

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

EVERTON CORREA FERREIRA

UNIDADE DE ENSINO

**ATIVIDADES DE EXPERIMENTAÇÃO COMO RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS NO
ENSINO DE ELETROMAGNETISMO**

Alfenas/MG
2017

Produto apresentado como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre pelo Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física/MNPEF, polo da Universidade Federal de Alfenas/MG. Linha de Pesquisa: Física no Ensino Médio. Orientadora: Thirza Pavan Sorpreso.

SUMÁRIO

Quadro síntese da unidade de ensino	5
Levantamento das concepções iniciais e inserção do problema.....	6
Questionário para levantamento de concepções dos alunos.....	6
Problematização de artefatos científico tecnológicos	7
Eletricidade	7
Iniciando a abordagem de carga e corrente	8
Discutindo a força elétrica	9
Discutindo a corrente elétrica	10
Simulando relações entre tensão, corrente e resistência	13
Medidas de tensão, corrente e resistência.....	14
Representando a lei de Coulomb	15
Simulando o caráter vetorial do campo elétrico.....	16
Questionário avaliativo sobre conceitos de eletricidade.....	17
Magnetismo.....	18
Representando linhas de campo	18
Demonstrando a Lei de Faraday.....	19
Simulando a atração e repulsão entre ímãs	20
Simulando linhas de campo magnético.....	21
Simulando vetores indução magnética	22
Questionário avaliativo sobre conceitos de magnetismo	23
Eletromagnetismo.....	24
Réplica da experiência de Oersted.....	24
Discutindo a Lei de Faraday	25
Campo magnético em espira com corrente	27
Campo magnético em solenoide com corrente	27
Simulando a Lei da Indução de Faraday.....	29
Discutindo a Lei de Lenz.....	30
Questionário avaliativo sobre conceitos de magnetismo	31
Avaliação final com problemas complexos	33
Usina Hidrelétrica	33
Usina Térmica	34
Usina Eólica.....	35

Referências Bibliográficas 36
Apêndice 37

Quadro síntese da unidade de ensino

Na tabela 1 apresentamos uma sugestão de cronograma de desenvolvimento da unidade de ensino, o número de aulas, as atividades e conteúdos abordados. Considera-se que cada aula se estende por 50 minutos.

CH	Aulas	Atividades e conteúdos
100 min	02	<ul style="list-style-type: none"> Levantamento das concepções dos alunos, com questionários oral e escrito e inserção do problema.
150 min	03	<ul style="list-style-type: none"> Abordagem de conceitos de eletricidade: campo elétrico, corrente elétrica, quantidade de carga, força elétrica. Questionário sobre conceitos de eletricidade.
150 min	03	<ul style="list-style-type: none"> Abordagem de conceitos de magnetismo: lei da atração e repulsão, inseparabilidade de polos, linhas de força e vetor indução magnética. Exercícios e problemas sobre magnetismo.
150 min	03	<ul style="list-style-type: none"> Abordagem de conceitos de eletromagnetismo: campo magnético gerado por corrente, corrente gerada por campo magnético variável, espiras e solenoides. Exercícios e problemas sobre eletromagnetismo.
150 min	03	<ul style="list-style-type: none"> Avaliação final com problemas complexos.
11 h 40 min	14	TOTAL

Levantamento das concepções iniciais e inserção do problema

Recomenda-se que a aplicação da unidade inicie pelo levantamento das concepções iniciais dos alunos. Isso pode ser feito por meio de questionamentos orais ou discussões de fenômenos que envolvam os conceitos que serão abordados. É importante neste momento ouvir os alunos sem interferir em seus posicionamentos. As questões a seguir podem auxiliar o direcionamento dos questionamentos.

Questionário para levantamento de concepções dos alunos

1. Como é produzida a eletricidade que vocês utilizam em casa para ligar a TV, ligar aparelhos eletrodomésticos, videogame, computador?
2. O que é corrente elétrica?
3. Já ouviram falar em carga elétrica? O que é carga elétrica? Alguém já viu uma carga elétrica? Então, como vocês sabem que existe carga elétrica?
4. Já ouviram falar em fluxo elétrico e fluxo magnético? E o que vocês ouviram falar?
5. Na casa de vocês os aparelhos podem ser ligados em 110V ou 220V, mas o que é 110V e 220V?
6. O que é um ímã? De qual material é feito esse ímã? Ímã atrai qualquer tipo de material? Porque ele atrai certos materiais e não atrai outros?
7. Como seria viver em um mundo sem eletricidade?
8. Como você explicaria para um habitante de um mundo sem luz, o que é luz?
9. Descreva como alguém poderia determinar experimentalmente o módulo, a direção e o sentido de um campo elétrico em um ponto do espaço.
10. Se duplicarmos a distância entre dois corpos carregados, como varia a força elétrica que se estabelece entre eles? Faça um esquema para explicar.
11. Faça um esquema simples explicando como funciona uma usina hidrelétrica.
12. Em que condições as cargas elétricas podem afetar um ímã?

Para inserção do problema recomenda-se que sejam discutidos com os alunos os artefatos científico-tecnológicos de usos sociais associados aos conceitos de eletromagnetismo que serão posteriormente trabalhados na unidade de ensino. Sugerimos que essa discussão seja iniciada a partir de reportagens ou vídeos sobre tais artefatos. Recomendamos três vídeos, disponíveis na internet, que abordam a produção de energia em tipos de usinas diferentes, porém todos utilizam o princípio da indução para produção de corrente elétrica em um gerador.

Problematização de artefatos científico tecnológicos	
Recurso: Vídeos.	<p>COMO FUNCIONA uma usina hidrelétrica. 2014. Disponível em < https://www.youtube.com/watch?v=3xshEp2AIBY >. Acesso em: 28 de abril de 2017.</p> <p>MARTINHO Jr, A. C. Arquitetura de reatores nucleares. 2013. Disponível em < https://www.youtube.com/watch?v=Ac8TnB7-1yU >. Acesso em: 27 de abril de 2017.</p> <p>NA TRILHA da energia dos ventos. 2015. Disponível em < https://www.youtube.com/watch?v=jfFAD53HtWM >. Acesso em: 28 de abril de 2017</p>
Hidrelétrica	“ Como funciona uma usina hidrelétrica? ” (COMO FUNCIONA, 2014)
Eólica	“ Na trilha da energia dos ventos ” (NA TRILHA, 2015)
Nuclear	“ Arquitetura de reatores nucleares ” (MARTINHO Jr., 2013)

Eletricidade

Após a problematização dos artefatos tecnológicos sugere-se que seja iniciada a abordagem de conhecimentos que permitem compreender a produção de energia em usinas. No que se refere à eletricidade é fundamental a abordagem dos seguintes conceitos: carga elétrica; força elétrica; corrente elétrica e campo elétrico.

Como os conceitos de eletricidade são de difícil compreensão, recomenda-se que eles sejam relacionados com práticas experimentais de forma que os estudantes possam refletir sobre os mesmos e associá-los com fenômenos, facilitando assim sua construção pelos alunos.

Para iniciar a abordagem sobre carga e corrente elétrica sugerimos que seja exibido o vídeo descrito a seguir:

Iniciando a abordagem de carga e corrente	
Recurso	Temas e fenômenos abordados
Benjamin Franklin O para raios. Benjamin Franklin (MELO, 2013)	Conta a história do empenho de Benjamin Franklin na pesquisa e desenvolvimento de maneiras para dominar a eletricidade, até então apenas utilizada para realização de truques em apresentações de mágicos, e direcioná-la para uso social. O vídeo discute o contexto social do desenvolvimento dos estudos de Franklin e os embates entre ciência e religião. O filme aborda ainda: Produção do gerador eletrostático Formulação de uma primeira versão da conservação de ‘cargas’ Produção das primeiras baterias Produção dos primeiros capacitores Poder das pontas e para-raios

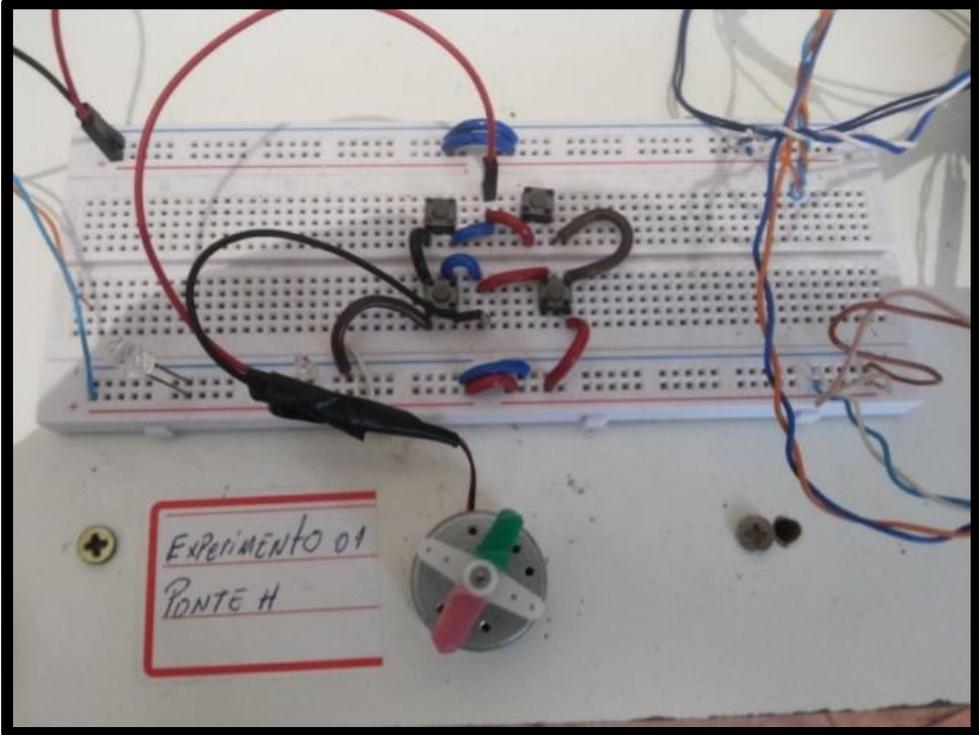
Após a exibição do filme e sua discussão, pode-se explicar a relação entre quantidade de carga e carga elementar, elementos importantes para compreensão posterior do conceito de força e corrente elétrica. É importante abordar também as relações matemáticas associadas e suas unidades de medida.

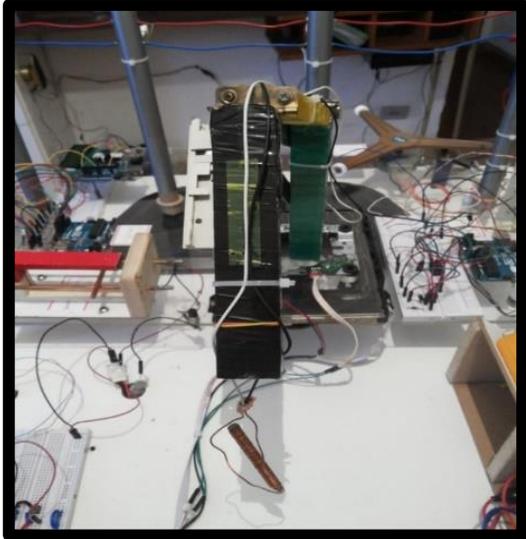
Para introdução do conceito de força eletrostática recomenda-se a realização de dois experimentos simples:

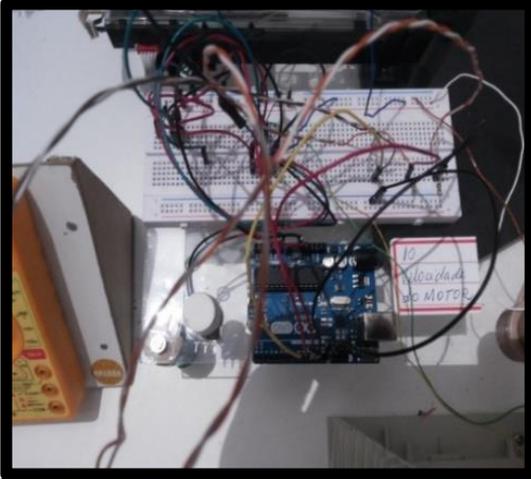
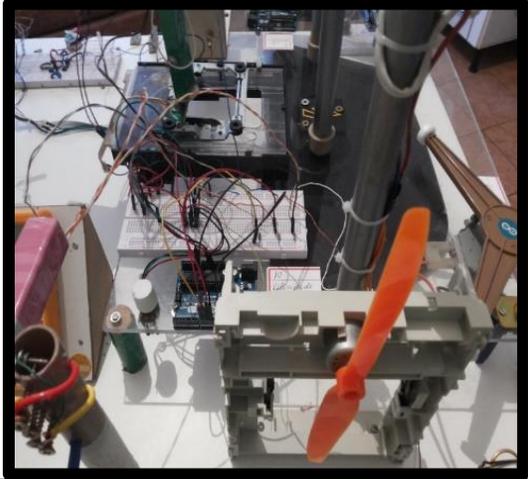
Discutindo a força elétrica	
Experimento	Descrição
<p>Processos de eletrização</p> 	<p>Picar pedacinhos de papel, em seguida friccionar uma régua nos cabelos e aproximar a régua dos pedacinhos de papel, observando a atração entre régua e o papel. O fenômeno envolvido é chamado eletrização, que pode ocorrer de três formas: por atrito, por contato e por indução.</p>
<p>Experimento processos de eletrização</p> 	<p>Utilizando uma furadeira, furar uma placa de acrílico e observar que os resíduos da placa de acrílico são atraídos pela própria placa. O fenômeno envolvido é chamado eletrização, que pode ocorrer de três formas: por atrito, por contato e por indução.</p>

Em seguida recomenda-se a abordagem do conceito de corrente elétrica de forma conceitual e também em sua formulação matemática. Para a discussão de fenômenos sobre corrente

elétrica sugere-se a realização dos experimentos descritos a seguir. Concomitantemente, é pertinente os sentidos convencional e real das correntes elétricas em condutores.

Discutindo a corrente elétrica	
Ponte H	
Descrição	“[...] Trata-se de um circuito utilizado para controlar um motor DC a partir de sinais gerados por um micro controlador. Devido à disposição dos seus componentes, torna-se extremamente fácil selecionar o sentido da rotação de um motor, apenas invertendo a polaridade sobre seus terminais. Para que o motor funcione, basta acionar um par de chaves diagonalmente opostas, o que faz com que a corrente flua do polo positivo para o negativo atravessando o motor e fazendo-o girar. [...] Para inverter a rotação, desligamos essas chaves e acionamos o outro par de chaves, o que faz com que a corrente siga na direção oposta e, conseqüentemente, o sentido da rotação do motor será alterado”. (F P LUIS, 2006).
Objetivo	Enfatizar que o caminho a ser percorrido pela corrente pode ser alterado
Material utilizado	04 chaves momentâneas 01 motor DC 12 V 01 protoboard Jumpers
Esquema do Experimento	
	

Discutindo a corrente elétrica									
Guindaste Eletromagnético (múltiplas pontes H)									
Descrição	Várias pontes H produzidas por meio de um volante de Play Station 2 (PS2). O volante controla o guindaste através dessas pontes H. Também faz parte do controle um servo motor controlado por meio de um Arduino.								
Objetivo	Ilustrar que a partir de uma série de equipamentos simples pode ser construído um artefato tecnológico mais complexo.								
Material Utilizado	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;">01 volante de PS2</td> <td style="width: 50%; border: none;">01 placa arduino.</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">01 tampa com motor de 12 V de DVD</td> <td style="border: none;">Madeiras (Guindastes)</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">02 motores de 12 V com engrenagens (DVD)</td> <td style="border: none;">Chave liga desliga</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">01 servo motor</td> <td style="border: none;">Fios jumpers</td> </tr> </table>	01 volante de PS2	01 placa arduino.	01 tampa com motor de 12 V de DVD	Madeiras (Guindastes)	02 motores de 12 V com engrenagens (DVD)	Chave liga desliga	01 servo motor	Fios jumpers
01 volante de PS2	01 placa arduino.								
01 tampa com motor de 12 V de DVD	Madeiras (Guindastes)								
02 motores de 12 V com engrenagens (DVD)	Chave liga desliga								
01 servo motor	Fios jumpers								
Esquema do Experimento									
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>									

Discutindo a corrente elétrica											
Controle de velocidade de motor											
Descrição	Este projeto mostra como controlar a velocidade de um motor 12 V através de um potenciômetro. Assim como no projeto LCD, controlamos aqui a intensidade da corrente elétrica demonstrando agora que a velocidade do motor aumenta quando diminuimos a resistência no potenciômetro e que a velocidade diminui quando aumentamos a resistência do potenciômetro.										
Objetivo	Observar que a intensidade da corrente elétrica pode ser modificada por meio da variação da resistência no circuito.										
Material Utilizado	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">01 placa Arduino</td> <td style="width: 50%;">01 Hélice</td> </tr> <tr> <td>01 placa protoboard</td> <td>01 suporte para motor (DVD)</td> </tr> <tr> <td>01 potenciômetro</td> <td>01 transistor NPN</td> </tr> <tr> <td>01 led branco.</td> <td>01 diodo</td> </tr> <tr> <td>01 motor 12 V (DVD)</td> <td></td> </tr> </table>	01 placa Arduino	01 Hélice	01 placa protoboard	01 suporte para motor (DVD)	01 potenciômetro	01 transistor NPN	01 led branco.	01 diodo	01 motor 12 V (DVD)	
01 placa Arduino	01 Hélice										
01 placa protoboard	01 suporte para motor (DVD)										
01 potenciômetro	01 transistor NPN										
01 led branco.	01 diodo										
01 motor 12 V (DVD)											
Esquema do Experimento											
											

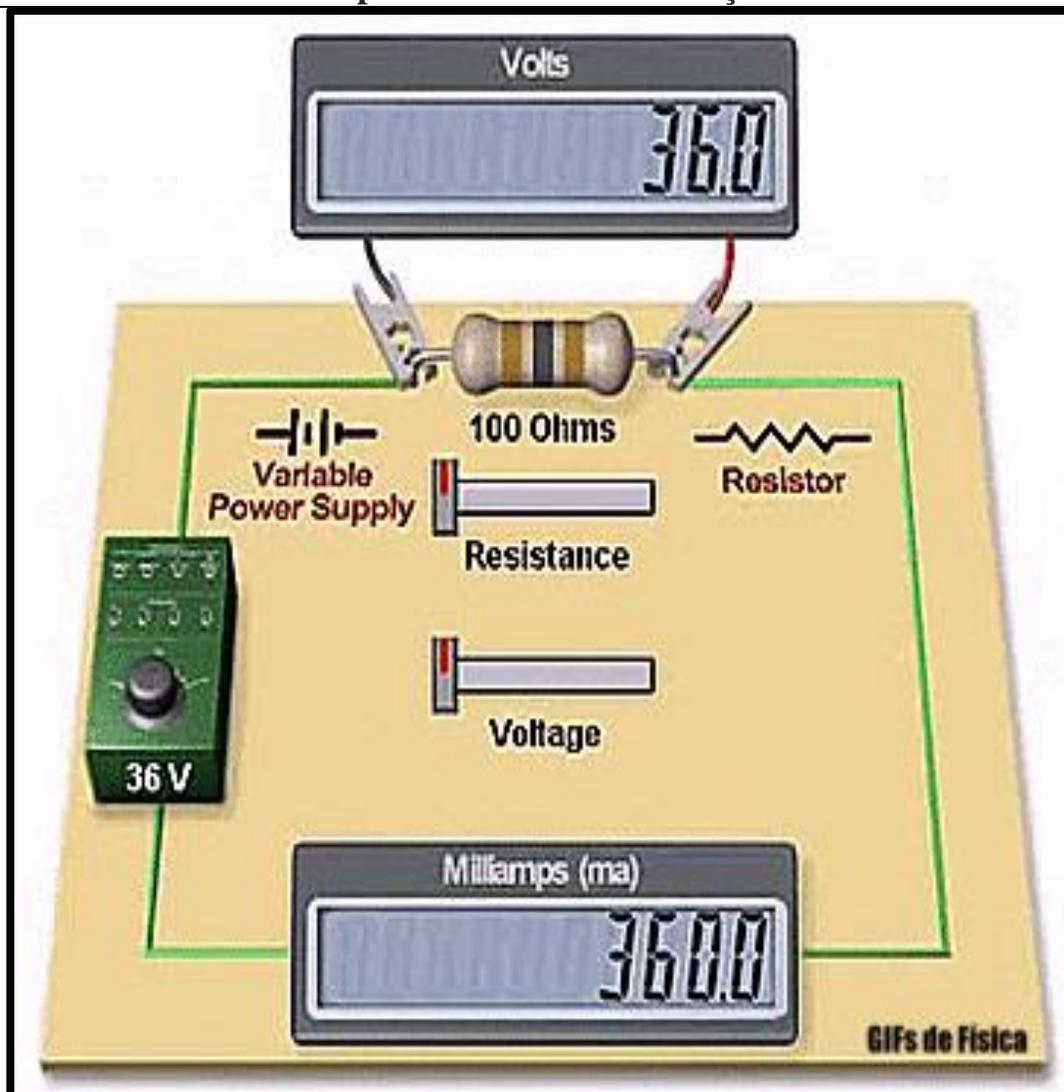
.Ainda no que se refere a construção do conceito de corrente elétrica é importante que os estudantes possam observar ou realizar medições de corrente e tensão em circuitos ôhmicos com resistências variáveis. Isso pode ser feito a partir da montagem experimental de circuitos utilizando-se multímetro, voltímetro e amperímetro ou por meio de simulações computacionais disponíveis a internet. Concomitantemente pode ser Explorada a formulação matemática da Lei de Ohm, assim como as unidades de medida de cada grandeza. Sugerimos para isso os recursos a seguir

Simulando relações entre tensão, corrente e resistência.

Simulação Lei de OHM

Recurso	Gif animado disponível em: < http://fisicaessencial.blogspot.com.br/2012/03/lei-de-ohm.html >
Descrição	Com essa simulação é possível manter uma das grandezas (tensão, corrente ou resistência) constante e observar a relação entre as duas grandezas ao variarem.

Captura de tela da simulação



Medidas de tensão, corrente e resistência	
Descrição	O amperímetro é um aparelho utilizado para medir os valores da corrente elétrica. Já o voltímetro é um aparelho utilizado para fazer medições da voltagem (ddp). O multímetro é um aparelho que faz medições tanto da corrente quanto da voltagem, além de outras medições que não foram consideradas neste trabalho. Pode-se montar um circuito simples em proto-board ou um circuito composto de fios e lâmpadas ligadas em série e paralelo. Pode-se fazer variar a resistência no circuito inserindo-se resistores ou por meio de potenciômetro.
Objetivo	Observar ou realizar medidas de ddp e corrente elétrica e testar a relação entre a variação da corrente e a variação da resistência por meio de um potenciômetro: ao girar o botão do potenciômetro, aumentando a resistência, o valor medido da corrente elétrica no amperímetro diminuía e vice-versa.
Material Utilizado	01 multímetro 01 amperímetro 01 voltímetro Fonte variável Resistores Potenciômetro

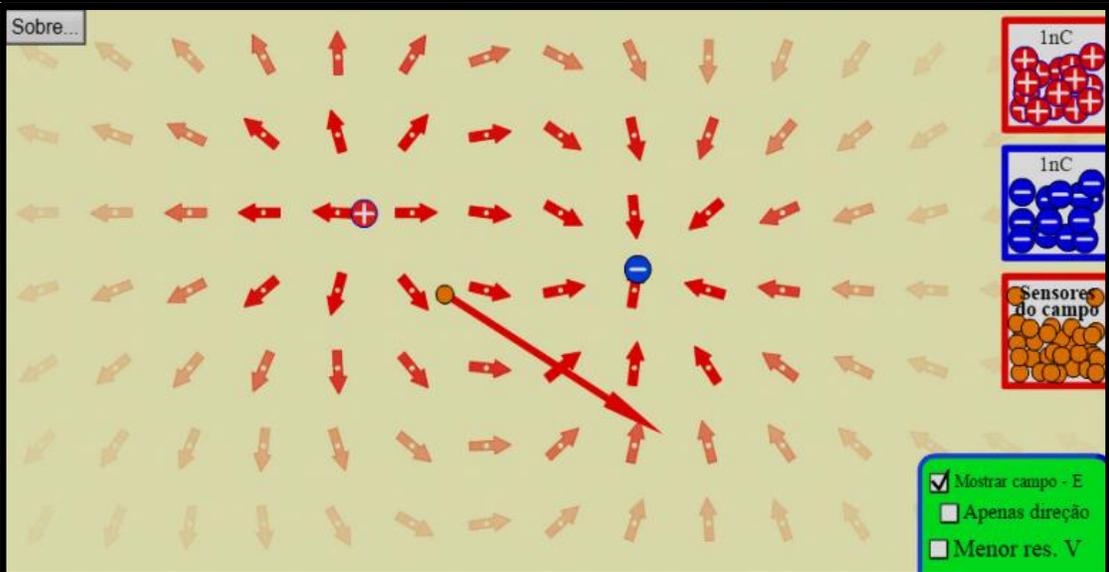
Esquema do experimento



Para discussão dos fenômenos de atração e repulsão elétrica e a formulação matemática dessas interações recomenda-se a mediação de um GIF que pode ser obtido na internet

Representando a lei de Coulomb	
Simulação da Lei de Coulomb	
Recurso	GIFS de Física Disponível em: < https://www.facebook.com/gifsdefisica/posts/1798093417077880 > Acesso em 28 de abril de 2017.
Descrição	O GIF representa a atração e repulsão elétrica entre corpos associando-as à lei de Coulomb. Essa lei descreve a interação de corpos eletricamente carregados, ou seja, a força eletrostática, e determina que tal força é diretamente proporcional a quantidade de carga desses corpos e inversamente proporcional ao quadrado da distância que os separa.
Captura de tela da simulação	
<p style="text-align: center;"> $F = k \frac{ q_1 q_2 }{r^2} = 0.11 \text{ mN}$ $r = x_2 - x_1 = 8.93 \text{ m}$ $q_1 = q_2 = 1 \mu\text{C}$ </p>	

Em seguida recomenda-se a abordagem do conceito de campo elétrico, sua formulação matemática e seu caráter vetorial. Para a compreensão do caráter vetorial do campo elétrico, recomenda-se a utilização de simulações.

Simulando o caráter vetorial do campo elétrico	
Simulação Taxas e Campos	
Recurso	Phet Colorado Disponível em: < https://phet.colorado.edu/sims/charges-and-fields/charges-and-fields_pt_BR.html >. Acesso em: 27 de abril de 2017.
Descrição	Por meio da simulação pode-se observar que o vetor campo elétrico em cada ponto do espaço é radial e maior nas proximidades das cargas geradoras, convencionando-se que apontam no sentido contrário ao centro das cargas positivas e no sentido do centro das cargas negativas.
Captura de tela da simulação	
	

Recomenda-se por fim que se explore a relação vetorial entre campo e força elétrica, para que os alunos compreendam que o campo e a força elétricos possuem mesma direção e mesmo sentido quando a carga de prova é positiva e mesma direção, porém sentidos opostos quando a carga de prova é negativa.

Como forma de avaliar os possíveis deslocamentos nas compreensões dos alunos em relação ao questionário inicial e também identificar possíveis dificuldades dos alunos no entendimento dos conceitos abordados é importante desenvolver atividades que permitam que eles explicitem suas concepções sobre os fenômenos estudados. Sugere-se que os estudantes

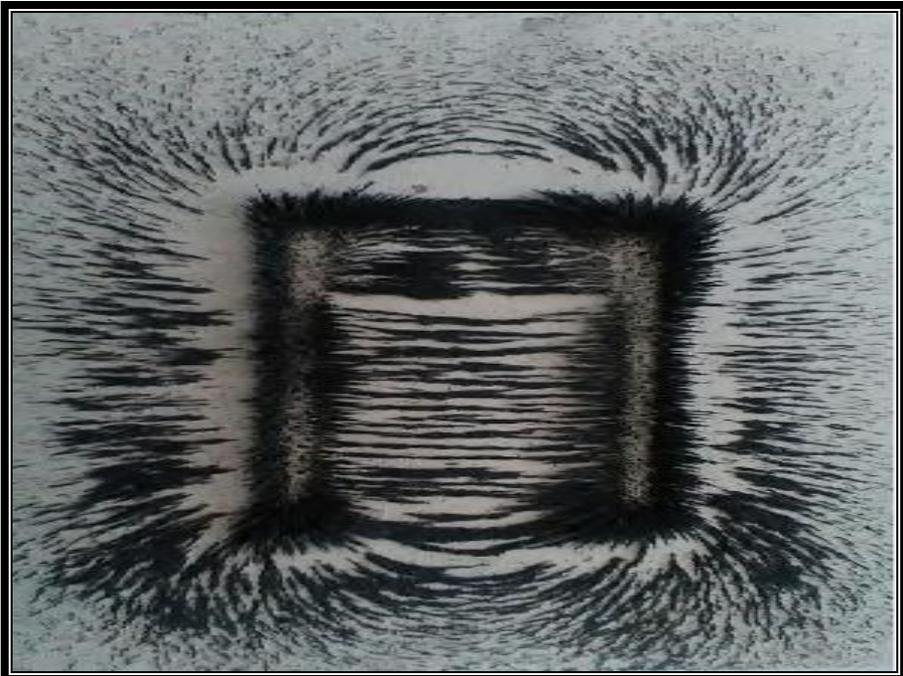
respondam, por exemplo, um questionário como o descrito a seguir. Ressalta-se que algumas das questões foram aplicadas também no questionário inicial.

Questionário avaliativo sobre conceitos de eletricidade

1. Se duplicarmos a distância entre dois corpos carregados, como varia a força elétrica que se estabelece entre eles? Se quiser faça um esquema para explicar.
2. O Coulomb e o Ampère são unidades de carga? Explique.
3. Descreva como alguém poderia determinar experimentalmente o módulo, direção e sentido de um campo elétrico em um ponto do espaço.
4. Coloca-se um objeto de prova carregado negativamente num campo elétrico em que o vetor campo elétrico tem uma direção vertical e sentido para baixo. Qual é o sentido da força sobre a carga de prova. Se quiser faça um desenho para explicar sua resposta.

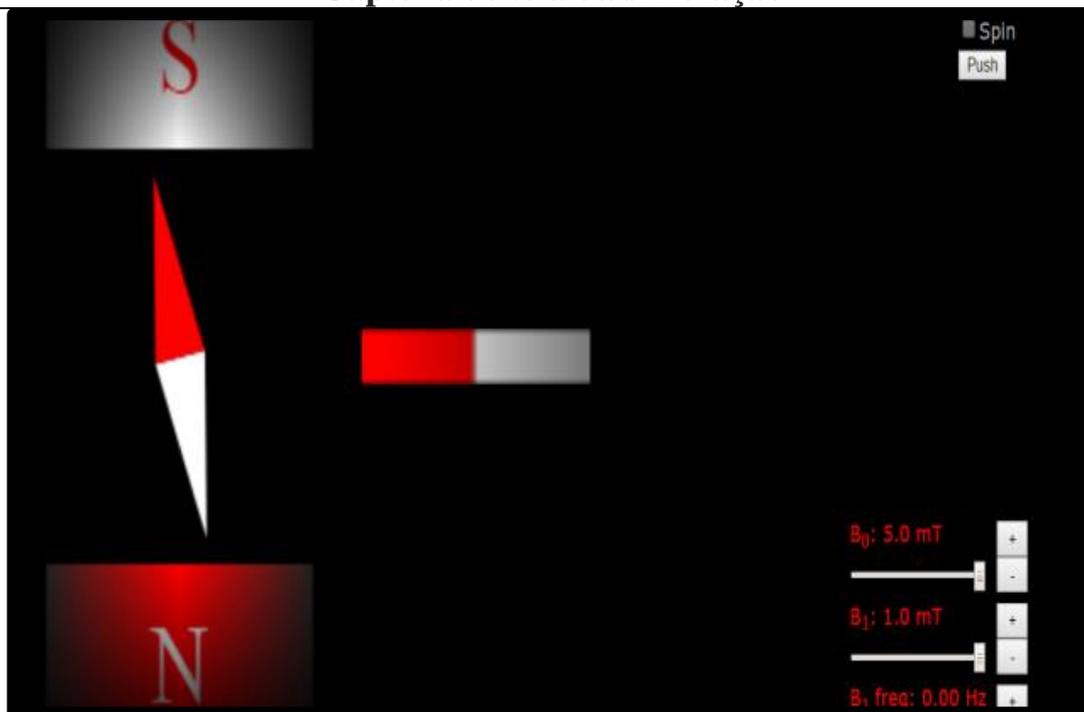
Magnetismo

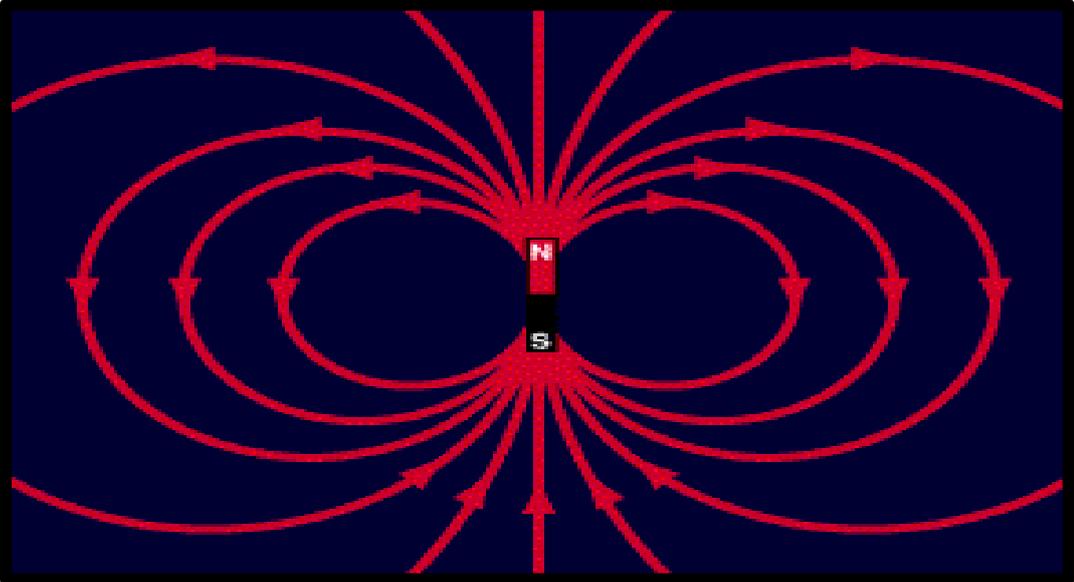
Para iniciar a abordagem de conceitos de magnetismo, recomenda-se a realização de demonstrações experimentais, a partir das quais podem ser geradas discussões fazendo-se com que os estudantes explicitem seus conhecimentos prévios. Além disso, tais demonstrações podem facilitar a construção de conceitos bastante abstratos como os de linhas de campo e a geração de corrente elétrica a partir da variação de fluxo magnético. São sugeridas as seguintes demonstrações:

Representando linhas de campo	
Descrição	Com uma folha de papel, ímas de diferentes tamanhos e formas e limalha de ferro, pode-se representar a configuração de linhas de campo magnético. Sobre os ímas, coloca-se uma folha de papel e sobre ela espalha-se limalha de ferro. Ao dar batidas suaves no papel, observa-se que o desenho formado pela limalha de ferro representa a distribuição das linhas de campo magnético associadas aos ímas.
Objetivo	Auxiliar os estudantes a criarem uma imagem mental das linhas de campo magnético ao redor de um ou mais ímas.
Material Utilizado	<ul style="list-style-type: none"> • Ímas de tamanhos e formas variados • Folha de papel • Limalha de ferro
Esquema do experimento	

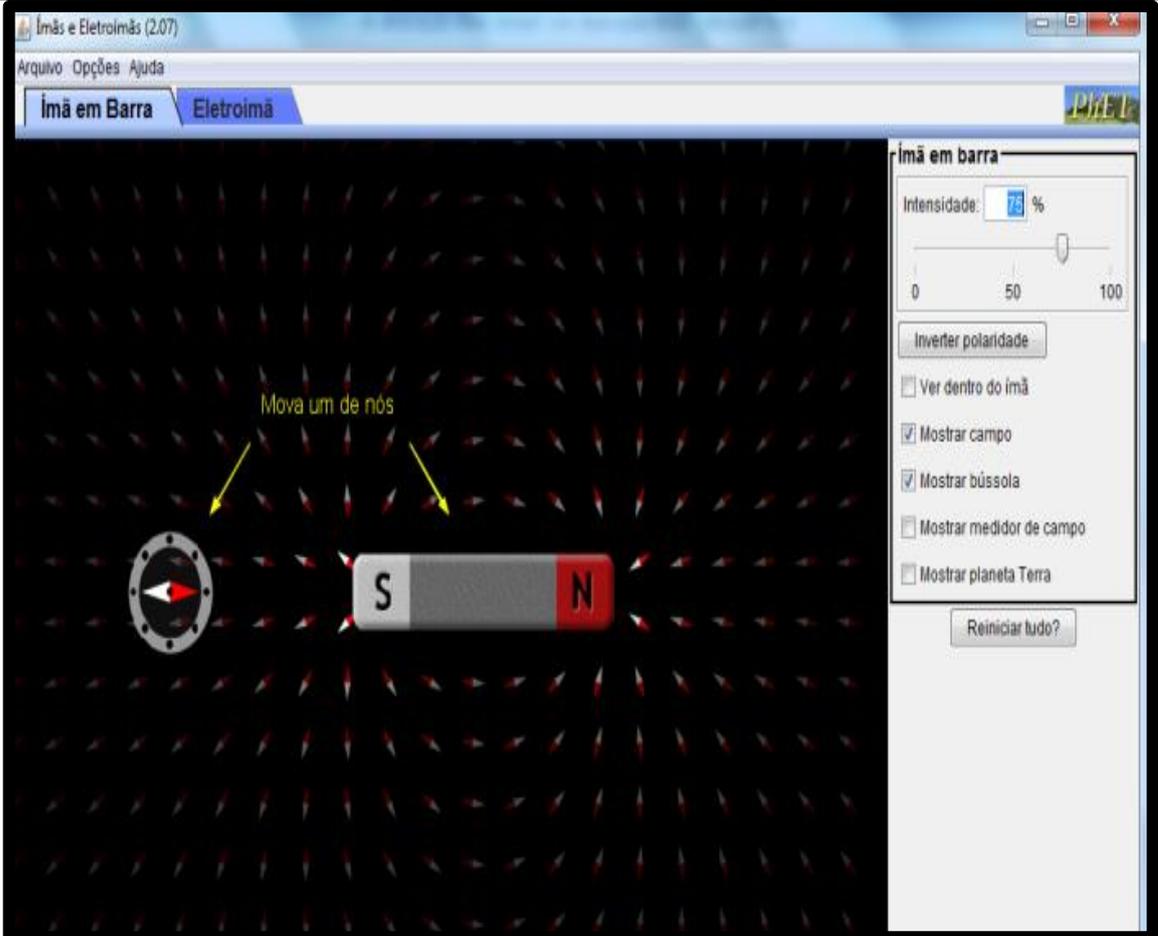
Simulando a atração e repulsão entre ímãs	
Simulador CompassMR	
Recurso	Simulador referente ao magnetismo. Disponível em: < http://www.drcmr.dk/CompassMR/ > Acesso em: 27 de abril de 2017.
Descrição	Este simulador aborda como os dipolos magnéticos interagem. É possível ilustrar atração e repulsão entre esses dipolos magnéticos, movimentando um ímã em forma de barra próximo a uma bússola.

Captura de tela da simulação



Simulando linhas de campo magnético	
Simulação das linhas de campo magnético	
Recurso	GRUPO ESCOLAR, CAMPO MAGNÉTICO. Disponível em: < http://www.grupoescolar.com/pesquisa/campo-magnetico.html > Acesso em 28 de abril de 2017.
Descrição	Aborda-se a convenção de que as linhas de força magnética saem do polo norte de um ímã e entram no polo sul e que sua concentração indica a intensidade do campo magnético. Ilustra-se o campo magnético, a região ao redor de um ímã na qual inserido um objeto ferroso ou ímã este sobre a ação de força.
Captura de tela da simulação	
	

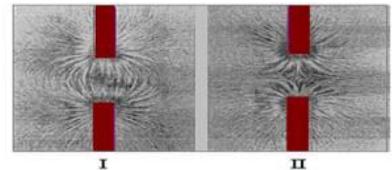
É importante que seja ainda discutido o caráter vetorial do campo magnético. Isso pode ser realizado a partir da representação do vetor indução magnética em desenhos ou figuras, de forma que os alunos possam observar que os vetores são sempre tangentes e no mesmo sentido das linhas de força do campo magnético e que seu módulo dependia da intensidade do campo magnético. Para a abordagem desse caráter vetorial é possível ainda utilizar a analogia entre o vetor e a agulha de uma bússola. Para facilitar essa abordagem recomenda-se a utilização da simulação descrita a seguir:

Simulando vetores indução magnética	
Simulação: Imãs e eletroímãs	
Recurso	PhET Interactive Simulations Project at the University of Colorado (PhET), Disponível em :< https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/magnets-and-electromagnets >. Acesso em: 27 de abril de 2017.
Descrição	Movimentando-se um ímã observa-se a modificação da orientação de uma série de bússolas distribuídas no espaço ao seu redor.
Captura de tela da simulação	
	

Novamente, encerra-se a abordagem de conceitos de magnetismo com uma atividade que possibilite que os alunos explicitem suas concepções sobre conceitos e fenômenos estudados. Essa atividade pode ser um questionário como o apresentado a seguir.

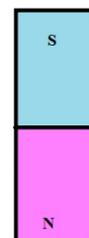
Questionário avaliativo sobre conceitos de magnetismo

1. Quebrando-se um ímã pela metade, vamos obter: (a) um ímã só com polo norte e outro só com polo sul; (b) dois ímãs só com polo sul; (c) dois ímãs só com polo norte; (d) dois ímãs iguais ao primeiro.
2. Região do espaço onde atua a atração de um ímã é o: (a) campo gravitacional; (b) campo polar; (c) campo magnético; (d) campo elétrico.
3. Se aproximarmos o polo sul de um ímã do polo sul de outro ímã: (a) eles se atraem; (b) eles se repelem; (c) nada acontece; (d) eles se unem.
4. Por mais que cortemos um ímã, nunca conseguiremos separar seus polos. Qual o nome deste fenômeno? (a) Desintegrabilidade dos polos; (b) Separabilidade dos polos; (c) Inseparabilidade dos polos; (d) Magnetibilidade dos polos.
5. (UFMG-MG) 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 mostrados 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 na figura I e sul e norte na figura II; (b) norte e norte na 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.

6. Uma bússola é colocada na proximidade do ímã da figura sobre o ponto A. Sabendo que o vermelho corresponde ao polo norte da bússola, qual será a orientação da agulha sobre o ponto A:



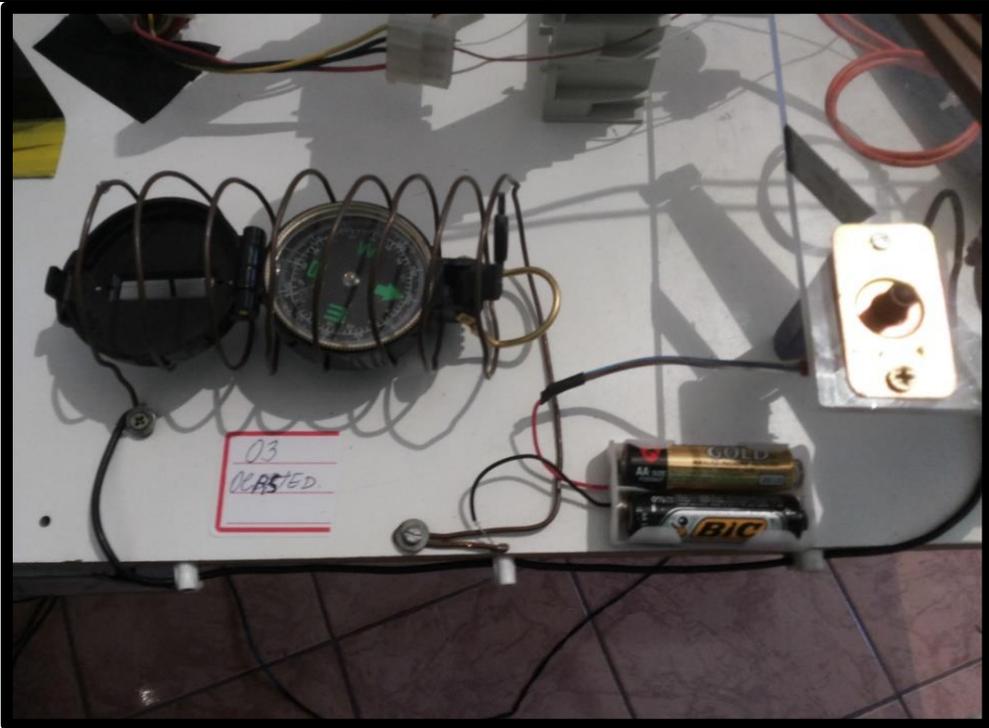
• A

- a)
- b)
- c)
- d)

Eletromagnetismo

Nesse momento, recomenda-se a abordagem da relação entre fenômenos elétricos e magnéticos: lei de Faraday e experiência de Oersted e além disso algumas de suas aplicações em espiras e solenoides e suas formulações matemáticas.

Para facilitar a compreensão dos fenômenos, recomenda-se a realização de demonstrações experimentais que proporcionem discussões acerca dos fenômenos.

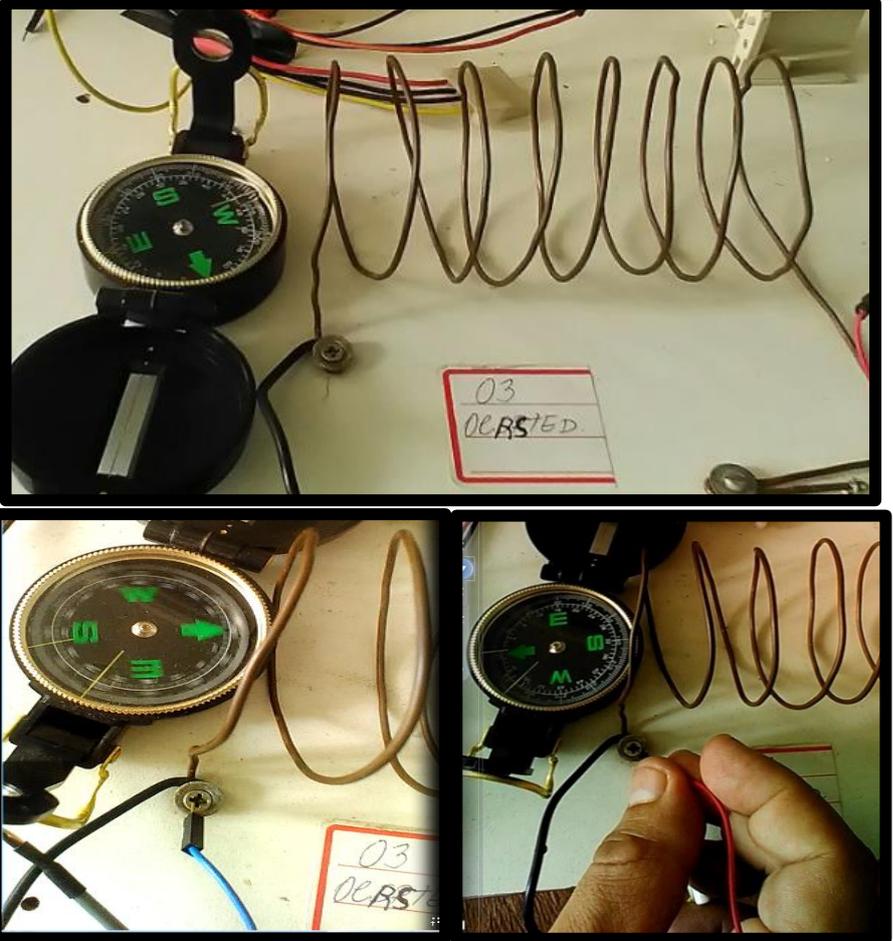
Réplica da experiência de Oersted	
Descrição	Primeiramente coloca-se um fio condutor enrolado em forma de um solenoide ligado a uma bateria (02 pilhas AA), inicialmente com a chave aberta para que não haja fluxo de corrente elétrica, e uma bússola com a agulha paralelamente abaixo do fio. Fechando-se a chave veremos que a agulha da bússola irá girar, e invertendo o sentido da corrente, a agulha irá girar para o sentido oposto. Isso ocorre porque a passagem da corrente elétrica gera um campo magnético em acordo com a experiência de Oersted.
Objetivo	Permite observar que quando uma corrente elétrica atravessa um condutor produz um campo magnético ao seu redor
Material Utilizado	Fio de cobre enrolado em forma de solenoide 01 bússola Fios de eletricidade 01 chave liga desliga 01 suporte para 02 pilhas AA
Esquema do experimento	
	

Discutindo a Lei de Faraday	
Experimento 1	
Descrição	Dentro do recipiente encontra-se um ímã que é deslocado quando o movimentamos. O ímã, com essa movimentação, atravessa periodicamente o fio enrolado em forma de bobina de forma que o <i>led</i> ascende.
Objetivo	É possível demonstrar ao aluno que movimentando um ímã (variação do fluxo magnético) próximo de um fio condutor enrolado (bobina), gera-se corrente elétrica.
Material Utilizado	01 Recipiente plástico (balas de confetes) Fios de cobre 01 led branco 03 ímãs
Esquema do experimento	
	

Discutindo a Lei de Faraday	
Experimento 2	
Descrição	Ao girar um motor de micro-ondas pode-se gerar corrente elétrica suficiente para acender 04 <i>leds</i> dispostos em formas de postes (iluminação pública), simulando a geração de uma usina hidrelétrica. O interessante desta experiência é que ela representa a situação contrária à experiência de Oersted, na qual o movimento de elétrons cria um campo magnético. Neste experimento ocorre o inverso, ao girar a hélice marrom (pás da turbina) rotacionamos o motor de micro-ondas embaixo da hélice, dentro desse motor existe um ímã com as polaridades norte e sul que ao ser rotacionado próximo a um condutor enrolado em forma de espira faz variar o fluxo magnético que a atravessa, produzindo assim corrente elétrica.
Objetivo	Permite observar que um ímã em movimento próximo de uma bobina gera nela uma corrente elétrica.
Material Utilizado	01 motor de micro-ondas Cano de PVC Fios de eletricidade e conectores 04 <i>Leds</i>
Esquema do experimento	
	

Recomenda-se em seguida que aborde-se algumas aplicações das leis e conceitos anteriores: campo magnético gerado por corrente elétrica num fio retilíneo e longo, numa espira

circular e num solenoide e a regra da mão direita. Para isso pode-se abordar as representações esquemáticas dos fenômenos em conjunto com demonstrações experimentais.

Campo magnético em espira com corrente	
Descrição	Colocamos uma bússola em uma das extremidades de um solenoide, aplicamos uma ddp, por meio de uma fonte de computador de 5 V, de forma a produzir uma corrente elétrica ligando o fio positivo (vermelho) em uma das extremidades do solenoide e o negativo (fio azul) na outra extremidade. Utilizando-se a regra da mão direita, se as linhas de campo estiverem entrando temos o polo sul e se estiverem saindo temos o polo norte.
Objetivo	Discutir e utilizar a regra da mão direita por meio de aparato experimental e observar o surgimento de campo elétrico ao redor de espira atravessada por corrente.
Material Utilizado	Fonte de 5V Fios de eletricidade 01 bússola
Esquema do experimento	
	
Campo magnético em solenoide com corrente	
Descrição	Colocando a bússola dentro do solenoide e aplicando uma ddp, determinamos os polos norte e sul do solenoide utilizando a regra da mão direita. Para esta situação, o polegar indica o polo norte do solenoide e o restante dos dedos o sentido da corrente elétrica. Portanto, quando o

	solenóide for atravessado pela corrente a bússola gira e o norte da mesma vai coincidir com o polegar, indicando assim o polo norte do solenóide	
Objetivo	Discutir e utilizar a regra da mão direita por meio de aparato experimental e observar o surgimento de campo elétrico ao redor de solenóide atravessado por corrente.	
Material Utilizado	Fonte Fio de cobre enrolado em forma de espira	Fonte de 5V Fios de eletricidade 01 bússola

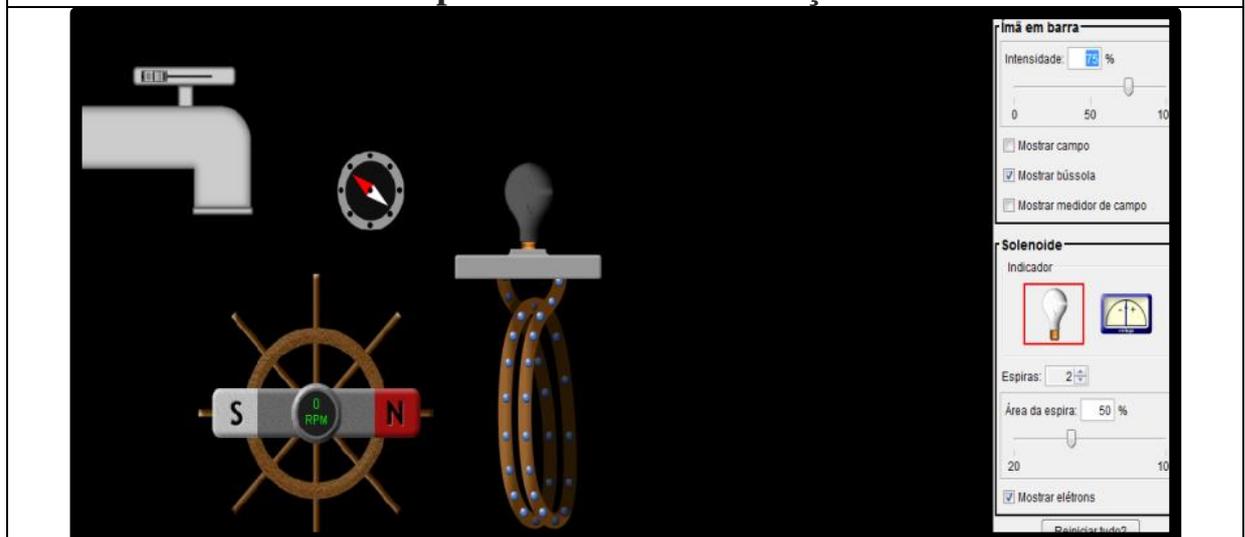
Esquema do experimento



Os mesmos fenômenos podem ser abordados também ou alternativamente por simulações disponíveis na internet.

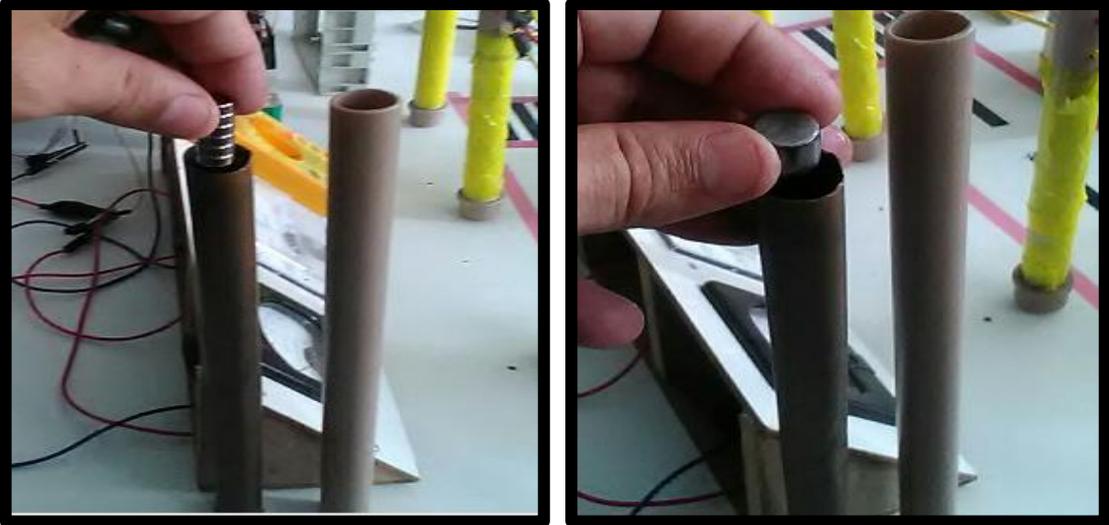
Simulando a Lei da Indução de Faraday	
• Simulador: Gerador, Lei de Faraday, Campo Magnético e Indução.	
Recurso	PhET Interactive Simulations Project at the University of Colorado (PhET), Disponível em: < https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/generator >. Acesso em: 27 de abril de 2017.
Descrição	<p>Por meio desta simulação é possível trabalhar virtualmente com os seguintes aparatos: ímã; bússola; solenoide, eletro ímã, transformador, gerador e lâmpada. Representa-se virtualmente as linhas de campo magnético geradas ao movimentar-se um ímã próximo de um solenoide. Também pode-se observar que com a variação do fluxo, gera-se corrente elétrica no solenoide permitindo-se que uma lâmpada acoplada a ele acenda. A simulação também nos permite fazer variar o número de espiras e suas áreas, mostrando assim que a intensidade da corrente elétrica depende da constituição do aparato. É possível representar os elétrons em corrente alternada atravessando o condutor de um eletroímã e as linhas de campo magnético geradas.</p> <p>Com esse recurso é possível simular um gerador, elemento focado nesta unidade. Demonstra-se com ele que quanto maior for a variação do fluxo magnético maior será a intensidade da corrente elétrica gerada. E ao modificar o número de espiras e sua área, varia-se a intensidade da corrente elétrica.</p>

Captura de tela da simulação



Concomitantemente às simulações recomenda-se que sejam abordadas as formulações matemáticas associadas à Lei de Indução: relação entre variação de fluxo magnético e força eletromotriz; fluxo magnético e sua dependência da intensidade do campo, área da superfície por ele atravessada e ângulo entre a normal à área e o vetor indução magnética.

Para abordagem e discussão da Lei de Lenz, sugere-se a realização de uma demonstração experimental:

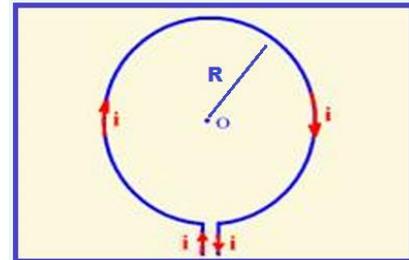
Discutindo a Lei de Lenz	
Descrição	Neste experimento a movimentação de um ímã dentro de um tubo de cobre cria um campo elétrico induzido e conseqüentemente uma corrente elétrica induzida. Havendo diminuição do fluxo magnético, a corrente induzida gerará um campo magnético de mesmo sentido do campo que a induziu. Havendo aumento do fluxo magnético, a corrente induzida gerará um campo magnético oposto ao campo que a induziu. Quando soltamos o ímã cilíndrico e o ferro cilíndrico no cano de pvc, ambos descem em movimento acelerado, pois somente a força peso está atuando no ímã e no ferro cilíndrico, desprezando o atrito entre o tubo e o ímã e o ferro e desprezando também a resistência do ar. Quando soltamos o ímã cilíndrico no tubo de cobre, o mesmo desce em movimento uniforme, pois a força peso se anula com a força magnética. Isso se dá porque ao descer, o ímã produz uma variação magnética o que ocasiona uma corrente elétrica induzida e conseqüentemente um campo magnético induzido que se opõe a variação do fluxo magnético que produziu a corrente induzida. Já no caso do ferro cilíndrico no tubo de cobre nada se modifica, pois não aparece nenhuma força.
Objetivo	Demonstração e discussão da Lei de Lenz
Material Utilizado	Tubo de PVC Tubo de Cobre Cilindo de Ferro Ímã cilíndrico
Esquema do experimento	
	

Para finalizar a abordagem do eletromagnetismo recomenda-se a realização de atividades que permitam a explicitação das concepções dos alunos sobre conceitos e fenômenos abordados. Sugere-se o um questionário como o apresentado a seguir.

Questionário avaliativo sobre conceitos de magnetismo

1. Fund. Carlos Chagas-SP) Uma espira circular é percorrida por uma corrente elétrica contínua, de intensidade constante. Quais são as características do vetor campo magnético no centro da espira? Ele: (a) É constante e perpendicular ao plano da espira; (b) É constante e paralelo ao plano da espira; (c) É nulo no centro da espira; (d) É variável e perpendicular ao plano da espira; (e) É variável e paralelo ao plano da espira

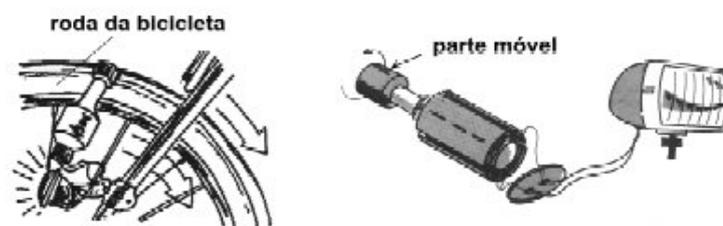
2. (OSEC-SP) Uma espira circular de 4 cm de diâmetro é percorrida por uma corrente de 8,0 ampères (veja figura). Seja $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T}\cdot\text{m}/\text{A}$. O vetor campo magnético no centro da espira é perpendicular ao plano da figura e orientado para:



(a) fora e de intensidade $8,0\pi \times 10^{-5} \text{ T}$; (b) dentro e de intensidade $8,0\pi \times 10^{-5} \text{ T}$; (c) fora e de intensidade $4,0\pi \times 10^{-5} \text{ T}$; (d) dentro e de intensidade $4,0\pi \times 10^{-5} \text{ T}$.

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

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



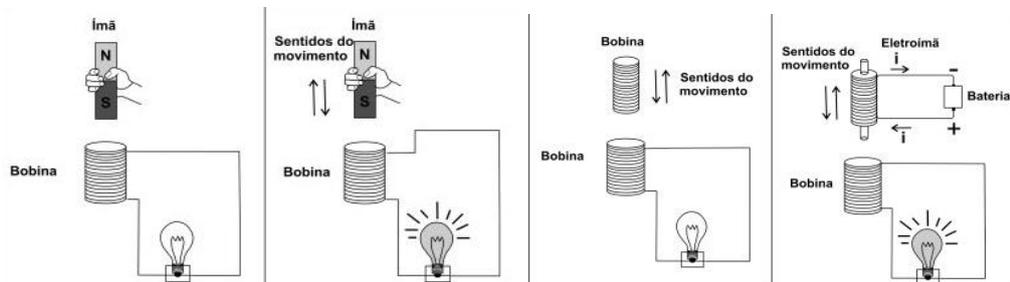
Dinamo de bicicleta

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

(a) Corrente elétrica no circuito fechado gera um campo magnético; (b) Bobina imersa no campo magnético em um circuito fechado gera uma corrente elétrica; (c) Bobina em atrito com o campo magnético no circuito fechado gera uma corrente elétrica; (d) Corrente

elétrica é gerada em circuito fechado por causa da presença do campo magnético; (e) Corrente elétrica é gerada em circuito fechado quando há variação do campo magnético.

4. (FUVEST 2009) Uma das mais importantes formas de produção de energia elétrica, em nossa vida cotidiana, é proveniente de processos de transformação que envolvem a obtenção dessa energia pelo movimento. A construção de geradores de energia elétrica baseia-se nos estudos de Faraday, que observou correntes elétricas (induzidas) em circuitos fechados, sem que pilhas ou baterias estivessem conectadas aos mesmos. As figuras representam, esquematicamente, situações fundamentais para a compreensão das condições necessárias para a obtenção de corrente elétrica induzida.



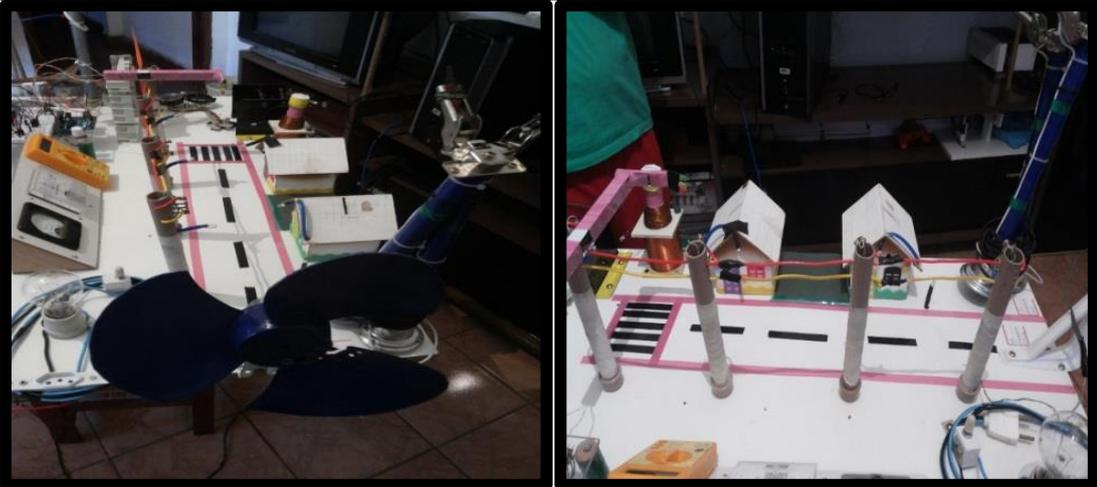
Correntes elétricas induzidas aparecem em um circuito fechado quando: (I) Um ímã ou uma bobina permanecem parados próximos ao circuito; (II) Um ímã ou um eletroímã movem-se na região do circuito; (III) Ocorrem variações, com o tempo, do campo magnético na região do circuito. Está correto o que se afirma apenas em: (a) I; (b) II; (c) III; (d) I e III; (e) II e III.

Avaliação final com problemas complexos

Como forma final de avaliação recomenda-se a elaboração de um problema complexo. Esse problema pode consistir de experimentos que retomam a problematização inicial, realizada nas primeiras aulas. O objetivo da realização de tais problemas é que, após a mediação do conhecimento durante o desenvolvimento da unidade, os alunos sejam capazes de dissertar com coerência sobre algumas formas de produção de energia (hidrelétrica, eólica e térmica), assim como demonstrem a habilidade de identificar os conceitos e fenômenos físicos envolvidos nos processos de geração de energia. Os experimentos/problemas sugeridos são a simulação de usina hidrelétrica, eólica e termoeletrica.

Usina Hidrelétrica	
Descrição	Consiste em um circuito formado por motor, fios de cobre e leds ligados em forma de circuito em série. O motor ao ser girado por uma hélice (que simulam as pás de uma turbina) acende 04 leds dispostos em fileiras suspensos por canos de PVC de maneira a simular postes de iluminação pública.
Material Utilizado	Motor Hélice Fios de cobre Leds Canos de PVC
Esquema do experimento	
	

Usina Térmica							
Descrição	Dentro de uma talha d'água de barro é depositada uma lata de refrigerante cortada com álcool que funciona como fonte de aquecimento. Sobre a talha é depositada uma lata de tinta tampada com água. A água ao ser aquecida até o ponto de ebulição transformava-se em vapor que é aprisionado, aumentando a pressão dentro da lata de tinta que funciona como uma caldeira. O vapor é então liberado através de uma torneira de talha d'água acoplada na tampa da lata de tinta e atravessa um cooler ligado a um LED que se acende.						
Material Utilizado	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">Talha de barro</td> <td style="width: 50%;">Cooler de computador</td> </tr> <tr> <td>Latinha de refrigerante</td> <td>Torneira de talha d'água</td> </tr> <tr> <td>Lata de tinta</td> <td>led de alto brilho</td> </tr> </table>	Talha de barro	Cooler de computador	Latinha de refrigerante	Torneira de talha d'água	Lata de tinta	led de alto brilho
Talha de barro	Cooler de computador						
Latinha de refrigerante	Torneira de talha d'água						
Lata de tinta	led de alto brilho						
Esquema do experimento							
							

Usina Eólica															
Descrição	Neste experimento demonstra-se como é gerada eletricidade através do vento. Para deixar o experimento mais interessante pode-se construir um semáforo controlado eletronicamente por Arduino. (descrito no apêndice). Ligamos um ventilador que ao produzir vento aciona uma hélice (hélice de ventilador) que funciona como as pás de uma turbina. Ao girar, essa hélice rotaciona o eixo de um motor que tem acoplado a ele uma bobina (fios de cobre) que giram ímãs dentro do motor com polaridades norte e sul. Ao variarmos o fluxo magnético produzimos então corrente elétrica ascendendo os leds.														
Material Utilizado	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">01 suporte de prateleira.</td> <td style="width: 50%;">04 leds branco (verde)</td> </tr> <tr> <td>01 motor DC 12 V de impressora.</td> <td>03 leds branco (azul)</td> </tr> <tr> <td>01 hélice de ventilador.</td> <td>01 led amarelo</td> </tr> <tr> <td>02 casinhas de madeira</td> <td>01 led vermelho</td> </tr> <tr> <td>Fitas adesivas coloridas</td> <td>01 led verde</td> </tr> <tr> <td>Cano PVC</td> <td>01 suporte de ferro (semáforo)</td> </tr> <tr> <td>Fios de eletricidade</td> <td>01 placa Arduino.</td> </tr> </table>	01 suporte de prateleira.	04 leds branco (verde)	01 motor DC 12 V de impressora.	03 leds branco (azul)	01 hélice de ventilador.	01 led amarelo	02 casinhas de madeira	01 led vermelho	Fitas adesivas coloridas	01 led verde	Cano PVC	01 suporte de ferro (semáforo)	Fios de eletricidade	01 placa Arduino.
01 suporte de prateleira.	04 leds branco (verde)														
01 motor DC 12 V de impressora.	03 leds branco (azul)														
01 hélice de ventilador.	01 led amarelo														
02 casinhas de madeira	01 led vermelho														
Fitas adesivas coloridas	01 led verde														
Cano PVC	01 suporte de ferro (semáforo)														
Fios de eletricidade	01 placa Arduino.														
Esquema do experimento															
															

Pode-se solicitar aos alunos que, individualmente ou em grupos, expliquem dissertando e/ou desenhando, o funcionamento das usinas hidrelétrica, eólica e térmica, desde o momento em que a água, vento ou vapor aciona as turbinas até o acendimento dos *leds*, descrevendo os fenômenos e conceitos físicos durante todo processo de produção de energia elétrica.

Em apêndice apresentamos outras sugestões de experimentos que podem enriquecer o tratamento de conceitos na unidade de ensino.

Referências Bibliográficas

COMO FUNCIONA uma usina hidrelétrica. 2014. Disponível em:

< <https://www.youtube.com/watch?v=3xshEp2AIBY> >. Acesso em: 28 abr. 2017.

COMPASS MR. Disponível em: < <http://www.drcmr.dk/CompassMR/> > Acesso em: 27 abr. 2017.

FISICA ESSENCIAL, Lei de Ohm. Disponível em:

< <http://fisicaessencial.blogspot.com.br/2012/03/lei-de-ohm.html> >

GIFS de Física, LEI DE COULOMB. Disponível em:

< <https://www.facebook.com/gifsdefisica/posts/1798093417077880> > Acesso em 28 abr. 2017.

GRUPO ESCOLAR, CAMPO MAGNÉTICO. Disponível em:

< <http://www.grupoescolar.com/pesquisa/campo-magnetico.html> > Acesso em 28 abr. 2017.

INSTITUTO DE FISICA DE SÃO CARLOS. LEI DE INDUÇÃO DE FARADAY.

Disponível em: < <http://www.ifsc.usp.br/~strontium/Teaching/Material2010-2%20FFI0106%20LabFisicaIII/11-LeideInducaodeFaraday.pdf> > Acesso em: 27 abr. 2017.

MARTINHO Jr, A. C. Arquitetura de reatores nucleares. 2013. Disponível em

< <https://www.youtube.com/watch?v=Ac8TnB7-1yU>>. Acesso em: 27 abr. 2017.

NA TRILHA da energia dos ventos. 2015. Disponível em

< <https://www.youtube.com/watch?v=jfFAD53HtWM> >. Acesso em: 28 abr. 2017.

PATSKO, L, F, 2006. TUTORIAL Montagem da Ponte H. Disponível em:

<http://www.maxwellbohr.com.br/downloads/robotica/mec1000_kdr5000/tutorial_eletronica__montagem_de_uma_ponte_h.pdf >. Acesso em: 19 maio. 2017.

PhET Interactive Simulations Project at the University of Colorado (PhET), TAXAS E CAMPO Disponível em:

< https://phet.colorado.edu/sims/charges-and-fields/charges-and-fields_pt_BR.html>. Acesso em: 27 abr. 2017.

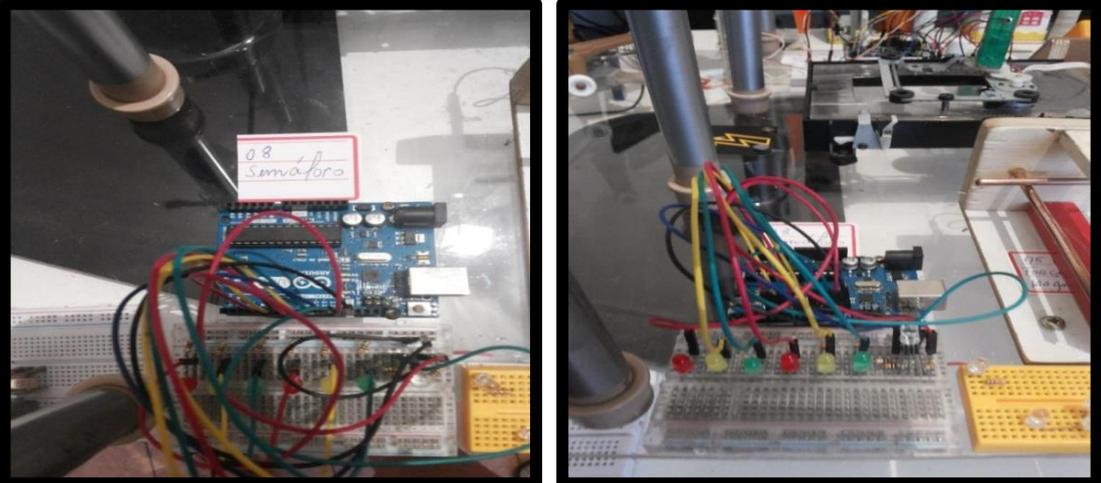
PhET Interactive Simulations Project at the University of Colorado (PhET). Disponível em :< https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/magnets-and-electromagnets>. Acesso em: 27 abr. 2017.

PhET Interactive Simulations Project at the University of Colorado (PhET),

Disponível em: < https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/generator >. Acesso em: 27 abr. 2017.

Apêndice

Sugestões de experimentos de eletromagnetismo

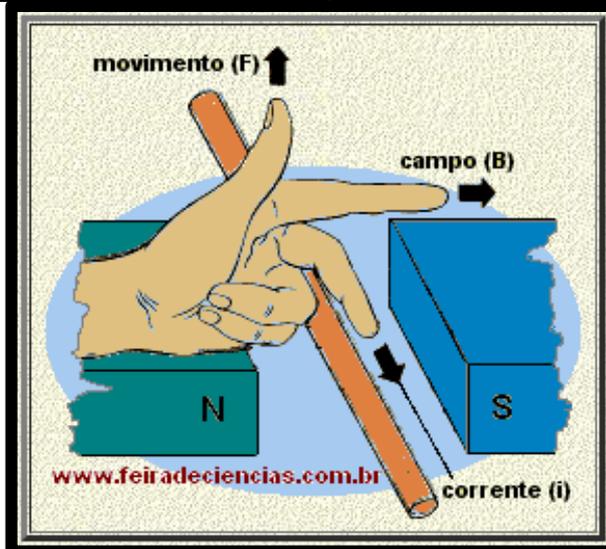
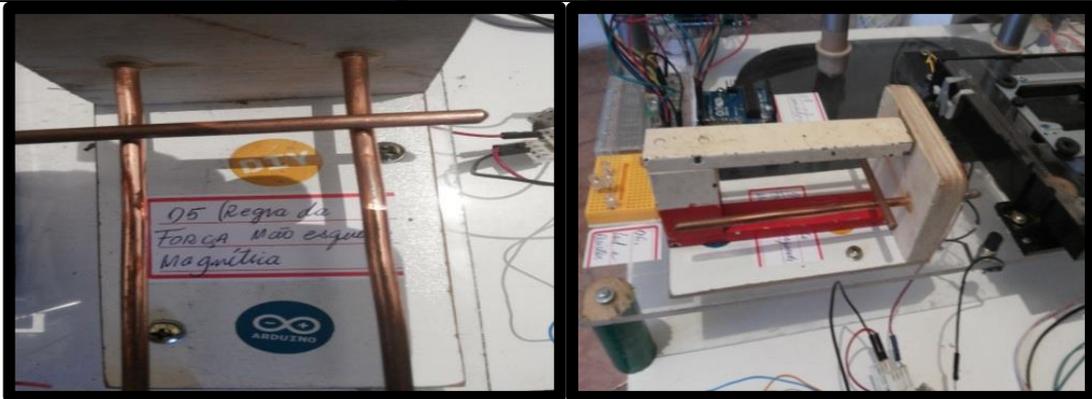
Semáforo e RGB	
Descrição	Neste projeto pode-se demonstrar como ligar Leds protegidos por resistores. No semáforo são usados dois leds amarelos, dois leds vermelhos e dois leds verdes, representando um cruzamento de trânsito. Os leds devem ser protegidos por resistores, pois o Arduino libera 5 V e os leds funcionam com 3 V. Toda a lógica de programação é feita no Notebook e transferida para o Arduino. O mesmo ocorre com o led RGB (Branco). O importante aqui é demonstrar aos alunos que o led funciona com 3 V e 30 m A e que o resistor permite diminuir a corrente que chega aos leds e a diferença de potencial às quais eles são submetidos.
Material Utilizado	02 leds amarelos 02 leds verdes 02 leds vermelhos 01 led RGB 01 Protoboard 09 resistores de 100 Ω
Esquema do experimento	
	

Lâmpada de Humphry Davy															
Descrição	“Humphry Davy, em 1809, colocou uma tira fina de carbono entre os dois polos de uma bateria, criando um fugaz arco, que se tornou a base que sustenta o funcionamento de uma lâmpada” (MUSEUDALAMPADA). Essa lâmpada também é conhecida como lâmpada de arco voltaico														
Material Utilizado	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;">02 cabos de madeira (vassoura)</td> <td style="width: 50%; border: none;">01 tomada</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">01 resistência de chuveiro 110 V</td> <td style="border: none;">Fios de eletricidade</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">Fios de eletricidade</td> <td style="border: none;">02 grafites de carbono</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">02 jacarés</td> <td style="border: none;"></td> </tr> <tr> <td style="border: none;">01 soquete</td> <td style="border: none;">(retirar os grafites de carbono de pilhas grandes com óculos de proteção e luvas, pois são tóxicos)</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">01 lâmpada 220 V 40 W</td> <td style="border: none;"></td> </tr> <tr> <td style="border: none;">01 dimmer 400 W</td> <td style="border: none;"></td> </tr> </table>	02 cabos de madeira (vassoura)	01 tomada	01 resistência de chuveiro 110 V	Fios de eletricidade	Fios de eletricidade	02 grafites de carbono	02 jacarés		01 soquete	(retirar os grafites de carbono de pilhas grandes com óculos de proteção e luvas, pois são tóxicos)	01 lâmpada 220 V 40 W		01 dimmer 400 W	
02 cabos de madeira (vassoura)	01 tomada														
01 resistência de chuveiro 110 V	Fios de eletricidade														
Fios de eletricidade	02 grafites de carbono														
02 jacarés															
01 soquete	(retirar os grafites de carbono de pilhas grandes com óculos de proteção e luvas, pois são tóxicos)														
01 lâmpada 220 V 40 W															
01 dimmer 400 W															
Esquema do experimento															
															

Força Magnética (André Marie Ampère)

Descrição	Este experimento mostra a relação entre eletricidade e magnetismo. Por meio dele, pode-se demonstrar uma aplicação fácil e interessante da regra da mão esquerda, o polegar indica o sentido e direção da força magnética (F_m), o indicador o sentido e direção do campo magnético (B) e o dedo médio o sentido e direção da corrente elétrica (i). O experimento está ligado a uma fonte de computador, tendo uma ddp de 5 V, os fios estão soldados, portanto não podemos inverter o sentido da corrente elétrica. Mas, invertendo-se a polaridade do ímã, invertemos o movimento do condutor.	
Material Utilizado	01 ímã Fios de cobre	Suporte de madeira Fios de eletricidade

Esquema do experimento



Projeto LCD	
Descrição	Neste projeto demonstra-se como ligar um visor de LCD, utilizando um LCD 16 x 2 e dois potenciômetros. Por meio deste projeto, pode-se observar as letras se movimentando no visor. O intuito desse experimento é demonstrar ao aluno que a intensidade da corrente elétrica pode ser controlada pelo potenciômetro (resistor que pode ter sua resistência alterada girando-se um botão acoplado ao eixo). Ao alterar-se a intensidade da corrente elétrica alteramos a intensidade luminosa dos leds dentro do LCD.
Material Utilizado	01 visor LCD 02 potenciômetros 01 protoboard Fios jumpers 01 placa Arduino.

Esquema do experimento

