo serão apresentados os registros e relatos realizados pelos alunos ao longo do desenvolvimento das atividades da intervenção didática. No caso das questões discursivas propostas nas diferentes atividades, são apresentadas algumas das respostas dos alunos/grupos, que correspondem às transcrições fiéis de suas anotações. A fim de resguardar a identidade, os nomes dos estudantes serão omitidos. Neste caso, somente foi feita uma análise qualitativa das respostas fornecidas pelos alunos, ao passo que foi realizada uma análise estatística das respostas às questões objetivas.

4.1 Sondagem Inicial

Data da atividade 03/08/2015

A aula foi iniciada com as boas-vindas aos alunos, os quais estavam retornando das suas férias. Em seguida foi explicado que eles iriam participar de uma avaliação diagnóstica e que esta avaliação serviria apenas para fazer o levantamento do conhecimento prévio dos estudantes, não tendo caráter formal de avaliação.

Abaixo apresentamos cada uma das questões da avaliação diagnóstica e sua respectiva avaliação.

Questão 1: “A agulha de uma bússola nada mais é que um ímã em que seu polo norte sempre aponta para o polo norte magnético da Terra”. Você concorda ou não com essa afirmação? Justifique.

Respostas dos alunos à Questão 1:

Aluno 1 – *Não concordo pois não acho que a agulha seja um ímã. Acho que o campo magnético terrestre é muito grande e por isso a agulha se move em direção a ele.*

Aluno 2 – *Concordo, pois o material da bussola sofre interferências na localização da agulha.*

Aluno 3 – *sim, porem o polo norte não é exatamente onde mostra no globo, se estivesse na ponta mais ao norte da terra a bussola vai apontar em outra direção.*

Aluno 4 – *Sim, pois para a bussola sempre aponta para o polo norte da Terra, ela tem que ter o mesmo polo magnético do sul da terra, para ser atraída para o polo norte magnético.*

Aluno 5 – *sim, pois o lado norte é mais eletromagnético dando essa diferença do norte/sul.*

Aluno 6 – *Não, pois o polo positivo é atraído pelo negativo.*

Aluno 7 – *Sim, porque sim.*

Aluno 8 – *Concordo porque a Susannah falou isso uma vez.*

Aluno 9 – *não, pois a agulha não é um imã, mas sim um metal para que seja atraído pelo polo norte magnético da Terra.*

Aluno 10 – *Sim! Podemos diferenciar norte e sul por seu magnetismo.*

Aluno 11 – *Concordo, a ponta da agulha é atraída pelo polo magnético da Terra, norte.*

Aluno 12 – *sim, porque os imãs são atraídos por um polo magnético, e é isso que acontece com a agulha da bussola, atraída pelo magnetismo do polo norte da terra.*

Aluno 13 – *concordo, porque a agulha se atrai com o polo magnético da Terra, por ser um imã.*

Aluno 14 – *Não concordo com a afirmação, já que é seu polo sul aponta o polo norte da Terra.*

Aluno 15 – *Sim, pois eu acho que o polo magnético atrai o ima da bussola.*

Aluno 16 – *Penso que não, pois deve ser ao contrário, até porque o ima vai funcionar inversamente.*

Aluno 17 – *Não concordo, pois o polo norte do imã aponta para o polo sul da Terra.*

Aluno 18 – Não, pois o polo magnético da Terra é o polo sul geográfico.

Aluno 19 – Não, pois o polo norte magnético da Terra atrai o polo sul da bússola.

A afirmação apresentada na Questão 1 não é correta, já que polos magnéticos de nomes opostos se atraem e, portanto, o polo norte da bússola aponta para o polo sul magnético da Terra, que corresponde ao polo norte geográfico do planeta. Analisando as respostas dadas pelos alunos, 5 (aproximadamente 33%) responderam satisfatoriamente à questão; os outros 10 alunos (aproximadamente 67%) da classe não conseguiram responder satisfatoriamente à questão.

Questão 2: Explique como um prego comum pode ser atraído por um ímã.

Respostas dos alunos à Questão 2:

Aluno 1 – Porque o material do prego facilita a atração, assim (O aluno não completou o raciocínio.)

Aluno 2 – pelos campos elétricos.

Aluno 3 – Porque o ferro é um material que interage com o ímã.

Aluno 4 – O ímã atrai o prego de metal, pois ele atrai os elétrons do material com seu polo positivo. O ímã também atrai o metal pois ele é um ótimo condutor de eletricidade fazendo com que seus elétrons sejam maior movimento no corpo.

Aluno 5 – o prego comum por ser atraído por um ímã, devido que o prego é um metal e é fácil de ser atraído, pois ele naturalmente é magnetizado.

Aluno 6 – porque o prego possui partículas + e outras – que fazem a mesma função dos polos da Terra (atrair).

Aluno 7 – pois o prego tem um polo eletricamente contrário ao ímã, o que faz com que o ímã atraia o prego.

Aluno 8 – O prego é de ferro e o ímã atrai o ferro, então o ímã é atraído pelo prego.

Aluno 9 – *por causa dos polos, um é negativo e outro é positivo e por isso eles se atraem.*

Aluno 10 – *O prego é feito de ferro, que é naturalmente magnético.*

Aluno 11 – *Um prego comum pode ser atraído por um íma porque o íma atrai o magnetismo presente no campo elétrico do prego feito do metal ferro.*

Aluno 12 – *Um ímã tem átomos com cargas mais negativas e assim com outro objeto magnético com uma carga positiva, vai se atrair.*

Aluno 13 – *Os polos eletrizados do ímã atraem as cargas.*

Aluno 14 – *pois o íma atrai o prego, pois o prego é feito de um material que é atraído.*

Aluno 15 – *Ele pode ser atraído, pois vai haver troca de cargas assim o prego vai atrair o íma ou vice-versa.*

Aluno 16 – *o íma, que sempre está eletrizado, atrai o prego em um dos seus polos.*

Aluno 17 – *Pela sua propriedade material (do que é feito), pela força de atração dos polos do ímã.*

Aluno 18 – *Através dos polos do íma, eletrizados, o prego é atraído.*

É uma questão discursiva onde o aluno precisa perceber que o prego é composto de um material capaz de se magnetizar na presença do campo magnético externo gerado pelo ímã, adquirindo então propriedades magnéticas similares a de um ímã e, portanto, os seus polos magnéticos interagem. No geral, consideramos que as respostas não foram satisfatórias em relação à explicação do fenômeno de interação à distância. Em particular, identificamos uma confusão conceitual relacionada a polos elétricos e magnéticos. Porém, constatamos em várias respostas que os alunos afirmam que o prego é composto de um material metálico (ferro) e, portanto, é considerado um bom condutor. E esta propriedade facilita a magnetização.

As demais 5 questões da avaliação diagnóstica são objetivas e estão no apêndice 2. Os resultados estão organizados na Tabela 1, na qual é apresentado o

número de alunos que selecionaram como resposta cada uma das alternativas apresentadas.

Tabela 1 – Resultados da Sondagem Inicial

Questão	A	B	C	D	E
3	2	2	4	11	-
4	6	3	0	0	10
5	2	3	0	10	4
6	3	4	3	8	-
7	17	2	0	0	0

Número de respostas a cada alternativa das cinco questões objetivas da avaliação diagnóstica (questões de 3 a 7). A alternativa correta está destacada em cor azul escuro.

A Questão 03 teve um nível de acerto relativamente alto, o qual sugere que boa parte dos alunos demonstra alguma compreensão sobre a interpretação de linhas de campo. Possivelmente os alunos estabelecem uma analogia com a configuração das linhas de campo elétrico devida a uma distribuição de cargas pontuais de mesmo sinal e de sinais contrários, conteúdo já visto nesse momento pelos alunos.

A questão 05 é interessante sob vários aspectos. Percebe-se que os alunos conseguem identificar que algo ocorre no anel metálico, induzido pela aproximação do ímã, mas que as propriedades magnéticas do ímã não são afetadas. No entanto, o elevado número de alunos que escolheram a alternativa D como resposta à questão proposta, quando a resposta correta é a alternativa E, revela que os alunos tendem a associar a interação entre o ímã e um condutor com uma interação atrativa.

A grande maioria dos alunos respondeu corretamente à Questão 07, identificando a transformação de energia mecânica em energia elétrica, o qual indica que os alunos souberam identificar a energia envolvida em situações relacionadas ao movimento dos corpos, conteúdo este trabalhado no primeiro ano do Ensino Médio.

4.2 Ímãs em Barra

Atividade Inicial

Data da atividade 06/08/2015

Os alunos foram encaminhados em duplas para o laboratório de informática, onde começaram a desenvolver a atividade inicial, pesquisando e investigando questões relacionadas à bússola e à origem do campo magnético (apresentadas na página 26). Abandonando o estilo de aulas teóricas e de resolução de problemas, foi estimulada a participação ativa dos alunos, com o professor atuando como mediador.

A maior dificuldade e preocupação apresentada por alguns alunos durante a pesquisa foi identificar qual a resposta mais adequada para a questão proposta já que, quando lançavam a questão no *site* de busca, apareciam muitas respostas. Foi então sugerido que utilizassem *sites* que tivessem maior credibilidade científica (sob a orientação do professor) ou educacional e, como melhor resposta, aquela que explicasse mais detalhadamente a questão, ou que o aluno considerasse como a mais satisfatória.

Na primeira questão os grupos pesquisaram sobre a bússola e seu funcionamento. No geral, os grupos responderam satisfatoriamente, porém quatro grupos responderam de forma bem sucinta. No entanto, os demais descreveram a questão de forma mais elaborada, e um grupo inseriu inclusive o contexto histórico da evolução da bússola. Abaixo apresentamos as respostas dos alunos.

Grupo 1 – *É uma ferramenta de orientação, um prego objeto que marca os pontos cardeais, contendo uma agulha que indica sempre o polo norte.*

Grupo 2 – *A bussola é um instrumento bastante simples usados para orientar os sentidos, norte, sul, leste e oeste. O funcionamento baseia-se na conjugação do magnetismo da agulha com o magnetismo terrestre.*

Grupo 3 – *A bussola é um objeto utilizado para a orientação geográfica. Tem uma agulha magnética que é atraída para o polo magnético terrestre.*

Grupo 4 – *A bussola é um objeto de orientação geográfica, tendo essa função pois sua magnetizada sempre aponta para o polo norte da Terra. A agulha magnética*

é magnética é aliada ao magnetismo da Terra, ela se desloca a um sentido. Sabendo que os opostos se atraem, a parte norte da bússola é atraída pelo magnético da Terra (o polo norte geográfico) e a parte sul da bússola é então atraída pelo norte magnético da Terra.

Grupo 5 – É uma ferramenta de orientação, um pequeno objeto que marca os pontos, cardeais, contendo uma agulha que indica sempre o polo norte. Ela possui uma agulha magnética que interage com o magnetismo da Terra, o polo norte da agulha é atraído pelo polo sul magnético da Terra, que é seu polo norte geográfico.

Grupo 6 – A bússola é um equipamento magnético, o qual ajuda-nos a se localizar. Ela funciona da seguinte forma se ela é magnética, ela consegue se aliar com o magnetismo da Terra e que se desloque em algum sentido, como sabemos ou pelo menos ouvimos falar, que polos opostos se atraem, a parte N da bússola é atraída pela S magnética da Terra, ou seja, norte geográfica, e vice-versa.

Grupo 7 – É um instrumento que contém uma agulha magnética que sempre se alinha com o eixo norte-sul da Terra.

Grupo 8 – É um objeto geográfico que foi desenvolvido em 200 A.C, contém uma agulha magnetizada que aponta para o polo norte da Terra. Tendo sido construída com base na rosa dos ventos, o aperfeiçoamento da bússola foi ocorrendo com o tempo e, quando se descobriu que uma fina peça metálica poderia ser magnetizada, esfregando-a com minério de ferro, houve uma considerável mudança. Até que em 850 d.C., os chineses magnetizavam uma agulha buscando maior precisão e estabilidade do instrumento. A agulha, que é equilibrada em um eixo de livre movimento, aponta sempre para o norte devido à grande quantidade de ferro derretido no interior da Terra, que funciona como um ímã, atraindo assim a agulha magnetizada da agulha.

Na segunda questão os grupos pesquisaram com o quê a bússola interage. No geral a maioria dos grupos identificou que a agulha da bússola interage com o campo magnético da Terra ou com o “magnetismo da Terra”, embora algumas respostas apresentem algumas informações equivocadas, como afirmar que a bússola interage com “o ferro derretido presente no polo norte da Terra”. Interessante notar que 01 grupo forneceu uma resposta não tradicional à questão, afirmando que a agulha da bússola interage com qualquer material que apresente magnetismo, o qual é correto.

Apenas 01 grupo não respondeu satisfatoriamente à questão, relatando apenas a maneira como magnetizar a agulha. Abaixo apresentamos as respostas dos grupos.

Grupo 1 – *Ela funciona através de uma agulha magnética que faz com o que aliada ao magnetismo a Terra ela se desloque em um sentido.*

Grupo 2 – *Sabemos que a Terra é um ímã, que contém um campo magnético, campo este que induz a agulha da bússola a marcar os pontos cardeais. Estes pontos cardeais indicam os 4 polos em que a Terra está dividida: norte, sul, leste e oeste. No entanto para interpretar uma bússola, é necessário ver a Terra pelo seu magnetismo, ou seja, no mapa o polo norte geográfico situa-se em cima e o polo sul em baixo. Magneticamente falando, o polo norte magnético fica em baixo e o polo sul fica em cima.*

Grupo 3 – *Foi descoberto que uma fina peça de metal poderia ser magnetizada, esfregando-a com minério de ferro. Em busca de maior precisão da bússola, começaram a magnetizar agulhas.*

Grupo 4 – *Com os polos magnéticos da Terra.*

Grupo 5 – *Com o magnetismo da Terra.*

Grupo 6 – *Com qualquer material que contenha magnetismo.*

Grupo 7 – *A bússola magnetizada interage com o eixo magnetizado da Terra.*

Grupo 8 – *O ferro derretido presente no polo norte da Terra.*

Na terceira questão os alunos eram questionados a respeito de quais materiais da bússola interagem com o campo magnético da Terra. O único material da bússola que interage com campo magnético da Terra é a agulha, porque ela está magnetizada e, estando apoiada em seu centro de gravidade, pode girar livremente ao interagindo com o campo magnético terrestre. Todos os grupos de alunos responderam identificaram, corretamente, que a agulha é o elemento que interage com o campo magnético terrestre. As respostas em geral foram bastante objetivas, porém 02 grupos descreveram a interação magnética entre a agulha da bússola e o campo magnético da Terra. Abaixo apresentamos as respostas dos grupos.

Grupo 1 – *A agulha magnetizada aliada ao campo magnético da Terra; sabendo que os polos opostos se atraem, a partir da bússola é atraída pelo sul magnético da*

Terra, e é o polo norte geográfico e a parte sul da bussola é então atraída pelo norte magnético da Terra, indicando-os assim a leitura.

Grupo 2 – A agulha da bussola é magnética o que faz com que, aliada ao magnetismo da Terra, ela se desloque em um sentido. Sabendo que os polos opostos se atraem, a parte norte da bussola é atraída pelo norte da Terra, indicando-os assim no disco da leitura. A agulha da bussola geralmente tem marcado a vermelho o norte e o sul de preto, ou simplesmente maca com um “N” e um “S”. Assim o utilizador consegue saber onde fica o norte e o sul da Terra, podendo definir sua direção.

Grupo 3 – Apenas a agulha.

Grupo 4 – A agulha.

Grupo 5 – A agulha magnetizada.

Grupo 6 – A agulha e o ímã que fica embaixo da mesma.

Grupo 7 – Sua agulha magnetizada.

Grupo 8 – A agulha interage com o campo magnético, pois é atraída pelo ímã presente no polo norte terrestre.

Na quarta questão os alunos precisavam descrever se a força magnética é sempre de atração ou se também pode ser de repulsão. Todo material magnetizável possui dois polos, norte e sul, que são as regiões onde se intensificam as ações magnéticas. Por esta razão são chamados dipolos magnéticos. Quando aproximamos os polos de mesmo nome de dois ímãs, estes se repelem, e experimentam uma atração quando aproximamos os polos de nomes diferentes. A maior parte dos grupos respondeu de forma bem sucinta, sem detalhar a natureza da força de interação à distância entre os polos dos ímãs. Um grupo respondeu corretamente e descreveu as condições para que a interação entre os polos dos ímãs seja repulsiva e atrativa. Um grupo descreveu que a Terra se comporta como um ímã, mas não respondeu à questão. Abaixo apresentamos as respostas dos grupos.

Grupo 1 – Ela pode ser tanto de atração como repulsão, pois a bussola possui polos norte e sul. Se tiver dois polos iguais vão se repelir e se diferente atração.

Grupo 2 – O campo magnético da Terra interage com as radiações eletromagnéticas fazendo com que elas sejam freadas e também atua desviando-as

de sua trajetória inicial. Por esse motivo é que podemos dizer que a Terra se comporta como um ímã gigante.

Grupo 3 – Também pode ser de repulsão desde que o ferro magnético.

Grupo 4 – Os dois.

Grupo 5 – Ela pode ser ambas.

Grupo 6 – Não, existem os dois!

Grupo 7 – Pode ser para os ambos.

Grupo 8 – Também pode ser repulsão.

Na quinta e última questão os alunos precisavam descrever a origem do campo magnético. Como a questão não especifica qual campo magnético, as respostas fornecidas pelos grupos são bastante diversas, mas na sua maioria satisfatórias. Alguns grupos investigaram, por exemplo, sobre a origem do campo magnético terrestre; outros fizeram referência à origem do campo magnético gerado por ímãs permanentes, associando-o à existência de ímãs elementares no material, e alguns grupos relacionam a origem do campo magnético à corrente elétrica, mas sem descrever o processo. Um grupo não respondeu satisfatoriamente à questão, apenas citando a localização dos polos magnéticos da Terra, sem descrever o surgimento do campo magnético. Abaixo apresentamos as respostas dos grupos.

Grupo 1 – Ainda não temos uma explicação correta para a origem do campo magnético terrestre, mas a hipótese mais aceita diz que o campo magnético terrestre se origina nas intensas correntes elétricas que circulam seu interior e não da existência de grande quantidade de ferro magnetizado também em seu interior.

Grupo 2 – Os polos magnéticos estão localizados nos extremos do eixo magnético e próximos aos polos geográficos.

Grupo 3 – Não existe uma hipótese correta, mas a mais aceita diz que o campo magnético se origina de acordo com a origem dos objetos, como é o caso do terrestre, que se origina das intensas correntes elétricas que circula seu interior e não da existência de grande quantidade de ferro magnetizado também em seu interior.

Grupo 4 – *Ele é gerado por um ímã quando seu ímã elementar estão todos alinhados, gerando uma corrente elétrica e um campo magnético.*

Grupo 5 – *Para se formar um campo magnético precisa de um ímã, o ímã é formado por vários ímãs elementares, os quais tem que estar alinhadas, se não tiverem um anulará o outro assim não se percebe o campo.*

Grupo 6 – *Pode correntes elétrica.*

Grupo 7 – *Ainda não temos uma explicação correta para a origem do campo magnético terrestre, mas a hipótese mais aceita diz que o campo magnético terrestre nas intensas correntes elétricas que circulam seu interior e não da existência de grande quantidade de ferro magnetizado também em seu interior. O campo magnético se forma quando há rotação do núcleo e dos elétrons no mesmo sentido, fazendo com que os movimentos não se compensem e formem um campo magnético intenso.*

Após a realização da atividade inicial, os alunos retornaram à sala de aula e deu-se início ao debate. Durante esta atividade, os alunos expuseram o que haviam pesquisado e as suas diferentes interpretações às respostas encontradas, discutiram o que poderia ser considerada como a resposta mais adequada e, com a intervenção e mediação do professor, buscaram construir um consenso sobre o conceito científico considerado correto.

Atividade Avançada

Data da atividade 06/08/2015

Os alunos foram encaminhados à sala de informática em duplas para trabalhar com o simulador educacional PhET, de acordo com as etapas propostas no roteiro do Experimento 1. Durante a simulação, os alunos coletaram uma grande quantidade de dados, testaram hipóteses com o intuito de tornar conceitos abstratos mais concretos, sempre com a mediação do professor.

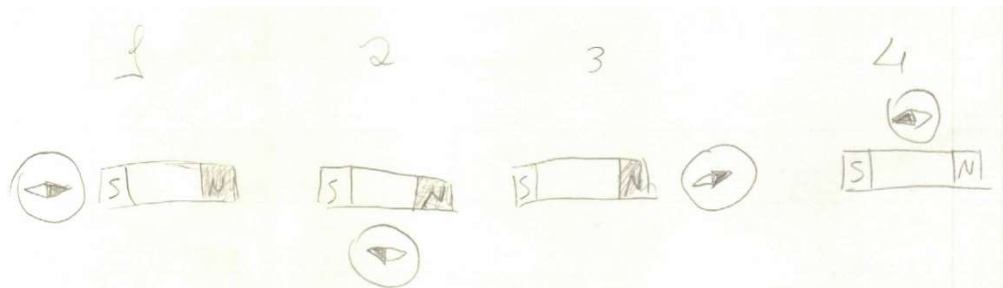
A seguir são relatadas as etapas desenvolvidas pelos alunos:

Etapa 1: os alunos tinham que colocar a bússola em diferentes posições ao redor do ímã em barra e registrar as orientações observadas através de desenho em seus cadernos. Abaixo apresentamos as representações de alguns alunos.

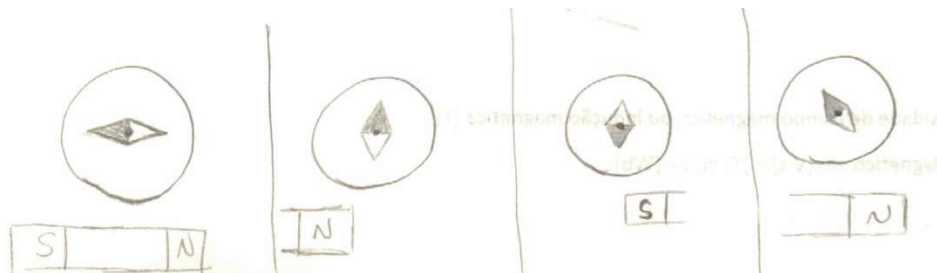
Grupo 1 –



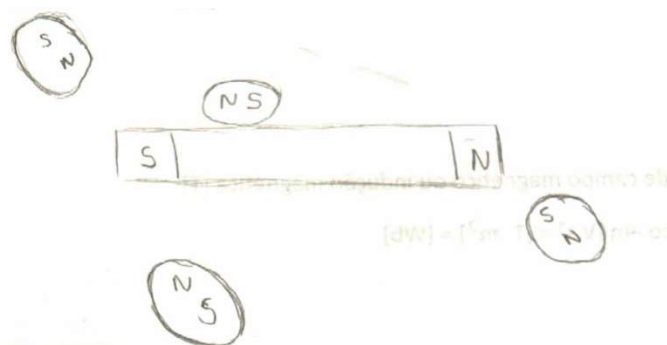
Grupo 2 –



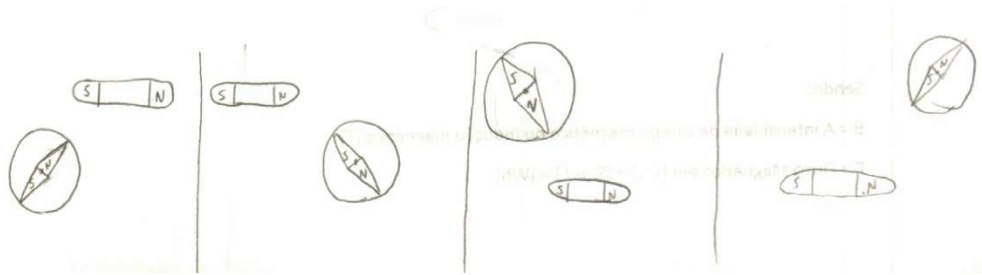
Grupo 3 –



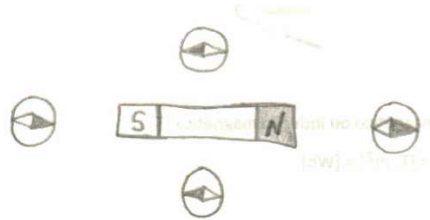
Grupo 4 –



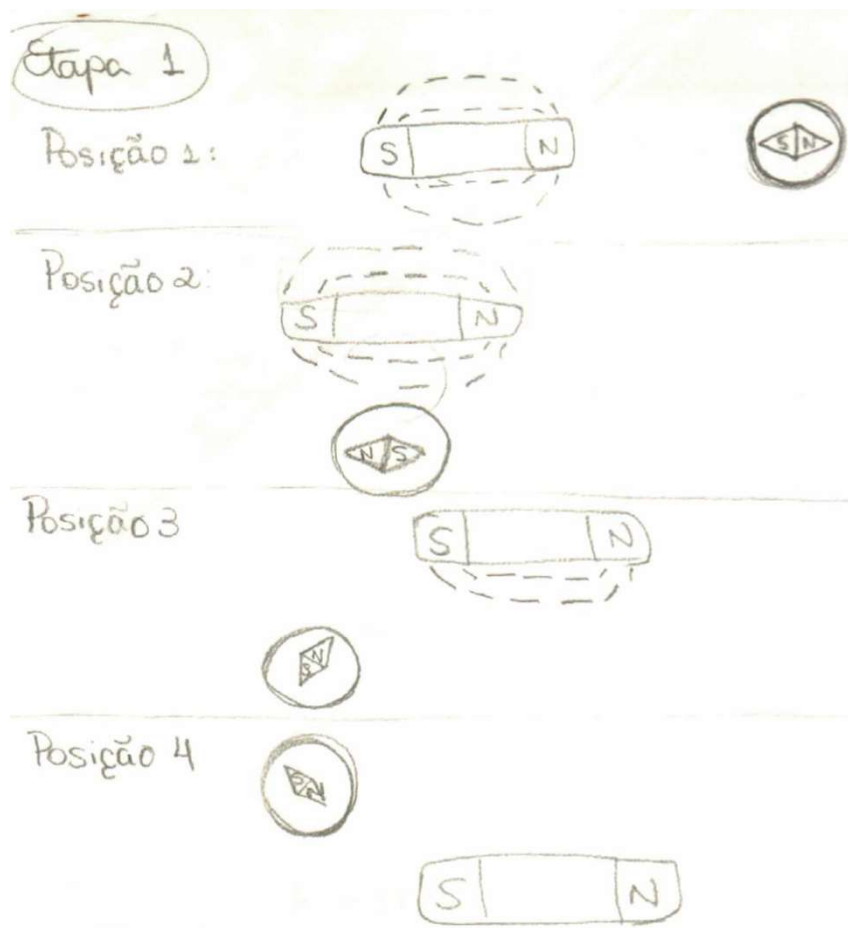
Grupo 5 –



Grupo 6 –



Grupo 7 –



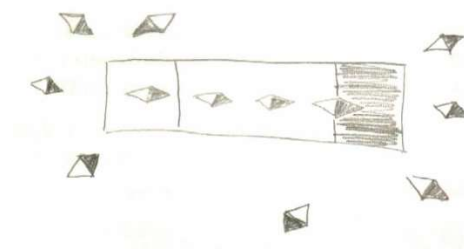
Etapa 2: os alunos precisavam observar e registrar o alinhamento do campo magnético no interior do ímã e, consultando *sítes* de busca, investigar e dissertar sobre a origem do campo magnético no interior do ímã. Em um primeiro momento, a maioria dos alunos registrou como resposta a origem do campo magnético no interior da Terra e, com a orientação e mediação do professor, retornaram à investigação em busca de uma resposta mais satisfatória para o campo magnético no interior de um ímã em barra. A seguir apresentamos as respostas registradas pelos alunos após a intervenção do professor. Somente um grupo anotou as suas observações, registrando através de desenho a orientação das agulhas no interior do ímã, conforme solicitado na questão.

Grupo 1 – *Os átomos encontram-se sempre em movimento chamado spin, que como os elétrons giram em mesmo sentido, formando um intenso campo magnético.*

Grupo 2 – *Dentro do ímã, os ímãs elementares alinhados, criando o campo magnético.*

Grupo 3 – *Foi observado que o campo magnético no interior do ímã, fica alinhado do polo sul para o polo norte.*

Grupo 4 – *Os alunos fizeram a demonstração das figuras observadas no simulador, porém não realizaram a pesquisa para explicar a origem do campo magnético no interior do ímã, e a possibilidade de visualizar o campo magnético ao redor do ímã.*



Grupo 5 – *Percebe-se que o ímã possui 2 polos de atração/repulsão devido os elétrons presentes nele se movimentam na mesma direção e sentido.*

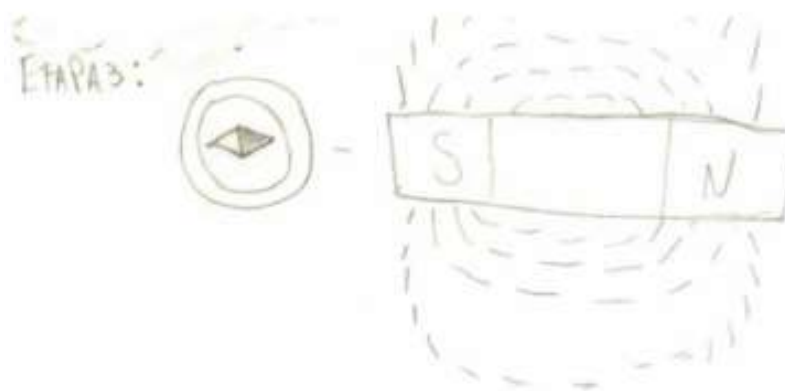
Grupo 6 – *Foi observado os polos norte e sul na Terra e como a partir disso surge o campo magnético, então é possível entender como funciona o magnetismo na Terra e consequentemente na bússola.*

Grupo 7 – *Pode-se observar os ímãs elementares do ímã, os quais devem estar alinhados para gerar campo magnético.*

Grupo 8 – *Que existe um campo magnético no interior do ímã. As linhas de indução surgem do polo sul e “morrem” no polo norte do ímã.*

Etapa 3: os alunos precisavam observar e representar o ímã, as agulhas magnéticas elementares e as linhas de indução ao redor e no interior do ímã e, através da pesquisa em *sites* de busca, explicar como é possível visualizar as linhas de indução. Somente alguns grupos representaram, através de desenho, o que foi solicitado. Destes poucos registros, percebe-se uma dificuldade de representar corretamente a configuração das linhas. Em relação à possibilidade de visualizar o campo magnético, 60% (9 alunos) não responderam e 40% (6 alunos) responderam corretamente que as linhas de indução podem ser observadas indiretamente utilizando limalha de ferro. Abaixo apresentamos algumas das anotações dos alunos.

Grupo 1 – *Podemos ver o campo magnético colocando limalhas de ferro no ímã. Quando o ímã está perto de substâncias que são fortemente atraídas por ele, o campo magnético surge (por se interagirem).*



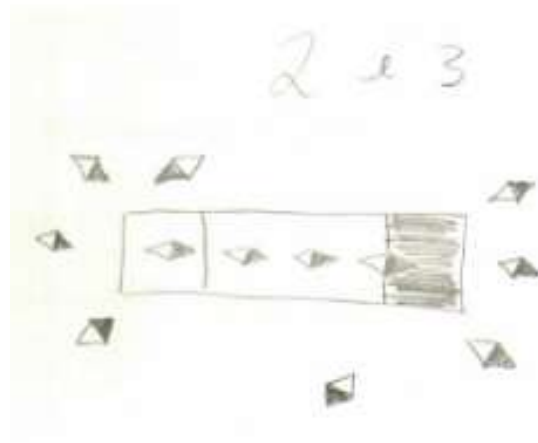
Grupo 2 – *Quando a bússola está perto ela se movimenta mais rápido e longe o movimento é lento.*

1. *É possível visualizar quando tem atração entre os objetos.*
2. *Surge pelo alinhamento dos ímãs elementares.*

Grupo 3 – O campo magnético terrestre surge pelo fato de que a terra transforma energia cinética em energia elétrica, e depois a energia elétrica em magnética.

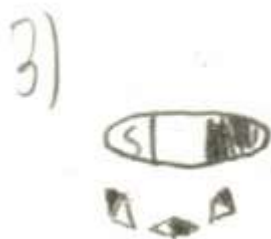
Grupo 4 – Tanto a bússola quanto o campo magnético são atraídos pelo ímã, sendo que o polo negativo do ímã atrai os polos positivos do campo e do ímã e o polo positivo do ímã atrai os negativos do campo e do ímã. É possível visualizar o campo magnético colocando-se limalha de ferro ao redor do ímã.

Grupo 5 – Os alunos não realizaram a pesquisa para explicar a origem do campo magnético no interior do ímã, e a possibilidade de visualizar o campo magnético ao redor do ímã. Porém, apresentaram o desenho abaixo.



Grupo 6 – Não houve o registro da pesquisa de como é possível visualizar o campo magnético e descrever como surge.

Grupo 7 – O campo surge devido ao alinhamento dos ímãs elementares.



Etapa 4: os alunos mediram a intensidade do campo magnético ao redor e no interior do ímã em barra. Essa experiência tinha por objetivo fazer com que os alunos observassem e constatassem que a intensidade do campo magnético depende da

posição, diminuindo com o aumento da distância do medidor de campo ao ímã. Os grupos coletaram e registraram os dados. Porém, é interessante notar que os grupos registraram suas observações de diferentes formas, seja através de tabelas ou desenhos, já que não foi sugerida a forma de como organizar as observações.

Grupo 1 – *Extremos* $\cong 120\text{ G}$; *Interior* $\cong 220\text{ G}$; *Afastado* $\cong 0,3\text{ G}$

Grupo 2 – *Extremos* $\cong 25,51\text{ G}$; *Interior* $\cong 220,6\text{ G}$; *Afastado* $\cong 0,02\text{ G}$

Grupo 3 – *Extremos* $\cong 116,19\text{ G}$; *Interior* $\cong 220,6\text{ G}$; *Afastado* $\cong 0,11\text{ G}$

Grupo 4 – *Extremos* $\cong 29,50\text{ G}$; *Interior* $\cong 220\text{ G}$; *Afastado* $\cong 0,06\text{ G}$

Grupo 5 – *Extremos* $\cong \text{Não mediu}$; *Interior* $\cong 214,31\text{ G}$; *Afastado* $\cong 0,05\text{ G}$

Grupo 6 – *Extremos* $\cong 102,6\text{ G}$; *Interior* $\cong 220,63\text{ G}$; *Afastado* $\cong 3,21\text{ G}$

Grupo 7 – *Extremos* $\cong 155,73\text{ G}$; *Interior* $\cong 294\text{ G}$; *Afastado* $\cong 0,08\text{ G}$

Etapa 5: a ideia desta atividade era que o aluno percebesse que a Terra se comporta como um grande ímã em barra, onde o polo sul magnético corresponde ao polo norte geográfico, e vice-versa. Também foi proposto aos alunos realizarem uma pesquisa em *sítes* de busca sobre a origem do campo magnético da Terra. Nesta etapa, a maior parte dos alunos conseguiu identificar a Terra como um grande ímã, porém somente uma pequena parcela conseguiu justificar satisfatoriamente a origem do campo magnético terrestre. Abaixo apresentamos as anotações dos grupos que registraram a atividade.

Grupo 1 – *Intensas correntes elétricas que tem em seu interior.*



Grupo 2 – *Sem o planeta o imã estava na horizontal com o sul para a esquerda e norte para direita. Com o planeta Terra o imã ficou na vertical, o sul ficou no “norte” e o norte no “sul”.*

Grupo 3 – *O polo sul do imã direcionou-se para o polo norte Terrestre e vice-versa.*

Grupo 4 – *O lado norte magnético é inverso ao lado norte geográfico e assim também acontece com o lado sul magnético e geográfico. O campo magnético da Terra se origina das intensas correntes elétricas que circulam em seu interior e não da grande quantia de ferro magnético também em seu interior.*

Grupo 5 – *O polo sul magnético é o polo norte terrestre (geográfico) e vice-versa.*

Grupo 6 – *É observado que os polos magnéticos da Terra são opostos ao dos imãs. Pesquisas geológicas afirmam que a parte central da Terra seja constituída por ferro fundido e correntes elétricas existentes dentro desse núcleo de ferro seriam os responsáveis pela existência do campo magnético.*

4.3 Solenoide

Atividade Inicial

Data da atividade 13/08/2015

Os alunos foram encaminhados em duplas para o laboratório de informática, onde começaram a desenvolver a atividade inicial de busca na internet. Na primeira questão pesquisaram sobre o solenoide, onde 100% (16 alunos) responderam de forma bem sucinta que o solenoide é um fio enrolado em forma de hélice ou pode ser definido como um conjunto de espiras de mesmo eixo espaçadas uniformemente e que, ao passar corrente elétrica, irá criar um campo magnético ao redor e no interior do solenoide. Abaixo apresentamos algumas das respostas dos alunos à pesquisa:

Grupo 1 – *É um fio condutor em forma de hélice ou pode ser definido como um conjunto de espiras de mesmo eixo espaçadas uniformemente, conforme a figura abaixo:*



Aplicando uma corrente elétrica neste fio condutor ele irá gerar um campo magnético ao redor e no interior do solenoide. O campo no seu interior é uniforme e as linhas do Campo são paralelas ao seu eixo. O campo magnético do solenoide é bem semelhante ao campo magnético de um ímã em forma de barra, onde a extremidade por onde saem as linhas de campo é o polo norte e a extremidade por onde entram as linhas de campo é o sul.

Grupo 2 – É um fio condutor dobrado em forma de hélice, que gera um campo magnético tanto em seu interior quanto ao seu redor quando recebe uma corrente elétrica. Este campo é semelhante ao de um ímã em barra, possuindo dois polos. São utilizados na indústria, eletromagnéticos de todos os tipos, em eletrônica embarcada (automotiva, aeronáutica e náutica).

Grupo 3 – É um tubo condutor longo e enrolado por diversas espiras igualmente espaçadas. É constituído por um tubo e um fio enrolado.

Grupo 4 – O solenoide é um fio condutor dobrado em forma de hélice ou pode ser definido como um conjunto de espiras de mesmo eixo espiradas uniformemente.

Na segunda questão os alunos precisavam investigar e registrar como Faraday chegou à ideia de campo magnético. Um grupo chegou a apresentar a expressão matemática que relaciona a variação de fluxo magnético à força eletromotriz induzida. No entanto, a maior parte dos grupos registrou que os experimentos realizados por Faraday demonstravam uma relação entre corrente elétrica induzida e variação do fluxo magnético.

Grupo 1 – Faraday realizou inúmeras experiências e em todas elas ele percebeu um fato bem comum que ocorria sempre que aparecia uma força eletromotriz induzida. Ao analisar todos os seus trabalhos, ele verificou que quando a força eletromotriz aparecia no circuito ocorria a variação do fluxo magnético nesse mesmo circuito. Faraday observou que a intensidade da f.e.m é cada vez maior quanto mais rápido ocorrer a variação do fluxo magnético. De forma mais precisa, ele verificou que durante um intervalo de tempo Δt o fluxo magnético $\Delta\phi$, e dessa forma ele

concluiu que a f.e.m é dada pela razão entre a variação do fluxo magnético e a variação do tempo. Veja:

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

O aparecimento da força eletromotriz foi denominado de indução eletromagnética, e a expressão escrita acima como a equação de Lei de Faraday da indução eletromagnética.

Grupo 2 – Ao analisar todos os seus trabalhos, ele verificou que quando a força eletromotriz aparecia no circuito ocorria a variação do fluxo magnético nesse mesmo circuito.

Grupo 3 – Faraday percebeu que ao introduzir um ímã em uma bobina esta acusava a presença de uma corrente elétrica na mesma.

Grupo 4 – Faraday trabalhava com experimentos químicos até que soube dos resultados de Oersted sobre como correntes elétricas geraram campos magnéticos. A partir daí ele iniciou uma série de experiências na esperança de encontrar analogias entre o comportamento de cargas em movimento (corrente elétrica) e cargas paradas em condutores.

Na terceira questão os alunos precisavam escrever um breve parágrafo sobre as diferenças dos métodos de trabalho de Ampère e de Faraday e sobre como seus trabalhos se complementaram. Citamos abaixo algumas respostas:

Grupo 1 – Os trabalhos de Ampère e Faraday, se complementaram, pois, o Ampère diz, que a corrente gera um campo magnético e Faraday mostra que a variação do campo magnético (sua variação) pode gerar corrente elétrica; os métodos usados para essa descoberta foram: o uso de um ímã e bússola (Ampère), e os uso de um ímã e bobina (Faraday).

Grupo 2 – Faraday e Ampère descobriram a ação do campo magnético muito antes de ser descoberto o elétron; os estudos deles levaram Thomson a descobrir o elétron anos após.

Grupo 3 – Ampère, na França, entre 1821 e 1825, esclareceu o efeito de uma corrente sobre um ímã e o efeito oposto, de um ímã sobre uma corrente, bem como

baseado na descoberta de Oersted. Provou que as correntes elétricas se atraem ou se repelem mutuamente, descrevendo também as leis que reagem o fenômeno.

Nos anos seguintes, Michael Faraday, na Inglaterra, iniciou suas pesquisas argumentando que se uma corrente num fio produzia efeitos magnéticos, como Ampère tinha demonstrado, o inverso poderia ser verdadeiro, isto é, um efeito magnético poderia produzir uma corrente elétrica. Para testar essa hipótese. Faraday enrolou duas espiras de um fio de anel de ferro, uma ligada a uma bateria e a outra ligada a um medidor de corrente elétrica, verificando a existência, na segunda espira de uma corrente temporária quando ligava e desligava a bateria.

Grupo 4 – As duas permitem calcular o campo magnético e fluxo magnético.

Grupo 5 – Faraday foi mais específico usando dois materiais diferentes, já o Ampère descobriu a corrente elétrica.

Após a realização da atividade inicial os alunos foram convidados a discutir e chegar a um consenso, com a mediação do professor, de qual seria a resposta mais adequada às questões propostas. Houve participação e envolvimento de todos. Em seguida, os alunos passaram para a atividade avançada envolvendo o uso do simulador PhET.

Atividade Avançada

Data da atividade 13/08/2015

Os alunos utilizaram o simulador virtual PhET seguindo a sequência de etapas proposta no roteiro com o propósito mais qualitativo de experimentar e verificar o surgimento de uma corrente elétrica induzida pela variação de um fluxo magnético.

Etapa 1: os alunos precisam movimentar o ímã em forma de barra no interior do solenoide e verificar/explicar o que acontece com o brilho da lâmpada ligada em série com o solenoide. Nesta etapa, os alunos verificaram que a lâmpada acende ao aproximar o ímã do solenoide, e que a intensidade da luz aumenta ao aumentar a velocidade com que o ímã se movimenta no interior do solenoide. Como é possível verificar com base nos relatos abaixo, a maior parte dos grupos foi capaz de identificar que a lâmpada acende ou seu brilho é alterado ao movimentar e/ou variar a velocidade

do ímã. Porém, nem todos os grupos relacionaram o comportamento do brilho da lâmpada à circulação de uma corrente elétrica no solenoide.

Grupo 1 – *Ela oscila dependendo da posição em que se encontra, e de acordo com a velocidade passa.*

Grupo 2 – *O brilho da lâmpada acende ao movimentar o ímã. Quando o ímã se move, as cargas se movimentam e isso gera energia e faz com a luz acenda.*

Grupo 3 – *Oscila porque o ímã cria um campo magnético convertido em corrente elétrica pelo solenoide.*

Grupo 4 – *Ele aumenta, quando está em movimento, quando se deixa o ímã parado o brilho para também.*

Grupo 5 – *Os elétrons se movimentam quando os extremos norte e sul do ímã chegam perto e a luz da lâmpada acende. E quando o ímã fica no meio do solenoide a luz se apaga.*

Etapa 2: era solicitado aos alunos repetir o procedimento, porém utilizando o voltímetro analógico como indicador (que é mostrado no lugar da lâmpada no circuito). Neste caso, o objetivo era verificar a relação entre a tensão que surge no circuito e o movimento do ímã em relação ao solenoide. A tensão induzida é tanto maior quanto mais rápido variar o fluxo do campo magnético, o qual é obtido ao mudar a velocidade de movimento do ímã.

Como resposta, a maioria dos alunos conseguiu observar e relatar que ocorre uma variação da tensão no circuito devido ao movimento do ímã, e que esta aumenta quando a velocidade do ímã aumenta. Abaixo transcrevemos as anotações dos grupos:

Grupo 1 – *Quanto mais rápido o movimento maior a oscilação.*

Grupo 2 – *A velocidade do movimento do ímã é diretamente proporcional à tensão, já que a tensão é resultado desse movimento.*

Grupo 3 – *Quando o movimento é lento há pouca oscilação da tensão. Esta aumenta quando a velocidade também aumenta.*

Grupo 4 – *Quando o sul passa pela corrente a tensão fica negativa e quando o norte passa pela corrente fica positivo.*

Grupo 5 – *O voltímetro ao passar o lado norte pelo solenoide a tensão vai para o negativo e quando se passa o lado sul, a tensão vai para positivo. Se movimentar rápido a seta do voltímetro se movimenta rápido entre o negativo para o positivo.*

Etapa 3: os alunos precisavam observar que a tensão induzida no circuito será maior quanto maior o número de espiras do solenoide. Embora nem todos os grupos tenham expressado desta forma, podemos perceber pelos relatos transcritos abaixo que os alunos conseguiram identificar esta relação.

Grupo 1 – *Quanto maior as voltas, maior a tensão.*

Grupo 2 – *Ao aumentar o número de espiras, aumenta a intensidade da luz e a tensão, porque vai ter mais elétrons e consequentemente mais energia.*

Grupo 3 – *Com o aumento das espiras do solenoide, há uma oscilação bem maior da tensão.*

Grupo 4 – *Quanto maior o número de espiras, maior a tensão.*

Grupo 5 – *A alteração é que a tensão fica maior, maior quantidade de espiras, maior tensão.*

Etapa 4: os alunos precisavam alterar a área das espiras do solenoide e verificar se ocorria alguma alteração em relação aos resultados obtidos nas simulações (etapas) anteriores. Com base nos relatos transcritos abaixo, percebemos que a realização desta atividade levou a conclusões opostas. Também podemos perceber que possivelmente os grupos utilizaram medidores diferentes (lâmpada ou voltímetro) na realização deste experimento virtual. Fazendo uma análise crítica, de fato o enunciado não deixa claro qual o procedimento a ser adotado.

Grupo 1 – *Quanto maior, mais intensa é a força.*

Grupo 2 – *Quanto maior a área, mais forte a tensão.*

Grupo 3 – *Podemos perceber que em relação à área, a intensidade da luz se torna inversamente proporcional, ou seja quanto menor a área, maior a intensidade.*

Grupo 4 – *A alteração que ocorreu foi que ao diminuir a área, aumenta a tensão.*

Grupo 5 – *Aumentando-se a área das espiras também aumenta-se a variação da tensão, da mesma forma que ocorre com o aumento na quantidade das espiras.*

Etapa 5: os alunos precisavam verificar o que ocorre com o sentido de circulação da corrente induzida no solenoide quando o ímã era deslocado, em um movimento de vai-e-vem, ao longo do eixo central do solenoide. Como resposta, todos os alunos perceberam e registraram a variação no sentido do movimento das cargas devido ao movimento alternado do ímã através do solenoide.

Grupo 1 – *Para frente a corrente vai seguindo e para trás a corrente volta a seu lugar de origem.*

Grupo 2 – *A direção da corrente se alterna.*

Grupo 3 – *A corrente sobe quando o ímã vai para direita e desce quando vai para a esquerda.*

Grupo 4 – *A corrente muda de sentido.*

4.4 Eletroímã

Atividade Inicial

Data da atividade 17/08/2015

Os alunos iniciaram a investigação sobre o eletroímã, na qual se reuniram em duplas consultando *sites* de busca na *internet*.

Na Questão 1 da atividade inicial, os alunos investigaram o que é o eletroímã, como é constituído e se possuem as mesmas características do ímã. Todos investigaram satisfatoriamente a questão, citando ser um dispositivo formado por um núcleo de ferro envolto por um solenoide; e que se cria um campo magnético, o qual faz com que os ímãs elementares do núcleo se orientem, ficando assim imantado e, conseqüentemente, com propriedade de atrair outros materiais ferromagnéticos. O

eletroímã e o imã não possuem características iguais, de atrair ou repelir materiais ferromagnéticos, pois o eletroímã só funciona com a presença da corrente elétrica.

Grupo 1 – É um dispositivo formado por um núcleo de ferro envolto por um solenoide. Quando uma corrente elétrica passa pelas espirais do solenoide, cria-se um campo magnético, o qual faz com que os imãs elementares do núcleo se orientem, ficando assim imantado e, conseqüentemente, com a propriedade de atrair outros materiais ferromagnéticos. O eletroímã e o imã não possuem características de atrair e repelir materiais ferromagnéticos, pois o eletroímã só funciona com uma corrente elétrica atuando sobre ele.

Grupo 2 – O eletroímã é o núcleo de um material ferromagnético que está envolvido por um fio isolado. Ele utiliza corrente elétrica para gerar um campo magnético. Não possui as mesmas características que um imã normal porque um imã normal não usa corrente elétrica, usa apenas a força de atração.

Na Questão 2 é necessário investigar e registrar as vantagens e aplicações tecnológicas do eletroímã; 70% (11 alunos) citaram como grande vantagem do eletroímã a possibilidade de alterar o sentido do campo magnético, invertendo o sentido da corrente, e cessar o campo magnético cessando a corrente elétrica fornecida ao ligar ou desligar o eletroímã; e como aplicações tecnológicas citaram os motores, geradores, campainhas, guindastes, telégrafos, etc.

Grupo 1 – São utilizados em motores para separar os lixos nos ferros-velhos, ou até para carregar contêineres em navios nos portos.

Grupo 2 – As vantagens do eletroímã é que eles podem alterar o campo magnético por um tempo, que pode ser feito mudando a corrente elétrica fornecida à bobina, que permite a ativação e a desativação do eletroímã. As aplicações do eletroímã variam desde motores e geradores até campainha.

Atividade Avançada

Data da atividade 17/08/2015

Na atividade avançada os alunos utilizaram o simulador virtual PhET selecionando a aba “Eletroímã”.

Etapa 1: Esta atividade propunha manter constante a tensão elétrica da pilha em 2 V e variar o número de espiras de acordo com os valores apresentados na tabela 4 contida no roteiro. Selecionando o ícone “mostrar medidor” e posicionando o medidor em um lugar fixo, próximo ao eletroímã, os alunos deveriam registrar a intensidade do campo magnético, indicada pela leitura do medidor, para cada número de espiras experimentado. Todos os grupos realizaram satisfatoriamente a atividade proposta, de forma que conseguiram perceber que, ao aumentar o número de espiras, também aumentava a intensidade do campo magnético. Na Tabela 2 estão registrados os resultados encontrados por um grupo (os valores de intensidade de campo registrados por cada grupo dependeram, evidentemente, da posição em que foi colocado o medidor de campo).

Tabela 2: N de espiras x Campo magnético

Tensão Elétrica	Número de Espiras	Intensidade do Campo Magnético (Gauss)
2 V	1	0,15
	2	0,30
	3	0,45
	4	0,60

Dados coletados por um grupo de alunos.

Grupo 1 – O com 4 espiras é 4 x maior o número da intensidade.

Grupo 2 – A intensidade é 4 vezes maior.

Grupo 3 – Quanto mais espiras, mais intensidade.

Grupo 4 – O aumento é proporcional, se aumentar 4 x vai ser 4 x maior, 15 à 60.

Grupo 5 – Quanto mais espiras, maior é a intensidade do campo.

Etapa 2: Esta atividade propunha manter o número de espiras fixo em 4 e solicitava-se ao aluno variar a tensão elétrica. Ao selecionar o ícone “Mostrar medidor

de campo” e colocar o medidor em um lugar fixo, próximo ao eletroímã, os alunos deviam registrar e avaliar a intensidade do campo magnético para cada valor de tensão elétrica na pilha. Nesta atividade os alunos perceberam que, ao aumentar a voltagem aplicada à pilha, também aumentava a intensidade do campo magnético produzido pelo eletroímã. Na Tabela 3 estão registrados os resultados encontrados por um grupo de alunos (os valores de intensidade de campo registrados por cada grupo dependeram, evidentemente, da posição em que foi colocado o medidor de campo).

Tabela 3: Tensão elétrica x Campo magnético

Número de Espiras	Tensão Elétrica (V)	Intensidade do Campo Magnético (Gauss)
4	2	0,60
	4	1,20
	6	1,80
	8	2,40

Dados coletados por um grupo de alunos.

Grupo 1 – *Quanto maior a tensão, maior a intensidade do campo magnético.*

Grupo 2 – *Quanto maior a tensão maior a intensidade.*

Grupo 3 – *Ao aumentar a tensão, a intensidade também se aumenta, sendo grandezas proporcionais.*

Grupo 4 – *Quanto maior a tensão, maior o campo magnético.*

Grupo 5 – *A tensão e a intensidade do campo magnético são diretamente proporcionais.*

Etapa 3: selecionando o ícone “Mostrar campo”, “Mostrar bússola” e “Mostrar elétrons”, os alunos invertem a polaridade da bateria e precisam perceber e registrar que, com a inversão da polaridade da bateria, os sentidos das linhas de campo

magnético e do movimento das cargas no eletroímã também sofrem inversão. Todos os alunos conseguiram observar o fenômeno e registraram satisfatoriamente.

Grupo 1 – *Os elétrons se movem conforme o polo positivo da pilha, assim como a bússola que também é atraída por esse polo.*

Grupo 2 – *O campo magnético, a bússola e os elétrons invertem de lado.*

Grupo 3 – *Na inversão dos polos da bateria, o sentido do campo e da bússola se altera (o norte vira sul e o sul vira o norte).*

Grupo 4 – *O sentido da corrente inverte.*

Grupo 5 – *O ângulo fica igual a 180° , mas a intensidade se mantém.*

4.5 Transformadores

Atividade Inicial

Data da atividade 20/08/2015

Os alunos foram encaminhados para investigar e registrar algumas questões contidas na sequência didática relacionadas à transmissão e transformação de energia elétrica e ao princípio de funcionamento e finalidade dos transformadores. Para isso, é importante que em suas investigações apareçam questões relacionadas ao uso de altas voltagens.

Questão 1: os alunos precisavam observar, pesquisar e registrar sobre a fotografia de uma torre de transmissão de energia elétrica, e informar de onde partem e para onde se dirigem os cabos. As respostas dos alunos foram bem sucintas e objetivas informando que os cabos partem das centrais de energia e se dirigem para as residências.

Grupo 1 – *Os cabos são conectados as torres, onde a energia já convertida em tensões menores e estes distribuem a energia pela cidade.*

Grupo 2 – *Os cabos partem para as torres por fios de altas resistências e dirigem para postes assim indo para nossa casa.*

Grupo 3 – *Das centrais energéticas e se dirigem a locais que consomem energia.*

Grupo 4 – *Das usinas elétricas para as centrais distribuidoras.*

Grupo 5 – *Da usina para centro de distribuição (diminuir tensão e aumentar corrente) e depois as casas.*

Grupo 6 – *Partem das centrais de energia e se dirigem para as casas.*

Grupo 7 – *Os cabos partem de uma torre e depois se dirigem de outros cabos até a casa da população.*

Grupo 8 – *Os cabos partem das torres e dirigem a casa das pessoas (torre, fios, postes, casas).*

Questão 2: Perto das cidades, esses cabos passam por transformadores. Na sua opinião, qual é a função do transformador?

Os alunos em sua totalidade responderam que os transformadores são utilizados para aumentar ou diminuir a voltagem.

Grupo 1 – *O transformador converte a energia com maior tensão para uma menor tensão.*

Grupo 2 – *Aumentar e diminuir a voltagem.*

Grupo 3 – *Os transformadores são capazes de aumentar ou reduzir os valores da tensão.*

Grupo 4 – *Reduzir as tensões que chegam aos fios.*

Grupo 5 – *Diminui a tensão e aumenta a corrente.*

Grupo 6 – *Transformar a energia eletromagnética em elétrica.*

Grupo 7 – *Eles servem para adequar a energia as casas; afinal a corrente que está na torre é muito forte.*

Grupo 8 – *Transformadores tem a função de transformar uma grande voltagem em voltagem necessária.*

Questão 3: Qual é a função dos transformadores em uma instalação elétrica? Como funcionam?

Grupo 1 – *O transformador é um dispositivo que modifica e distribui a tensão elétrica em potência adequada para o consumo. A corrente elevada chega às bobinas presentes no interior do transformador, criando um campo magnético. Esta energia é transformada em uma tensão adequada e enviada aos consumidores finais.*

Grupo 2 – *Funcionam recebendo a tensão que se deseja, modifica e transfere a tensão modificada.*

Grupo 3 – *A função dele é converter energia, aumentando ou diminuindo sua tensão. Ele funciona a partir de duas frequências de espiras.*

Grupo 4 – *Converter a tensão dos fios; funciona a partir de duas bobinas; na primeira, a corrente gera um campo magnético, e esse campo induz a outra bobina gerando uma corrente maior ou menor.*

Grupo 5 – *Função: transmissão de energia elétrica funcionam baseadas nas leis de Faraday e Lenz.*

Grupo 6 – *Receber energia da usina e repassar para a rede de transmissão. A energia enviada para transformadores é bem alta, pois nele, ela será transformada em uma tensão adequada para consumirmos.*

Grupo 7 – *Ele serve para elevar a tensão e diminuir a corrente, assim não há perda.*

Grupo 8 – *Os transformadores em uma instalação elétrica, funciona da seguinte forma: aumentam a tensão e diminui a corrente para não ter perda de energia.*

Atividade Avançada

Data da atividade 20/08/2015

Após a realização da pesquisa proposta na atividade inicial, os alunos utilizaram o simulador “Transformador” do PhET seguindo as etapas propostas no roteiro.

Etapa 1: Ajuste a fonte para 0 V e verifique se a lâmpada acende. Por que?
Como resposta dos alunos temos:

Grupo 1 – *A lâmpada não ascende, pois não há energia.*

Grupo 2 – *Não ascende, pois não voltagem.*

Grupo 3 – *Não, pois não há corrente elétrica.*

Grupo 4 – *Não ascende, pois não há corrente elétrica.*

Grupo 5 – *Não, porque não tem corrente elétrica.*

Grupo 6 – *Não, porque os elétrons não se movimentam.*

Grupo 7 – *Não, pois não há corrente.*

Grupo 8 – *Não, pois não há corrente.*

Etapa 2: Ajuste a fonte para 10V. Em quais espiras você percebe movimentação dos elétrons? A lâmpada acendeu? Por que?

Como respostas dos alunos temos:

Grupo 1 – *Nas espiras da fonte de corrente os elétrons se movimentam, quando a fonte é passada pelo solenoide, os elétrons dele também se movimentam, fazendo com que a lâmpada ascenda.*

Grupo 2 – *Na fonte de corrente DC houve movimentação. Ascendeu pois houve voltagem.*

Grupo 3 – *Há movimentação nas espiras da bateria. Não ascendeu enquanto a bateria estava parada, mas quando ela estava em movimento a lâmpada ascende.*

Grupo 4 – *Nos espirais da pilha; a lâmpada não ascendeu, pois não foi gerada uma indução eletromagnética.*

Grupo 5 – *Com corrente alternada.*

Grupo 6 – *Colocamos fonte de corrente alternada perto da lâmpada.*

Grupo 7 – *Há movimentação nas espiras da bateria, não ascendeu quando a bateria estava parada, mas quando ela estava em movimento a lâmpada ascendeu.*

Grupo 8 – *Existe a movimentação das espiras da bateria e da lâmpada. E na movimentação da bateria dentro da lâmpada a mesma ascendeu, pois existe corrente.*

Etapa 3: Com base no que você aprendeu nos momentos anteriores, pense em maneiras de fazer a lâmpada acender. Teste suas ideias.

Grupo 1 – *Aumentando a área e a quantidade de espiras e aumentando a voltagem da corrente.*

Grupo 2 – *Movimentando a lâmpada, para perto do DC com voltagem.*

Grupo 3 – *Movimentando a bateria.*

Grupo 4 – *Utilizando a corrente alternada.*

Grupo 5 – *Com corrente alternada.*

Grupo 6 – *Colocamos a fonte de corrente alternada perto da lâmpada.*

Grupo 7 – *Movimentando a bateria.*

Grupo 8 – *Movimentação da bateria.*

Nas etapas seguintes, os alunos simularam o transformador com fonte de corrente alternada (AC):

Etapa 4: O que você observa? Explique.

Respostas dos alunos:

Grupo 1 – *Tanto os elétrons da fonte quanto os do solenoide se movimentam voluntariamente, fazendo a lâmpada ficar constantemente oscilando.*

Grupo 2 – *A lâmpada oscilando, pois, a corrente é alternada.*

Grupo 3 – *Não necessário movimentar a fonte, pois corrente alternada faz a lâmpada ascender.*

Grupo 4 – *A lâmpada pisca, pois a corrente elétrica gera indução eletromagnética.*

Grupo 5 – *A lâmpada oscila.*

Grupo 6 – *A lâmpada fica piscando.*

Grupo 7 – *Não é necessário movimentar a fonte, pois AC faz a lâmpada ascender.*

Grupo 8 – *Existe movimentação de elétrons sem a necessidade de movimentar a força, pois a corrente alternada faz a lâmpada ascender.*

Na socialização e com a mediação do professor, os alunos conseguiram perceber que, com a presença da corrente alternada gerada pelo eletroímã nas proximidades do solenoide, há indução eletromagnética.

Etapa 5: Selecione o indicador de tensão e verifique se há variação em seu ponteiro.

Respostas dos alunos:

Grupo 1 – *Sim, ele oscila o tempo todo.*

Grupo 2 – *Quando movimentamos para perto do AC ocorre variação.*

Grupo 3 – *Ocorre variação.*

Grupo 4 – *Ocorre muita variação.*

Grupo 5 – *O ponteiro fica movimentando.*

Grupo 6 – *Sim, varia entre o negativo e o positivo.*

Grupo 7 – *Ocorre variação.*

Grupo 8 – *Ocorre variação do ponteiro.*

Etapa 6: Aproximando o primário (eletroímã) do secundário (solenóide) do transformador, a tensão no secundário aumenta ou diminui? Justifique.

Com a aproximação do eletroímã, ocorre um aumento na oscilação da tensão no secundário, ou seja, os valores de tensão oscilam entre positivo e negativo com amplitudes cada vez maiores à medida que o primário é aproximado do secundário. Os grupos, em geral, relatam que a tensão aumenta, possivelmente referindo-se ao seu valor absoluto e também induzidos pela forma como foi colocada a questão. Somente um grupo relatou que a tensão oscila, sem fazer referência ao seu valor. Considerando que a questão da oscilação é um ponto importante, avaliamos que esta questão merece ser reformulada.

Respostas dos alunos:

Grupo 1 – *Aumenta a tensão do secundário, pois o campo magnético faz os elétrons se movimentarem.*

Grupo 2 – *A tensão oscila.*

Grupo 3 – *Aumenta, pois o campo magnético atua com mais força.*

Grupo 4 – *A tensão aumenta, pois quanto mais próximo, maior é a tensão.*

Grupo 5 – *Aumenta, pois o campo é maior.*

Grupo 6 – *Aumenta, aumenta a tensão no campo magnético.*

Grupo 7 – *A tensão secundária aumenta, pois, o campo magnético atua com mais força.*

Grupo 8 – *Aumenta, pois o campo magnético atua com mais força.*

Etapa 7: Altere a área da espira e verifique o que ocorre com a tensão no secundário. É possível determinar uma relação entre a área da espira e a tensão medida? Explique.

Nesta questão esperava-se que os alunos fossem capazes de perceber que a tensão medida (em valor absoluto, já que ela oscila entre valores positivos e negativos) aumenta com a área da espira do secundário pelo seguinte argumento: a força eletromotriz induzida é diretamente proporcional à variação do fluxo magnético, e o fluxo magnético, por sua, é proporcional à área da espira, como indica a expressão $\Phi = BA \cos \theta$. No entanto, uma análise das respostas fornecidas pelos grupos revela

diferentes conclusões, o qual nos chamou a atenção. Assim, ao rodarmos o simulador “Transformador” de acordo com as orientações do roteiro, identificamos que o simulador não permite, de fato, ao aluno chegar a uma conclusão unívoca. É como se o equipamento de medida (no caso, os indicadores) não tivessem sensibilidade suficiente para detectar a variação induzida para a situação proposta. Esta atividade foi revista para a versão final do roteiro proposto no produto.

Respostas dos alunos:

Grupo 1 – *A tensão se mantém constante, pois a movimentação dos elétrons é a mesma.*

Grupo 2 – *A oscilação é proporcional ao tamanho.*

Grupo 3 – *Quanto maior a área, menor a tensão.*

Grupo 4 – *Quanto maior a área, maior a tensão.*

Grupo 5 – *Quanto maior a área, maior a força e a variação.*

Grupo 6 – *A tensão é a mesma, independente da área.*

Grupo 7 – *Quanto maior a área, menor a tensão.*

Grupo 8 – *Quanto menor a área maior a tensão.*

Etapa 8: Altere o número de espiras do secundário para uma, duas, três e quatro e verifique se ocorre variação de tensão no secundário do transformador. É possível determinar uma relação entre o número de espiras do secundário e a tensão medida? Explique.

A razão entre o número de espiras no primário (N_1) e no secundário (N_2) é igual à razão entre a tensão no primário (V_1) e a tensão no secundário (V_2) ($N_1/N_2 = V_1/V_2$). Assim, para a atividade proposta, ocorre um aumento da tensão no secundário ao aumentar o número de espiras no secundário, como de fato relatado pela maioria dos grupos. A relação entre as grandezas N_1 , N_2 , V_1 e V_2 foi introduzida e trabalhada posteriormente em aula.

Respostas dos alunos:

Grupo 1 – *A tensão diminui conforme diminui-se a quantidade de espiras, porque menos elétrons irão se mover.*

Grupo 2 – *Conforme aumentamos ou diminuimos a oscilação segue.*

Grupo 3 – *É diretamente proporcional.*

Grupo 4 – *Quanto mais espiras, maior a tensão.*

Grupo 5 – *Quanto mais espiras mais tensão.*

Grupo 6 – *A tensão também é diretamente proporcional ao número de espiras.*

Grupo 7 – *É diretamente proporcional.*

Grupo 8 – *É diretamente proporcional.*

4.6 Geração e Transformação de Energia

Atividade Inicial

Data da atividade 27/08/2015

Os alunos iniciaram a atividade inicial referente à geração e transformação de energia pesquisando sobre o contexto histórico da geração e transmissão de energia elétrica, mas também foram questionados quanto às formas de transformação de energia elétrica e estimulados a avaliar o acesso à energia pela população.

Questão 1: Onde e quando foi instalada a primeira hidrelétrica? E termelétrica?

Grupo 1 – *A primeira hidrelétrica do BR entrou em operação em 1883, em Ribeirão do Inferno, afluente do rio Jequitinhonha, em Minas Gerais na cidade de Diamantina. E a primeira termoelétrica do Brasil foi fundada em 1887 na Velha Porto Alegre no Rio Grande do Sul, usando lenha como combustível.*

Grupo 2 – *Em 1878 em Northumberland foi criada a primeira hidrelétrica; em 1883 foi inaugurada a primeira termelétrica no Brasil.*

Grupo 3 – *A primeira hidrelétrica foi em 1874, nos EUA; já a primeira termelétrica foi em 1882, também nos EUA.*

Grupo 4 – A primeira hidrelétrica foi construída nos EUA em 1874; A primeira termelétrica foi construída nos EUA em 1882.

Questão 2: Onde e quando foi instalado o primeiro sistema de iluminação pública?

Grupo 1 – A partir do século XIX, algumas cidades brasileiras passaram a ser iluminadas com lâmpadas de óleo de baleia; no Rio de Janeiro, a iluminação pública a base de óleos vegetais e animal foi implantada em 1794, enquanto em São Paulo esta só chegou em 1830.

Grupo 2 – No Brasil, o sistema foi em São Paulo em 1830.

Grupo 3 – Século XIX cidades usavam lâmpadas de óleo de baleia.

Grupo 4 – Em 1878 em Paris.

Questão 3: Quais foram as primeiras usinas geradoras e distribuidoras de energia elétrica de nosso país?

Grupo 1 – Usina de Ribeirão do Inferno (1883); Marmelos-zero (usina-1889); Usina Edgard de Souza (1901); Usina fontes Velhas (1908); Usina Delmiro Golveia (1913)

Grupo 2 – A primeira foi hidrelétrica na zona da mata, no rio Paraihuna (MG).

Grupo 3 – Usina de Ribeirão do Inferno (1803); Marmelos-zero (usina-1889); Usina Edgar de Souza (1901); Usina Fontes Velhas (1908); Usina Delmiro Golveia (1913)

Grupo 4 – A primeira usina foi a de Marmelos, em Juiz de Fora em 1889. A primeira rede elétrica foi no RJ.

Questão 4: Que tipos de usinas de produção de energia elétrica têm em nosso país? Qual a mais abundante?

Grupo 1 – No Brasil a produção de energia é feita pela usina hidrelétricas, termelétricas e nucleares, sendo as mais abundantes as hidrelétricas.

Grupo 2 – Hidrelétricas, eólicas, nucleares, solar, termoelétricas, biocombustíveis. A mais abundante é a hidrelétrica.

Grupo 3 – *No Brasil a principal fonte é a hidrelétrica; mas também usamos nuclear e termelétrica.*

Grupo 4 – *No Brasil temos a produção de energia através de usinas hidrelétricas, de usinas de gás e petróleo, de biomassa, etc. As principais geradoras são as hidrelétricas, com quase 70% da produção vindo delas.*

Questão 5: Como você avalia o acesso à energia elétrica no Brasil?

Grupo 1 – *Apesar do aumento no valor da conta de energia, acredito que, como é algo indispensável, as pessoas acabam buscando por isso e é uma fonte até que acessível.*

Grupo 2 – *De modo geral o acesso é fácil e bem distribuído, porém em alguns ainda não chega. Portanto, ainda não é algo inteiramente desenvolvido em nosso país.*

Grupo 3 – *O acesso não é 100% democrático; já que o custo não é baixo, e ainda há áreas aonde a rede elétrica ainda não chegou por falta de acesso.*

Grupo 4 – *A geração e produção de energia elétrica no Brasil é grande e abundante, porem, a concentração dessas usinas localiza-se nas regiões Sul e Sudeste.*

Após a pesquisa, houve socialização das questões com mediação do professor, na qual os alunos se mostraram bastante preocupados com a necessidade de novos investimentos em outras formas de geração de energia elétrica; também discutiram a necessidade da sociedade brasileira trabalhar uma educação para o uso consciente de energia nas escolas, empresas, entidades, etc.

Atividade Avançada

Data da atividade 27/08/2015

Na atividade avançada, os alunos utilizaram o simulador “Gerador” do PhET segundo as etapas propostas no roteiro.

Etapa 1: Na primeira simulação os alunos devem observar as partes que compõem o gerador e descrever seu funcionamento.

Partes que compõe - uma fonte de água, imã, bússola e um solenoide; ao girar a roda d'água faz com que o imã gere corrente alternada no solenoide, o que fará com que a lâmpada acenda (4 alunos – 25%), na aba do gerador pode se encontrar uma fonte que gera energia dentro da turbina há um imã que em movimento, gera um campo eletromagnético, este que, gera energia elétrica que faz funcionar a lâmpada (12 alunos - 75%).

Respostas dos alunos:

Grupo 1– A água faz a roda com imã girar que movimenta os elétrons e ascende a lâmpada.

Grupo 2 – O gerador é feito a partir de um imã unido a uma roda d'água. Ao girar, a roda d'água faz com que o imã gere uma corrente alternada no solenoide, o que fará com a lâmpada ascenda.

Grupo 3 – É composto por um solenoide, um imã em barra que indica norte e sul, uma torneira e uma bússola. Ao abrir a torneira, o imã se move em circular, que agita os elétrons das espiras e faz a lâmpada ascender.

Grupo 4 – A queda d'água faz a turbina adquirir uma energia cinética; dentro da turbina há um imã, que em movimento, gera um campo eletromagnético, este que, gera energia elétrica que faz funcionar a lâmpada.

Grupo 5 – 1- torneira, 2- Uma roda d'água, 3- bússola, 4- lâmpada, 5- campo, 6- fio (solenóide), 7- imã.

Grupo 6 – Partes que o compõe: uma fonte de água, imã, bussola e um solenoide.

Grupo 7 – Na aba do gerador pode se encontrar uma fonte que gera energia, a qual (representado com uma torneira), uma roda d'água ligada a um imã, um solenoide e uma bússola. Esse gerador funciona com o movimento da água que seria a força mecânica com o imã crie um campo eletromagnético transformando em energia elétrica e assim ascendendo a lâmpada.

Grupo 8 – Descrevendo as partes que compõe o gerador, começa pela torneira que libera água constantemente sobre o eletroímã (que está em uma roda), fazendo com que ele fique girando e movimentando também seu campo magnético. Com o

movimento do campo, os elétrons, das espiras do solenoide, se movimentam de forma alternada ascendendo à lâmpada.

Com a socialização e mediação do professor, os alunos perceberam e relembrou quais transformações de energia estão envolvidas no sistema; queda d'água (energia potencial), movimento das turbinas (energia cinética), cargas em movimento alternado (energia eletromagnética).

Etapa 2: Aumente o volume d'água e verifique a intensidade do brilho da lâmpada. Explique.

Respostas dos alunos:

Grupo 1 – Quanto maior o volume de água, maior a rotação e mais forte ascende à lâmpada.

Grupo 2 – Quanto maior o volume de água, mais rápido a roda d'água e o imã se movimentam, gerando maior tensão na corrente e um brilho maior na lâmpada.

Grupo 3 – Ao aumentar o volume da água, a intensidade da luz aumenta o que significa que eles são diretamente proporcionais.

Grupo 4 – Aumentando a vazão, a turbina gira mais rápido, fazendo com que o campo seja maior e a corrente elétrica também.

Grupo 5 – O brilho aumenta, pois a roda da água vai girar mais rápido, assim o campo do imã atuará fortemente nos elétrons do fio fazendo que brilhe mais.

Grupo 6 – Conforme aumenta o volume de água, a intensidade da lâmpada é maior, devido a que o campo magnético causado pelo movimento da energia mecânica (criada no movimento de rotação da roda com a força da água), faz com que se crie energia.

Grupo 7 – Conforme aumenta a intensidade da água o brilho da luz aumenta, isso é quanto mais água cai da torneira mais gira a roda d'água, fazendo com que o campo magnético aumente.

Grupo 8 – Quanto maior a vazão da água, maior a intensidade da luz da lâmpada, pois quando a vazão da água aumenta, o eletroímã gira rápido, assim como os elétrons do solenoide, dando mais energia para a luz.

Etapa 3: Varie o número de espiras e a área, verificando o efeito do brilho da lâmpada. Isto era esperado? Explique.

Respostas dos alunos:

Grupo 1 – *Quanto maior a área e o numero de espiras, mais forte a luz por causa da fem. do imã.*

Grupo 2 – *A quantidade de espiras e a área delas alteram a tensão. Mais espiras e maior a área, maior tensão; menor espiras e menor área, menor tensão. A área não altera tanto a tensão quanto a quantidade de espiras.*

Grupo 3 – *Ao aumentar as espiras, a intensidade da luz também aumenta. Isso é esperado porque, quanto mais elétrons, mais energia é gerada, então mais forte será a intensidade da luz.*

Grupo 4 – *Era esperado que a intensidade do brilho fosse aumentada, que se confirmou.*

Grupo 5 – *Aumenta o numero de espiras e a área, aumenta o brilho, pois aumenta-se o espaço de atuação do campo magnético.*

Grupo 6 – *Numero de espiras: mais espiras, maior intensidade. Área alterada: maior área, grande intensidade.*

Grupo 7 – *Verificamos que quando maior o numero de espiras e a área, maior é a intensidade do gerador.*

Grupo 8 – *Sim, já era esperado, pois quanto mais espiras e maior a sua área, mais forte será o brilho da luz.*

Etapa 4: *Relacione o funcionamento da simulação do gerador com as características da corrente elétrica que obtemos em nossa casa. Faça um relato com suas conclusões.*

Respostas dos alunos:

Grupo 1 – *O gerador funciona com a água, assim como as hidrelétricas (energia cinética-energia elétrica).*

Grupo 2 – *Assim como forma-se no gerador, nossas casas utilizam a corrente alternada para as lâmpadas e todos os utensílios elétricos se mantenham ligados.*

Grupo 3 – *É previsível observar que a corrente elétrica depende do campo magnético, ou seja, sem campo elétrico não há energia. Além disso, percebe-se que é proporcional isso significa que quanto mais elétrons, maior é o campo magnético, e quanto maior for o campo magnético, maior é a energia gerada, que resulta em varias utilidades no dia-a-dia, como a luz.*

Grupo 4 – *O gerador funciona da mesma maneira que uma hidrelétrica, sendo assim, ao invés da transmissão de energia gerada pelo campo magnético da roda*

d'água ir direto para a lâmpada, nas hidrelétricas a energia gerada vai para grandes transformadores, que, distribuem corrente alternadas para as redes elétricas, chegando em nossa casa, indústrias e outros lugares que necessitam de eletricidade.

Grupo 5 – Nas usinas hidrelétricas é dessa forma (simulador) que funciona a geração de energia elétrica; e a corrente que chega em nossas casas é alternada.

Grupo 6 – O corrente elétrico criado no gerador é parecido na que obtemos em casa, pois no gerador de energia foi criada a partir de energia mecânica e transformada em elétrica, como em casa (ocorrendo isso nas usinas hidrelétricas).

Grupo 7 – A relação entre o simulador e casa é mostrando simplificada o funcionamento de uma usina elétrica mandando a energia para a nossa casa.

Grupo 8 – A energia é gerada nas usinas (no simulador, é representado pela água e pela roda), e através de cabos a energia é transmitida para as subestações dentro de cada cidade onde transformadores controlam a tensão da energia enviada e assim a energia chega até nossas casas.

4.7 Questionário de Avaliação do Curso

Data da atividade 31/08/2015

Ao final da aplicação da sequência didática, os alunos foram convidados a fazer um registro escrito avaliando a metodologia aplicada. Abaixo transcrevemos os relatos dos alunos que realizaram o registro.

1 - Registre e relate aquilo que conseguiu entender e aprender.

Aluno 1 – Durante as etapas de uso do simulador e atividades eu aprendi muitas coisas relacionadas a imã, eletricidade, etc. Como o funcionamento de um imã, suas propriedades, com relação aos seus polos, os quais atraem e repelem. Aprendi também como funciona o solenoide, que é formado por fio em espirais que quando atravessado por um imã, os elétrons desses fios se movimentam e podem até acender uma lâmpada. Houve uma simulação e uma pesquisa que envolvia transformadores, que são aparelhos que são capazes de aumentar ou diminuir a tensão de uma corrente elétrica; essa mudança acontece graças a uma sequência de espiras dentro do transformador. E o último, gerador, é capaz de converter energia mecânica em energia elétrica num processo que envolve campo magnético.

Aluno 2 – Estudando o eletromagnetismo, pudemos aprender sobre o funcionamento do imã, seu campo magnético e suas aplicações no dia-a-dia. Em um gerador, ele funciona com o movimento do eletroímã, feito pela vazão d'água, que provoca agitação dos elétrons dentro da espira do solenoide, produzindo energia para acender a luz. O solenoide é um fio condutor com várias espiras com elétrons em seu interior, a movimentação desses elétrons, provocada por um campo magnético, que produz energia. O imã é composto por dois polos, o norte e o sul, ambos se atraem, e polos iguais se repelem; no interior do imã, tem um campo magnético que é composto por diversos imãs elementares, por isso quando o imã é cortado, ambas as partes continuam com os dois polos. A Terra também possui um campo magnético, ele surge pelo movimento das placas tectônicas; a bússola funciona graças ao campo magnético terrestre, a agulha da bússola tem uma de suas pontas eletrizada, assim, ela apontará sempre para o polo norte da Terra. A energia que chega até nossas casas através dos cabos condutores de energia, e sua tensão são controladas por transformadores.

Aluno 3 – Durante as aulas no simulador, pude aprender que as bússolas são atraídas pelo polo sul do campo magnético da Terra, que localiza-se no polo norte terrestre. Pude conhecer melhor o eletroímã, que gera um campo magnético pela corrente elétrica. O transformador foi outro meio que aprendi, ele faz com que um gerador que gera uma energia baixa se eleve ao nível da energia gerada por outro gerador mais potente. Com o gerador foi diferente, pois juntaram quase todos os anteriores, o gerador mostrado naquele simulador representava a energia que chega a nossas casas, como nas usinas hidrelétricas o gerador utilizou da água para gerar energia cinética convertida em energia elétrica.

Aluno 4 – Solenoide é um fio condutor em forma de espiras e aplicando uma corrente elétrica nele um campo magnético é criado em seu interior; a energia elétrica é gerada nas usinas e transportada através de fios até subestações dentro das cidades, onde os transformadores regulam a tensão elétrica para menos energia seja perdida durante o percurso nos fios; quanto maior o número e a área das espiras no solenoide, maior é a corrente elétrica; Campo magnético terrestre: as linhas de indução saem do polo norte e vão para o polo sul. Esse campo é formado através do movimento de placas tectônicas.

2 - Quais foram os aspectos positivos e/ou negativos; justifique sua resposta.

Aluno 1 – Os pontos positivos foram que, fazendo atividades do simulador, é uma forma mais dinâmica de aprender e conhecer a teoria a partir da prática, que faz os alunos se interessarem mais, eu achei muito legal.

Aluno 2 – A forma que estudamos os eletroímãs com a ajuda dos simuladores, me ajudou a entender bem as aplicações do ímã e seu funcionamento na “prática”; vendo como funciona, é muito mais fácil de entender seu funcionamento. Porém como ponto negativo, houve muita dispersão na sala de informática.

Aluno 3 – O ponto forte da atividade foi atrair a atenção dos alunos, por ser uma atividade mais dinâmica, que pode ser mais atrativa. O ponto fraco é que foi com o computador, o que fez com que a atenção de alguns alunos fosse voltada para outras coisas, que não fossem relacionadas com as atividades.

Aluno 4 – O principal ponto positivo foi ter aulas mais práticas e dinâmicas. O simulador é uma ferramenta que auxilia muito o processo de aprendizagem e fixação da matéria por ilustrar toda parte teórica.

3 - Apresente críticas e sugestões.

Aluno 1 – Na minha opinião as aulas foram muito interessante e renderam bem, apesar de algum atraso; No final dessa etapa, posso dizer que aprendi muitas coisas sobre o assunto; sugiro um pouco mais de exercícios para treinar a teoria.

Aluno 2 – A sala precisa saber se concentrar mais no trabalho e se dispersar menos, para que não atrapalhe os colegas.

Aluno 3 – Achei que foi uma atividade muito boa de fazer, que conseguiu atrair a atenção dos alunos. Não tenho sugestões, achei que a atividade atingiu seus objetivos.

Aluno 4 – Ser mais firme em relação ao uso dos computadores, já que algumas pessoas entravam em sites aleatórios que só atrapalhavam a velocidade da rede de internet de quem estava pesquisando.

Com relação à aprendizagem/entendimento dos conteúdos, os alunos registraram somente aspectos conceituais dos tópicos abordados ao longo da sequência. Não houve nenhum registro das equações apresentadas e trabalhadas em sala de aula pertinentes aos conteúdos estudados. Basicamente os alunos relataram aspectos relacionados à funcionalidade de dispositivos tais como o ímã, o solenoide, o transformador e o gerador. Nenhum dos alunos fez uma clara referência à Lei de Indução de Faraday-Lenz, o qual interpretamos que as dificuldades para a compreensão deste tema ainda persistem.

Quando perguntados sobre os pontos positivos e/ou negativos da sequência didática aplicada, os alunos em geral avaliaram como positiva a realização de atividades no computador e, em particular, o uso do simulador. Na sua avaliação, as atividades no computador tornam a aula mais dinâmica, tornando-as mais interessantes e atraentes, contribuindo para prender a atenção do aluno. Com relação ao simulador, alguns alunos expressaram que o seu uso possibilita uma melhor visualização dos conceitos teóricos. No entanto, a maioria manifestou que as atividades desenvolvidas no computador podem, eventualmente, dispersar a atenção dos alunos uma vez que eles têm liberdade para acessar a *Internet* e realizar buscas que não necessariamente têm relação com os conteúdos trabalhados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho desenvolvemos uma sequência didática para o ensino de tópicos de Eletromagnetismo em nível de Ensino Médio. A sequência didática proposta incluiu atividades de pesquisa em *sites* de busca na *Internet* e a realização de experimentos virtuais seguindo as etapas e sequências do simulador virtual “Gerador” disponibilizado pelo grupo PhET, da Universidade do Colorado. Para estas atividades elaboramos um produto educacional que utilizamos como organizador prévio visando facilitar a aprendizagem significativa dos novos conteúdos. O produto educacional elaborado é constituído pelos roteiros das atividades de pesquisa e dos experimentos virtuais, e contempla os seguintes conceitos e tópicos: campo magnético e linhas de campo magnético, fluxo magnético, a Lei da Indução de Faraday, força eletromotriz induzida, a Lei de Lenz, eletroímãs, transformadores, e geração e transformação de energia. A sequência foi aplicada em uma turma do terceiro ano do Instituto Educacional Ativa ao longo do segundo semestre de 2015. As atividades foram realizadas em duplas/trios anteriormente à aula expositiva, a qual incluía uma discussão inicial das questões/atividades trabalhadas anteriormente, e a formalização dos conteúdos pertinentes a cada tema. Os roteiros apresentados no apêndice 4 são resultado de uma revisão do material originalmente trabalhado com a turma, considerando as deficiências detectadas na análise das anotações realizadas pelos alunos em resposta às questões e atividades propostas.

Do ponto de vista das condições estruturais, não encontramos maiores dificuldades para implementar as atividades planejadas, uma vez que a escola possui uma sala de informática bem equipada com computadores *desktops* com acesso à *Internet*. Uma das dificuldades encontradas pelos alunos durante a atividade de pesquisa na *Internet* foi identificar, dentre todos os resultados das buscas, a informação e/ou conceito mais corretos para as questões propostas na Atividade Inicial. Nesse momento é importante que o professor oriente os alunos quanto aos critérios mais adequados para realizar a busca. Também é importante que o professor acompanhe o desenvolvimento desta atividade para garantir o foco dos alunos, já que os estudantes têm uma tendência natural a se dispersarem navegando na *Internet* e nas redes sociais. No entanto, quando da realização dos experimentos virtuais, os alunos se mostraram mais focados, embora ainda tivessem acesso à *Internet*,

revelando que a maior interatividade que o simulador proporciona contribui para manter a atenção na atividade.

Tanto na Atividade Inicial como na Atividade Avançada, os alunos tiveram que registrar, através de anotações em seus cadernos, as respostas às questões apresentadas e as observações realizadas nos experimentos virtuais. De um modo geral, as anotações/apontamentos revelam as dificuldades que os alunos encontram para registrar corretamente e sistematizar as suas observações, principalmente quando necessária a representação por desenhos ou esquemas; claramente os alunos estavam frente a uma nova situação de aprendizagem que requeria habilidades pouco trabalhadas (ou jamais trabalhadas) em uma aula convencional. No decorrer da intervenção, e com a orientação do professor, os alunos foram estimulados a aprimorar os seus registros e observações.

Com relação ao simulador “Gerador” utilizado na sequência didática, identificamos algumas limitações que, por vezes, dificultaram a compreensão do fenômeno estudado e levaram a observações/conclusões dúbias/contraditórias. Parte das limitações é a falta de instrumentos de medida em alguns dos experimentos virtuais como, por exemplo, um medidor de corrente elétrica e um voltímetro digital para indicar os valores de corrente e tensão no eletroímã. A presença destes instrumentos facilitaria ao aluno estabelecer as relações entre essas grandezas quantitativamente. A maior dificuldade que encontramos, em função das conclusões contraditórias expressadas pelos alunos, foi em relação à aprendizagem da Lei de Indução de Faraday. A falta de controle da velocidade de movimento dos dispositivos envolvidos no experimento, como o ímã e o solenoide, que é um dos parâmetros que levam à variação temporal do fluxo magnético, é um fator complicador. Nestes experimentos a aferição da variação temporal do fluxo magnético é realizada por meio de uma avaliação visual da intensidade luminosa da lâmpada ligada em série com o solenoide, ou do voltímetro analógico. Como podemos perceber com a prática, estes medidores são “pouco sensíveis”, possibilitando investigar basicamente situações extremas (movimento muito lento ou muito rápido dos dispositivos). Se os alunos não tivessem experimentado estas situações extremas ao rodar a simulação, acabavam não observando o fenômeno físico ou chegavam a conclusões contraditórias devido a uma avaliação visual equivocada.

Os alunos manifestaram a sua insatisfação com o método tradicional de ensino quando relataram acerca da monotonia presente nesta prática. De um modo geral, os estudantes colocaram que a abordagem com pesquisa e simulador computacional melhora o trabalho do professor e a aula torna-se mais dinâmica. Alguns estudantes ainda expuseram verbalmente que se sentiram mais motivados a aprender Física. De fato, no decorrer dos encontros da intervenção didática percebemos que os estudantes assumiram uma atitude interessante, participando das discussões e elaborando hipóteses em conjunto com o professor e com seus pares. Além disso, alguns alunos expuseram que a sequência didática contribuiu para um melhor entendimento dos conceitos físicos, inclusive daqueles mais complexos.

Nossa percepção, enquanto professores, é que a abordagem proposta neste trabalho, que inclui a realização de atividades em grupo fazendo uso de recursos computacionais, contribui para que os alunos se sintam mais motivados e, conseqüentemente, estejam mais engajados no processo de ensino-aprendizagem do que no método tradicional de ensino. Foi gratificante observar a interatividade dos alunos com o simulador, assim como a participação ativa dos estudantes nas atividades e nas discussões, e a interação entre eles e com o professor. Foi de fato um momento diferenciado. Acreditamos que o uso de ferramentas computacionais não representa, por si só, uma receita para o sucesso da aprendizagem. No entanto, as contribuições e os benefícios destes recursos merecem ser explorados para estimular o envolvimento da classe no processo de ensino-aprendizagem.

Por último, cabe mencionar que o material educacional proposto no apêndice 4 está sendo aplicado em uma outra turma do terceiro ano do Ensino Médio, também como organizador prévio na sequência didática. Acreditamos que uma análise mais aprofundada das anotações dos alunos em resposta às questões e atividades propostas nos roteiros revisados nos fornecerá mais subsídios para avaliar, na continuidade deste trabalho, a eficiência do material como facilitador de uma aprendizagem significativo de conteúdos de Eletromagnetismo.

REFERÊNCIAS

ARANTES, A. R.; MIRANDA, M.; N. **Objetos de Aprendizagem no Ensino de Física: Usando Simulações do PhET**, v. 11 n.1, P. 27-31, 2010.

AUSUBEL, D. P. **The Psychology of Meaningful Verbal Learning**. New York: Grune & Stratton, 1963.

DORNELES, P. F. T. **Integração entre atividades educacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de física geral**. 2010. 367 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Curso de Física**. São Paulo: Scipione, 2013. 416 p. (3º Série).

MEDEIROS, A.; de MEDEIROS, C. M. **Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino de Física**. Revista Brasileira de Ensino em Física, v. 24, n. 2, p. 77-86, 2002.

MOREIRA, M. A. **Organizadores prévios e aprendizagem significativa**. 2008. Disponível em <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/ORGANIZADORESport.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2016.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: A teoria e Textos Complementares**. Ed. Livraria da Física. São Paulo, 2011.

PANTOJA, G. C. F. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas em Teoria Eletromagnética: Influências na Aprendizagem de Alunos de Graduação e uma proposta inicial de um Campo Conceitual para o Conceito de Campo Eletromagnético**. 2015. 430 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Ensino em Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PAZ, A. M. **Atividades Experimentais e Informatizadas: Contribuições para o Ensino de Eletromagnetismo**. 2007. 228 f. Tese (Doutorado) - Curso de Educação Científica e Tecnológica, Programa de Pós Graduação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PEREIRA, J. A. **Fenômenos Eletromagnéticos e sua Visualização: Um Obstáculo de Aprendizagem**. 2011. 164 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Educação Científica e Tecnológica, Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

KNIGHT, R. **Física 3: Uma abordagem estratégica**. Vol. 3. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 400 p. Tradução: Clóvis Belbute Peres, Ana Rita de Ávila Belbute Peres.

SOUZA FILHO, G. F. **Simuladores Computacionais para o Ensino de Física Básica: Uma discussão sobre Produção e Uso**. 2010. 86 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós Graduação em Física, Mestrado Profissional de Ensino em Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SILVA, Romero Tavares da. **Aprendizagem Significativa**. 2003. Disponível em: <http://fisicaonline2009.xpg.uol.com.br/fisica/folder1/folder2/fisica/energia_propriedade_sistemas/Textos/ASConceitos.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2016.

VALIO, A. B. N. **Ser Protagonista – Física**. Vol. 3. 2. ed. São Paulo: Sm Didáticos, 2015. 320 f.

VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. **Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 24, n. 2, p. 87-96, São Paulo, 2002.

APÊNDICE 1

CRONOGRAMA DE APLICAÇÃO

Data	Aula	Atividade
03/08	AULA 1	Aplicação da sondagem inicial
	AULA 2	Atividade inicial (Ímã em barra)
06/08	AULA 3	Atividade avançada (Ímã em barra)
	AULA 4	Debate em classe (Ímã em barra)
10/08	AULA 5	Atividade inicial (Solenóide)
	AULA 6	Atividade avançada (Solenóide)
13/08	AULA 7	Debate em classe (Solenóide)
	AULA 8	Atividade inicial (Eletroímã)
17/08	AULA 9	Atividade avançada (Eletroímã)
	AULA 10	Debate em classe (Eletroímã)
20/08	AULA 11	Atividade inicial (Transformador)
	AULA 12	Atividade avançada (Transformador)
24/08	AULA 13	Debate em classe (Transformador)
	AULA 14	Atividade inicial (Gerador)
27/08	AULA 15	Atividade avançada (Gerador)
	AULA 16	Debate em classe (Gerador)
31/08	AULA 17	Registro e discussão sobre a aplicação da proposta

APÊNDICE 2

SONDAGEM INICIAL DE FÍSICA 3º EMA

PROF. CREMILSON

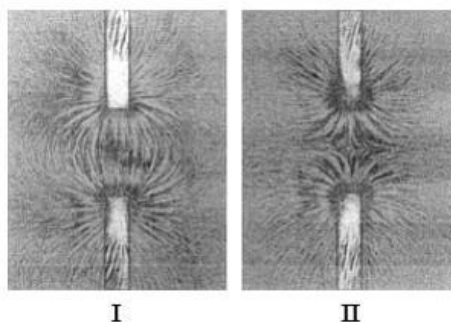
ALUNO(A):

DATA:03/08/2015

1 - A agulha de uma bússola nada mais é que um ímã em que seu polo norte sempre aponta para o polo norte magnético da Terra". Você concorda ou não com essa afirmação? Justifique.

2 - Explique como um prego comum pode ser atraído por um ímã.

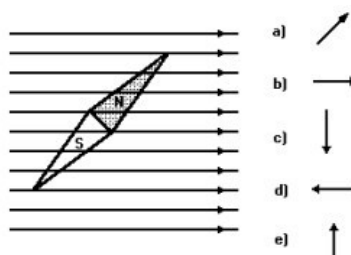
3 - Fazendo uma experiência com dois ímãs em forma de barra, Júlia colocou-os sob uma folha de papel e espalhou limalhas de ferro sobre essa folha. Ela colocou os ímãs em duas diferentes orientações e obteve os resultados nas figuras I e II:



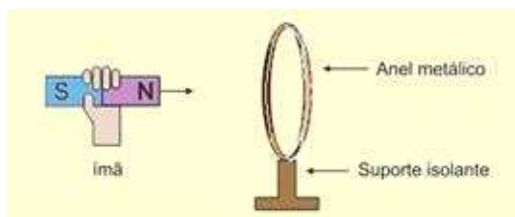
Nessas figuras, os ímãs estão representados pelos retângulos. Com base nessas informações, é CORRETO afirmar que as extremidades dos ímãs voltadas para a região entre eles correspondem aos polos:

- (a) norte e norte da figura I e sul e norte na figura II.
- (b) norte e norte da figura I e sul e sul na figura II.
- (c) norte e sul na figura I e sul e norte na figura II.
- (d) norte e sul na figura I e sul e sul na figura II.

4 - A agulha de uma bússola assume a posição indicada na figura a seguir quando colocada numa região onde existe, além do campo magnético terrestre, um campo magnético uniforme e horizontal. Considerando a posição das linhas de campo uniforme, desenhadas na figura, o vetor campo magnético terrestre na região pode ser indicado pelo vetor

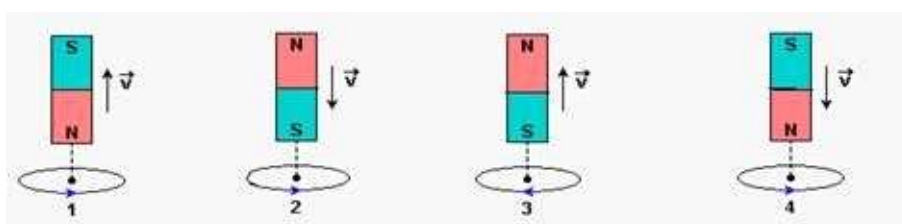


5 - Aproxima-se um ímã de um anel metálico fixo em um suporte isolante, como mostra a figura. O movimento do ímã, em direção ao anel:



- (a) Não causa efeitos no anel.
- (b) Produz corrente alternada no anel.
- (c) Faz com que o polo sul do ímã vire polo norte e vice-versa.
- (d) Produz corrente elétrica no anel, causando uma força de atração entre anel e ímã.
- (e) Produz corrente elétrica no anel, causando uma força de repulsão entre anel e ímã.

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

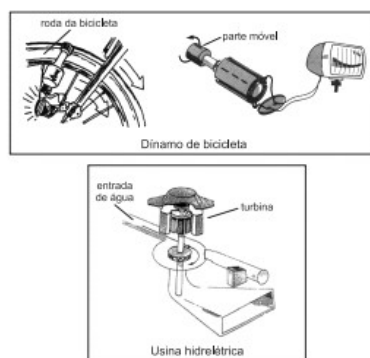


A alternativa que representa uma situação fisicamente correta é

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

7 - (PASUSP-2009) Dínamos de bicicleta, que são geradores de pequeno porte, e usinas hidrelétricas funcionam com base no processo de indução eletromagnética, descoberto por Faraday. As figuras abaixo representam esquematicamente o funcionamento desses geradores. Nesses dois tipos de geradores, a produção de corrente elétrica ocorre devido a transformações de energia

- (a) mecânica em energia elétrica.
- (b) potencial gravitacional em energia elétrica.
- (c) luminosa em energia elétrica.
- (d) potencial elástica em energia elétrica.
- (e) eólica em energia elétrica.



Referências:

<http://www.coladaweb.com/exercicios-resolvidos/exercicios-resolvidos-de-fisica>
http://www.fundacao.g12.br/ensino_medio/exercicios/magnetismo_intro.pdf

APÊNDICE 3

[illegible]

Produto Educacional

Uma Proposta de Ensino de Conceitos de Eletromagnetismo Utilizando o Simulador PhET

Cremilson de Souza

Mestre em Ensino de Física

Leticie Mendonça Ferreira

Orientadora

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ABC

1 Introdução

O material educacional aqui apresentado é resultado do meu trabalho de mestrado desenvolvido junto ao Programa Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo UFABC¹. O produto educacional disponibilizado é direcionado aos professores de Física do Ensino Médio, e foi concebido para ser utilizado como organizador prévio, visando facilitar a aprendizagem significativa de conteúdos de Eletromagnetismo, segundo a concepção proposta por David Ausubel².

O produto desenvolvido consiste de atividades de pesquisa na *Internet* e de roteiros de experimentos virtuais seguindo as etapas e sequências do simulador virtual “Gerador”, disponibilizado pelo grupo PhET, da Universidade do Colorado. O material contempla os seguintes temas de Eletromagnetismo: campo magnético e linhas de campo magnético, fluxo magnético, a Lei da Indução de Faraday, força eletromotriz induzida, a Lei de Lenz, eletroímãs, transformadores e geração e transformação de energia. Para fins de apresentação, organizamos o material em cinco tópicos, que correspondem aos nomes dos cinco experimentos virtuais do simulador “Gerador” do PhET: ímãs e bússolas, solenoide, eletroímã, transformador e geradores simples. Para cada um desses tópicos, são propostas duas atividades: (i) atividade inicial e (ii) atividade avançada. Para a realização destas atividades, sugerimos que os alunos se organizam em duplas ou trios de forma a promover o trabalho em equipe e o intercâmbio de ideias.

Na chamada atividade inicial, os alunos consultam diferentes fontes de pesquisa, como livros e/ou a *Internet*, para a realização de pesquisas relacionadas a conceitos e aspectos mais gerais sobre os conteúdos de Eletromagnetismo que serão trabalhados. O material consiste de um breve texto introdutório relacionado ao tema daquela sequência, juntamente com algumas questões a serem pesquisadas e respondidas pelos alunos, os quais devem registrar as respostas e observações em

¹ De SOUZA, C.; Uma proposta de ensino de conceitos de Eletromagnetismo utilizando o simulador PhET. Dissertação de Mestrado. Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física. Universidade Federal do ABC. 2016.

² MOREIRA, M. A.; Organizadores previos y aprendizaje significativo. Revista Chilena de Educación Científica, v. 7, n. 2, pp. 23-30, 2008.

seus cadernos. Nesta etapa é importante que os alunos sejam orientados sobre a importância de avaliar a confiabilidade da fonte das informações obtidas na *Internet*.

Em seguida, na atividade avançada, os alunos passam a investigar aspectos mais específicos, mas ainda de forma mais qualitativa, sobre o tema abordado seguindo as etapas e sequências do simulador virtual “Gerador” da Universidade do Colorado, acessando ou fazendo o *download* no *link* https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/generator. Nas atividades com o simulador virtual, os alunos experimentam diversas situações de acordo com as etapas e orientações contidas nos roteiros, modificando parâmetros e anotando as suas observações.

O material aqui apresentado deve ser usado como apoio ao processo de ensino-aprendizagem. Ou seja, é um material complementar, a ser trabalhado com a classe previamente à aula formal. Assim, ao final de cada atividade, sugerimos que seja realizada uma roda de discussão (debate) entre os alunos, com a mediação do professor, visando promover a construção coletiva e a formalização dos conceitos trabalhados naquela atividade específica. É importante que todos os alunos sejam estimulados a participar, expondo suas observações e seus pontos de vista. Nesse momento o professor deve realizar suas intervenções e começar a desenvolver o conteúdo relacionado ao assunto trabalhado de maneira mais formal, refinando os conceitos, introduzindo as equações pertinentes ao tema abordado e propondo problemas a serem resolvidos pela classe.

Na próxima seção detalhamos os tópicos trabalhados, descrevendo os objetivos das atividades propostas e as potencialidades dos experimentos virtuais do simulador “Gerador” do PhET.

2 Temas abordados

2.1 Ímã em Barra

As atividades relativas a este tópico propõem estudar a natureza das interações magnéticas (forças atrativas e repulsivas), a configuração das linhas de campo nas vizinhanças de um ímã em barra, as características dos campos magnéticos (identificando que é uma grandeza vetorial e, portanto, é caracterizado por uma

intensidade, uma direção e sentido), e investigar a dependência do campo magnético com a posição.

Para fins de contextualizar a questão dos campos magnéticos, propusemos primeiramente questões relativas à bússola e suas propriedades na atividade inicial de pesquisa na *Internet*.

Com a realização das atividades propostas no roteiro do experimento virtual “Ímã em barra” pretende-se que o aluno perceba a interação entre o ímã e a bússola, registrando a representação do campo magnético, visualizado devido à interação ímã/bússola. Também é utilizado o medidor de campo magnético para que o aluno possa perceber a variação da intensidade do campo com a distância entre o medidor e ímã. O medidor de campo magnético fornece a intensidade em Gauss, as componentes x e y do campo em Gauss, e a orientação do vetor, dado em graus. Por fim, é solicitado ao aluno que compare as características do campo magnético terrestre às características do campo magnético de um ímã natural.

2.2 Solenoide

Após introduzida e trabalhada a ideia de linhas de campo magnético, na sequência é abordada a lei da indução de Faraday a partir de uma abordagem mais qualitativa, por meio do experimento virtual “Solenoide” do simulador “Gerador” do PhET. Neste experimento, o aluno experimenta diferentes situações através de um solenoide. Assim, a fim de familiarizar o aluno com a ideia de solenoide e promover uma contextualização da lei da indução de Faraday, a atividade inicial proposta contemplou questões relativas às características e funcionalidade dos solenoides, além de propor uma pesquisa sobre os trabalhos desenvolvidos por Oersted, Ampère e Faraday.

O experimento virtual “Solenoide” possibilita verificar qualitativamente a lei da indução de Faraday ao movimentar um ímã em barra através de um solenoide que se encontra ligado em série com um indicador. O indicador pode ser uma lâmpada ou voltímetro analógico. A verificação da força eletromotriz induzida no solenoide pode ser avaliada indiretamente, através da potência da lâmpada (luminosidade), ou diretamente pela leitura do voltímetro. O experimento permite alterar algumas grandezas, tais como a intensidade do campo magnético gerado pelo ímã, e a área e

o número de espiras do solenoide. Uma força eletromotriz pode ser induzida por meio de três procedimentos: (i) movimentando o ímã em relação ao solenoide em repouso, (ii) movimentando o solenoide em relação ao ímã em repouso, e (iii) variando continuamente a área do solenoide, com o ímã e solenoide mantidos em repouso. Além disso, é possível visualizar o sentido de circulação das cargas elétricas no solenoide para qualquer uma das situações descritas acima.

Na atividade proposta no roteiro, o aluno é orientado a colocar o ímã em barra em movimento no interior do solenoide, para que perceba o movimento das cargas elétricas com a variação do fluxo magnético. Também é solicitado ao aluno variar algumas grandezas, tais como o número de espiras e a área do solenoide, de forma a estabelecer a relação entre estas variáveis e a força eletromotriz induzida. Por fim, o aluno deverá analisar a luminosidade da lâmpada e o sentido da corrente elétrica, quando o ímã é deslocado em movimento de vai-e-vem através do solenoide.

2.3 Eletroímã

De acordo com a nossa proposta, os alunos estudam inicialmente a configuração de campo magnético gerado por um ímã em barra permanente. Nesta situação, o aluno não tem a possibilidade de alterar ou cessar a intensidade do campo magnético. Como exemplo de dispositivo capaz de gerar um campo magnético variável e controlável é discutido em seguida o eletroímã. A fim de diferenciar o ímã permanente de um eletroímã e identificar as grandezas que determinam o valor do campo magnético produzido por um eletroímã, foram propostas as questões da Atividade Inicial e o experimento “Eletroímã” do simulador “Gerador”.

O objetivo do experimento virtual “Eletroímã” é investigar o campo magnético gerado por um eletroímã, identificando as grandezas que definem as suas características. O experimento é composto de um eletroímã ligado em série a uma fonte de corrente (AC/DC). A intensidade da fonte pode ser alterada nos casos AC/DC, e a frequência da corrente alternada imposta pela fonte AC também pode ser variada. No caso DC é possível alterar a polaridade da fonte. O experimento também permite modificar o número de espiras do eletroímã. A representação do campo magnético gerado pelo eletroímã é dada pelo arranjo dos ímãs elementares. O vetor campo magnético pode ser avaliado por meio do medidor de campo magnético (que fornece

a intensidade em Gauss, as componentes x e y do campo em Gauss, e a orientação do vetor, dado em graus).

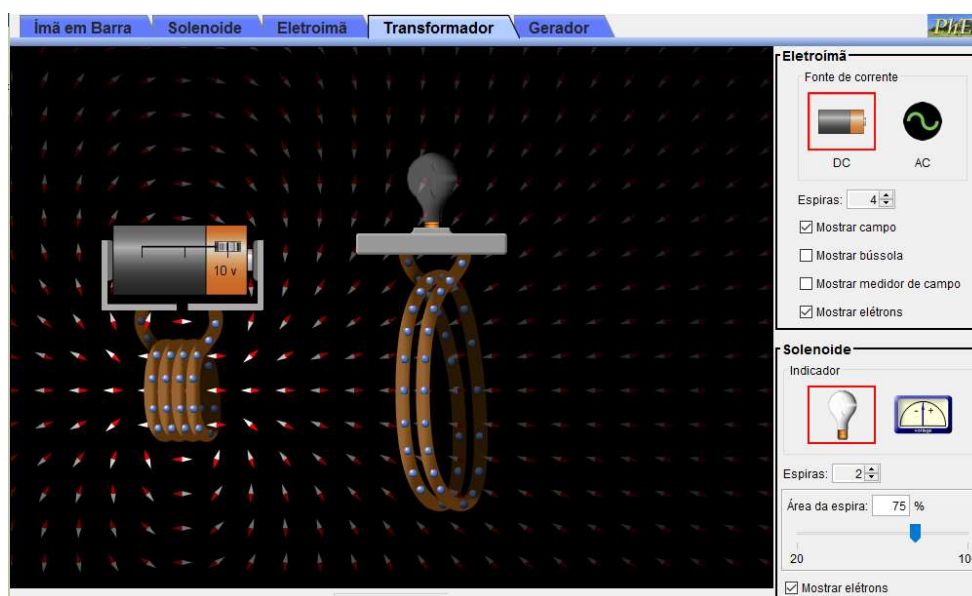
No experimento virtual proposto o aluno é orientado a variar grandezas como número de espiras e a tensão da fonte DC, verificando a presença do campo magnético através da orientação da agulha da bússola. O aluno deve analisar e registrar as linhas de indução do campo magnético que surgem ao redor do eletroímã, verificar a intensidade do campo magnético na presença de corrente elétrica (alterando a tensão da fonte).

2.4 Transformador

A atividade inicial de pesquisa propõe aos alunos investigar sobre transformadores, lançando algumas questões relativas à sua funcionalidade.

O experimento virtual “Transformador”, por sua vez, propõe investigar as propriedades de um transformador a partir de uma montagem constituída de um solenoide e de um eletroímã. Veja que ambos já foram trabalhados anteriormente nas atividades propostas nos experimentos virtuais “Solenoide” e “Eletroímã”. A força eletromotriz (f.e.m.) é induzida no solenoide (secundário), cujo número de espiras e área podem ser variados. A f.e.m. pode ser avaliada através da intensidade da lâmpada ou do voltímetro analógico, ambos ligados em série com o solenoide. O eletroímã (primário), por sua vez, está ligado em série a uma fonte DC/AC. A intensidade da fonte contínua pode ser alterada entre 0 e 10 V, e sua polaridade pode ser invertida. No caso da fonte AC, é possível variar a sua frequência e a amplitude da corrente alternada. O experimento também permite modificar o número de espiras do eletroímã. A representação do campo magnético gerado pelo eletroímã é dada pelo arranjo dos ímãs elementares. O vetor campo magnético pode ser avaliado por meio do medidor de campo magnético (que fornece a intensidade em Gauss, as componentes x e y do campo em Gauss, e a orientação do vetor, dado em graus).

Figura 1: *Print* da tela do experimento virtual “Transformador”.



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

O experimento “Transformador” oferece várias possibilidades de verificar a lei de indução de Faraday-Lenz, permitindo um aprofundamento de seu entendimento. Dentre as possibilidades a serem exploradas, podemos citar as seguintes situações:

- (iii) O surgimento de uma força eletromotriz induzida pelo movimento relativo do solenoide e eletroímã, considerando uma situação de fonte DC;
- (iv) O surgimento de uma força eletromotriz no secundário quando imposta uma corrente AC pela fonte do primário, na ausência de movimento relativo entre os componentes.

Para variar a intensidade da força eletromotriz, o experimento “Transformador” permite alterar as seguintes grandezas:

- (vi) O número de espiras e a área do solenoide;
- (vii) O número de espiras do eletroímã;
- (viii) A tensão e a polaridade da fonte DC;
- (ix) A frequência e a amplitude da fonte AC;
- (x) A velocidade relativa entre os componentes.

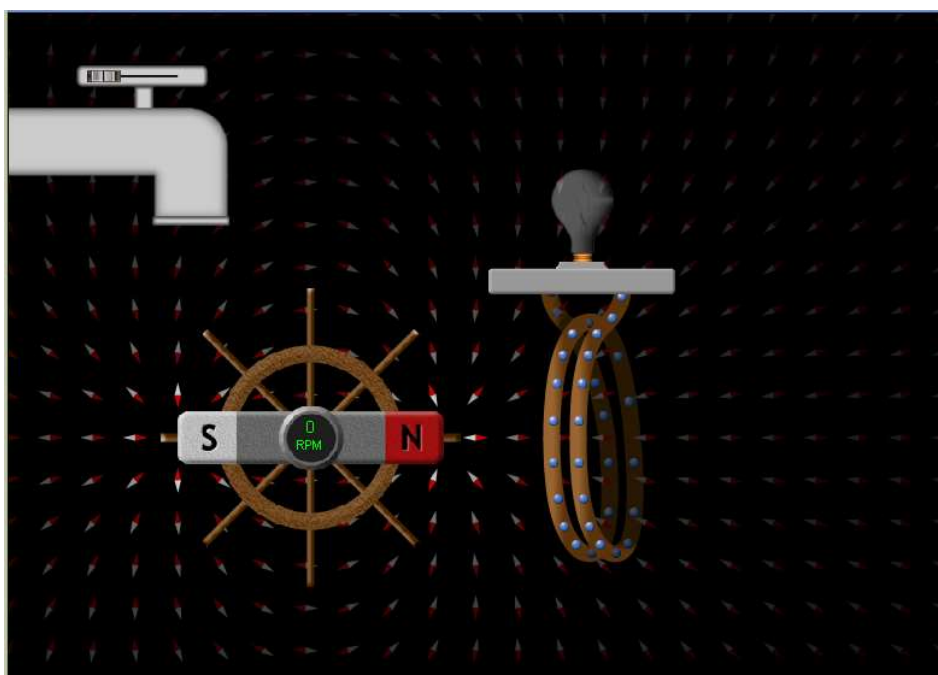
2.5 Gerador

O último assunto trabalhado é a geração de corrente elétrica alternada. Em particular, aborda-se o princípio físico de geração de energia nas usinas hidrelétricas, dando particular ênfase para os processos de transformação de energia envolvidos e a Lei da Indução de Faraday.

A atividade de pesquisa na *Internet* proposta para estudar a geração de energia elétrica foca em questões sobre aspectos históricos e as formas de geração de energia no país.

O experimento virtual “Gerador” é composto de um solenoide ligado em série a um indicador (lâmpada ou voltímetro), um ímã em barra com os seus polos norte e sul indicados e fixo a uma roda d’água, conforme indica a figura 14. A roda d’água desempenha o papel de uma turbina em uma usina hidrelétrica. A comporta da usina é representada por uma torneira cujo vazão de água pode ser controlado. Um outro recurso disponível no simulador é a visualização dos ímãs elementares que representam as linhas do campo magnético gerado pelo ímã em barra quando habilitada a opção “Mostrar Campo”.

Figura 2: *Print* da tela do experimento virtual “Gerador”.



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

Uma potencialidade interessante deste simulador é a possibilidade de discutir de maneira mais aprofundada o conceito de fluxo magnético. Este conceito pode ser abordado a partir da visualização das diferentes orientações que os ímãs elementares adquirem quando o ímã em barra é colocado em rotação.

Nesta etapa o aluno inicia o simulador descrevendo o funcionamento das diversas partes do simulador e identifica quais transformações de energia que ocorrem no dispositivo. Também integra qualitativamente os conhecimentos de mecânica e eletromagnetismo, alterando algumas variáveis como: vazão da água, número de espiras, intensidade do campo magnético (ímã), área da espira e indicador.

3 Roteiros

A seguir são apresentados os roteiros das atividades inicial e avançada para os cinco tópicos abordados. O material é apresentado de acordo com a ordem em que foi trabalhado em classe. Cada roteiro é apresentado individualmente, de forma a facilitar a sua impressão e uso por parte do professor interessado em utilizá-lo como apoio.

Pássaros têm “visor” de campo magnético, diz estudo.

Conforme pesquisa, aves podem literalmente enxergar efeitos da magnetosfera e assim se orientar para empreender longos voos migratórios.

Figura 1: Reprodução artística de como deve funcionar a visão dos pássaros (Diane Constable/VEJA)



Os cientistas já sabiam que os pássaros conseguem perceber o campo magnético da Terra, o que os ajuda a fazer longos voos migratórios. Também já suspeitavam que este sentido, que se assemelha ao de uma bússola, estivesse associado à visão, já que as aves não conseguem detectar campos magnéticos na escuridão. Agora, uma pesquisa da Universidade de Oxford, na Inglaterra, e da Universidade Nacional de Cingapura mostrou que os pássaros podem literalmente enxergar os efeitos da força magnética.

Sob a influência do campo magnético, uma molécula especial presente nos olhos do pássaro responde à incidência da luz de tal forma a reforçar cores e brilhos em determinados pontos do campo de visão. Segundo o estudo, o resultado aproxima-se ao de um visor, como os instrumentos de uma aeronave, com marcações próprias para balizar a navegação.

Fonte: <http://veja.abril.com.br/ciencia/passaros-tem-visor-de-campo-magnetico-diz-estudo/>

ATIVIDADE INICIAL

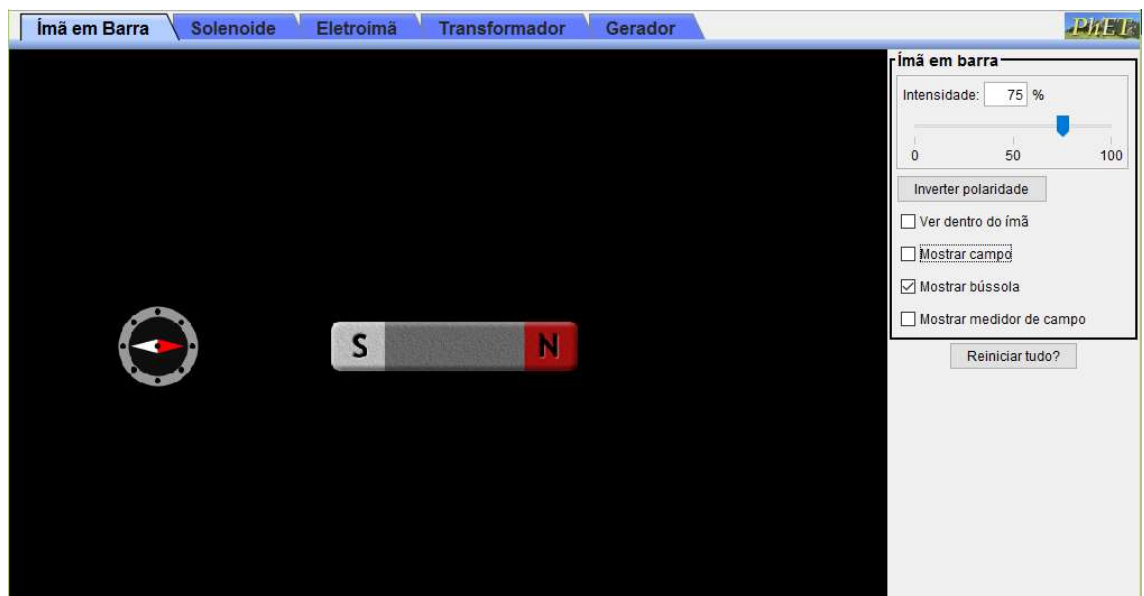
Questões:

1. O que é uma bússola? Como ela funciona?
2. Com o quê a bússola interage?
3. Qual componente da bússola interage com o campo magnético?
4. A força magnética é sempre uma força de atração ou ela também pode ser de repulsão?
5. Qual a origem do campo magnético terrestre?

EXPERIMENTO 1 – ÍMA EM BARRA

Na simulação "Gerador", abrir a aba "Ímã em barra" e marcar a opção "Mostrar bússola", como mostra a figura 1.

Figura 1: Simulador Ímã em Barra



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/generator, Print da tela.

Etapa 1: Coloque a bússola em, no mínimo, oito posições diferentes ao redor do ímã e represente em seu caderno a orientação do ponteiro da bússola.

Etapa 2: Clique no ícone "Ver dentro do ímã" e, em seguida, procure explicar o que foi observado. Represente a figura em seu caderno. Também consulte no Google como surgem as linhas de campo magnético no interior do ímã e registre em seu caderno.

Etapa 3: Clique no ícone "Mostrar campo" e, em seguida, observe e demonstre em seu caderno ou no roteiro de atividades a bússola, o ímã e a representação do campo magnético gerado por um ímã (linhas de indução). Feito esse procedimento, pesquise no Google como é possível visualizar o campo magnético gerado por um ímã e qual a sua origem.

Etapa 4: Clique no ícone "Mostrar medidor de campo" e, em seguida, mude a intensidade do ímã em barra e visualize a intensidade do campo magnético através das agulhas magnética: (a) o que representa a distribuição das agulhas magnéticas no espaço ao redor do ímã? (b) As agulhas distribuídas ao redor do ímã não têm todas a mesma intensidade de cor. O que isso significa? (c) Faça a medição do campo magnético colocando o medidor em diferentes pontos, nos extremos do ímã, no interior e afastando; represente e registre seus valores em seu caderno ou no roteiro de atividades.

O Eletromagnetismo

Até o final do século XVIII ainda não era clara a relação entre eletricidade e magnetismo. Nessa época, os fenômenos magnéticos, embora também caracterizados por atrações e repulsões, como os fenômenos elétricos, eram observados apenas em situações bem restritas, limitados aos ímãs naturais e aos metais ferromagnéticos.

Foi a partir do início do século XIX que uma nova visão começou a emergir. No ano de 1820, Hans Christian Oersted, professor de Física, conduzia uma série de experimentos de demonstração perante uma plateia quando percebeu, para sua surpresa, que uma corrente elétrica podia deflexionar a agulha imantada de uma bússola. Oersted divulgou as suas observações, porém sem conseguir propor uma explicação satisfatória para o fenômeno. Os resultados de Oersted desencadearam uma série de outros experimentos ao redor do mundo, com os cientistas tentando encontrar uma explicação. A explicação foi dada pelo físico e matemático francês André-Marie Ampère, cujos estudos permitiram estabelecer a relação entre corrente elétrica e campo magnético.

Nessa época, o físico e químico inglês [Michael Faraday](#) conduzia os seus próprios experimentos explorando os efeitos eletromagnéticos, intrigado pelos trabalhos de Oersted e Ampère. Foi em 1831 que Faraday conduziu o seu experimento mais conhecido, demonstrando a indução eletromagnética e assim estabelecendo a forte relação entre os fenômenos elétricos e magnéticos.

Figura 1: Michael Faraday, em 1842.



Faraday é considerado por muitos como um dos maiores experimentalistas; muitos conceitos hoje aceitos, como a ideia de linhas de força magnética, foram derivados dos experimentos conduzidos por ele. Em 1850 Faraday já tinha completado muito do seu trabalho, mas a maioria dos cientistas não reconhecia a sua importância. Em 1865, as ideias de Faraday de campo foram finalmente embasadas em fundamentos matemáticos pelo físico escocês James Clerk Maxwell. Maxwell foi capaz de descrever completamente os comportamentos dos campos elétricos e magnéticos com quatro equações, hoje conhecidas como as equações de Maxwell, unificando a eletricidade e o magnetismo em

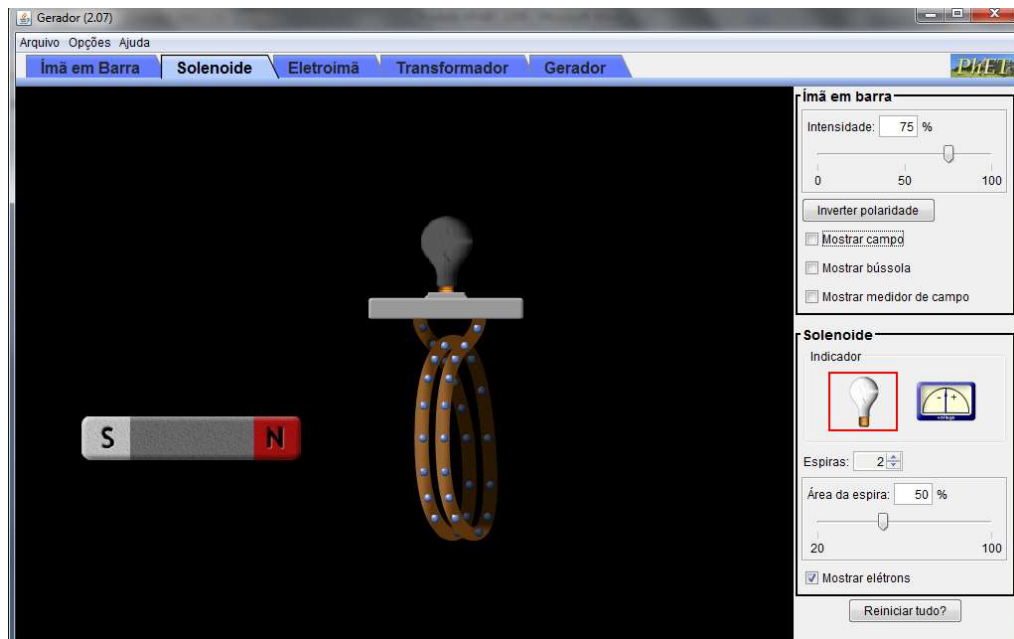
ATIVIDADE INICIAL

1. Pesquise e registre sobre a descoberta de Oersted e a formalização de Ampère que, ao realizar outras experiências, estabeleceu a relação entre corrente elétrica e campo magnético.
2. Pesquise e registre sobre a Lei de indução de Faraday e descreva seu experimento.
3. O que é e como é constituído um solenoide? Para que serve?

EXPERIMENTO 2 - SOLENOIDE

Na simulação "Gerador", abrir a aba "Solenóide" e deixar todas as opções desmarcadas, como mostra a figura. Selecione a lâmpada como indicador.

Figura 1: Simulador Solenoide.



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

Etapa 1: Ao movimentar o ímã no interior do solenoide, o que acontece com o brilho da lâmpada? O que ocorre quando o ímã é mantido em repouso? E se movimentarmos o solenoide? Explique.

Etapa 2: Repita o procedimento selecionando o voltímetro como indicador. Verifique a variação de tensão enquanto você movimenta o ímã. Varie a velocidade deste movimento (movimente bem lentamente e depois bem rápido). O que você observa? Procure sistematizar suas observações.

Etapa 3: Varie o número de espiras do solenoide (mantendo o indicador "Voltímetro" selecionado) e verifique se ocorre alguma alteração nos resultados.

Você é capaz de obter uma relação entre o número de espiras e o valor medido da tensão?

Etapa 4: Com o ímã em barra no interior e na região central do solenoide, varie a área da espira do solenoide movendo entre o máximo e o mínimo (dica: pode usar a seta de navegação do computador); em seguida descreva o que foi observado.

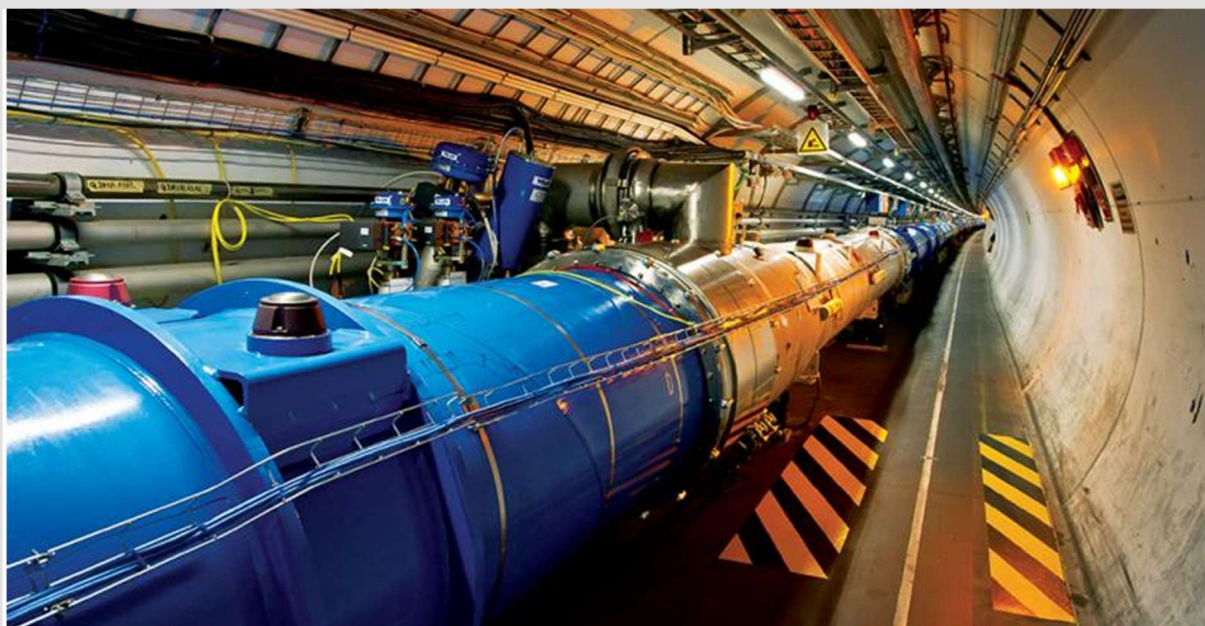
Etapa 5: O que acontece com o sentido da corrente quando você move o ímã para trás e para frente?

Eletroímãs supercondutores do LHC: grandes desafios da engenharia

A maioria das pessoas está familiarizada com ímãs, mas podem não saber que estes são parte integrante de quase todos os modernos aceleradores de partículas. Esses ímãs não são o mesmo que você põe na geladeira. Embora tenham um polo norte e sul, assim como seus ímãs fazem, ímãs de acelerador exigem um pouco de engenharia.

Quando uma partícula carregada eletricamente, como um próton, se move através de um campo magnético constante, descreve um percurso circular. O tamanho do círculo depende da força dos magnetos e da energia do feixe. Aumentar a energia, o anel se torna maior; aumentar a força dos ímãs, o anel fica menor.

O *Large Hadron Collider* é um acelerador, uma palavra crucial que nos lembra que podemos usá-lo para aumentar a energia das partículas do feixe. Se a força dos ímãs permanecer a mesma, então quando aumentarmos a energia do feixe, o tamanho do anel terá que aumentar. Uma vez que o tamanho do anel permanece necessariamente o mesmo, é preciso aumentar a força dos ímãs quando a energia do feixe é aumentada. Por essa razão, os aceleradores de partículas usam um tipo especial de ímã.



Quando uma corrente elétrica passa através de um fio, ela cria um campo magnético; a intensidade do campo magnético é proporcional à quantidade de corrente elétrica. Ímãs criados dessa forma são chamados de eletroímãs. Ao controlar a quantidade de corrente, podemos fazer eletroímãs de qualquer força que queremos. Podemos até mesmo inverter a polaridade do ímã, invertendo a direção da corrente

Dada a ligação entre corrente elétrica e campo magnético, é claro que precisamos de grandes correntes em nossos ímãs aceleradores. Para conseguir isso, usamos os **supercondutores**, materiais que perdem sua resistência à corrente elétrica quando são arrefecidos o suficiente. E 'resfriar' é um eufemismo. Em 1,9 Kelvin, os centros dos ímãs do LHC são um dos lugares mais frios do universo – mais frio do que a temperatura do espaço entre as galáxias.

Dado o papel central dos ímãs em aceleradores modernos, os cientistas e engenheiros do Fermilab e CERN estão constantemente trabalhando para torná-los ainda mais fortes. Embora os principais ímãs do LHC gerem um campo magnético cerca de 800.000 vezes o da Terra, aceleradores futuros exigirão ainda mais. A tecnologia de eletroímãs é uma parte vibrante e crucial de futuros dos laboratórios.

Fonte: <http://supercondutividade.blogspot.com.br/2015/02/eletroimas-supercondutores-do-lhc.html>

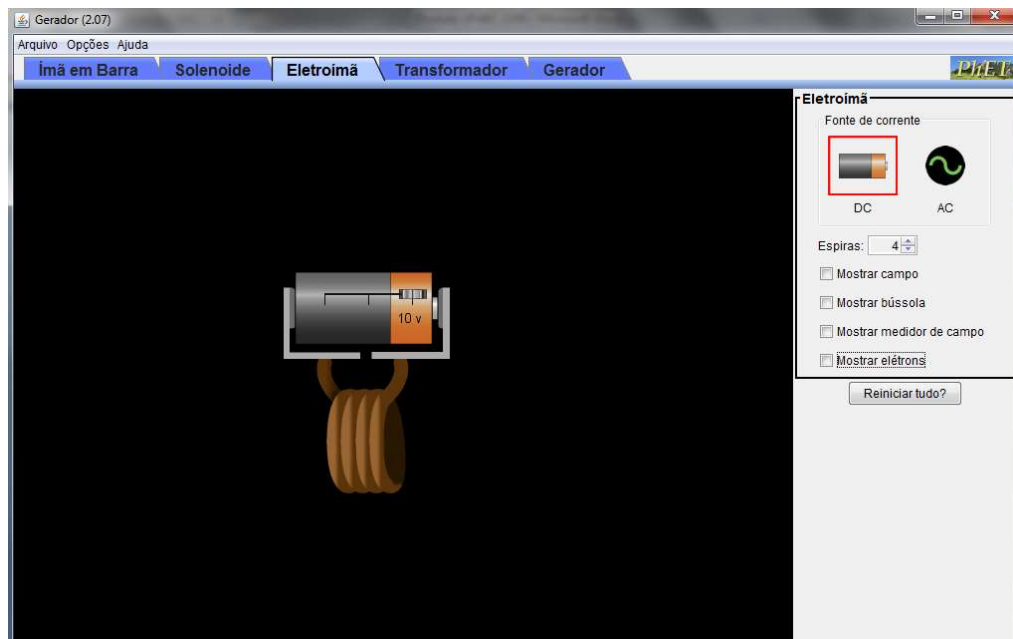
ATIVIDADE INICIAL

1. O que é um eletroímã? Como é constituído? Possui as mesmas características de um ímã?
2. Investigue e registre as vantagens e aplicações tecnológicas do eletroímã.

EXPERIMENTO 3 - ELETROÍMÃ

No simulador "Gerador", abrir a aba "Eletroímã" e deixar todas as opções desmarcadas, como mostra a figura.

Figura 1: Simulador Eletroímã.



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

Etapa 1: Iremos avaliar a importância do número de espiras na potência do eletroímã. Reproduza e complete a tabela em seu caderno.

Tabela 1: Número de espiras x Campo magnético

Tensão Elétrica	Número de Espiras	Intensidade do Campo Magnético (Gauss)
2 V	1	
	2	
	3	
	4	

Qual a diferença entre a intensidade do campo magnético de um solenoide com 1 espira e outro com 4 espiras?

Etapa 2: Iremos avaliar a importância da tensão na potência do eletroímã. Reproduza e complete a tabela em seu caderno.

Tabela 2: Tensão elétrica x Campo magnético

Número de Espiras	Tensão Elétrica (V)	Intensidade do Campo Magnético (Gauss)
4	2	
	4	
	6	
	8	

Que diferença faz a tensão na intensidade do campo magnético do eletroímã?

Etapa 3: Agora com os ícones "Mostrar campo", "Mostrar bússola" e "Mostrar elétrons" selecionados, inverta a polaridade da fonte DC e registre o observado.

[Título da barra lateral]

Energia eólica é desperdiçada por falta de linhas de transmissão no NE. Desperdício dos parques eólicos já virou prejuízo para o governo federal. Produção seria suficiente para abastecer 3,3 milhões de pessoas.

Figura 9: Funcionamento de Usinas de Geração de Energia Eólica na região do Nordeste



No Nordeste, a falta de linhas de transmissão em três estados impede que a energia produzida pelo vento chegue à casa de milhares de brasileiros. Esse desperdício já virou prejuízo para o governo.

Além da paisagem exuberante, as praias do Nordeste reúnem condições ideais para mover geradores de energia limpa. Na região, não há barreiras para o vento, que é constante. Por isso, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), das 92 usinas em operação no país, 60 estão na região.

"A energia eólica hoje é um meio alternativo, até mesmo para economizar água nos reservatórios. Então, no período de seca, você tem energia eólica gerando para poder suprir essa necessidade", explica o gerente do Parque Eólico, Christian Luz.

O uso do vento na matriz energética brasileira cresceu 73% em um ano. Hoje, a energia eólica representa cerca de 2% da capacidade de energia elétrica disponível no Brasil. Mas poderia ser mais aproveitada.

Para chegar até os consumidores, a energia gerada depende das redes de transmissão, que não são de responsabilidade das empresas que mantêm os parques eólicos. E este tem sido um dos principais problemas do setor.

Em três estados brasileiros, Ceará, Bahia e Rio Grande do Norte, 26 empreendimentos estão prontos para produzir energia, mas ela não é distribuída por falta de linhas de transmissão. A Associação Brasileira de Energia Eólica calcula que seria uma produção suficiente para abastecer, por mês, cerca de 3,3 milhões de pessoas, mais do que a população de Salvador.

Fonte:

<http://g1.globo.com/jornalnacional/noticia/2013/05/energia-eolica-e-desperdicada-por-falta-de-linhas-de-transmissao-no-ne.html>

ATIVIDADE INICIAL

1. A figura abaixo mostra um sistema de linhas de transmissão. De onde partem os cabos? Para onde se dirigem?

Redes de Transmissão de Energia



Fonte: VALIO, A. B. N. *Ser Protagonista – Física*. Vol. 3. 2. ed. São Paulo: Sm Didáticos, 2015. 320 f.

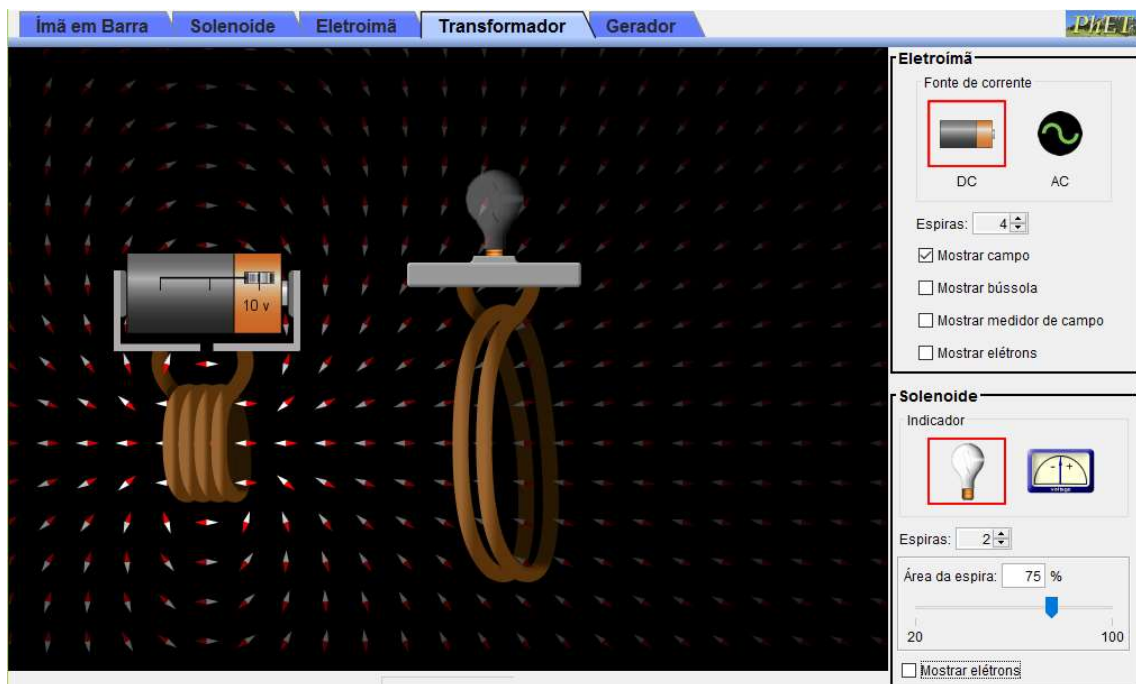
2. Perto das cidades, esses cabos passam por transformadores. Na sua opinião, qual é a função do transformador?

3. Qual é a função dos transformadores em uma instalação elétrica? Como eles funcionam?

EXPERIMENTO 4 - TRANSFORMADOR

Na simulação "Gerador", abrir a aba "Transformador" e deixar todas as opções desmarcadas, exceto "Mostrar Campo" e "Mostrar elétrons". Selecione a lâmpada como indicador.

Figura 1: Simulador Transformador.



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/generator, Print da Tela.

Selecione a fonte de corrente DC (corrente contínua):

Etapa 1: Ajuste a fonte de corrente contínua (bateria) para 0 V e verifique se a lâmpada acende. Por quê?

Etapa 2: Ajuste a fonte de corrente contínua (bateria) para 10 V e o solenoide com 3 espiras, e verifique se a lâmpada acende. E se movimentarmos a fonte ou o solenoide (aproximando ou afastando)? O que ocorre com o sentido da movimentação dos elétrons no interior do condutor do solenoide? Procure sistematizar o que foi observado.

Etapa 3: Com base no que você aprendeu nos momentos anteriores, pense em maneiras de fazer a lâmpada acender. Teste suas ideias.

Selecione a fonte de corrente em AC (corrente alternada) e solenoide com 3 espiras:

Etapa 4: O que você observa? Explique.

Etapa 5: Selecione o indicador de tensão e verifique se ocorre variação no seu ponteiro.

Etapa 6: Aproximando o primário (eletroímã) do secundário (solenóide) do transformador, a tensão no secundário aumenta ou diminui? Justifique.

Etapa 7: Altere a amplitude da fonte AC entre o mínimo e o máximo (botão que se movimenta verticalmente na fonte AC), usando como indicador do solenoide a lâmpada, e verifique o que ocorre com a movimentação dos elétrons no condutor do eletroímã e a intensidade luminosa da lâmpada. Em seguida descreva o fenômeno observado. Agora faça o mesmo procedimento anterior, alterando a frequência da fonte AC (botão que se movimenta horizontalmente), mantendo a amplitude no máximo e descreva o fenômeno observado.

Etapa 8: Altere o número de espiras do primário para uma, duas, três e quatro e verifique se ocorre variação de tensão no secundário do transformador. É possível determinar uma relação entre o número de espiras do primário e a tensão medida? Explique.

Etapa 9: Agora altere o número de espiras do secundário para uma, duas e três e verifique se ocorre variação de tensão no secundário do transformador. É possível determinar uma relação entre o número de espiras do secundário e a tensão medida? Explique.

Uma usina hidrelétrica pode ser definida como um conjunto de obras e equipamentos cuja finalidade é a geração de energia elétrica, através de aproveitamento do potencial hidráulico existente em um rio.

O potencial hidráulico é proporcionado pela vazão hidráulica e pela concentração dos desníveis existentes ao longo do curso de um rio. Isto pode se dar:

- de forma natural, quando o desnível está concentrado numa cachoeira;
- através de uma barragem, quando pequenos desníveis são concentrados na altura da barragem;
- através de desvio do rio de seu leito natural, concentrando-se os pequenos desníveis nesse desvio.

Basicamente, uma usina hidrelétrica compõe-se das seguintes partes:

- barragem;
- sistemas de captação e adução de água;
- casa de força;
- sistema de restituição de água ao leito natural do rio.

Figura 1: Funcionamento de uma Usina Hidrelétrica



Fonte: <http://brasilecola.uol.com.br/fisica/o-principio-funcionamento-uma-usina-hidreletrica.htm>

A água captada no lago formado pela barragem é conduzida até a casa de força através de canais, túneis e/ou condutos metálicos. Após passar pela turbina hidráulica, na casa de força, a água é restituída ao leito natural do rio, através do canal de fuga.

Dessa forma, a potência hidráulica é transformada em potência mecânica quando a água passa pela turbina, fazendo com que esta gire, e, no gerador - que também gira acoplado mecanicamente à turbina - a potência mecânica é transformada em potência elétrica.

A energia assim gerada é levada através de cabos ou barras condutoras dos terminais do gerador até o transformador elevador, onde tem sua tensão (voltagem) elevada para adequada condução, através de linhas de transmissão, até os centros de consumo.

Daí, através de transformadores abaixadores, a energia tem sua tensão levada a níveis adequados para utilização pelos consumidores.

<http://www.furnas.com.br/hotsites/sistemapfurnas/usina>

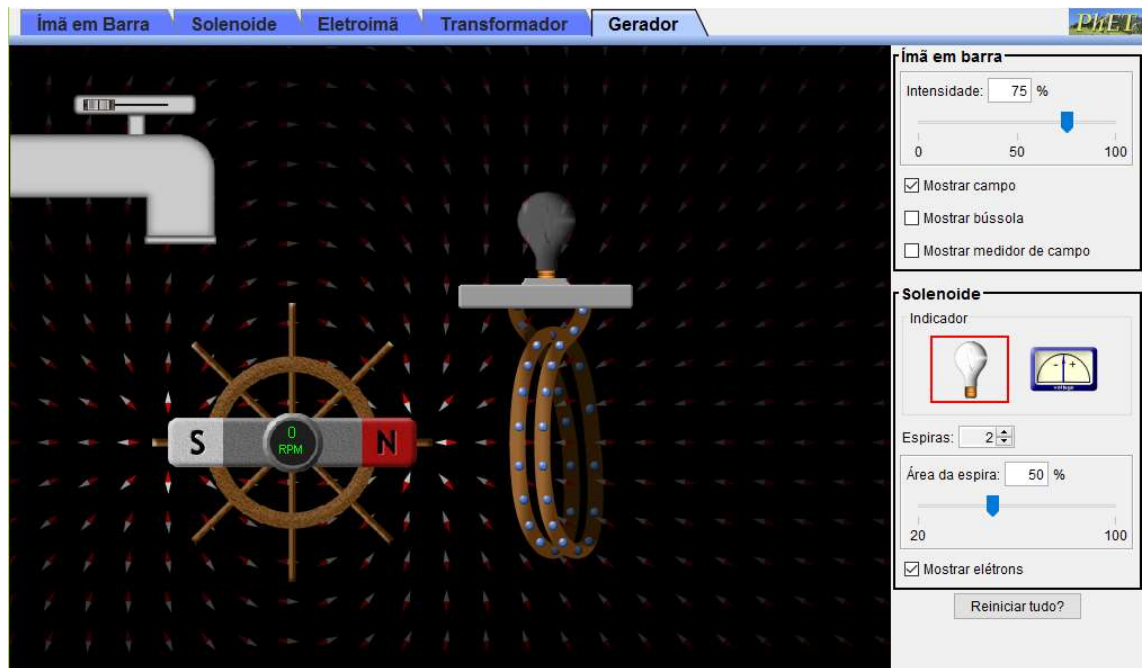
ATIVIDADE INICIAL

1. Onde e quando foi instalada a primeira hidrelétrica? E a primeira termelétrica?
2. Onde e quando foi instalado o primeiro sistema de iluminação pública?
3. Quais foram as primeiras usinas geradoras e distribuidoras de energia elétrica em nosso país?
4. Que tipos de usinas de produção de energia elétrica há em nosso país? Qual a mais abundante?
5. Como você avalia o acesso à energia elétrica no Brasil?

EXPERIMENTO 5 - GERADOR

Acessando a simulação virtual "Gerador" (https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/generator), abra a aba "Gerador".

Figura 1: Simulador Gerador.



Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/generator, Print da Tela.

Etapa 1: Explique o funcionamento deste gerador, descrevendo as partes que o compõem.

Etapa 2: Aumente o volume d'água e verifique a intensidade do brilho da lâmpada. Explique.

Etapa 3: Varie o número de espiras e a área das espiras, verificando o efeito sobre o brilho da lâmpada. Isto era esperado? Explique.

Etapa 4: Relacione o funcionamento da simulação do gerador com as características da corrente elétrica que obtemos em nossa casa. Faça um relato com suas conclusões.