



.....
Marisa Cavalcante^{1#} 

¹Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil.
.....

Palavras-chave

magnetismo para crianças
alfabetização científica
alfabetização tecnológica

Resumo

Este artigo revisita e amplia as abordagens pedagógicas propostas originalmente no artigo “Magnetismo para crianças”, publicado no primeiro volume da revista *A Física na Escola* (2000). Ao revisitar essas propostas, apresentamos uma abordagem renovada para o ensino de magnetismo, incorporando recursos tecnológicos, tais como o uso de simuladores digitais, programação em Scratch e narrativas educativas. Essa nova perspectiva preserva o caráter lúdico e investigativo original, ao mesmo tempo que amplia significativamente as possibilidades pedagógicas, integrando ciência, criatividade e tecnologia. Com isso, favorece o desenvolvimento de habilidades científicas essenciais, como pensamento crítico, organização de ideias e resolução de problemas, além de conectar conceitos abstratos ao cotidiano dos estudantes. Esperamos que este trabalho inspire práticas inovadoras e ressalte a importância de fortalecer a alfabetização científica desde cedo. Como suporte adicional inovador, será disponibilizado ao leitor, ao longo do texto, um link contendo materiais complementares, videoaulas e tutoriais, oferecendo apoio prático e contínuo aos professores.

1. Introdução

No início do século XX, a alfabetização básica, marcada pela capacidade de ler e escrever, foi reconhecida como um pilar essencial para o progresso individual e coletivo em uma sociedade que avançava rumo à industrialização. Hoje, no século XXI, a alfabetização científica emerge com importância semelhante, não apenas como um

complemento à leitura e à escrita, mas como uma habilidade indispensável para compreender e participar ativamente de um mundo cada vez mais moldado pela ciência e pela tecnologia. Assim como no passado, quando a alfabetização textual abriu portas para novas formas de integração social, a alfabetização científica permite que os indivíduos tomem decisões informadas, compreendam fenô-

No século XXI, a alfabetização científica emerge não apenas como um complemento à leitura e à escrita, mas como uma habilidade indispensável para compreender e participar ativamente de um mundo cada vez mais moldado pela ciência e pela tecnologia

#Autora de correspondência. E-mail: marisacavalcante1@gmail.com.

Este é um artigo de acesso livre sob licença Creative Commons



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

menos naturais e tecnológicos e participem de debates públicos sobre questões científicas.

A alfabetização científica é essencial para capacitar as pessoas a compreender o mundo ao seu redor e participar ativamente de uma sociedade cada vez mais influenciada pela ciência e pela tecnologia. Segundo Shen [1], a alfabetização científica é indispensável para que os indivíduos possam aproveitar melhor os benefícios da ciência e evitar seus riscos, entendendo seus fundamentos e aplicações de forma prática e consciente. Desde cedo, é fundamental que as escolas promovam essa formação, integrando-a de forma consistente ao longo de toda a educação básica. Professores preparados, com estratégias que despertem a curiosidade natural das crianças e as motivem a explorar questões científicas, estimulam o desenvolvimento de habilidades como pensamento crítico, resolução de problemas, organização de ideias, análise de dados e tomada de decisões conscientes. Essas habilidades não apenas fortalecem a compreensão de conceitos científicos, mas também se aplicam a práticas cotidianas simples, como selecionar alimentos mais saudáveis no supermercado ou compreender os impactos ambientais de escolhas de consumo.

Aproveitar a curiosidade natural das crianças nas séries iniciais é uma oportunidade única para fomentar o desejo pelo aprendizado, levando meninos e meninas a conhecerem o mundo como verdadeiros exploradores. Assim, estimular o conhecimento científico nessa fase da vida é fundamental para o desenvolvimento cognitivo e criativo. A ciência não apenas fornece respostas para perguntas importantes, mas também promove o desenvolvimento de habilidades críticas, pensamento analítico e capacidade de resolver problemas.

Proporcionar experiências interativas e práticas, como visitas a museus, parques e centros de ciência, ajuda a despertar a curiosidade das crianças pelas maravilhas da natureza, do mundo e do universo [2, 3]. Ao criar um ambiente que valoriza a exploração e a compreensão do mundo ao redor, é possível construir o caminho para futuros cientistas e pensadores críticos. É exatamente dentro dessa perspectiva que as atividades propostas no artigo “Magnetismo para crianças” demonstraram como a ludicidade e a simplicidade podem ser ferramentas poderosas para o ensino de conceitos científicos. Experimentos como a corrida de caixinhas de fósforos, utilizando as propriedades de atração e repulsão magnéticas, mostraram-se eficazes não apenas para introduzir os fundamentos do magnetismo, mas também para desenvolver habilidades científicas essenciais.

A compreensão do magnetismo permite às crianças se familiarizarem com fenômenos invisíveis como campos magnéticos e suas aplicações práticas no cotidiano

A alfabetização científica é essencial para capacitar as pessoas a compreender o mundo ao seu redor e participar ativamente de uma sociedade cada vez mais influenciada pela ciência e pela tecnologia

A introdução de conceitos científicos abstratos, como o magnetismo, na educação básica é essencial para a formação de indivíduos conscientes e críticos. A compreensão do magnetismo permite às crianças se familiarizarem com fenômenos invisíveis como campos magnéticos e suas aplicações práticas no cotidiano. Esses fenômenos possibilitam a compreensão de princípios fundamentais da ciência, como a previsão do comportamento de sistemas a partir de suas respostas, expressas por meio de leis que regem campos elétricos, magnéticos e gravitacionais.

Segundo Resende [4], em sua dissertação, o tema do magnetismo ainda enfrenta resistência por parte de futuros professores, que frequentemente o consideram complexo e difícil de compreender. Essa percepção está intimamente ligada à ausência de materiais pedagógicos específicos e acessíveis, que possam auxiliar na transposição didática de conceitos abstratos para as salas de aula das séries iniciais. Apesar das décadas que se passaram desde a publicação do artigo original “Magnetismo para crianças” na revista *A Física na Escola*, pouca coisa mudou em relação à carência de recursos voltados para o ensino desse tema, especialmente materiais que aliem experimentação prática e tecnologias educacionais.

Diante do exposto, é essencial uma releitura desse trabalho, adaptando-o às demandas contemporâneas e integrando novas estratégias pedagógicas, como o uso de simuladores digitais e narrativas programadas em Scratch.¹ Esses recursos expandem significativamente as possibilidades de abordagem, permitindo que os professores conduzam aulas interativas e motivadoras,

ao mesmo tempo que fornecem suporte conceitual para superar as dificuldades associadas à abstração dos fenômenos magnéticos. Combinando experimentação física com ferramentas digitais, o material apresentado neste artigo visa não apenas oferecer alternativas didáticas, mas também promover maior confiança nos professores para abordar um tema tão relevante quanto o magnetismo, preparando-os para instigar a curiosidade científica de seus alunos.

2. Uso de simuladores para ensino de conceitos de magnetismo

A compreensão de conceitos abstratos, como campos magnéticos e elétricos, é fundamental para a formação de cidadãos capazes de interagir criticamente com os fenômenos naturais e tecnológicos que permeiam a sociedade contemporânea. No entanto, a natureza invisível desses fenômenos apresenta desafios

significativos no ensino, especialmente nos níveis iniciais de formação científica.

Nesse contexto, simuladores interativos, como os disponibilizados no início deste século pelo projeto PhET - *Physics Education Technology* da Universidade do Colorado Boulder [1], a partir de 2002, trouxeram uma grande inovação no design pedagógico. Essa abordagem combinou simplicidade visual com precisão científica, tornando conceitos abstratos mais compreensíveis para estudantes de diferentes níveis e proporcionando uma interface intuitiva, com representações visuais atraentes e feedback imediato em tempo real. Ao priorizar a interatividade e o design acessível, o PhET tornou o aprendizado de conceitos científicos complexos mais intuitivo, eficiente e atraente.

Essa abordagem não apenas melhora a compreensão dos estudantes, mas também estimula habilidades como pensamento crítico, resolução de problemas e curiosidade científica, alinhando-se às demandas educacionais. Seus aplicativos garantem a livre exploração e a integração multisensorial e são compatíveis com diferentes sistemas operacionais, oferecendo aos professores uma ferramenta poderosa para criar dinâmicas de aprendizagem diversificadas. Essas características permitem que o estudante se sinta seguro para traçar seu próprio percurso formativo, explorando conceitos e construindo conhecimento de forma ativa e significativa. Dessa forma, o PhET contribui para práticas alinhadas às metodologias ativas e ao ensino por investigação, colocando o estudante no centro do processo de aprendizagem e promovendo habilidades como autonomia e pensamento crítico.

Desde a criação do projeto PhET, em 2002, houve um aumento significativo no número de publicações acadêmicas que utilizam suas simulações como ferramenta de ensino. Uma revisão sistemática realizada entre 2002 e 2022 identificou 1.589 publicações indexadas em bases como ERIC, Scopus, IOP Science e Web of Science até 2024, das quais 22 foram selecionadas para uma meta-análise [5]. De acordo com a pesquisa realizada por De Medeiros Jr. e cols. [5], ficou evidente que a eficácia das simulações PhET no ensino de ciências (física, química, biologia e matemática) é amplamente reconhecida. A maioria dos estudos revisados aponta para impactos positivos de sua aplicação em práticas pedagógicas, destacando como essas simulações promovem um aprendizado mais interativo e significativo, facilitando a compreensão de conceitos abstratos.

2.1. Aplicativos PHET e o estudo de fenômenos magnéticos

A formação de professores de ciências para o ensino fundamental continua enfrentando desafios signifi-

cativos, especialmente no que se refere ao ensino de física. Por um lado, os cursos de pedagogia, responsáveis pela formação de professores dos anos iniciais do ensino fundamental, geralmente não incluem em suas estruturas curriculares conteúdos que abordem conceitos de física básica. Isso dificulta a introdução de temas como magnetismo e eletricidade nas séries iniciais.

Durante essa etapa, a curiosidade natural das crianças sobre o mundo ao seu redor pode ser um ponto de partida valioso para o desenvolvimento de habilidades científicas e para o incentivo ao pensamento crítico, que, segundo Shen [1], deve ser uma das preocupações primordiais no processo educacional, contribuindo para o desenvolvimento da capacidade analítica.

Por outro lado, nos anos finais do ensino fundamental, a situação na escola brasileira também não é muito diferente. A maior parte das aulas de ciências é ministrada por professores com formação em biologia, cuja graduação geralmente não contempla um aprofundamento em temas de física, especialmente em conceitos como eletricidade e magnetismo. Isso reflete um problema estrutural na formação docente: a falta de interdisciplinaridade e de um preparo específico para lidar com conteúdos científicos essenciais.

Neste artigo, buscamos possibilitar o acesso a recursos didáticos inovadores, como simuladores interativos e atividades experimentais lúdicas, como forma de minimizar essas lacunas e permitir que os professores explorem de maneira criativa e eficiente os conteúdos de física desde as séries iniciais até o 9º ano. Daremos maior ênfase aos aplicativos voltados para a compreensão de fenômenos elétricos e magnéticos.

2.2. Uso de simuladores PhET na formação continuada para automação educacional

Entre 2020 e 2022, durante a pandemia, oferecemos cursos de formação continuada para professores coordenadores dos Laboratórios de Educação Digital (LED) da SME-SP. O objetivo era capacitá-los para orientar e desenvolver projetos de automação com seus alunos, utilizando microcontroladores como o Arduino [6]. Para isso, era fundamental introduzir conceitos de eletrônica básica, já que a maioria desses professores, devido às suas áreas de formação, não possuía conhecimento prévio sobre corrente elétrica, diferença de potencial e resistência elétrica. Essa lacuna dificultava sua atuação na orientação de projetos, limitando a inovação e a criatividade dos estudantes na construção de protótipos.

Para apoiar essa formação, utilizamos os simuladores PhET, que proporcionaram um ambiente intera-

Ao priorizar a interatividade e o design acessível, o PhET tornou o aprendizado de conceitos científicos complexos mais intuitivo, eficiente e atraente

tivo para a exploração de conceitos fundamentais de eletricidade. O uso dessas ferramentas permitiu que os professores visualizassem fenômenos abstratos, testassem hipóteses e desenvolvessem maior segurança no ensino de circuitos elétricos e suas aplicações na automação. Em questionários e conversas, muitos professores relataram que, antes da capacitação, acreditavam que desenvolver circuitos elétricos e montagens era algo exclusivo para técnicos ou pessoas com habilidades avançadas na área [6]. O PhET ajudou a desmistificar essa percepção, tornando o aprendizado mais acessível e estimulante.

2.3. O erro como estratégia de aprendizagem nos simuladores PhET

É importante ressaltar que as simulações do projeto PhET utilizam o ensino por investigação, tratando o erro como uma etapa natural e essencial da aprendizagem. Segundo Lopes da Silva e cols. [7], o erro deve ser visto como uma oportunidade pedagógica, incentivando o aluno a questionar o fenômeno estudado, refletir sobre sua ocorrência e buscar ativamente sua compreensão. Dessa forma, ao modificar condições experimentais e confrontar as previsões iniciais com os resultados obtidos, os estudantes constroem uma trajetória cognitiva significativa, na qual o erro se torna um importante recurso didático para uma aprendizagem mais efetiva e profunda.

Ao longo dessas duas décadas de uso frequente dos aplicativos PhET, pudemos observar que os erros cometidos durante as aulas deixaram de ser motivo de preocupação ou cobrança, típicos de abordagens ins-

trucionistas e roteirizadas, e se transformaram em algo leve e divertido. Esse aspecto contribuiu para tornar o ambiente descontraído, acolhedor e cheio de entusias-

mo. A sala de aula torna-se um espaço onde os conceitos são explorados por meio de uma abordagem lúdica, transformando a experiência de aprendizado em algo memorável e profundamente gratificante. A troca de informações entre os alunos também ganha destaque, com cada participante compartilhando suas descobertas e interpretações sobre os fenôme-

nos, enriquecendo o processo de aprendizado coletivo.

É com esse olhar que faremos uso do PhET para explorar os conhecimentos em magnetismo.

Criamos uma página na internet [12] para hospedar videoaulas, tutoriais e outros recursos citados neste artigo (Fig. 1), além de subpáginas que serão continuamente atualizadas. Essas atualizações trarão novos experimentos, atividades e aplicações relacionadas ao tema, abordando diferentes níveis de complexidade e oferecendo informações complementares para ampliar o aprendizado, bem como apresentar novas abordagens aos professores, permitindo adaptações a diferentes realidades educacionais.

3. Magnetismo: suas implicações e aplicações

O ensino de física frequentemente se distancia dos alunos devido a aulas descontextualizadas e pouco interativas, focadas na mera resolução de exercícios. Essa abordagem transforma o aprendizado em um treinamento para avaliações, ou ainda em um ensino para a testagem, conhecido internacionalmente como *teaching for testing* [8]. As melhores escolas são aquelas que melhor preparam seus alunos para as provas e para

O erro deve ser visto como uma oportunidade pedagógica, incentivando o aluno a questionar o fenômeno estudado, refletir sobre sua ocorrência e buscar ativamente sua compreensão



Figura 1 - Captura de tela da página desenvolvida para postagens de material de apoio e suas subpáginas no menu superior (atualizada no dia 13/03/2025). Fonte: <https://sites.google.com/view/computacao-fisica/25-anos-fisica-na-escola>.

respostas corretas reproduzidas em exames locais, nacionais e internacionais, em vez de promover uma compreensão significativa dos fenômenos físicos. Moreira critica essa prática [8], destacando que ela limita o desenvolvimento do pensamento crítico e a aplicação prática dos conceitos, reduzindo a física a uma lista de fórmulas que devem ser memorizadas e aplicadas mecanicamente.

Para tornar as aulas mais dinâmicas e cativantes, é essencial colocar o aluno como protagonista no processo de aprendizado, incentivando a construção ativa do conhecimento e a compreensão dos fenômenos de forma que ele identifique suas aplicações práticas no cotidiano. A pergunta “Por que estamos estudando magnetismo?” é essencial nesse contexto, pois permite contextualizar o tema e conectá-lo ao mundo real de maneira prática e significativa. Exemplos concretos, como sua aplicação em tecnologias médicas, na geração de energia, na despoluição da água e em sistemas de navegação, ajudam a tornar conceitos abstratos mais tangíveis. Outro exemplo próximo aos estudantes do século XXI reside em sistemas de localização, como o GPS (*global positioning system*), que, embora dependa principalmente de sinais de satélite, conta com sensores magnéticos, como bússolas eletrônicas, para complementar a orientação em ambientes fechados ou áreas com baixa cobertura de sinal. Essa integração reforça a importância do magnetismo em tecnologias modernas.

Essa abordagem possibilita aulas interativas, adaptadas às necessidades e aos interesses de cada turma, permitindo ao professor ajustar a ordem dos conteúdos para explorar melhor a curiosidade dos alunos. Com estratégias dessa natureza, o aprendizado deixa de ser um exercício mecânico e torna-se uma experiência rica e significativa, capaz de despertar o interesse pela ciência e suas inúmeras implicações para a vida cotidiana e o futuro tecnológico.

Reservamos algumas aplicações interessantes, tais como:

1. *Magnetismo é essencial para manter a vida no planeta:* o campo magnético terrestre atua como um escudo protetor contra partículas carregadas provenientes do vento solar. Esse vento, composto por radiação e partículas emitidas pelo Sol, poderia causar danos graves à atmosfera e aos seres vivos, incluindo interferências em sistemas de comunicação e aumento na exposição a radiação nociva. Uma das manifestações mais visíveis desse processo de proteção é a aurora boreal (no Hemisfério Norte) e a aurora austral (no Hemisfério Sul). Esses fenômenos ocorrem quando partículas carregadas do vento solar conseguem penetrar nas regiões próximas aos polos magnéticos da Terra e interagem com gases da

atmosfera, como oxigênio e nitrogênio. Essa interação gera luzes coloridas no céu, criando um espetáculo visual único e fascinante.

2. *Magnetismo e tecnologias médicas:* o magnetismo é amplamente utilizado na área médica, com destaque para a ressonância magnética (RM). Esse exame de imagem utiliza campos magnéticos potentes para alinhar os prótons no corpo humano. Quando um pulso de radiofrequência é aplicado, esses prótons emitem sinais que são captados e transformados em imagens detalhadas dos tecidos internos. A ressonância magnética é essencial para diagnosticar doenças neurológicas, musculoesqueléticas e cardiovasculares, dentre outras.
3. *Magnetismo e geração de energia:* o magnetismo é um princípio fundamental nos geradores elétricos. Em usinas hidrelétricas, por exemplo, turbinas movimentam ímãs que giram em torno de bobinas de fios condutores. Esse movimento cria um campo magnético variável, induzindo uma corrente elétrica nas bobinas, que é então distribuída como energia elétrica. Esse processo, baseado na lei da indução eletromagnética de Faraday, é responsável por grande parte da energia que consumimos diariamente.
4. *Magnetismo e despoluição da água:* o uso de campos magnéticos para a despoluição da água envolve a modificação das propriedades químicas e físicas das partículas contaminantes, facilitando sua remoção [9, 10]. Por exemplo, nanopartículas magnéticas modificadas quimicamente podem capturar microplásticos [9] ou metais pesados na água. Essas partículas, ligadas aos poluentes, são posteriormente removidas usando ímãs. Esse método é eficiente e sustentável, contribuindo para a limpeza de recursos hídricos com menor impacto ambiental em comparação a métodos tradicionais, que, em geral, são mais invasivos e podem causar danos adicionais ao ambiente.
5. *Magnetismo, sistemas de navegação e GPS (*global positioning system*):* sensores magnéticos, como bússolas eletrônicas, utilizam o campo magnético terrestre para determinar direções e orientar movimentos. Esses sensores são essenciais em dispositivos modernos de navegação, como smartphones, permitindo que os usuários identifiquem rapidamente sua orientação. Em aplicações avançadas, como em navios ou aviões, sistemas de navegação magnética complementam as tecnologias de GPS, garantindo alta precisão mesmo em ambientes onde o sinal de satélite é fraco ou inexistente. Enquanto o sinal dos satélites fornece coordenadas geográficas, os sensores magnéticos garantem orientação em ambientes fechados ou locais com baixa conectividade. Isso é fundamental em aplicati-

Para tornar as aulas mais dinâmicas e cativantes, é essencial colocar o aluno como protagonista no processo de aprendizado, incentivando a construção ativa do conhecimento

vos de geolocalização, transporte e operações de resgate.

6. *Magnetismo no transporte dos trens-bala*: os trens de alta velocidade baseados em levitação magnética [I.3],² conhecidos como *MagLev* (*magnetic levitation*), é uma das aplicações mais impressionantes do magnetismo no transporte [I.4].³ Esses trens utilizam fortes campos magnéticos para suspender, guiar e impulsionar os vagões sobre os trilhos, eliminando o atrito mecânico e permitindo velocidades muito superiores às dos trens tradicionais. O Shanghai MagLev, na China, é um dos exemplos mais conhecidos. Ele conecta o Aeroporto Internacional de Pudong ao centro da cidade, alcançando velocidades de até 430 km/h, sendo o primeiro *MagLev* comercial em operação no mundo. É sempre bom destacar as contribuições e resultados de pesquisas nacionais e, nesse caso, destaca-se um projeto brasileiro para o desenvolvimento de um *MagLev*. No Brasil, temos o projeto *Maglev-Cobra* [I.5],⁴ da UFRJ, que certamente traria inúmeros benefícios para o transporte nas cidades, devido ao seu custo-benefício aliado à sustentabilidade que esse tipo de tecnologia proporciona.
7. *Armadilhas magnéticas*: existem vários métodos distintos para produzir armadilhas magnéticas. A seguir, citamos três dos tipos mais conhecidos:
 - a. *Armadilhas de quadrupolo magnético*: confinam partículas no centro do quadrupolo, região em que o campo é fraco, permitindo o confinamento de átomos em estados específicos e reduzindo a temperatura. São utilizadas em aplicações como computação quântica e experimentos de física de baixas temperaturas.
 - b. *Armadilhas magneto-ópticas* (MOT): combinam campos magnéticos e feixes de laser polarizados para confinar átomos neutros. O campo magnético cria um gradiente que varia a frequência do laser conforme a posição do átomo. Essa técnica permite aprisionar átomos em temperaturas extremamente baixas. Simulação disponível em [I.6]. Suas aplicações são semelhantes às das armadilhas de quadrupolo magnético.
 - c. *Armadilhas por campos magnéticos rotativos* [I.7]:⁵ esse método, como no estudo de Hamdi Ucar [11], utiliza campos magnéticos cíclicos (rotativos e não homogêneos). Esses campos criam forças dinâmicas que equilibram momentos magnéticos de corpos inerciais, resultando em um estado de equilíbrio dinâmico sem contato físico. Com o avanço tecnológico, é plausível a transição dessas técnicas para escalas atômicas e moleculares, abrindo possibilidades inovadoras em biomedicina. Um exemplo promissor seria o uso de nanopartículas magnéticas criadas para localizar e aprisionar células cancerígenas. Após serem detectadas

por métodos como a ressonância magnética, essas células poderiam receber medicamentos direcionados, minimizando os efeitos colaterais em tecidos saudáveis. Estudos preliminares sobre nanotecnologia magnética e medicina personalizada indicam que essa abordagem pode ser viável no futuro, embora desafios como o controle preciso das interações magnéticas e a biocompatibilidade das nanopartículas ainda precisem ser superados.

Esses exemplos demonstram como o magnetismo, apesar de suas concepções abstratas, está presente em tecnologias fundamentais que impactam diretamente a vida moderna. Desde diagnósticos médicos até soluções ambientais e sistemas de transporte, suas aplicações ajudam a resolver problemas reais de forma inovadora e eficiente. Explorar esses usos práticos torna o aprendizado mais significativo, concreto e envolvente para os estudantes, conectando os conceitos teóricos a sua utilidade no mundo real. Para aprofundamento, disponibilizamos vídeos e artigos complementares sobre cada uma dessas aplicações, acessíveis nas subpáginas indicadas na Fig. 1, assim como nas notas de rodapé.

4. Estratégias metodológicas para tratar o conteúdo sobre magnetismo usando diferentes recursos digitais e analógicos (REMIX)

Em primeiro lugar, é essencial avaliar a faixa etária dos estudantes para determinar o nível de complexidade com que o tema será abordado. Para iniciar o estudo sobre o magnetismo, é importante engajar os alunos em uma dinâmica interativa. Você pode optar por duas abordagens: incentivar uma pesquisa livre sobre diferentes aplicações do magnetismo ou selecionar previamente algumas aplicações relevantes e apresentá-las como ponto de partida para discussão. A escolha dependerá do tempo disponível e dos objetivos da aula, entre outros fatores.

- Se optar por apresentar aplicações pré-selecionadas, divida os alunos em equipes e sorteie uma aplicação para cada grupo. Forneça a cada equipe um cartão de atividade contendo informações básicas sobre a aplicação sorteada e algumas perguntas-chave que orientem a pesquisa e a discussão. Essa dinâmica inicial, que incentiva os estudantes a explorar aplicações sem um contato prévio detalhado sobre o tema, desempenha um papel fundamental no levantamento de dúvidas e questões genuínas. Perguntas como “Como funciona essa aplicação?”, “De onde vem o campo magnético?”, “Podemos ver o campo magnético?” ou mesmo “O que é um campo?” surgem naturalmente nesse processo e devem ser valorizadas como parte essencial das apresentações de cada equipe. Não é o(a) professor(a) que fará essas perguntas; a proposta é criar situações para que

essas e outras questões possam emergir naturalmente.

- Mais do que oferecer respostas prontas, essa abordagem fomenta a curiosidade e cria um espaço onde o ato de perguntar é tão importante quanto encontrar respostas. Afinal, a ciência não é apenas um conjunto de respostas, mas um campo movido por boas perguntas, aquelas que desafiam nosso entendimento e nos impulsionam a buscar mais. Esperamos que, dessa forma, possamos promover não apenas a compreensão conceitual, mas também o desenvolvimento de competências essenciais para formar indivíduos questionadores, criativos e capazes de enfrentar desafios complexos no mundo real. O importante é ter sempre em mente as habilidades que devem ser trabalhadas em cada etapa do aprendizado.
- Após a pesquisa e a discussão em equipe, cada grupo pode organizar suas ideias em um cartaz. O cartaz pode ser analógico, feito em papel, ou digital, utilizando ferramentas como Google Slides, Padlet⁶ ou Miro⁷. No caso do formato digital, você pode criar uma pasta compartilhada no Google Drive com links organizados para cada equipe, onde elas podem incluir suas contribuições. É importante solicitar aos estudantes a identificação do tema da aplicação, o nome dos participantes da equipe e o link do arquivo produzido, para que todos possam acessar o material e participar integralmente das discussões.
- Ao final da atividade, as equipes podem apresentar suas descobertas para a turma.⁸ Essa atividade deve funcionar como um disparador para o estudo do tema; não temos nenhuma pretensão de aprofundamento nesse momento. Se o tempo for curto, as apresentações podem ser realizadas na aula seguinte. Mesmo no caso de cartazes físicos, peça que os alunos fotografem seus trabalhos e insiram as imagens no arquivo digital coletivo. Ao concluir todas as publicações, bloqueie o arquivo para edição e permita apenas a visualização, garantindo que nenhuma contribuição seja perdida e que o material possa ser acessado por todos como referência futura.

Essa metodologia combina pesquisa, interação em grupo e o uso de mídias variadas, promovendo um aprendizado colaborativo e dinâmico sobre o magnetismo.

A título de exemplo, consulte o endereço de internet [I.6] nas referências. Nesse link, você terá acesso a diferentes exemplos de cartões de atividades com as respectivas postagens, além de resoluções em Padlet, Slides e apresentações na plataforma Miro.

5. Propostas experimentais e simulações motivadoras

5.1. Tornando visível o invisível

A curiosidade dos estudantes pode ser despertada ao explorar um fenômeno aparentemente invisível: o

campo magnético ao redor dos ímãs. Para isso, propomos atividades experimentais que permitam visualizar o que os olhos não conseguem captar diretamente. O primeiro passo é observar a propriedade dos ímãs de atrair alguns materiais, como pregos ou clipes, enquanto outros, como pedaços de plástico ou madeira, não sofrem nenhuma influência. Essa diferenciação inicial já indica que algo está acontecendo ao redor do ímã.

Essa “presença invisível” pode ser explorada usando limalhas de ferro. As limalhas revelam as *linhas de campo magnético* responsáveis pela interação entre o ímã e os materiais ao seu redor. Para essa atividade, oferecemos duas opções de limalhas: uma versão bem fina, ideal para detalhar as linhas em alta resolução, e outra formada por miniaturas de “moedas”, que fornece uma visão mais generalizada.

O experimento começa com a comparação entre os padrões de linhas de campo gerados por ímãs de diferentes formatos, como barra, ferradura e anel (Figs. 2-4). Com as limalhas espalhadas sobre uma superfície transparente e com papel sulfite abaixo, basta colocar o ímã abaixo da placa ou próximo para que elas se alinhem, desenhando as linhas de campo (vídeo disponível no endereço de internet [I.8]). Observamos que há maior concentração de linhas bem próximo aos polos do ímã de barra, onde o campo magnético é mais intenso. À medida que nos afastamos, as linhas tornam-se mais espaçadas, indicando a diminuição da intensidade (ou fluxo do campo magnético). Podemos também verificar com uma bússola a direção e o sentido no plano 2D dessas linhas de campo. Na simulação PhET, observamos o campo magnético gerado por um ímã de

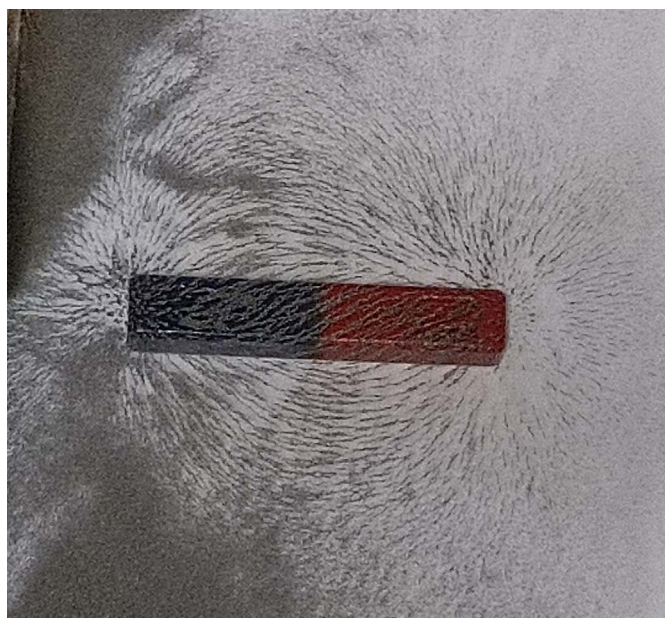


Figura 2 - ímã em formato de barra de ferrite. Observe a produção dessa imagem no vídeo disponível no endereço de internet [I.7]



Figura 3 - Visualização das linhas de campo para ímã ferradura. O Vídeo disponível no endereço de internet [1.8]



Figura 4 - Ímãs de neodímio em forma de anel.

barra, representado por linhas de campo com setas indicando a direção do vetor campo magnético (Fig. 5). A bússola virtual permite visualizar a orientação do campo em diferentes posições. Comparando com a (Fig. 2), que mostra a experiência real com limalha de ferro ao redor de um ímã, percebe-se que ambas as representações seguem o mesmo padrão de distribuição do campo magnético, evidenciando a coerência entre a simulação digital e o experimento físico real. Mas algo que é de extrema importância é perceber que essas representações virtual e real indicam não apenas o padrão de distribuição, mas mostram a direção e o sentido do campo magnético, reforçando a ideia de que suas linhas não têm início nem fim - são sempre curvas fechadas.

O fato de integrar experimentos práticos com simulações, comparando os padrões de linhas de campo gerados digitalmente com os obtidos nos experimentos reais, permite visualizar o invisível de forma mais abrangente, conectando teoria e prática de maneira interativa e engajadora.

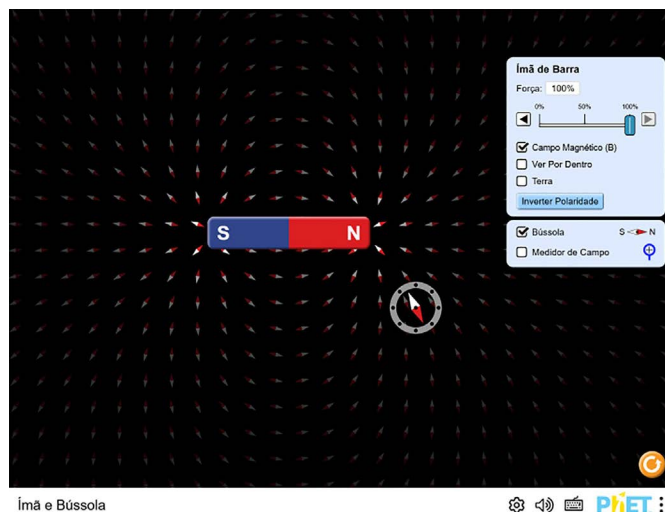


Figura 5 - Simulador Phet, indicando sentido e direção das linhas de campo magnético, as linhas saem do polo norte e chegam ao polo sul. Numa comparação da observação por meio do simulador com a distribuição das linhas de campo magnético visualizado por meio das limalhas de ferro da Fig. 2, as linhas de campo saem do polo norte e se direcionam para o polo Sul, fechando-se em si mesmas.

Para ampliar a experiência, é possível utilizar água como meio entre o ímã e as limalhas (Figs. 6a e 6b). Essa abordagem tridimensional permite que os estudantes percebam como as linhas de campo se distribuem em todas as direções ao redor do ímã, reforçando a ideia de que o campo magnético é um fenômeno espacial.

Para uma melhor compreensão desse experimento, disponibilizamos um vídeo para visualização em 3D das linhas de campo magnético [1.9]. Além disso, você



Figura 6 - a. Limalhas de ferro diluídas em água, com polos dos ímãs posicionados de modo a promover repulsão. Face norte de ambos para a parte interna da superfície de vidro. b. Limalhas de ferro diluídas em água com polos opostos posicionados na superfície interna do vidro, promovendo atração.

pode encontrar no endereço de internet [L.10] as relações matemáticas que expressam a não existência de monopolos magnéticos, diferentemente das relações matemáticas que associamos ao campo elétrico, que expressam a existência de fontes e sumidouros de linhas de campo elétrico, ou seja, a existência de cargas positivas e negativas, respectivamente.

5.2 Reconhecendo a polaridade dos ímãs e explorando a flutuação magnética

O fascínio que o magnetismo desperta é inegável, especialmente pelo comportamento intrigante e muitas vezes inesperado das substâncias magnéticas. Para explorar esse fenômeno de maneira lúdica e educativa, propomos duas atividades práticas que aliam aprendizado e diversão, criando um ambiente leve e descontraído que estimula o desenvolvimento do pensamento científico.

- a. Na primeira proposta, vamos reconhecer a polaridade dos ímãs e observar o comportamento ao aproximar dois ímãs com polaridades iguais e opostas. Para tornar essa atividade ainda mais interessante, sugerimos a construção de carrinhos magnéticos, feitos a partir de barras magnéticas fixadas em pequenas rodas (como mostrado na Fig. 7). Esses carrinhos não apenas permitem explorar a interação entre polos iguais (que se repelem) e polos opostos (que se atraem), mas também trazem uma dinâmica de engajamento: organize corridas entre as

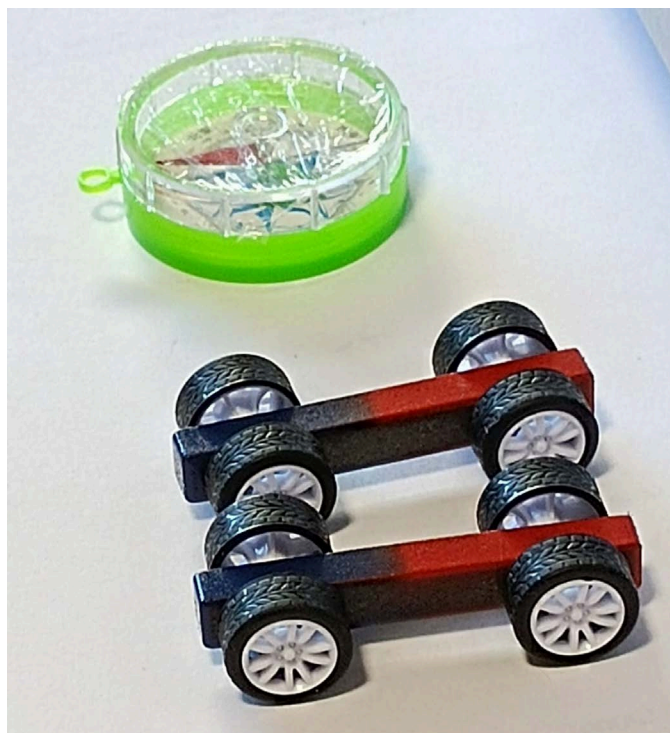


Figura 7 - Carrinhos construídos a partir de barras magnéticas.

equipes. O desafio inicial é construir o carrinho mais veloz, mas a reflexão vai além. Pergunte aos estudantes: *A velocidade depende apenas da construção realizada? O que mais pode influenciar o desempenho do carrinho?*

Essas questões despertam a curiosidade e incentivam a análise crítica. Para responder a essas questões, os alunos, em suas equipes, discutem os fatores que podem estar relacionados à redução da velocidade dos carrinhos. Logo percebem que a intensidade do campo magnético, o alinhamento entre os polos dos dois ímãs e o atrito de rolamento das rodas influenciam diretamente nesse movimento. Para complementar, recomendamos o vídeo [L.11] “Introdução ao magnetismo”. Na segunda proposta (Fig. 8), vamos abordar a fascinante flutuação magnética, exemplificada pelo experimento do Levitron [L.12] (item 3). Esse experimento pode ser montado utilizando-se seis ímãs em forma de anel, um lápis para encaixar dois anéis e os outros quatro posicionados em uma base. Quando corretamente alinhados, os ímãs criam uma força de repulsão suficiente para fazer o lápis “flutuar” no ar. Essa demonstração é irresistível para crianças de todas as idades - dos 3 aos 100 anos - e inevitavelmente surge a pergunta: *Que força é essa que permite a levitação?*

O Levitron oferece uma oportunidade única de discutir conceitos como repulsão magnética, equilíbrio e estabilidade. Além disso, é um experimento simples de reproduzir, acessível e altamente eficaz para despertar a curiosidade dos estudantes sobre os fenômenos invisíveis que regem o magnetismo.

Essas atividades não só divertem, mas também introduzem conceitos científicos importantes de maneira prática e envolvente. Ao promover um ambiente onde a interação, a reflexão e a exploração sejam valorizadas, proporcionamos aos estudantes as ferramentas para que desenvolvam um pensamento científico sólido, enquanto descobrem que a ciência pode ser leve, divertida e fascinante.

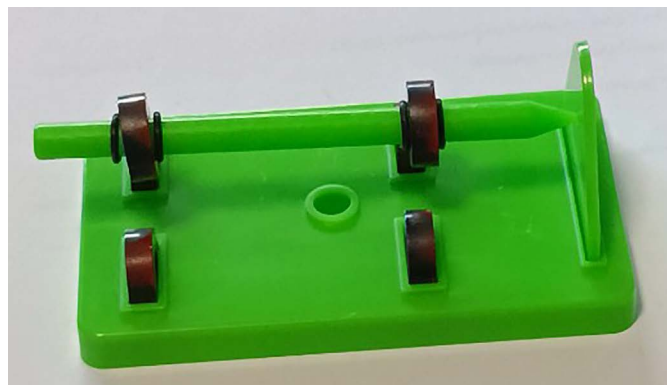


Figura 8 - Levitron flutua devido ao posicionamento adequado dos ímãs que promovem a repulsão entre os ímãs da base e os ímãs dispostos no “lápis”.

b. Tubo antigravidade

O experimento do chamado “tubo antigravidade” é uma daquelas experiências que surpreendem profundamente quem o observa ou realiza. Imagine lançar um pequeno e poderoso ímã de neodímio dentro de um tubo de alumínio e perceber que, em vez de cair rapidamente como seria esperado, ele desce lentamente, como se estivesse flutuando em uma espécie de gravidade reduzida. Para muitos, é como assistir a algo mágico. Na verdade, estamos diante de um fenômeno físico extremamente elegante e explicável pela lei de Lenz. Esse é o tipo de experimento simples, de baixo custo, mas que proporciona uma experiência inesquecível tanto para quem o observa quanto para quem o executa.

As Figs. 9a e 9b ilustram a montagem do experimento, e o vídeo disponível na página “Propostas experimentais e simuladores” (item 4) demonstra o efeito visual da queda vagarosa do ímã de neodímio.

A Fig. 9a ilustra a montagem do tubo de alumínio, bem como a câmera posicionada para filmar a queda do ímã. Na parte inferior do tubo, utilizamos a lanterna de um celular para melhor visualização. A Fig. 9b mostra os ímãs de neodímio que serão utilizados para a queda e, ao lado desses ímãs, uma peça sem qualquer imantação, para que possamos mostrar a diferença no tempo de queda entre os ímãs de neodímio e a peça sem imantação.

Finalmente, a Fig. 9c mostra uma foto registrada pela câmera durante a queda dos ímãs de neodímio da Fig. 9b. Note o furo central do ímã (a peça fica mais escura com o furo central mais iluminado). De preferência,

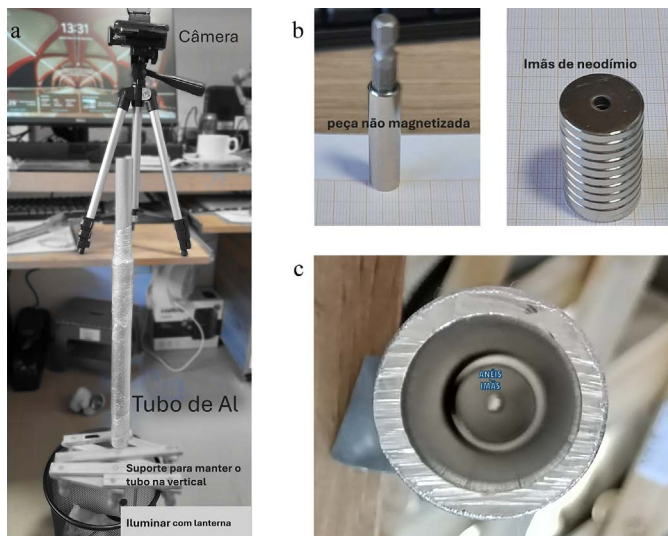


Figura 9 - a. montagem do tubo de alumínio e uma câmera posicionada para filmar a queda do ímã. b. ímãs de neodímio e peça sem qualquer imantação. Os ímãs de neodímio são anelares. c. foto registrada pela câmera durante a queda dos ímãs de neodímio da Fig. 9b. Note o furo central do ímã. De preferência escolha tubos com espessuras de no mínimo 2 mm.

rência, escolha tubos com espessuras de no mínimo 2 mm, para criar força eletromotriz com intensidade suficiente para induzir um campo magnético que seja capaz de frear os ímãs em queda.

O segredo por trás dessa desaceleração está nas correntes induzidas que surgem no alumínio. A presença do ímã em movimento cria um campo magnético variável no tubo, gerando correntes elétricas circulares, chamadas correntes de Foucault. Essas correntes, por sua vez, geram campos magnéticos que se opõem ao movimento do ímã, como previsto pela lei de Lenz.

A lei de Lenz, que rege o comportamento de sistemas eletromagnéticos, é expressa matematicamente por

$$\mathcal{E}_{\text{em}} = - \frac{d\phi_B}{dt},$$

onde $\frac{d\phi_B}{dt}$ corresponde à variação do fluxo magnético com o tempo (quando movimentamos o ímã). O sinal negativo na equação não está ali por acaso: ele representa exatamente esse caráter de oposição (ver item 4a pagina; “Propostas experimentais e simuladores”). Quando o ímã se aproxima do tubo, o campo magnético gerado pelas correntes no alumínio age para repelir o ímã. Por outro lado, quando o ímã tenta se afastar, o campo gerado atua para trazê-lo de volta, sempre resistindo ao movimento do ímã. Esse efeito não apenas desacelera o ímã, mas também demonstra de forma marcante como a física se manifesta no cotidiano, de maneira acessível e visualmente impactante.

As Figs. 10a e 10b mostram um paralelo entre o simulador e o experimento real. É importante observar que, para esse experimento, os valores obtidos de tensão ou corrente dependem do ímã utilizado, número de espiras da bobina, área da bobina, velocidade com a

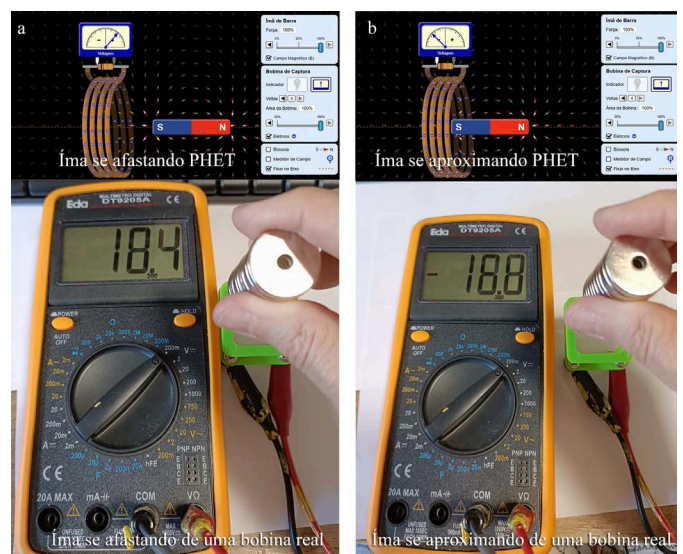


Figura 10 - a. simulador Phet e experimento real, ímã afastando-se. b. simulador PHET e experimento real, ímã aproximando-se da bobina

qual o ímã é deslocado, espessura do tubo de alumínio (ou cobre), eixo de deslocamento do ímã etc. No simulador, você pode observar a dependência do número de espiras e a área oferecida. Para o experimento real, procure utilizar ímãs de neodímio, que fornecem um fluxo bem maior.

Ao movimentar o ímã próximo à bobina, surgem correntes induzidas que geram campos magnéticos que se opõem à variação de fluxo do campo externo, evidenciando a lei de Lenz.

Está disponível na página “propostas experimentais e simuladores” (item 4.2) ou no endereço de internet [L14] um vídeo que mostra claramente a desaceleração de ímãs de neodímio em queda em um tubo de alumínio.

Trazar experimentos como esse para os alunos não é apenas uma maneira de ensinar física; é também uma oportunidade de encantá-los e engajá-los. Ao vivenciarem experiências como o tubo antigravidade, os estudantes desenvolvem uma percepção intuitiva de conceitos abstratos, além de perceberem o quanto uma equação pode representar uma realidade física. Experimentos como esse despertam a curiosidade, promovem discussões e ajudam a construir uma compreensão mais profunda da física, fazendo da sala de aula um espaço de descoberta, emoção e aprendizado. Exemplos de experimentos igualmente simples podem ser visualizados no artigo de Luiz Rios e coautores, disponível na Ref. [12], tais como: motor simples, relé de temperatura com fita de papel alumínio, labirinto elétrico, guindaste eletromagnético e freio magnético, entre outros.

6. Explorando o magnetômetro: localização do sensor e análise do movimento rotacional com atrito

6.1. Localização do sensor magnético no smartphone

O magnetômetro embutido nos smartphones é uma ferramenta poderosa e acessível para realizar medições de campo magnético, tornando-se uma ponte entre a tecnologia do dia a dia e a ciência experimental. Antes de utilizá-lo para análise do movimento rotacional com atrito, é essencial determinar a posição desse sensor no dispositivo. Para isso, sugerimos uma atividade prática inspirada no vídeo do prof. Breno Marques, da UFABC⁹, que orienta como localizar o magnetômetro de forma indireta, sem abrir o aparelho.

Essa etapa inicial não é apenas técnica, mas tem caráter educativo, pois ilustra como a ciência frequentemente investiga fenômenos invisíveis por meio de interações e medições indiretas. Assim como os cientistas mapeiam partículas subatômicas a partir de seus efeitos, os estudantes utilizam o aplicativo *Phyphox*¹⁰ para explorar as interações magnéticas e identificar a

localização do sensor. O processo envolve mover um ímã ao redor do celular, observando as leituras no aplicativo. A posição do magnetômetro no aparelho celular será identificada quando os valores de campo magnético nos eixos B_x e B_y se aproximarem simultaneamente de zero, indicando a neutralização do campo detectado.

A Fig. 11a mostra os eixos x , y e z para o smartphone e a Fig. 11b mostra o posicionamento obtido para o magnetômetro do dispositivo utilizado para o estudo do movimento rotacional.

De acordo com os resultados obtidos, indicados na Fig. 11b, o magnetômetro está localizado na parte superior do dispositivo, próximo à câmera frontal. Essa localização é coerente com o design típico de smartphones, já que essa região é estrategicamente escolhida para *minimizar interferências de campos magnéticos internos* gerados por outros componentes do aparelho, como o processador, a bateria ou o sistema de carregamento.

Por ser um sensor sensível, o magnetômetro precisa estar em uma área onde as emissões eletromagnéticas internas sejam reduzidas, garantindo medições mais precisas e confiáveis. A parte superior do smartphone costuma apresentar menor densidade de componentes eletrônicos críticos e fontes de interferência magnética, como alto-falantes e motores de vibração, que geralmente se localizam na parte inferior ou central do aparelho.

Esse posicionamento também facilita a integração com funcionalidades como aplicativos de navegação, que utilizam o magnetômetro para detectar o norte

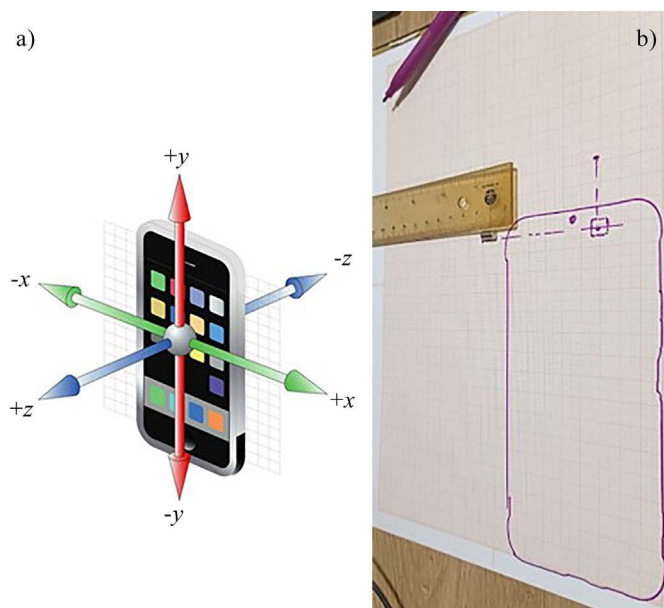


Figura 11 - a. eixos x , y e z para os dispositivos móveis. A origem dos eixos em nosso caso está localizada sobre o sensor magnético. b. localização do sensor magnético; parte superior próximo à câmera frontal.

magnético e auxiliar no mapeamento e na orientação. Reforçar essa explicação com os resultados experimentais ajuda a conectar a prática à teoria, mostrando aos alunos como o design tecnológico incorpora conceitos fundamentais da física para otimizar o desempenho de dispositivos cotidianos.

6.2. Análise do movimento rotacional de um spinner

Com o magnetômetro localizado, passamos ao experimento principal, que consiste em analisar um movimento rotacional com atrito. Para isso, vamos utilizar um *spinner*.

O *spinner* é um pequeno objeto giratório, geralmente utilizado como brinquedo ou ferramenta para aliviar o estresse. Sua estrutura é composta por rolamentos centrais que permitem um movimento de rotação suave, tornando-se uma excelente ferramenta para explorar conceitos físicos como movimento rotacional, velocidade angular e os efeitos do atrito. Quando aparamos um ímã a um spinner, ele se transforma em um recurso experimental capaz de conectar de maneira prática e visual conceitos de magnetismo e dinâmica.

Nesse experimento, utilizamos um *spinner* com um ímã fixado em sua estrutura para visualizar as variações no campo magnético geradas pelo movimento do ímã ao longo do tempo. A medição foi realizada nos três eixos (x , y e z), capturando as variações das componentes do campo magnético (x , y e z), enquanto o *spinner* gira e reduz gradativamente sua velocidade devido ao atrito. A Fig. 12 mostra essa montagem com o *spinner* disposto ao lado, com o ímã na altura y do posicionamento do sensor.

A Fig. 13 mostra como os dados coletados pelo magnetômetro permitem acompanhar a evolução temporal das componentes do campo magnético nos três eixos. Observa-se claramente que as distâncias entre os picos sucessivos aumentam gradativamente, o que evidencia a redução da velocidade de rotação do *spinner*. Esse fenômeno ocorre devido ao atrito presente no eixo de rotação, que dissipa a energia mecânica do sistema ao longo do tempo.

Outro ponto interessante é que, para todos os eixos, as curvas obtidas apresentam o mesmo padrão, uma vez que o único agente responsável é o movimento do ímã de neodímio. A intensidade do campo magnético pode apresentar variações, uma vez que depende de quão distante está o ímã de cada eixo, mas sua resposta em relação ao tempo é a mesma, independentemente do eixo analisado. Essas observações devem ser analisadas pelos estudantes. Para facilitar essas e outras conclusões, podemos direcionar a trajetória de investigação em sala de aula, propondo questões aos estudantes. A conduta do professor(a) em sala de aula depende muito dos perfis dos estudantes e dos objetivos pedagógicos atrelados à atividade proposta.

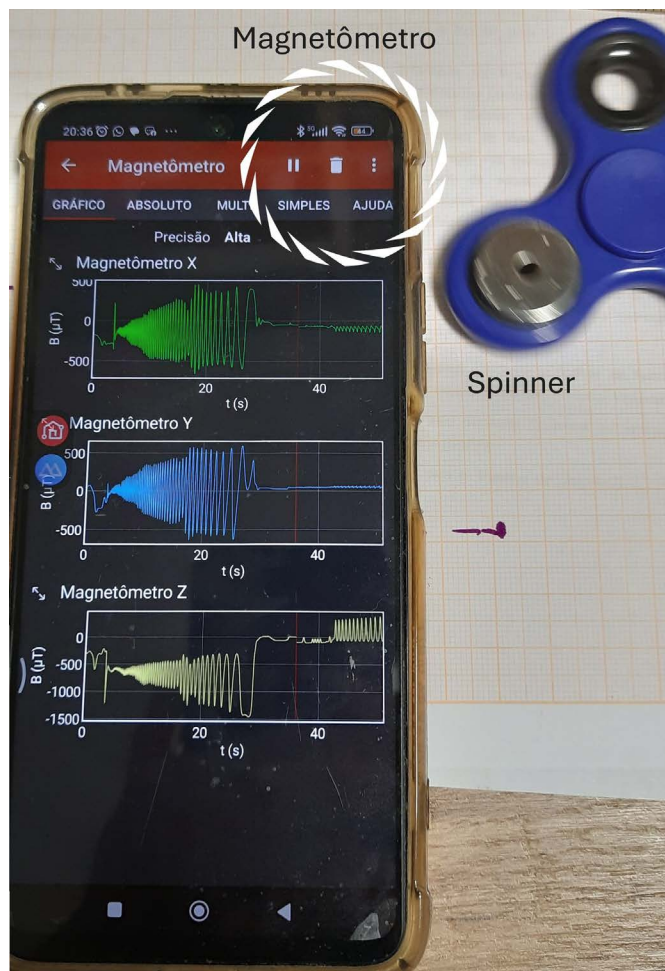


Figura 12 - montagem para análise de um sistema dinâmico e a observação da redução de velocidade com o tempo.

As Figs. 14a, b e c detalham os intervalos de tempo entre os valores máximos/mínimos das medidas de campo magnético em cada eixo, variando desde 259,98 ms até 6,66 s ao final do movimento. Esse dado revela, de forma indireta, a desaceleração do *spinner* e o papel do atrito no sistema. O tempo total de movimento foi aproximadamente 56 s, permitindo aos estudantes correlacionar o espaçamento crescente entre os picos com a diminuição progressiva da velocidade angular.

Esse experimento qualitativo ilustra uma estratégia inteligente para *determinar a velocidade* de um sistema em movimento rotacional por meio das variações no campo magnético geradas pela aproximação e pelo afastamento do ímã. O uso do magnetômetro do smartphone, posicionado corretamente com base em sua localização identificada, garante medições precisas e consistentes em todos os eixos. Isso proporciona um padrão de comportamento semelhante nas três componentes do campo magnético, fortalecendo a análise experimental.

Além de explorar conceitos fundamentais da física, como atrito e movimento rotacional, essa proposta

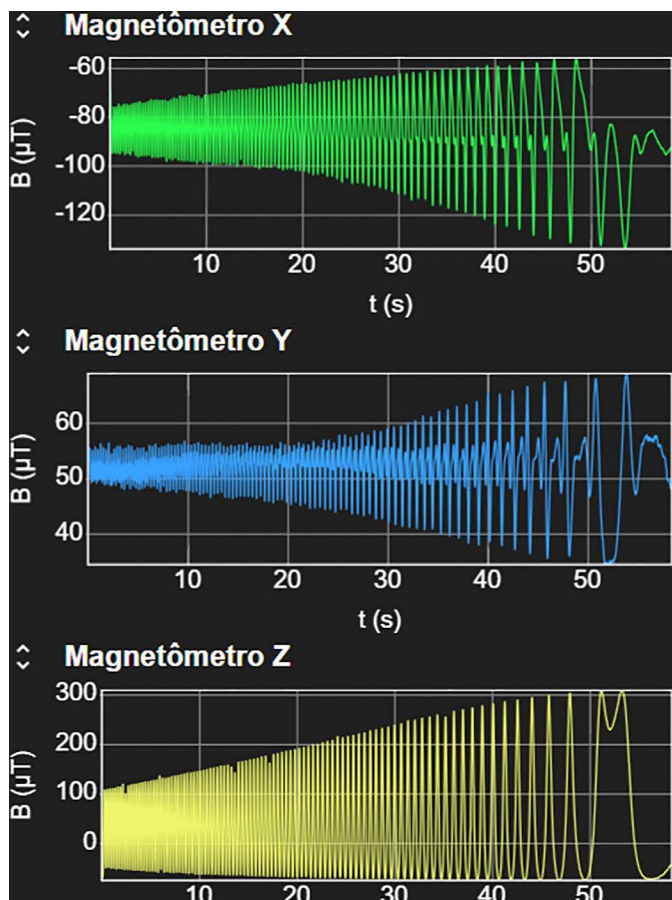


Figura 13 - Dados obtidos para um *spinner* com um ímã de neodímio em uma de suas extremidades (usando aplicativo com aquisição na tela do PC).

mostra como podemos transitar entre diferentes áreas da física utilizando sensores. A grandeza a ser investigada depende apenas do foco do experimento: aqui, a velocidade foi estudada por meio da variação do campo magnético no tempo. Isso reforça o papel da

ciência em oferecer métodos criativos e acessíveis para medir e analisar grandezas distintas, utilizando ferramentas tecnológicas modernas, como os sensores dos smartphones.

Por fim, a idealização de experimentos envolvendo sensores abre um campo vasto de investigação que demanda criatividade e curiosidade, aproximando os estudantes do verdadeiro espírito científico. A combinação entre coleta de dados em tempo real, análise gráfica e interpretação dos resultados permite uma experiência completa, transformando a sala de aula em um ambiente dinâmico e investigativo.

O vídeo explicativo completo sobre esta atividade estará disponível na página “Propostas experimentais e simulações” (item 5), detalhando cada etapa, desde a localização do magnetômetro até a análise dos gráficos. Propostas como essa mostram que a ciência é mais do que teorias: é um processo vivo de investigação, onde perguntas e interações nos levam a compreender o mundo ao nosso redor.

Esse experimento oferece uma oportunidade única de desenvolver habilidades investigativas, como coleta de dados, construção e interpretação de gráficos e aplicação de conceitos teóricos em situações práticas. Ao utilizar um dispositivo cotidiano como instrumento de medição científica, os alunos têm a chance de vivenciar o papel de um cientista, investigando fenômenos de maneira lógica e sistemática. A atividade também transforma a sala de aula em um ambiente de criatividade e descoberta, conectando os estudantes a métodos e técnicas fundamentais para o desenvolvimento do pensamento crítico.

7. Considerações finais

Este artigo é, acima de tudo, um reencontro com as raízes de *A Física na Escola* e uma complementação ao artigo “Magnetismo para crianças” publicado no primeiro volume, há 25 anos. Naquele momento inicial, a

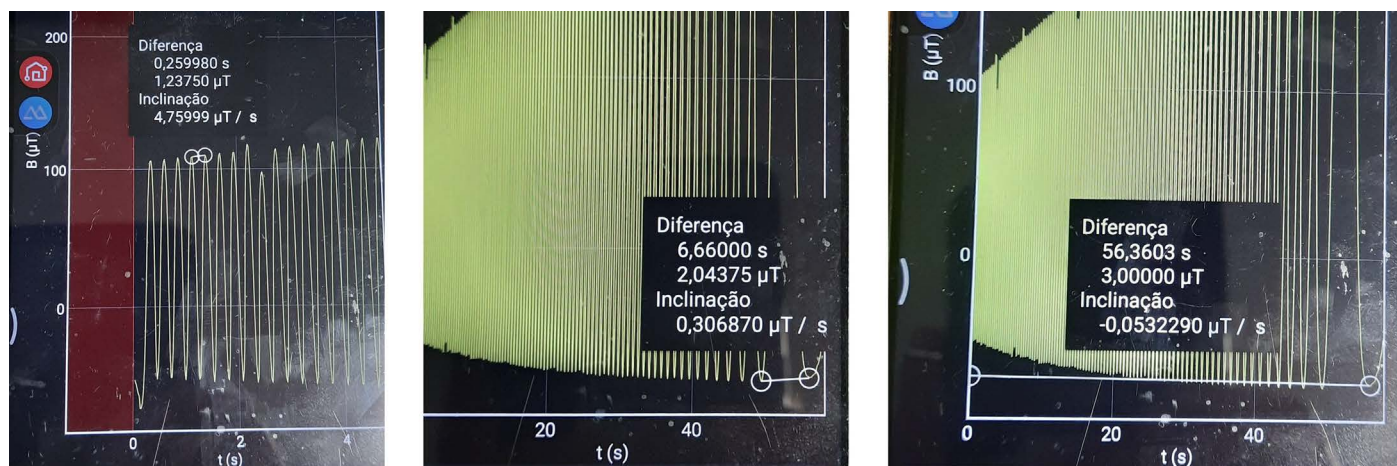


Figura 14 - a. intervalo de tempo no início do movimento, 259,9 ms (captura de tela do smartphone). b. intervalo de tempo ao final do movimento, 6,6 s. (captura de tela do smartphone). c. intervalo de tempo total do movimento do início até a parada do *spinner* (captura de tela do smartphone).

física do magnetismo foi introduzida por meio de atividades práticas e lúdicas, como uma forma de despertar a curiosidade dos estudantes e tornar o aprendizado leve e investigativo. O compromisso daquele artigo permanece vivo: promover um ensino dinâmico e encantador que respeita a natureza curiosa das crianças e jovens.

Contudo, os tempos mudaram e a tecnologia trouxe novos recursos e desafios para o ensino de ciências. Neste artigo, resgatamos o espírito daquele trabalho inicial, mas o complementamos com novas *propostas experimentais* e o uso de ferramentas tecnológicas contemporâneas, bem como metodologias diferenciadas. Os *simuladores interativos*, como os do PhET, e a utilização de *smartphones como instrumentos científicos* representam um salto significativo, possibilitando aos estudantes acessar o conhecimento com ferramentas que fazem parte de seu cotidiano. Esse avanço não apenas mantém a essência da abordagem lúdica e investigativa, mas a amplia, conectando a física à realidade dos jovens do século XXI.

Ao longo deste trabalho, apresentamos experimentos que exploram o magnetismo em suas múltiplas facetas, tornando visíveis fenômenos que, à primeira vista, permanecem invisíveis. A primeira proposta, “Tornando visível o invisível”, deu início a esse percurso investigativo com a observação das *linhas de campo magnético* utilizando limalhas de ferro e uma visão 3D com limalhas de ferro misturadas à água. Mostrar aos estudantes que existe algo “ao redor” dos ímãs, responsável por suas interações, é um convite irresistível para a observação científica. A formação dessas linhas, mais concentradas nos polos e espaçadas à medida que se afastam do ímã, permite que o conceito abstrato de campo magnético ganhe forma, cor e vida diante dos olhos atentos dos estudantes.

Na sequência, propusemos atividades envolvendo “*polaridades*” magnéticas, como a construção de *carriños magnéticos*. Essas atividades, além de lúdicas, instigam a reflexão sobre os fatores que interferem no movimento dos carriños. Perguntas como “O que influencia a velocidade do carrinho?” ou “Por que os ímãs se repelem ou se atraem?” criam um ambiente de discussão e levantamento de hipóteses, fundamentais para o desenvolvimento do *pensamento científico*. Além disso, a brincadeira em sala de aula desperta a curiosidade e o engajamento dos alunos, elementos essenciais para o aprendizado significativo.

O experimento da *flutuação magnética com o Levitron* trouxe um dos momentos mais mágicos deste trabalho. Ao fazer um lápis flutuar no ar, sustentado apenas por forças magnéticas, os estudantes são levados a questionar: “Que força é essa?” e “Como isso é possível?” É nesse momento de encantamento que a

ciência se torna irresistível. A explicação do equilíbrio entre forças magnéticas e gravitacionais revela que o fenômeno é acessível à compreensão, e que a física, longe de ser uma disciplina abstrata e distante, pode ser vista e experimentada no cotidiano.

Na terceira proposta, o experimento do *tubo anti-gravidade* trouxe uma aplicação surpreendente da *lei de Lenz*. Ver um ímã cair lentamente dentro de um tubo de alumínio, como se desafiasse a gravidade, é uma experiência marcante para qualquer pessoa. A explicação desse fenômeno, baseada na corrente induzida que gera um campo magnético oposto ao do ímã, é uma manifestação *poderosa e visual* da lei de Lenz. A equação matemática que descreve essa lei, com seu *sinal negativo*, torna-se um ponto de partida para entender como a física prevê e descreve as forças atuantes em sistemas dinâmicos. A apresentação das [Figs. 10a e 10b](#), com comparação entre a simulação no PhET e o experimento real, ajuda a conectar teoria e prática, transformando o aprendizado em uma experiência inesquecível.

O uso do *magnetômetro* do smartphone representou outro marco importante neste trabalho. Propusemos inicialmente a *localização do sensor magnético* no dispositivo, uma atividade prática baseada em métodos indiretos, como apresentado brilhantemente no vídeo do prof. Breno Marques, da UFABC. Esse processo mostra aos estudantes que, no mundo da ciência, *nem tudo é diretamente visível*, mas pode ser inferido por meio de *medições e observações criteriosas*, com uma técnica que se aplica, por exemplo, ao estudo das partículas subatômicas ou ao estudo do cosmo.

Após a localização do magnetômetro, exploramos um experimento qualitativo que investigou o *comportamento dinâmico de um spinner* com ímã acoplado. Observamos a redução gradual da velocidade de rotação, causada pelo atrito, por meio da variação das componentes do campo magnético ao longo do tempo. Esse experimento mostrou como é possível transitar

entre diferentes áreas da física, como cinemática, dinâmica e magnetismo, utilizando sensores internos dos smartphones. Mais uma vez, os estudantes puderam perceber que dispositivos presentes em seu cotidiano podem ser transformados em *instrumentos poderosos de investigação científica*.

Todas essas propostas experimentais têm em comum a valorização do *processo investigativo*, em que os estudantes são estimulados a observar, questionar, medir e analisar fenômenos físicos. A ciência não se resume a respostas prontas, mas é construída a partir de *boas perguntas* e de uma busca constante por explicações lógicas e fundamentadas. Nesse sentido, as atividades apresentadas neste artigo resgatam o papel essencial da *experimentação* no ensino de física, pro-

Ao longo deste trabalho, apresentamos experimentos que exploram o magnetismo em suas múltiplas facetas, tornando visíveis fenômenos que, à primeira vista, permanecem invisíveis

movendo um ambiente de aprendizado dinâmico, criativo e significativo.

Além disso, a utilização de *simuladores interativos* e a integração de *tecnologias digitais*, como o uso do magnetômetro dos smartphones, democratizam o acesso ao conhecimento científico e tornam o ensino de magnetismo mais inclusivo e atrativo. O uso dessas ferramentas modernas dialoga com a realidade dos estudantes e os aproxima do papel do cientista: alguém que investiga, observa e busca compreender o mundo ao seu redor.

Concluimos, portanto, que este trabalho complementa e amplia as contribuições do artigo original publicado no *Volume 1 da revista A Física na Escola*, trazendo uma abordagem atualizada, interativa e tecnológica para o ensino do magnetismo. A introdução de experimentos simples e acessíveis, aliados ao uso de recursos digitais, transforma a sala de aula em um *cenário de exploração*, onde a curiosidade é cultivada, a criatividade é incentivada e o conhecimento científico é construído de forma ativa e colaborativa.

A Física, especialmente o magnetismo, é capaz de provocar *fascínio e encantamento*, ao mesmo tempo em que desafia o raciocínio lógico e crítico dos estudantes. Experimentos como os apresentados neste artigo são um convite para que professores e alunos mergulhem nesse universo invisível, mas poderoso, que revela a beleza e a lógica da natureza. Que cada linha de campo, cada queda do ímã ou cada gráfico construído desperte nos estudantes o mesmo *entusiasmo e emoção* que sen-

timos ao compartilhar essas experiências. Afinal, o conhecimento científico nasce da curiosidade, cresce com a investigação e floresce com a compreensão.

Este artigo, como um ponto de partida, deixa abertas as portas para novas propostas, novas tecnologias e novas descobertas que possam, a cada dia, encantar e inspirar as futuras gerações de cientistas e educadores. Nesse sentido, o uso de plataformas tecnológicas como o microcontrolador Arduino desponta como um caminho promissor para expandir os estudos realizados até aqui. Sensores como o magnetômetro, o sensor Hall e as chaves magnéticas representam ferramentas acessíveis e de fácil integração com o Arduino, possibilitando o desenvolvimento de experimentos ainda mais avançados e interativos. Essa abordagem não apenas conecta o aprendizado teórico com aplicações práticas, mas também introduz os estudantes ao universo da programação e da automação, áreas essenciais na formação científica do século XXI.

Em um próximo trabalho, traremos propostas experimentais inovadoras utilizando o Arduino, demonstrando como a combinação entre microcontroladores, sensores e criatividade pode transformar a sala de aula em um verdadeiro centro de exploração científica e descoberta, onde os conceitos de magnetismo se entrelaçam com a tecnologia de maneira instigante e acessível.

Recebido em: 17 de Dezembro de 2024

Aceito em: 19 de Dezembro de 2024

Notas

¹Levando em conta a extensão deste artigo, deixaremos a abordagem de narrativas em programação Scratch apenas para o apoio online nas páginas web.

²Conheça a base do funcionamento de um MagLev: <https://bit.ly/MagLevFuncionamento> (acesso 08/abril/24).

³Os 10 trens mais rápidos do mundo em 2024: <https://bit.ly/trensbala> (acesso 08/abril/24).

⁴Conheça o MagLev-Cobra Brasileiro bit.ly/maglevCobra (acesso 08/abril/24).

⁵Vídeo demonstrando a armadilha com campos magnéticos rotativos <https://bit.ly/armadilhamagrotacao> (acesso 08/abril/24).

⁶O Padlet é uma plataforma em que é possível criar murais interativos e colaborativos. Exemplos nas subpáginas de “25 anos Física na Escola” <https://padlet.com/>.

⁷A Miro é um espaço de trabalho online dedicado à inovação que permite a times distribuídos de qualquer tamanho sonhar, criar e construir <https://miro.com/pt/signup/>. (acesso 29/nov./24)

⁸É importante restringir o número de slides de que cada equipe pode dispor para aulas duplas de 50 min cada, 2 a 3 slides no máximo, para limitar o tempo de apresentação para cerca de 10 equipes no total.

⁹Vídeo do prof. Breno Marques da UFABC <https://youtu.be/bVM5aM2NZ0c?si=i730DzU2BNfGeoMHi> (acesso 08/abril/25)

¹⁰Phyphox: um aplicativo que permite determinar várias grandezas físicas, disponível gratuitamente em <https://phyphox.org/>. (acesso 08/abril/25)

Referências

- [1] B.S.P. Shen, *American Scientist* **63**, 265 (1975). Disponível em <https://www.jstor.org/stable/27845461>, acesso em 17/dez/2024.
- [2] C. Carvalho, T. Lopes, *Educação & Realidade* **41**, 911 (2016). doi
- [3] T. Lopes, C. Carvalho, *Educar em Revista* **37**, e76182 (2021). Disponível em <https://filosofiacapital.org/index.php/filosofiacapital/article/view/395/329>, acesso em 17/11/2024.
- [4] T.F. de Resende, *Explorando o Conceito de Magnetismo com Alunos do Curso de Licenciatura em Pedagogia na Modalidade a Distância da UFAL: Reflexões Sobre o Uso de Experimentos como Estratégia Didática no Ensino de Ciências da Natureza nos Anos Iniciais da Educação Básica*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Alagoas, 2013. Disponível em <https://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/4493>, acesso em 17/11/2024.
- [5] R.N. de Medeiros Jr.; M.D. Naia, J.B. Lopes, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **46**, e20240186 (2024). doi
- [6] M.A. Cavalcante, E.M.F. Santos, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **43**, e20210188 (2021). doi

- [7] R.L. da Silva, M.J.B de Holanda, A.M. Ximenes, C.P. Nascimento, Revista Filosofia Capital **13**, 21 (2018). Disponível em <https://filosofiacapital.org/index.php/filosofiacapital/article/view/395/329>, acesso em 25/11/2024.
- [8] M.A. Moreira, Estudos Avançados **32**, 73 (2018). doi
- [9] A.B.B. de Almeida, P.B. de Araújo Silva, M.R.P. de Lima, Y.T. da Costa Santos, Y.W.N. Moreira, Águas Subterrâneas **33**, 1 (2019). Disponível em <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29520/19088>, acesso em 18/3/2025
- [10] M.P. Massaut, R.L. Dalsasso, Revista DAE **68**, 108 (2020). Disponível em https://www.revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_225_n_1886.pdf, acesso em 18/ mar. /2025.
- [11] H. Ucar, Symmetry **13**, 442 (2021). doi
- [12] L.D.A. Rios, L.V.S. Rios, F.J. da Costa, J.G. Cordeiro, F.T.S. do Nascimento, Brazilian Journal of Development **8**, 78534 (2022). doi

Endereços de internet

- [I.1] PhET - Physics Education Technology. Universidade do Colorado Boulder. Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/, acesso em 15/3/2025.
- [I.2] Página desenvolvida para complementações deste artigo. Disponível em <https://sites.google.com/view/computacao-fisica/25-anos-fisica-na-escola?>, acesso em 15/3/2025.
- [I.3] Conheça a base do funcionamento de um MagLev. Disponível em <https://youtu.be/sFz0c8xd2fA?si=UILN7RziZyVnZiEW>, acesso em 29/11/2024.
- [I.4] Os 10 trens mais rápidos do mundo em 2024. Disponível em <https://youtu.be/JZePzOvv9vk?si=xeGbQbD7HyezCRyH>, acesso em 29/11/2024. Vídeo Conheça o MagLev Cobra Brasileiro. Disponível em https://youtu.be/lqsAkfXMNTw?si=y1B4btQQ4EI_mAay, acesso em 29/11/24. Simulações para Armadilhas Magneto-Ópticas (MOT). Disponível em <https://simufisica.com/simulacoes/armadilha-magneto-optica/>, acesso em 12/3/2025.
- [I.5] Vídeo demonstrando a armadilha com campos magnéticos rotativos. Disponível em https://www.youtube.com/shorts/aaGzJ4mPwc0?si=Yg02gH2clo_wt316, acesso em 29/11/2024.
- [I.6] Exemplos de Cartões de Atividades e respectivas postagens. Disponível em Computação Física - Exemplo de cartão de atividade disponível em <https://sites.google.com/view/computacao-fisica/25-anos-fisica-na-escola/ex-cartao-de-atividade-e-postagem?authuser=0>, acesso em 15/3/25.
- [I.7] Vídeo indicando como podemos visualizar as linhas de campo magnético por meio de limalhas de ferro. Disponível em <https://photos.app.goo.gl/7L9MccpbpYpRpeH38>, acesso em 13/3/2025.
- [I.8] Vídeo para visualização das linhas de campo magnético de um ímã ferradura. Disponível em <https://photos.app.goo.gl/B8CiZJCEfAisaxmT8>, acesso em 13/3/2025.
- [I.9] Vídeo mostrando linhas de campo magnético com efeito tridimensional para diferentes formatos de ímãs. Disponível em <https://photos.app.goo.gl/LBdKLpoPBftGsBYA>, acesso em 18/3/2025.
- [I.10] Desenvolvimento matemático para compreensão das linhas de campo magnético fechadas em si mesmas: equação de Maxwell para campos magnéticos e elétricos em sua forma diferencial e integral. Disponível em <https://sites.google.com/view/computacao-fisica/25-anos-fisica-na-escola/eq-matematica-x-linhas-de-campo>, acesso em 18/3/2025.
- [I.11] Vídeo Introdução ao magnetismo. Disponível em (<https://youtu.be/9Ey2iXwyBLY>), acesso em 13/3/2025.
- [I.12] Subpágina Propostas experimentais e simuladores. Disponível em <https://sites.google.com/view/computacao-fisica/25-anos-fisica-na-escola/propostas-experimentais-e-simuladores>, acesso em 18/3/2025.
- [I.13] Vídeo que explica a Lei de Lenz para a compreensão do “sinal negativo na equação”. Disponível em Lei de faraday lenz disponível em https://1drv.ms/v/s!AuAicLOk6GzZj9taPUKp3_uFWnTNig?e=3WKbxs, acesso em 18/ mar. /2025.
- [I.14] Vídeo “Tubo antigravidade: um espetáculo”, disponível em <https://youtu.be/4qzNsfaMjNA?si=Lnfwqpx2REooVRY5>, acesso em 18/3/2025.
- [I.15] Vídeo prof. Breno Marques da UFABC, sobre o uso de magnetômetro em smartphone. Disponível em <https://youtu.be/bVM5aM2NZ0c?si=i730DzU2BNfGeoMHi>, acesso em 15/03/25.