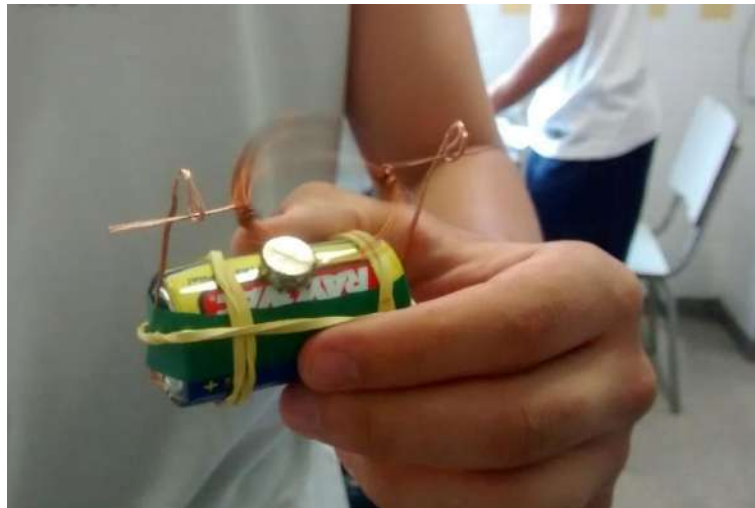


# Magnetismo e Indução Eletromagnética

*Sequência Didática com elementos da  
Teoria da Aprendizagem Significativa  
e Instrução pelos Colegas*





UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**Nikolai Bassani Santos Neves**  
**Prof. Dr. Giuseppe Gava Camiletti**

# Magnetismo e Indução Eletromagnética

*Sequência Didática com elementos da  
Teoria da Aprendizagem Significativa  
e Instrução pelos Colegas*

Vitória – ES  
Julho – 2019

## Apresentação

Este é o Produto da Dissertação de Mestrado de Nikolai Bassani Santos Neves, orientado pelo Prof. Dr. Giuseppe Gava Camiletti, que foi apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com a Universidade Federal do Espírito Santo (polo 12).

Aqui você encontra:

- Uma descrição de 14 aulas listando estratégias, recursos e atividades a serem desenvolvidas em cada momento através de apresentação teórica, exercícios, experimentos, dinâmica com questões conceituais, apresentação multimídia e um vídeo sobre Força Magnética, além de proposição de desafios e sugestões de tarefas de casa;
- Orientações gerais tendo em vista os elementos-chave das teorias empregadas;
- Orientações para montagem de experimentos;
- Sugestões de vídeos do YouTube com montagens de experimentos;
- Sugestões de documentários;
- Material complementar disponível em pasta compartilhada<sup>1</sup>:
  - Roteiros de experimentos (também no fim dessa sequência, para cópia/impressão);
  - Apresentações de slides para introdução;
  - Apresentação de slides com testes conceituais.



Material do produto de  
Nikolai B. Santos Neves  
MNPEF, polo 12 - uso livre

Esta sequência didática compreende os conteúdos de Magnetismo, Força Magnética e Indução Eletromagnética, e foi elaborada para atender dois principais objetivos: adequar o conteúdo do livro para trabalho em menos de 15 aulas (o livro sugere 28, o que é impraticável na realidade das escolas da SEDU/ES, com 80 aulas/ano de Física) e; enriquecer a metodologia empregada pelo professor com elementos da Teoria da Aprendizagem Significativa (MOREIRA, 2011, 2012, 2016), da Instrução pelos Colegas (ARAÚJO; MAZUR, 2013, CROUCH et al., 2007) e da Motivação (BZUNECK, 2010). Ela não se propõe a substituir um livro-texto, mas é uma proposta para a abordagem do que ali está. Foi criada seguindo aproximadamente a ordem de apresentação dos capítulos 8, 9, 10 e 11 do livro *"Física Aula por Aula" do PNLD 2015* (BARRETO; XAVIER, 2013), livro adotado pela escola onde o primeiro uso dessa sequência didática ocorreu. Essa aplicação piloto foi tema da minha dissertação de Mestrado Profissional em Ensino de Física. Contudo, a sequência foi idealizada para ser utilizada com qualquer livro-texto, bastando observar a ordem de apresentação dos conteúdos e selecionar em seu livro exercícios equivalentes aos propostos aqui. Na prática o livro didático foi mais usado pelos alunos como manual de exercícios e fonte de ilustrações. O conteúdo proposto está conforme os PCN, PCN+, matrizes do Enem e do Paebes e conteúdos propostos pela SEDU/ES.

<sup>1</sup> <https://drive.google.com/drive/folders/1JE56d04wnE2Xwz-PbdfjZKH4Sg9HOUin?usp=sharing>

A utilização do referencial teórico no trabalho da dissertação foi sintetizada em 6 pressupostos: mapeamento de conhecimentos prévios, pois o aluno só pode aprender significativamente com a interação do novo conhecimento com um conhecimento prévio; o uso de diferentes recursos, a proposição de desafios e o correto emprego do feedback dado pelo professor, já que formam um trio de elementos motivadores fundamentais; a consolidação dos conteúdos, que torna-se essencial ao entendermos que cada conteúdo trabalhado será conhecimento prévio para os seguintes, e; a avaliação formativa e recursiva, pois a avaliação é uma oportunidade valiosa de aprendizado, desde de que nos preocupemos mais em apontar rumos do que em examinar.

Acreditando ser importante ter em mente os fundamentos dessa sequência didática enquanto ela é aplicada, foi criada a seção “estratégia” em cada aula. Esperamos assim potencializar seus pontos fortes, além de tornar o trabalho do professor mais consciente e, quem sabe, lhe proporcionar novas perspectivas e crescimento. Se assim for, este humilde trabalho terá cumprido seu papel.

A aplicação piloto ocorreu em escola da rede estadual do Espírito Santo, com 8 turmas, compondo um grupo controle e um grupo experimental. Com delineamento quase-experimental, diferenciamos o tratamento com base nos 6 pressupostos adotados. Houve grande aceitação às atividades diferenciadas (uso de experimentos e instrução pelos colegas, principalmente) em ambos os grupos e dados foram colhidos com pré e pós-testes e um questionário de opinião. A análise teve aspectos quantitativos com uso de testes estatísticos para comparação tanto das notas do pré e do pós-testes dentro de cada grupo, quanto das notas entre os grupos, e também aspecto qualitativo na análise de conteúdo das opiniões dos alunos.

Concluimos que a experiência foi muito recompensadora para alunos e professor. O maior diferencial relatado pelos alunos foi o uso de experimentos, de forma que encoraja a quem deseje utilizar essa sequência que dê atenção às aulas experimentais, planejando e construindo o material com antecedência, e permita que os alunos manipulem e investiguem esse material. A análise estatística apontou aumento na nota de ambos os grupos do pré para o pós-teste, e um aumento mais pronunciado no grupo experimental. Comentários sobre esses resultados e maiores detalhes do processo podem ser encontrados na análise de dados e conclusão da dissertação.

Todo o processo de olhar crítico e pesquisa sobre a prática de sala de aula trouxe grande crescimento pessoal e profissional (como professor e como pesquisador), além de ter consolidado uma série de ferramentas para o ensino que agora encontram-se à minha disposição.

Espero que sua apreciação/seu uso dessa sequência possa trazer reflexões e crescimento que se reflitam exponencialmente sobre os alunos, nossos companheiros nesse duplo desafio do ensino e da aprendizagem.

Nikolai Bassani Santos Neves  
Vitória, ES, julho de 2019

## Sumário

Apresentação .....	3
Sumário.....	1
Utilizando a Instrução pelos Colegas (IpC).....	7
Referências citadas no trecho:.....	9
Aula 1: Introdução ao Eletromagnetismo .....	10
Estratégia:.....	10
Recursos e materiais: .....	10
Em sala:.....	10
Aula 2: Experimentação com ímãs .....	11
Estratégia:.....	11
Recursos e materiais: .....	11
Em sala/laboratório: .....	11
Aula 3: Construindo conceitos sobre Magnetismo .....	13
Estratégia:.....	13
Recursos e materiais: .....	13
Em sala:.....	13
Aula 4: Magnetismo terrestre e primeiro momento de IpC .....	15
Estratégia:.....	15
Recursos e materiais: .....	15
Em sala:.....	16
Aula 5: Consolidando com exercícios .....	17
Estratégia:.....	17
Recursos e materiais: .....	17
Em sala:.....	17
Aula 6: Experimento de Öersted.....	18
Estratégia:.....	18
Recursos e materiais: .....	19
Em sala:.....	19
Aula 7: Exercícios sobre campo produzido por corrente elétrica.....	21
Estratégia:.....	21
Recursos e materiais: .....	21
Em sala:.....	21
Aula 8: Fundamentos microscópicos do magnetismo, IpC.....	22
Estratégia:.....	22

Recursos e materiais: .....	22
Em sala:.....	22
Aula 9: Eletroímãs, histerese e ponto Curie.....	23
Estratégia:.....	23
Recursos e materiais: .....	23
Em sala:.....	24
Aula 10: Força Magnética, IpC .....	25
Estratégia:.....	25
Recursos e materiais: .....	25
Em sala:.....	25
Aula 11: Exercícios sobre Força Magnética.....	27
Estratégia:.....	27
Recursos e materiais: .....	27
Em sala:.....	27
Aula 12: Indução Eletromagnética .....	28
Estratégia:.....	28
Recursos e materiais: .....	28
Em sala:.....	28
Aula 13: Exercícios sobre Indução Eletromagnética .....	30
Estratégia:.....	30
Recursos e materiais: .....	30
Em sala:.....	30
Aula 14: Motores e Geradores.....	31
Estratégia:.....	31
Recursos e materiais: .....	31
Em sala:.....	31
Referências Bibliográficas .....	33
Roteiros para cópia/impressão .....	35

## Utilizando a Instrução pelos Colegas (IpC)

Para uma melhor compreensão do método IpC, sugiro a leitura do artigo completo de Araujo e Mazur (2013). No entanto, segue um trecho que permite compreensão suficiente para aplicação. Extrato de “Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física”, de Ives Solano Araujo, Eric Mazur. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 30, n. 2 (2013) ARAUJO; MAZUR):

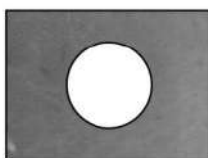
“

De modo geral, o IpC pode ser descrito como um método de ensino baseado no estudo prévio de materiais disponibilizados pelo professor e apresentação de questões conceituais, em sala de aula, para os alunos discutirem entre si. Sua meta principal é promover a aprendizagem dos conceitos fundamentais dos conteúdos em estudo, através da interação entre os estudantes. Em vez de usar o tempo em classe para transmitir em detalhe as informações presentes nos livros-texto, nesse método, as aulas são divididas em pequenas séries de apresentações orais por parte do professor, focadas nos conceitos principais a serem trabalhados, seguidas pela apresentação de questões conceituais para os alunos responderem primeiro individualmente e então discutirem com os colegas. Mais especificamente, após uma breve exposição oral (aproximadamente 15 min.) o professor apresenta aos alunos uma questão conceitual, usualmente de múltipla escolha como a mostrada na Fig. 1, que tem como objetivos promover e avaliar a compreensão dos aprendizes sobre os conceitos mais importantes apresentados.

Cada aluno é então solicitado a pensar sobre qual a alternativa que considera correta e em uma justificativa para a sua escolha (aproximadamente 2 min). Na sequência, é aberta a votação para mapeamento das respostas dos alunos à referida questão.

Usualmente a votação é feita por meio de algum sistema de resposta como flashcards (cartões de resposta) ou clickers, espécie de controles remotos individuais que se comunicam por radiofrequência com o computador do professor. A Fig. 2 ilustra esses instrumentos. Mais recentemente, sistemas de resposta envolvendo quaisquer dispositivos com acesso a internet, tais como notebooks, smartphones e tablets vêm se mostrando uma alternativa promissora, tanto por se valerem de aparelhos que os próprios estudantes já possuem, quanto por viabilizar o envio de respostas para questões abertas.

Considere uma placa de metal de formato retangular com um furo circular no centro. Se a placa for uniformemente aquecida, o diâmetro do buraco:



- a) aumenta
- b) permanece o mesmo
- c) diminui

Figura 1 - Exemplo de uma questão conceitual em Física usada no método IpC



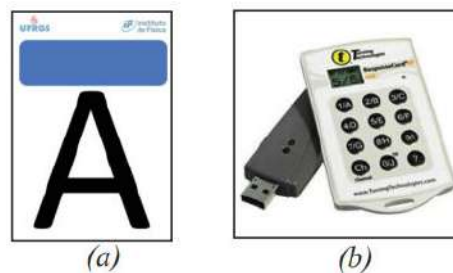


Figura 2 - (a) Exemplo de um cartão de resposta (flashcard) com a letra “A” representando a alternativa escolhida. (b) Receptor de radiofrequência USB e sistema remoto de resposta (clicker).



Figura 3 - Tela ilustrativa do aplicativo web Learning Catalytics para um Teste Conceitual sobre Óptica. Na tela do smartphone o aluno visualiza o enunciado da questão e pode traçar com os dedos sua resposta (vetor em azul). Na tela de seu computador, mostrada ao fundo na figura, o professor pode visualizar a distribuição das respostas enviadas. Os vetores em verde e vermelho representam, respectivamente, as respostas corretas e incorretas submetidas pelos estudantes. O próprio aplicativo faz a correção em tempo real e informa o percentual de acertos ao professor.

Por exemplo, o aplicativo web Learning Catalytics (<http://learningcatalytics.com/>) permite aos estudantes traçarem em seus aparelhos a orientação de um raio de luz incidente em uma combinação de dois espelhos planos perpendiculares, conforme mostra a Fig. 3. 2.

Com base nas respostas informadas, mas ainda sem indicar a correta aos alunos, o professor decide entre:

- explicar a questão, reiniciar o processo de exposição dialogada e apresentar uma nova questão conceitual sobre um novo tópico. Essa opção é aconselhada se mais de 70% dos estudantes votarem na resposta correta;
- agrupar alunos em pequenos grupos (2-5 pessoas), preferencialmente que tenham escolhido respostas diferentes (Smith et al. (2009) apontam que há ganhos de aprendizagem, mesmo quando há discussão entre colegas, sem que um deles tenha escolhido a resposta correta previamente), pedindo que eles tentem convencer uns aos outros usando as justificativas pensadas ao responderem individualmente. Após alguns minutos, o professor abre novamente o processo de votação e explica a questão. Se julgar necessário, o professor pode apresentar novas questões sobre o mesmo tópico, ou passar diretamente para a exposição do próximo tópico, reiniciando o processo. Essa opção é aconselhada se o



percentual de acertos obtidos na primeira votação estiver entre 30% e 70%. O tempo despendido nesta etapa costuma ser de três a cinco minutos, dependendo do nível de discussão alcançada;

- revisar o conceito explicado, através de nova exposição dialogada buscando aclará-lo, apresentando outra questão conceitual ao final da explanação e recomeçando o processo. Essa é a opção indicada se menos de 30% das respostas estiverem corretas. O diagrama mostrado na Fig. 4 ilustra o processo de aplicação do método. A parte em destaque, compreende a essência do IpC.

O IpC é um método em evolução e conta com uma comunidade ativa de professores ao redor do mundo. Para atualizações sobre seu uso e sugestões sobre melhores formas de aplicá-lo sugerimos o acesso ao seu blog oficial (em inglês): <http://blog.peerinstruction.net/> e também à página do Mazur Group Education (<http://mazur.harvard.edu/education/educationmenu.php>).

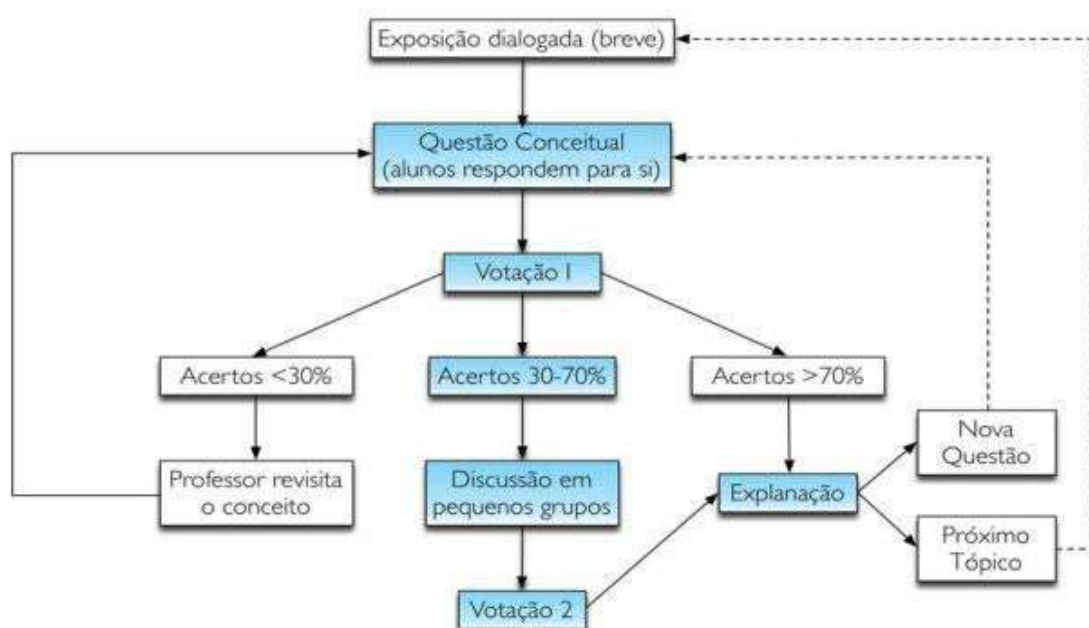


Figura 4 - Diagrama do processo de implementação do método IpC (Peer Instruction). Em destaque, a etapa conhecida como ConcepTest. Adaptado de Lasry, Mazur e Watkins (2008).

”

## Referências citadas no trecho:

LASRY, N. Clickers or Flashcards: Is There Really a Difference? *The Physics Teacher*, v. 46, n. 4, p. 242, 2008.

SMITH, M. K. et al. Why Peer Discussion Improves Student Performance on InClass Concept Questions. *Science*, v. 323, n. 5910, p. 122-124, 2009.

## Aula 1: Introdução ao Eletromagnetismo

### Estratégia:

- Essa aula tem objetivo de trazer à tona, “ativar” os conhecimentos prévios dos estudantes, além fornecer organizadores prévios e mostrar a utilidade/aplicação dos conteúdos.
- É importante ouvir bastante durante essa aula: ao apresentar os objetos e passá-los para os alunos, perguntar a eles como imaginam que funciona cada um deles. As ideias levantadas ajudarão a encontrar a melhor forma de abordar os assuntos nas próximas aulas. Não é hora de explicar detalhes do funcionamento dos aparelhos! Mas sim instigar os alunos a perceber o Eletromagnetismo em suas vidas.
- Procurar sempre resgatar os exemplos dessa aula à medida que se aprofundar na teoria nos próximos momentos.

### Recursos e materiais:

- Projetor multimídia (“datashow”) e computador com a apresentação “Introdução ao Magnetismo "Eletromagnetismo e você””. O arquivo tem formato pptx e contém imagens sobrepostas e animadas, gifs e vídeos, recursos que só funcionaram bem no PowerPoint. Arquivo disponível na pasta compartilhada no [link: https://drive.google.com/drive/folders/1JE56d04wnE2Xwz-PbdfjZKH4Sq9HOUin?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1JE56d04wnE2Xwz-PbdfjZKH4Sq9HOUin?usp=sharing)



Material do produto de  
Nikolai B. Santos Neves  
MNPEF, polo 12 - uso livre

*Nota: clique no motor e nos ímãs coloridos para dar início aos respectivos vídeos.*

- Levar objetos como ímãs de geladeira, bússola, cartão magnético, disquetes, pendrive, disco rígido, celular com bússola (talvez algum aluno tenha), fones de ouvido, caixa de som.

### Em sala:

1. Apresentação “Eletromagnetismo e você” como introdução. Apresentar os materiais levados à medida que forem surgindo na apresentação. Se houver mais que uma bússola/ bússola de *smartphone*, conferir se todas apontam a mesma direção (muitas vezes as dos smartphones não o fazem).
  - a. *A apresentação contempla: origem da palavra na região de Magnésia, na Grécia, primeira bússola chinesa, ímãs de geladeira, motores a indução, campainhas, alto falantes e microfones, disco rígido de computador, trem de levitação magnética, bússola do celular, cartão magnético de crédito/débito, auroras, motor homopolar.*
2. Colocar inicialmente o campo magnético como sendo propriedade de alguns materiais (e da Terra), e que ao longo do tempo o progresso tecnológico nos permitiu aproveitar essas propriedades de diversas maneiras. Maior detalhamento será feito nas próximas aulas, ao estudarmos as características magnéticas das coisas.
3. Dizer que o campo magnético tem relação com o campo e a carga elétricos, mas que eles são diferentes. Estudaremos como.

## Aula 2: Experimentação com ímãs

### Estratégia:

- Essa aula pode ser realizada em sala, ou no laboratório. Mesas grandes e presença de pia para lavar as mãos será de grande ajuda.
- Possibilitar que os alunos explorem os ímãs bem à vontade, afinal é uma oportunidade de interagir com campos e visualizar as linhas de força sem os riscos de choque que o campo elétrico oferece.
- Fazer perguntas instigantes enquanto eles seguem o roteiro.
- Sugestão de grupos com no máximo 5 alunos, para que possam se aproximar bem dos materiais (o limitante é sua disponibilidade de ímãs).

### Recursos e materiais:

- Roteiros impressos, 1 para cada aluno (ou 1 por grupo);
- Ímãs (2 por grupo) – quanto mais intensos os campos, melhor, sejam de ferrite ou neodímio. Ímãs de alto-falante, de quadro magnético e de disco rígido são ótimos. Também podem ser adquiridos pela internet em sites como *Oximag*, *IMAshop* ou *Casa do Ímã*;
- Bandejas de isopor (a bandeja é boa por ter borda, mas pode ser utilizado papelão, tampas plásticas, papel cartão, etc.);
- Bastante limalha de ferro (serralherias costumam permitir que a colhamos do chão da oficina – importante peneirar para retirar as lascas de metal perfurantes), é importante ter muita para mergulhar os ímãs e ter efeito de “ouriço”, possibilitando visualizar uma representação das linhas de campo em 3D;
- Cordão (barbante, fita dental, linha 10 (de pipa), ou similar) para amarrar e suspender os ímãs;
- Folha de rascunho ou jornal para forrar a mesa ao manipular a limalha (Opcional);
- Suportes não ferromagnéticos (1 por grupo) para prender o cordão que suspende o ímã. O suporte da imagem ao lado foi feito com varetas de madeira unidas com elástico de dinheiro em uma extremidade, e encaixadas na outra extremidade numa base perfurada diagonalmente em furadeira de bancada. Pode-se experimentar não utilizar os suportes, e segurar o cordão com a mão. Nesse caso utilizar um comprimento maior para que oscile menos.



### Em sala/laboratório:

1. Avisar aos alunos que será uma aula experimental, e que manipularão ímãs, portanto, se bem se recordam da aula anterior, devem mantê-los longe de aparelhos celulares, eletrônicos em geral, *pendrives* e cartões magnéticos, sob o risco de danificá-los – ótimo

- oportunidade de fazê-los levarem a sério o experimento, e fiquem curiosos com essa advertência;
2. Organizar a sala em grupos (unir as carteiras) e distribuir os roteiros, solicitar que o preencham à caneta – não há certo e errado, mas espaço para formular hipótese e para comentá-la depois;
  3. À medida que se organizarem, ofereça apenas 1 ímã para cada grupo;
  4. Quando chegarem ao passo 5 do roteiro, confira se preencheram a hipótese no passo 4 e só então entregue o segundo ímã;
  5. Ao chegarem ao passo 6, ofereça a bandeja com um pouco de limalha de ferro por cima. Peça que não aproximem o ímã diretamente da limalha ainda (vai chegar a hora!), mas apenas sob a bandeja. **Alertar os alunos para não levar as mãos ao rosto após manipularem a limalha de ferro, mas apenas após lavá-las com sabonete (principalmente se a limalha foi colhida do chão de uma oficina);**
  6. Em seguida, quando os grupos mergulharem os ímãs na limalha, peça que observem o que acontece com a limalha ao aproximarem um do outro em diferentes lados. Lembre-os da forma das linhas de força dos dipolos elétricos! Pergunte-lhes estão os polos dos ímãs;
  7. Ao pendurarem os ímãs a proximidade com qualquer objeto ferromagnético impossibilitará seu alinhamento com o campo magnético terrestre. Isso pode ser complicado: mesas de madeira têm pregos e parafusos, paredes e chão podem conter vergalhões, relógios, anéis e pendentes podem ser de aço ferromagnético. Talvez precisem segurar a estrutura no alto, com as mãos.
  8. Encerramento: caso mais de um grupo consiga manter seu ímã imóvel no ar (sem girar), comparem a direção que seus polos apontam (os polos estão onde a limalha fica mais “ouriçada”, perpendicular à superfície do ímã). Pergunte-lhes qual o motivo dessas direções (se estiverem alinhados, eis as bússolas! Se não, espera-se que tenha algo ferromagnético interferindo no alinhamento de algum(ns)).
  9. **PARA CASA:**
    - a. para os mais empolgados, lançar o desafio de produzir ferrofluido conforme o vídeo do Manual do Mundo “Como fazer ferrofluido caseiro”: <https://www.youtube.com/watch?v=a317hwca02l&t=4s>.
    - b. para todos: ímãs podem ser feitos de qualquer material? Explique.
  10. Pedir aos alunos que ajudem a limpar os ímãs no fim da aula, juntando de volta a limalha no pote, e que lavem as mãos.



Vídeo do Manual do Mundo:  
Como fazer ferrofluido caseiro  
(RECEITA DE FERROFLUIDO)

## Aula 3: Construindo conceitos sobre Magnetismo

### Estratégia:

- Discutir os resultados da aula anterior e construir os conceitos junto com a turma.
- Pode-se ser bem objetivo na aula teórica, pois os experimentos complementam bem com a parte lúdica e exemplos concretos.
- Nesta aula é abordada a concepção alternativa de que os ímãs têm polos elétricos positivo e negativo. Caso não tenha feito um experimento do tipo anteriormente, é válido realizar nesta aula uma demonstração de eletrização por atrito e atração por indução, como por exemplo esfregar um guardanapo/pedaço de papel higiênico em uma folha de acetato/divisória plástica de fichário e então aproximar lado eletrizado da folha de pequenos papezinhos picados. Eles “saltam” vigorosamente, mesmo sendo neutros e não sendo bons condutores elétricos.

### Recursos e materiais:

- Selecionar 2 ou 3 exercícios do livro-texto sobre características dos ímãs, vetor campo magnético e linhas de campo magnético.
- Ímãs para demonstração;
- Um ímã envolto em limalha de ferro;
- Um punhado de papel picado bem pequeno;
- Opcional - guardanapo/pedaço de papel higiênico;
- Opcional - folha de acetato/divisória plástica de fichário.

### Em sala:

1. Construir juntos a ideia de Magnetismo. Como funciona um ímã? Será que tem propriedades elétricas? Mostrar como ímãs não atraem os papezinhos, em contraste com um objeto eletrizado;
2. Nem todo material tem propriedades magnéticas perceptíveis, mas pedaços de ferro, níquel, cobalto e gadolínio têm propriedades ferromagnéticas e podem ser magnetizados (passar a “gerar” campo magnéticos) se forem submetidos a um campo externo (passando um ímã permanente neles, por exemplo);
3. Ímãs produzem e interagem com campos magnéticos bem como cargas elétricas produzem e interagem com campos elétricos. Campos magnéticos geram força magnética em materiais suscetíveis;
4. Ímãs possuem polos chamados de Norte e Sul. Polos de nomes iguais se repelem, já polos de nomes diferentes se atraem;
5. Apresentar as linhas de campo (desenhar no quadro), que saem do ímã no polo norte e entram no polo sul. Levar um ímã envolto em limalha de ferro para ilustrar;
6. Ímã partido resulta em ímãs completos/com ambos os polos: ausência de monopolo magnético (pode-se partir um ímã como demonstração);
7. Apresentar a ideia de agulha magnética e vetor campo magnético  $\vec{B}$  (segue as linhas tangencialmente, como se o vetor indicasse o polo norte de um ímã colocado ali);
8. Solicitar que façam 2 ou 3 exercícios sobre características dos ímãs, vetor campo magnético e linhas de campo magnético. (Exemplos: exercícios 8, 9 e 10 do cap. 8 do livro-texto usado na aplicação piloto);

**9. PARA CASA:**

- a. Fazer as questões propostas, caso não tenha havido tempo em aula;
- b. Desafio: fazer uma bússola, trazê-la na próxima aula e mostrar que funciona!



## Aula 4: Magnetismo terrestre e primeiro momento de $I_pC$

### Estratégia:

- Estender conceitos ao campo magnético terrestre, apresentar a bússola;
- Realizar a primeira dinâmica de Instrução pelos Colegas.
- Ser breve na parte teórica para ter tempo suficiente de explicar e utilizar a dinâmica de Instrução pelos Colegas (explicar a dinâmica pode levar alguns minutos).

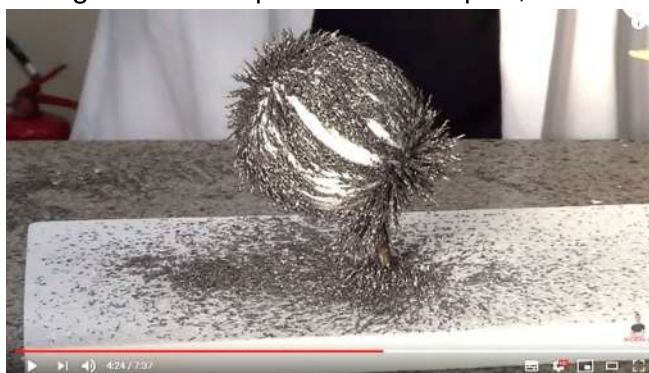
### Recursos e materiais:

- Projetor multimídia com computador e a apresentação “Testes Conceituais de Magnetismo”;
- Kits de cartões coloridos para todos os alunos (4 cartões para cada um: vermelho, amarelo, verde e azul);
- Conferir a declinação magnética em sua cidade, por exemplo pelo [site](https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/calculators/magcalc.shtml) estadunidense: <https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/calculators/magcalc.shtml>.
- “Experimento de campo magnético terrestre” – há vários manuais no YouTube, se fizer essa busca. O vídeo “MAGNETISMO EM 3D - SIMULANDO O MAGNETISMO DA TERRA - EXPERIÊNCIA DE FÍSICA - Prof. Boaro”, do Canal Física, é muito claro na montagem. Utiliza:
  - Uma bola pequena de isopor (diâmetro de aproximadamente 8cm);
  - Estilete para cortar a bolinha;
  - Ímã/conjunto de ímãs para ir dentro da bola;
  - Limalha de ferro mais grossa – como opção pode-se usar grampos de grampeador (já grampeados, não em forma da U);
  - Peneira para a limalha;
  - Fita crepe;
  - Um palito de churrasco para espetar a bola de isopor.
  - (Opcional) um pedaço de isopor grosso, ou similar, para espetar a outra extremidade do palito;



Calculadora de declinação magnética da Administração Oceânica e Atmosférica Nacional (NOAA - EUA)

A montagem desse experimento é simples, e o resultado é muito ilustrativo:



MAGNETISMO EM 3D - SIMULANDO O MAGNETISMO DA TERRA - EXPERIÊNCIA DE FÍSICA - Prof. Boaro  
42.255 visualizações



Canal Física  
Publicado em 1 de julho de 2017

INSCREVER-SE 610 MIL



Vídeo do Canal Física:  
MAGNETISMO EM 3D - SIMULANDO O MAGNETISMO DA TERRA - EXPERIÊNCIA DE FÍSICA - Prof. Boaro



*Nota: o vídeo tem uma explicação simples no fim, que não menciona o desencontro dos polos magnético e geográfico, ou seja, a declinação magnética.*

Trata-se de cortar a bola ao meio, cavar um buraco para encaixar o(s) ímã(s) dentro\*, e depois de fazê-lo, fechá-la com fita crepe, espetá-la no palito e peneirar limalha de ferro sobre ela – essa parte, pelo menos, junto com os alunos.

*Sugestão: você pode girar o palito para simular a rotação da Terra. Nesse caso, procure orientar o ímã de forma que simule o eixo magnético do planeta, alguns graus desalinhado do eixo de rotação.*

Link para o vídeo: <https://www.youtube.com/watch?v=aX7n9h9l-g4>.

## Em sala:

1. Deixar preparado, porém apagado (A/V mute), o projetor com a apresentação “Testes Conceituais de Magnetismo”;
2. Demonstrar experimento da bolinha de isopor com ímã dentro – chame alunos para fazê-lo em seu lugar! A turma se envolve muito mais;
3. Recordar com eles o momento final da atividade experimental da aula 2: o alinhamento dos ímãs suspensos e lançar a pergunta para a classe: “o que uma coisa tem a ver com a outra?”;
4. Desenhar no quadro, com base na limalha/grampos da bolinha, o campo magnético terrestre e os polos magnéticos e geográficos – uma bússola nada mais é do que um ímã livre para girar, se alinhando ao tênue campo magnético terrestre;
5. Aproveitar o experimento para discutir declinação e inclinação magnéticas: O polo sul magnético fica próximo ao polo norte geográfico (por isso a bússola aponta aproximadamente para lá) e o polo norte magnético fica próximo ao polo sul geográfico (idem). Cada localidade no planeta tem seus valores de declinação e inclinação, e eles são dinâmicos (mudam com o tempo), uma vez que os locais dos polos também o são. Nosso conhecimento a respeito disso está em constante desenvolvimento (convide-os a se tornarem geofísicos!), vide notícia da Galileu, de 10 de junho de 2019: “Atividade magnética é descoberta no manto da Terra”<sup>2</sup>;
6. Distribua os cartões e comece uma série de questões conceituais com o método de Instrução pelos Colegas. Explicar a dinâmica e fazer um teste com eles pode levar alguns minutos, caso não estejam familiarizados. **As questões 1 a 6 contemplam os assuntos estudados até aqui.**
7. **PARA CASA:**
  - a. Uma ou duas questões sobre bússolas e magnetismo terrestre (exemplos: exercícios 1 a 4 da p. 140 do livro-texto usado na aplicação piloto);
  - b. Pergunte às pessoas e/ou pesquise: de que maneiras você pode descobrir a direção exata do Norte Geográfico onde mora/estuda?
  - c. Qual a intensidade do campo magnético na superfície da Terra? É constante?
  - d. Trazer o livro para realizar exercícios em sala.

<sup>2</sup> <https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2019/06/atividade-magnetica-e-descoberta-no-manto-da-terra.html>

## Aula 5: Consolidando com exercícios

### Estratégia:

- Aula de exercícios, aproveite para conhecer as dúvidas dos alunos.
- Ter disponíveis alguns materiais das aulas anteriores podem ajudá-los a investigarem as soluções.

### Recursos e materiais:

- Livro didático;
- Ímãs, bússola e a bola de isopor.

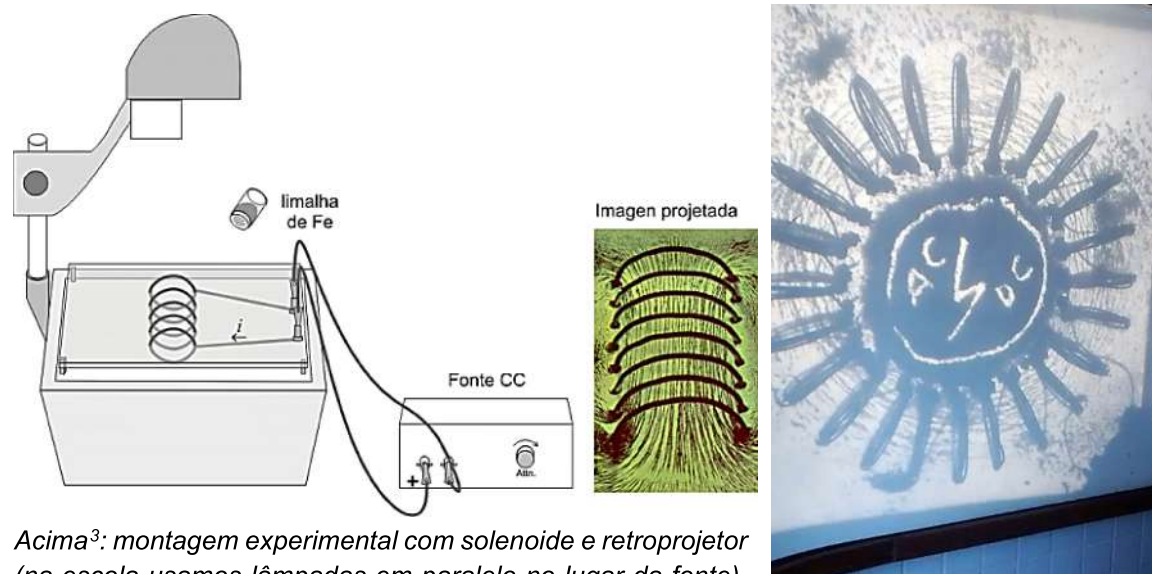
### Em sala:

1. Fazer exercícios do livro-texto sobre os assuntos estudados até aqui (no livro-texto do estudo piloto, demais exercícios das p. 135 e 136 e da p. 140);
2. Aproveitar os experimentos já utilizados e discussões feitas para tirar as dúvidas.

## Aula 6: Experimento de Öersted

### Estratégia:

- Após ver se ficaram dúvidas sobre os exercícios, a ideia é demonstrar o experimento da deflexão da agulha magnética de Hans Christian Öersted, feito no início do século XIX, como base para desenvolver a relação entre Eletricidade e Magnetismo.
- É importante frisar o valor histórico desse experimento, que possibilitou a criação do ramo do Eletromagnetismo. O próprio Michael Faraday posteriormente inventa o motor, o gerador e o transformador elétricos investigando mais a fundo esse primeiro fenômeno descoberto por Öersted. Que impacto na sociedade, não é?!
- O estudo piloto contou com um experimento belíssimo, que foi emprestado por um amigo, então graduando em Física, produzido por ele na disciplina de Instrumentação para o Ensino de Física. Consistia num jogo de placas de acrílico com conectores e fios em forma de bobina, solenoide e toroide, que acoplamos a uma fonte (lâmpadas dicróicas em paralelo) para produzir corrente suficiente para que o campo produzido pelos fios fosse capaz de orientar a limalha de ferro salpicada sobre as placas de acrílico. Juntamos isso com um retroprojektor e foi um espetáculo! Uma montagem semelhante é descrita aqui: <http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol11-Num2/a111.pdf>



Acima<sup>3</sup>: montagem experimental com solenoide e retroprojektor (na escola usamos lâmpadas em paralelo no lugar da fonte).

Em cima, ao lado: foto que fiz em sala de aula da projeção com a montagem do toroide.

- Um outro experimento muito interessante é o “trem no solenoide”, tal como no vídeo<sup>4</sup> do “Trem magnético caseiro (EXPERIÊNCIA de FÍSICA)” do Manual do Mundo (testamos um, mas nosso solenoide ficou muito irregular, emperrando o trem), é fundamental utilizar algo rígido ao redor do qual enrolar a solda, a caneta sugerida servirá bem. pode ficar como um desafio par os alunos também! Fazê-lo funcionar por 20 ou 30cm não é muito difícil.
- Sugestão de documentário: Cosmos: A Spacetime Odyssey, episódio 10 “O Garoto Elétrico”, 2014. O episódio (aprox. 40 min) conta a história de Michael Faraday, desde sua origem humilde, precisando abandonar a escola cedo, até a invenção dos motores e

<sup>3</sup> <http://demonstracoes.fisica.ufmg.br/demo/154/5H15.40-Campo-magnetico-de-um-solenoide>.

<sup>4</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=eTjrWF8sOHw>

geradores elétricos. É um episódio maravilhoso, surpreendente. Aborda também a resolução do problema da ação a distância, com a criação da ideia de campo, a criação das equações de Maxwell com base no trabalho de Faraday e mostra experimentos muito semelhantes aos que fazemos aqui.

### Recursos e materiais:

- Fio elétrico de cobre ou alumínio com as pontas desencapadas (não pode ser ferromagnético), um pequeno pedaço de 40cm já serve, mas 1m de fio ou mais possibilitará explorar diferentes geometrias;
- 2 pilhas (pode experimentar baterias com tensão mais baixa também);
- Bússola.

### Em sala:

1. Verificar se há dúvidas sobre as questões anteriores;
2. Contextualizar o experimento de Ørsted no século XIX: se conhecia a bússola (foram usadas séculos antes nas grandes navegações) e os ímãs; também se conhecia a eletricidade estática há séculos, já os circuitos eram coisa recente, pois há duas décadas Alessandro Volta tinha inventado a bateria. Lâmpadas elétricas ainda não eram utilizadas, nem aparelhos elétricos de nenhum tipo. Tinha-se assim dois tipos de fenômenos bem distintos: os magnéticos e os elétricos.
3. Dirija-se ao meio da sala e convide os alunos a se aproximarem (a bússola é muito pequena).
  - a. Use uma mesa e sobre ela coloque a bússola. Em seguida peça a ajuda de alunos para segurarem o fio passando por cima da bússola, na mesma direção da agulha, enfatize e demonstre que o fio não perturba a direção da agulha magnética ao se aproximar dela;
  - b. Feche o circuito com uma pilha, defletindo a agulha (**atenção para não queimar os dedos!**). Experimente manter toda a configuração e inverter a polaridade da pilha.
  - c. Em seguida experimente outras configurações:
    - i. com a bússola por cima do fio.
    - ii. com o fio perpendicular à agulha.
    - iii. Compare o efeito de 2 pilhas em série ao invés de uma só: a agulha é defletida uma angulação maior?
    - iv. E uma espira? Deflete mais a agulha?
    - v. E uma bobina com 2 voltas ou mais?
  - d. Demonstre o uso da regra da mão direita para identificação da orientação do campo magnético produzido ao redor do condutor retilíneo, com base no sentido da corrente e na deflexão da agulha.
    - i. Aproveite para demonstrar o valor útil da regra da mão direita para identificar o sentido de entrada de um parafuso ou uma torneira, além de identificar para que lado o ventilador está jogando o vento de acordo com o sentido do giro! Essa regra nos salva na hora de trocar um pneu.
4. Prosseguir para abordar o campo magnético produzido no interior de espiras, bobinas e solenoides:
  - a. Caso tenha montado os experimentos com retroprojektor, essa é a hora;

- b. Caso contrário, pode desenhar no quadro ou ilustrar com o próprio fio que levou, indicando as imagens no livro;
  - c. Apresentar as equações:
    - i. a proporcionalidade de **B** com **i** fica clara quando utiliza-se ora uma pilha e ora duas, no experimento de Öersted;
    - ii. A proporcionalidade com o raio pode ser demonstrada fazendo espiras de diferentes raios enquanto alguém segura a bússola no centro;
    - iii. A proporcionalidade com o número de voltas também pode ser demonstrada, se já não foi.
5. Abordar que primeira teoria sobre o magnetismo terrestre foi que a Terra tem um grande ímã, ou seja, que o seu núcleo sólido de Fe e Ni é responsável pelo seu campo magnético. Há outra teoria que supõe existirem correntes elétricas no interior da Terra, produzindo o campo magnético! Recentemente o manto foi incluído na jogada (vide notícia da Galileu na aula 4);
6. **PARA CASA:**
- a. Pedir livro para aula seguinte, de exercícios, encaminhar leitura em casa do que foi estudado hoje (p. 143 a 149 do livro-texto do estudo piloto).
  - b. Explicar o funcionamento do trem magnético do vídeo do Manual do Mundo.
  - c. Desafio: construí-lo! O mais complicado é conseguir ímãs de neodímio com o diâmetro adequado.

## Aula 7: Exercícios sobre campo produzido por corrente elétrica

### Estratégia:

- Importante: caso decida fazer a apresentação dos trabalhos (encerramento do conteúdo) na aula 14, a aula 7 é um bom momento para passar orientações para esse trabalho. Detalhes estão na aula 14.
- Aula de exercícios, aproveite para conhecer as dúvidas dos alunos.
- Ter disponíveis alguns materiais das aulas anteriores podem ajudá-los a investigarem as soluções.

### Recursos e materiais:

- Livro didático;
- Fio, bússola e pilhas;
- (Opcional) alto falante aberto;
- Fones de ouvido e caixa de som/computador.

### Em sala:

1. Fazer exercícios do livro-texto sobre campo magnético induzido por corrente elétrica em condutores (no livro-texto do estudo piloto, p. 145, 147 e 149);
2. Aproveitar os experimentos já utilizados e discussões feitas para tirar as dúvidas.
3. Caso você consiga um alto falante aberto e funcional, leve-o para a aula e faça-o tocar música do celular de alguém (ou leve músicas...). Peça que expliquem seu funcionamento com base na aula anterior.
4. Eles ficam intrigados quando plugamos fones de ouvido na entrada do computador e o utilizamos como microfone. Convide um aluno para testar seu funcionamento. Isso torna claro que microfones e alto-falantes funcionam com o mesmo princípio.

## Aula 8: Fundamentos microscópicos do magnetismo, IpC

### Estratégia:

- Verificar se há dúvidas sobre as questões anteriores;
- A explicação dos diferentes tipos de magnetismo está em fenômenos quânticos, uma vez que têm origem nos átomos, com os spins e o momento magnético: dipolos desde a escala nanométrica. Esse aspecto é uma ótima oportunidade de evidenciar como a física quântica está no cotidiano, ainda que não percebamos sempre!

### Recursos e materiais:

- Projetor multimídia com computador e a apresentação “Testes Conceituais de Magnetismo”;

### Em sala:

1. Deixar preparado, porém apagado (A/V mute), o projetor com a apresentação “Testes Conceituais de Magnetismo”;
2. Resgatar da Química as ideias de spin e a ocupação de orbitais. Introduzir a partir disso o conceito de domínios magnéticos;
3. A partir daí, abordar diamagnetismo, paramagnetismo, ferromagnetismo e imantação (histerese e bússolas).
4. Distribuir os cartões coloridos e utilizar as questões conceituais 7 a 10 da apresentação “Testes Conceituais de Magnetismo”, com a dinâmica de Instrução pelos Colegas;
5. **PARA CASA:**
  - a. Exercícios sobre propriedades magnéticas da matéria (exemplo: exercícios 1 a 5 da p. 157 do livro-texto usado na aplicação piloto);



## Aula 9: Eletroímãs, histerese e ponto Curie

### Estratégia:

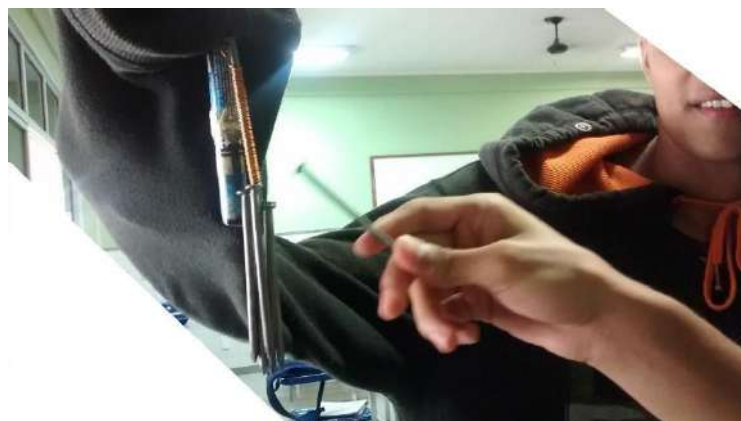
- Verificar se há dúvidas sobre as questões para casa;
- Esta aula dá exemplos de usos práticos da imantação e histerese, é importante manter os ímãs longe dos materiais ferromagnéticos até os momentos adequados.
- A montagem da bússola está exemplificada no vídeo do Manual do Mundo “Faça uma BÚSSOLA CASEIRA com uma agulha” disponível no link: <https://www.youtube.com/watch?v=1ltwpRkaKg0> (não recomendo encher tanto os recipientes, pois como recuperar a agulha sem bagunça, caso afunde?).



Vídeo do Manual do Mundo:  
Faça uma BÚSSOLA CASEIRA  
com uma agulha

### Recursos e materiais:

- Roteiros “A histerese nossa de cada dia” impressos;
- Primeira parte:
  - Chaves de fenda não imantadas, pregos ou parafusos longos (após o uso em uma sala, esses materiais se tornarão ímãs permanentes, por histerese, e será necessário utilizar outros, se tiver muitas turmas, um saco de pregos longos pode ser a melhor opção);
  - Pequenos parafusos, porcas, cliques ou grampos de papel;
  - Ímãs (devem ser transportados longe dos materiais ferromagnéticos).
- Segunda parte:
  - Fio esmaltado;
  - Pilhas;
  - Lixas (podem ser pedaços de lixa de unha).
- Terceira parte:
  - Agulhas;
  - Copos, pratos, tampas ou similares.
  - Água;
  - Bússola para conferência;
  - Papel higiênico;
  - Pano de chão (preventivo).



## Em sala:

1. Frisar a importância de não encostar o ímã nos materiais antes da hora;
2. Organizar os grupos e oferecer os materiais, de acordo com as etapas do roteiro;
3. Dar o suporte necessário para que sobre alguns minutos no fim da aula para abordar o ponto Curie e organizar a sala;
4. Levantar a discussão: será que os materiais imantados ficarão assim, ou podem ser “desimantados”?
5. Pierre Curie (“Quirri”) descobriu que as propriedades magnéticas são perdidas a temperaturas específicas. Mas pode-se imantar o material novamente. Ímãs artificiais são produzidos assim: elevando a temperatura de um material ferromagnético acima do ponto de Curie e então submetê-lo a um campo magnético enquanto esfria.
6. É possível gerar movimento com esse efeito, o motor térmico por efeito Curie, o pêndulo de Curie ou a balança de Curie<sup>5</sup>.
7. **PARA CASA:**
  - a. Mais exercícios sobre propriedades magnéticas da matéria e ponto Curie (exemplo: exercícios 6 a 11 da p. 157 do livro-texto usado na aplicação piloto), ou;
  - b. Desenhar e descrever o funcionamento de um motor, pêndulo ou balança por efeito Curie;
  - c. Desafio: montar um dispositivo desses.

---

<sup>5</sup><https://www.youtube.com/watch?v=-cJ0VS3K34I>, <https://www.youtube.com/watch?v=Zbx0wVUeCdE> e <https://www.youtube.com/watch?v=nKIUPnOQA9g>.

## Aula 10: Força Magnética, IpC

### Estratégia:

- Verificar se há dúvidas sobre as questões que foram para casa;
- Nessa aula abordaremos a questão geométrica tridimensional da Força Magnética, (o produto vetorial de  $\vec{V} \times \vec{B}$ ), e para isso é interessante escolher uma das formas de utilizar as mãos: o livro “Física: aula por aula” de 2015 apresenta a “regra da mão esquerda”, para que não se confunda com a regra da mão direita apresentada anteriormente. Nessa regra o dedo médio é aponta a direção e sentido de  $\vec{V}$ , o indicador a direção e sentido de  $\vec{B}$  e o polegar a direção e sentido de  $\vec{F}$  (para cargas negativas basta inverter o sentido de  $\vec{F}$ . Costumo seguir o livro para que os alunos tenham essa referência de estudo sem confusão, apesar de considerar ruim usar duas regras tão diferentes quando o raciocínio geométrico é tão semelhante. De todo modo, escolha a forma de apresentar a regra com antecedência, talvez a do livro-texto em uso: regra da mão direita, regra da mão esquerda, ou mesmo regra “do tapa”;
- **Caso o tempo fique curto, dê preferência aos testes conceituais** (auxiliam na consolidação do conteúdo que acaba de ser visto) e pule ou passe para a aula seguinte: o vídeo, a demonstração com barbante e/ou a montagem com os palitos.

### Recursos e materiais:

- Projetor multimídia com computador e a apresentação “Testes Conceituais de Magnetismo”;
- Carregar no computador também o vídeo “Experimento da relação carga/massa do elétron - prof. Nikolai”, deixando pronto para exibição. Link: <https://youtu.be/nAgyY5jeBcM> (importante: testar a qualidade do som e da imagem com antecedência, se preferir pule apenas para a parte com os elétrons sendo defletidos, no tempo 2min55s, **ajuste brilho e contraste até enxergar o feixe azul**);
- Um pouco de massa epóxi ou de modelar;
- 3 palitos de churrasco;
- 3 quadradinhos de papel;
- 3 pedaços de fita adesiva.
- 1m de cordão (linha 10, barbante, etc.) com uma borracha presa na ponta.



Experimento da relação carga/massa do elétron - prof. Nikolai



### Em sala:

1. Relembrar do trem magnético mostrado na apresentação inicial: será que já podemos explicar seu funcionamento? Ele é erguido por repulsão ou atração magnética (há diferentes métodos com bobinas, com supercondutores e com ímãs permanentes) e propulsionado por bobinas colocadas nos trilhos.

2. Vimos como a movimentação de cargas elétricas (corrente) produz campos magnéticos. Devido a isso, uma carga elétrica em movimento numa região com campo magnético interagirá com ele, sofrendo a ação de uma **força magnética**.
3. Apresente o conceito de força elétrica, a equação e a regra da mão.
4. Para auxiliar a visualização tridimensional, peça ajuda a um aluno para fazer uma bolota de massa enquanto outros fazem “bandeirinhas” com os 3 palitos: escrever  $\vec{V}$ ,  $\vec{B}$  e  $\vec{F}$  com uma caneta grossa nos papezinhos e fixar cada um na extremidade de um palito usando a fita. Em seguida peça que unam os 3 palitos corretamente com a massa, de acordo com a regra. Importante frisar que o ângulo entre  $\vec{V}$  e  $\vec{B}$  não precisa ser reto, mas entre  $\vec{V}$  e  $\vec{F}$  e entre  $\vec{B}$  e  $\vec{F}$  (entre  $\vec{F}$  e o plano formado por  $\vec{V}$  e  $\vec{B}$ ) é sempre reto. Lembrar de abordar o caso das cargas negativas, com  $\vec{F}$  oposto.
5. A força magnética atua sempre perpendicularmente à velocidade da partícula... o que isso quer dizer? Que efeitos produz? É uma força centrípeta! Utilize o cordão para lembrar seus efeitos.
6. Provocar a reflexão: será que partículas carregadas ficariam girando? Em que situação temos algo parecido? A imagem do televisor com tubo de raios catódicos é formada assim. Exibir o vídeo do experimento da relação e/m para um exemplo direto para utilizar a “regra da mão esquerda” (ou outra escolhida) no momento oportuno. Se preferir utilize apenas a parte que mostra a ampola com o feixe de elétrons, em 2min55s.
7. Distribuir os cartões coloridos e utilizar as questões conceituais 7 em diante da apresentação “Testes Conceituais de Magnetismo”, com a dinâmica de Instrução pelos Colegas. Os últimos retomarão assunto da aula anterior.
8. **PARA CASA:**
  - a. Quais os benefícios/vantagens que o uso dos trens de levitação magnética apresenta? (Leitura da p. 161 e atividade 1 do livro do estudo piloto);
  - b. O que são, como são formados e qual a importância dos cinturões de Van Allen para a vida na Terra? (Leitura da p. 165 e atividades 1 e 2).
  - c. O que são e como se formam as auroras boreais e austrais?
  - d. Trazer o livro na próxima aula.

## Aula 11: Exercícios sobre Força Magnética

### Estratégia:

- Finalizar atividades ou demonstrações que possam ter ficado pendentes da última aula;
- Aula de exercícios, aproveite para conhecer as dúvidas dos alunos.

### Recursos e materiais:

- Exercícios selecionados sobre ferromagnetismo, paramagnetismo e diamagnetismo, imantação, histerese e ponto Curie. Inclua questões sobre a força magnética sobre condutores paralelos;
- Ímãs e mais alguns materiais da aula 9, para ajudar a esclarecer dúvidas.

### Em sala:

1. Propor os exercícios (no livro-texto do estudo piloto, coletânea das p. 157, 159, 164, 167 e 169);
2. Aproveitar os experimentos já utilizados e discussões feitas para tirar as dúvidas.
3. **PARA CASA:**
  - a. Exercícios adicionais (ou finalizar o que foi iniciado em sala).

## Aula 12: Indução Eletromagnética

### Estratégia:

- Os materiais desta aula são os mais difíceis de serem providenciados, no entanto são duráveis e podem ser reutilizados anualmente:
  - o amperímetro com o ponteiro no zero central visa indicar com clareza quando há corrente induzida em ambos os sentidos, no entanto pode ser substituído por outros amperímetros, com as devidas adaptações na apresentação;
  - as bobinas, idealmente com centenas de voltas, podem ser construídas, se houver disponibilidade;
  - canos de cobre ou alumínio podem ser encontrados em loja de ferragens, metais ou alumínio.
- Há um arquivo com testes conceituais sobre indução eletromagnética na pasta compartilhada, apesar da sequência didática não ter reservado um momento para eles, priorizando otimização do tempo e abordagem experimental. Fica como uma opção para ser utilizada em conjunto ou na sequência desta aula, antes dos exercícios.

### Recursos e materiais:

- Amperímetro de ponteiro com zero central;
- 2 bobinas com núcleo ferromagnético;
- Cabos
- Um pedaço de fio rígido ou arame, ou uma argola qualquer;
- Cano de PVC de 1 metro de comprimento;
- Cano de alumínio ou cobre de 1 metro de comprimento;
- Ímãs que passem pelos canos;
- Um transformador de tensão (pode estar queimado, é para ilustrar).

### Em sala:

1. Preparar a montagem com bobina e núcleo, conectada ao amperímetro de ponteiro com zero central. Utilizar um ou mais ímãs para passar próximo à bobina, fazendo o ponteiro mover-se (cuidado para não induzir corrente excessiva para o amperímetro: não permita que o ponteiro alcance os extremos da escala, afaste o ímã ou use um com campo menos intenso). Perguntar aos alunos o que está acontecendo. Faça repetidamente a sequência: aproximar o ímã, parar, afastar o ímã.
2. Certifique-se de que todos percebam que o ponteiro só se move enquanto o ímã se move. Experimente inverter a posição do ímã.
3. Faraday chamou a causa dessa geração de corrente elétrica de “variação do fluxo magnético”. Fluxo magnético é soma da intensidade de cada vetor campo magnético  $\vec{B}$  que está contida em uma determinada região(área). Podemos pensar em linhas de campo: quanto mais linhas de campo atravessam uma espira/bobina, maior o fluxo magnético lá. **Atenção: o fluxo é estático: nada “flui” de fato, a menos que o ímã se mova. Uma palavra ótima para gerar uma concepção alternativa de que o campo é dinâmico, e não estático.** Por isso que ao mover o ímã promovemos “variação o fluxo”,  $\Delta\Phi$ , ou seja, a quantidade de linhas de campo que atravessam a espira/bobina muda, e essa mudança induz corrente elétrica.

4. Aumentar o fluxo gera corrente num sentido, enquanto reduzi-lo gera corrente no sentido oposto. Inverter o sentido das linhas de campo também inverte o sentido da corrente induzida.
5. Talvez seja útil utilizar uma lanterna (pode ser do celular) e um anel de fio: observando sua sombra, pode-se notar que há raios de luz que o atravessam:
  - a. Em qual posição mais raios passam pela argola?
  - b. Em qual posição menos raios passam pela argola?
  - c. De que outras maneiras pode-se aumentar ou diminuir essa quantidade de raios de luz? (Aproximando e afastando a lanterna, inclinando o anel, com mais lanternas ou usando uma mais potente.)
  - d. Transpor essa ideia para linhas de campo magnético:
  - e. No cálculo do fluxo magnético utilizamos o cosseno do ângulo entre a normal ao plano da espira e as linhas de campo. É o cosseno porque tem seu valor máximo em  $0^\circ$  e mínimo em  $90^\circ$ .
11. Lei de Lenz: *como saber o sentido da corrente que é induzida? Vamos tentar responder a essa questão com outro experimento?*
  - a. Chamar voluntários, entregar 1 a 3 ímãs de neodímio e 1 cano para cada.
  - b. Orientar para que soltem os ímãs no “já”.
  - c. Discutir o que aconteceu.
  - d. O ímã freou! Vamos analisar no que isso implica:
  - e. Se o polo Norte vai na frente, por exemplo, a passagem do ímã induz uma corrente circular no cano que deve criar um polo igual à frente dele (atrás ocorre o mesmo), repelindo-o e freando-o.
  - f. Lenz observou que a corrente induzida ocorre sempre no sentido de produzir um campo que “se opõe à variação do fluxo que a originou”.
12. Apresentar a lei de Faraday-Newman, enfatizar o papel do sinal negativo;
13. Por fim, explicar o que é um transformador e como ele funciona. Ajuda bastante ter um à mão. Pergunte aos alunos se o transformador funcionaria com corrente contínua.
14. **PARA CASA:**
  - a. O que é e como funciona um alternador? Como a intensidade da corrente elétrica produzida por ele varia com o tempo? (Livro da aplicação piloto, p. 184);
  - b. O que são e como funcionam os freios magnéticos? Onde são utilizados?
  - c. Trazer o livro.



## Aula 13: Exercícios sobre Indução Eletromagnética

### Estratégia:

- Finalizar atividades ou demonstrações que possam ter ficado pendentes da última aula;
- Há um arquivo com testes conceituais sobre indução eletromagnética na pasta compartilhada, apesar da sequência didática não ter reservado um momento para eles, priorizando otimização do tempo e abordagem experimental. Fica como uma opção para ser utilizada antes dos exercícios.
- Aula de exercícios, aproveite para conhecer as dúvidas dos alunos.

### Recursos e materiais:

- Exercícios selecionados sobre fluxo magnético e corrente induzida, lei de Lenz, lei de Faraday-Newman e transformadores;
- Os materiais da aula anterior para ajudar a esclarecer dúvidas.

### Em sala:

4. Propor os exercícios (no livro-texto do estudo piloto, coletânea das p. 176 e 182);
5. Aproveitar os experimentos já utilizados e discussões feitas para tirar as dúvidas.
6. Tirar dúvidas sobre os trabalhos (caso tenha sido proposto);
7. **PARA CASA:**
  - a. Exercícios adicionais (ou finalizar o que foi iniciado em sala).

## Aula 14: Motores e Geradores

### Estratégia:

- Propor um trabalho experimental em grupo que empregue os conceitos de indução eletromagnética.

### Recursos e materiais:

- Cada grupo terá seu experimento com demanda específica de material. Materiais típicos: pedaços de cano de pvc, ímãs, fio, LEDs, transistores, fita isolante, alfinetes grandes de fralda, pilhas, baterias.
- Os alunos podem apresentar dificuldade em encontrar fio de cobre esmaltado fino para enrolar bobinas. Se houver condições a escola poderia adquirir um rolo grande (1kg de 28 ou 30 awg) e oferecer pedaços aos alunos.
- Ímãs também podem ser um problema, se for emprestar ímãs, mantenha registro!

### Em sala:

1. Formar grupos com os alunos da sala, anotar;
2. Propor que cada grupo monte, traga e apresente um aparelho que funcione com base em indução eletromagnética. Sugestões:
  - a. Motor elétrico<sup>6</sup>;
  - b. Motor homopolar<sup>7</sup>;
  - c. Gerador eletromagnético<sup>8</sup>;
  - d. Trem magnético<sup>9</sup>;
  - e. Mini bobina de Tesla<sup>10</sup>;
  - f. Transmissor de energia sem fio<sup>11</sup>;
3. Você pode acompanhar de perto a escolha de temas e permitir que peguem experimentos iguais ou não. Caso tenha experimentos iguais, pode ser que opte pelos grupos explicarem apenas para você, de forma a não copiarem a explicação um do outro. No entanto uma demonstração e explicação para toda a turma será muito mais proveitosa para todos!
4. Este é um bom momento para discutir a importância ecológica dos meios de transporte baseados em eletricidade, a popularização (ou não) dos carros elétricos (sobre isso o documentário “Quem matou o carro elétrico” é fascinante), e a eficiência comparada dos motores. É tão simples produzir um motor elétrico, não é? E no entanto continuamos empregando tanto combustível fóssil.

Seguem algumas imagens dos trabalhos apresentados pelos alunos na aplicação piloto:

<sup>6</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=3nbDBCg6thM>

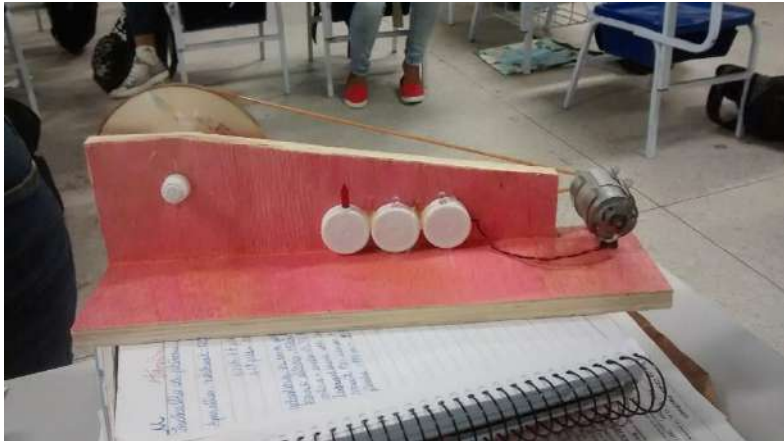
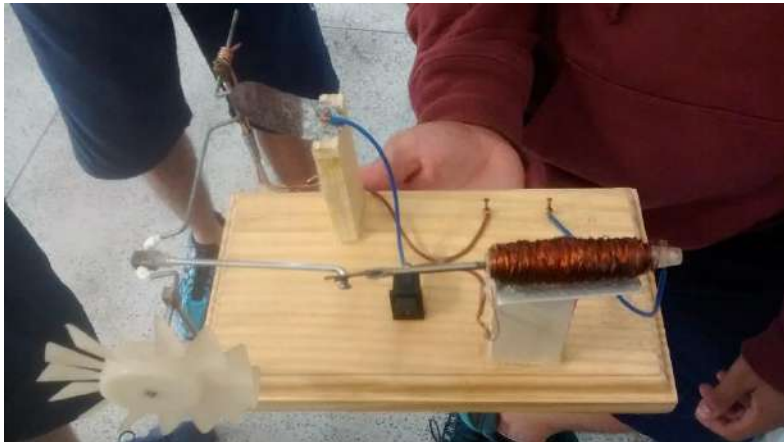
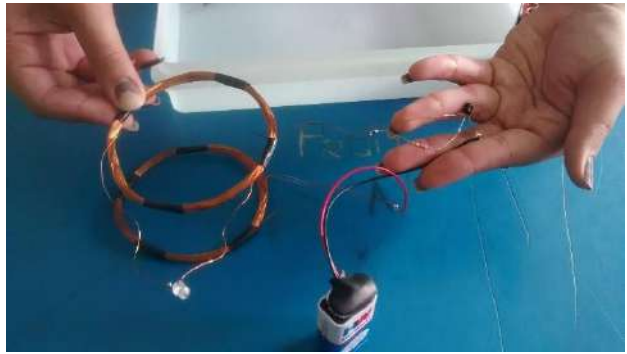
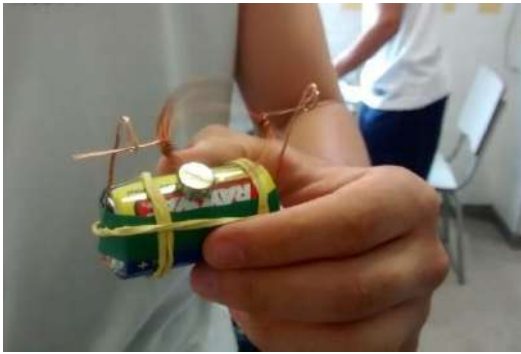
<sup>7</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=OVPTYPBw1Mk> e <https://www.youtube.com/watch?v=pLbY5ykcGb0>

<sup>8</sup> [https://www.youtube.com/watch?v=EzEw\\_Mg0rcU](https://www.youtube.com/watch?v=EzEw_Mg0rcU)

<sup>9</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=eTjrWF8sOHw&t=73s>

<sup>10</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=w2bZGKNwB4Y>

<sup>11</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=sMfAotrPEkl>



## Referências Bibliográficas

ARAÚJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.30, n.2, p.362-384, abr. 2013. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/26150>>. Acesso em: 15 out. 2016.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma perspectiva Cognitiva**. Lisboa: Paralelo Editora, 2003. Disponível em <[http://www.uel.br/pos/ecb/pages/arquivos/Ausubel\\_2000\\_Aquisicao%20e%20retencao%20de%20conhecimentos.pdf](http://www.uel.br/pos/ecb/pages/arquivos/Ausubel_2000_Aquisicao%20e%20retencao%20de%20conhecimentos.pdf)>. Acesso em: 17 jun. 2019.

BARRETO, B.; XAVIER, C. **Física aula por aula: eletromagnetismo, ondulatória, física moderna: 3º ano**. 2. ed. São Paulo: FTD, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio**. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/BasesLegais.pdf>>. Acesso em 13 jun. 2019.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais**. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/BasesLegais.pdf>>. Acesso em 13 jun. 2019.

BRASIL. **PCN + ensino médio: física**. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Disponível em: <[http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN\\_FIS.pdf](http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf)>. Acesso em 13 jun. 2019.

BZUNECK, J. A. Como motivar os alunos: sugestões práticas. In: BORUCHOVITCH, E.; BZUNECK, J. A.; GUIMARÃES, S. E. D. (Orgs.) **Motivação para aprender: aplicações no contexto educativo**. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 2010. cap. 1, p. 13-42.

CROUCH, C. H. et al. Peer Instruction: Engaging Students One-on-One, All At Once. In REDISH, E. F.; COONEY, P. J. **Research-Based Reform of University Physics**. Vol 1. College Park: American Association of Physics Teachers, 2007. Disponível em: <<http://www.per-central.org/document/ServeFile.cfm?ID=4990>>. Acesso em: 13 jun. 2019.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. L. **The Feynman Lectures on Physics, Volume II**. California Institute of Technology. Disponível em: <[http://www.feynmanlectures.caltech.edu/II\\_toc.html](http://www.feynmanlectures.caltech.edu/II_toc.html)>. Acesso em: 16 jun. 2019.

GASPAR A. **Atividades experimentais no ensino de física: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski**. São Paulo: Livraria da Física, 2014.

GUNSTONE, R. 'Fields, force, energy and potential': alternative conceptions, analogies and learning. In: **Unit 3 Course Planning Days**. Vicphysics Teachers' Network.

Victoria (Austrália) Nov. 2016. Disponível em: <<https://www.vicphysics.org/documents/teachers/unit%203%20phys%20presentationNov16.ppt>> Acesso em: 14 jun. 2019.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 11. ed. Porto Alegre: Bookman, 2011.

INEP. **Matriz de referência Enem**. 2012. Disponível em: <[http://download.inep.gov.br/educacao\\_basica/enem/downloads/2012/matriz\\_referencia\\_ene\\_m.pdf](http://download.inep.gov.br/educacao_basica/enem/downloads/2012/matriz_referencia_ene_m.pdf)> Acesso em: 24 set. 2018.

MOREIRA, M. A. **Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)**. 2011b. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>. Acesso em: jul. 2018.

MOREIRA, M. A. ¿Al final, qué es Aprendizaje Significativo?. **Qurrriculum: revista de teoría, investigación y práctica educativa**. La Laguna, Espanha, n. 25 (mar. 2012), p. 29-56. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/96956/000900432.pdf>>. Acesso em: 30 jan. 2019. [Versão em português disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/oqueeafinal.pdf>>. Porto Alegre, 2012. Acesso em: jul. 2018.]

MOREIRA, M. A. **A Teoria da Aprendizagem Significativa**. Porto Alegre, 2016. Disponível em <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2019.

PAEBES. **Matriz de Referência Ciências da Natureza 3ª série EM**. Disponível em: <<http://www.paebes.caedufjf.net/wp-content/uploads/2012/05/PAEBES-2015-MATRIZ-CN-3EM.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2018.

PAEBES. **Matriz de referência do 3º ano em Física**. Disponível em: <[http://www.paebes.caedufjf.net/wpcontent/uploads/2012/06/MATRIZES\\_PAEBESFisica3EM.pdf](http://www.paebes.caedufjf.net/wpcontent/uploads/2012/06/MATRIZES_PAEBESFisica3EM.pdf)> . Acesso em 05 out. 2014.

PRECONCEPTIONS. Illinois State University, Department of Physics. Disponível em: <[http://www2.phy.ilstu.edu/ptefiles/311content/preconceptions/Udallas\\_preconceptions.pdf](http://www2.phy.ilstu.edu/ptefiles/311content/preconceptions/Udallas_preconceptions.pdf)>. Acesso em: 19 maio 2017. Disponível também em <[http://www2.phy.ilstu.edu/pte/310content/constructivism/Udallas\\_preconceptions](http://www2.phy.ilstu.edu/pte/310content/constructivism/Udallas_preconceptions)>. Acesso em: 23 nov. 2018. (O domínio foi movido para <[physics.illinoisstate.edu](http://physics.illinoisstate.edu)>).

SEDU (Espírito Santo). **Currículo Básico Escola Estadual**: Ensino médio, v. 02 - Área de Ciências da Natureza. Vitória: SEDU, 2009. Disponível em: <[https://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/SEDU\\_Curriculo\\_Basico\\_Escola\\_Estadual\\_\(FINAL\).pdf](https://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/SEDU_Curriculo_Basico_Escola_Estadual_(FINAL).pdf)>. Acesso em: 27 ago. 2018.

SEDU (Espírito Santo). **Orientações Curriculares para as Escolas da Rede Estadual de Ensino 2017**. SEDU, 2017. Disponível em:

<[http://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/1\\_Orienta%C3%A7%C3%B5es%20Curriculares%202017.pdf](http://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/1_Orienta%C3%A7%C3%B5es%20Curriculares%202017.pdf)>. Acesso em 27 ago. 2018.

SEDU (ES). **Orientações curriculares para as escolas da rede estadual de ensino.** Anexo 02 – Ensino Médio Regular. 2017. Disponível em: <[http://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/3\\_Ensino%20Medio%20Regular.pdf](http://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Curr%C3%ADculo/3_Ensino%20Medio%20Regular.pdf)>. Acesso em: 27 ago. 2018.

TURPEN, C.; FINKELSTEIN, N. Not all interactive engagement is the same: Variations in physics professors' implementation of Peer Instruction. **Physical Review Special Topics - Physics Education Research**, v. 5, n. 2, 2009.

VALADARES, J. A. de C. S. **Concepções alternativas no ensino da física à luz da filosofia da ciência.** 1995. 821 f. Tese (Doutorado em Ciências da Educação) – Universidade Aberta. Lisboa.

VALADARES, J. A. de C. S.; MOREIRA, M. A. **A Teoria da Aprendizagem Significativa: sua Fundamentação e Implementação.** Coimbra: Almedina, 2009.

## Roteiros para cópia/impressão

Nas páginas seguintes:

## Explorando Ímãs

Objetivo da atividade: constatar a presença e a atuação do campo magnético.



Atenção: mantenha os ímãs longe de aparelhos celulares, pendrives e cartões magnéticos.



### Procedimentos experimentais:

1. Formem grupos com 4 ou 5 componentes, utilizem caneta para preencher os quadros que seguem.
2. Levantem hipóteses sobre a questão: *quais materiais os ímãs atraem e quais eles não atraem?* Listem nomes de materiais que temos em sala, utilizem o espaço abaixo:

Materiais que o ímã atrai		Materiais que o ímã <u>não</u> atrai	

3. Peguem um ímã com o professor e façam testes. Marquem os itens acima com “✓” nas previsões confirmadas e com “X” nas demais.



*O que será que causa essa diferença? Afinal, toda a matéria é feita de átomos!*

4. Discutam a questão: *o que acontece quando dois ímãs se aproximam?* Escreva sua hipótese:

Hipótese:	
-----------	--

5. Peguem outro ímã e experimentem com ambos. A hipótese foi confirmada ou precisa de adequação? Se necessário, reescreva-a no espaço acima, à direita.
6. Coloquem um punhado de *limalha de ferro* sobre uma bandeja de isopor. Aproxime um ímã **por baixo da bandeja**. Mova-o e observe os padrões formados pela limalha: como ela se distribui?
7. Experimentem deixar o ímã por baixo da folha e pulverizar a limalha sobre ela, pouco a pouco. Desenhem o padrão formado pela limalha:

--

8. Peguem um pedaço de fio com o professor e usem para pendurar um dos ímãs: amarrem uma das pontas do fio no meio do ímã, de forma que ele fique equilibrado.
9. “Mergulhem” esse ímã no pote de limalha (olha a bagunça! =) e observem: há alguma relação com o desenho feito acima?
10. Peguem a estrutura de madeira com o professor e prendam o fio para que o ímã fique pendurado e livre para girar. Qual a maior distância na qual é possível colocar um objeto e perturbar esse ímã?
11. Mantenham a estrutura longe de tudo que possa desviar o ímã: vocês conseguem deixá-lo parado numa só posição? Será que ele fica parado em qualquer posição? Compare com os outros grupos.

## A histerese nossa de cada dia

Objetivo da atividade: constatar a histerese (imantação) em materiais ferromagnéticos, e suas aplicações.



Atenção: mantenha os ímãs longe de aparelhos celulares, pendrives e cartões magnéticos.



### Procedimentos experimentais:

#### 1. Primeira parte:

- Formem grupos com 4 ou 5 componentes, busquem o material referente a primeira parte com o professor. **Não encostem os ímãs em nada ainda.**
- Deixando os ímãs distantes, verifiquem se os demais objetos estão imantados. Tente erguer pequenos objetos apenas encostando os pregos neles, por exemplo.
- Agora peguem os ímãs e usem a criatividade: usando o magnetismo, de que formas é possível erguer os pequenos objetos sem que encostem diretamente nos ímãs? (Não tem mais problema encostar, basta afastar novamente). Em seguida preencha os campos:

Desenhe ou descreva as possibilidades encontradas:	Quais utilidades esses artificios podem ter?
--	--

- Repita o passo "b". O resultado é o mesmo? Por quê?

#### 2. Segunda parte:

- Busquem fio, pilha e lixas com o professor.
- Enrolem o fio ao redor do prego/parafuso, formando um solenoide com o máximo de voltas possível. Distribuam bem as voltas, sem sobreposição.
- Com a lixa, removam o esmalte isolante de cerca de 2cm de fio junto a cada uma das pontas.
- Junte um punhado de pequenos objetos metálicos na mesa, fechem o curto-circuito com a pilha (cuidado, o fio vai aquecer bem!) e tente erguê-los com este aparelho.
- O que houve? O que acontece quando o circuito é reaberto? Há magnetismo residual no aparelho?

#### 3. Terceira parte:

- Devolvam todo o material, menos um ímã, e busquem com o professor: um recipiente, um pedaço de papel e a agulha (atenção para não se furar, e **não a aproxime do ímã ainda**).
- Coloquem água no recipiente, deixem um espaço vazio para que não transborde caso precisem buscar a agulha no fundo.
- Coloquem a agulha para "flutuar" na água, soltando-a delicadamente, deitada, sobre a superfície da água. Caso afunde, busque-a no fundo e seque-a bem antes de tentar novamente (uma tática é colocar um pedacinho de papel na água, e então a agulha por cima). **O ímã e qualquer material ferromagnético devem ficar afastados do experimento.**
- Aguardem até que a agulha pare de girar e observem a direção que aponta, comparem com a da bússola.
- Experimente aproximar o ímã lentamente da agulha. A partir de qual distância é possível perceber uma perturbação? Experimente inverter o ímã, girando.
- Peguem a agulha, sequem bem e passem levemente o ímã nela, com o mesmo lado e apenas num sentido, várias vezes. Repitam os passos "c" e "d". O que houve? Por quê?
- Como conferir o apontamento de uma bússola caseira como essa sem outra bússola? Onde está o norte geográfico ("verdadeiro")?