

A gênese do eletromagnetismo: um projeto com abordagem histórica e experimental em uma escola de nível médio^{+,*}

Luiz Henrique Martins Arthury¹

Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Jaraguá do Sul
Jaraguá do Sul – SC

Rui Mário Pinto Moutinho

Rui Jorge Perdigão Campos

Mestrando em Ensino de Física pela Faculdade de Ciências
Universidade do Porto
Porto – Portugal

Marcelo Dumas Hahn

Paulo Simeão de Oliveira Ferreira Carvalho

Departamento de Física e Astronomia – Universidade do Porto
Porto – Portugal

Resumo

Apresentamos nesse artigo os resultados de implementação de um projeto didático visando a discussão de elementos históricos e práticos do eletromagnetismo junto a estudantes de nível médio em uma escola de Portugal. Descrevemos as atividades realizadas e discutimos as impressões dos alunos participantes do projeto no contexto de um estudo de caso, constatando que os mesmos aumentaram seu sentimento de significância tanto em relação à história do eletromagnetismo e seus conteúdos quanto à própria disciplina de Física, mostrando como abordagens mais plurais no ensino de Física podem promover um maior interesse dos estudantes ao mesmo tempo em que permite se discutir elementos gerais da própria atividade científica, para além de seus resultados.

⁺The genesis of electromagnetism: a project with a historical and experimental approach in a high school

^{*} Recebido: 11 de março de 2025.

Aceito: 4 de novembro de 2025.

¹ E-mails: luizarthury@gmail.com; ruimmoutinho@outlook.pt; ruijpcampos@gmail.com; marcelo.hahn@fc.up.pt; psimeao@fc.up.pt

Palavras-chave: *Eletromagnetismo; Ensino de Física; História da Ciência; Ensino por Projetos.*

Abstract

In this paper, we present the results of the implementation of a teaching project aimed at discussing historical and practical elements of electromagnetism with high school students in a school in Portugal. We describe the activities carried out and discuss the impressions of the students participating in the project in the context of a case study, noting that they increased their feeling of significance both in relation to the history of electromagnetism and its contents and to the discipline of Physics itself, showing how more plural approaches in teaching Physics can promote greater interest among students while also allowing for the discussion of general elements of the scientific activity itself, in addition to its results.

Keywords: *Electromagnetism; Physics Teaching; History of Science; Project-Based Teaching.*

I. Introdução

Estudos têm demonstrado que a maior parte das pesquisas em ensino de Física com propostas didáticas abordam temas de mecânica (Martins; Garcia, 2011), o que é compreensível frente à ampla gama de conceitos e fenômenos que podem ser abordados de modo contextualizado junto ao cotidiano do aluno. Contudo, é claro que a Física se apresenta na realidade do estudante com diversos outros tópicos, e o eletromagnetismo ocupa uma posição de destaque, particularmente se lembrarmos que boa parte dos aparelhos utilizados quase que onnipresente pelos estudantes funcionam com base nessa área da Física (Giacomelli; Silva; Rosa, 2020). Se incluirmos aí nossas tecnologias de produção e distribuição de energia elétrica, como também é o caso de nosso trabalho proposto, estaremos mobilizando de fato a maior parte dos fenômenos que impactam diretamente a vida dos estudantes.

Por outro lado, o eletromagnetismo é frequentemente abordado de modo excessivamente abstrato nas escolas (Alves; Motta; Zancanella, 2020), costumeiramente focado em situações artificiais de conteúdos *em si* voltados à feitura de provas e avaliações diversas. São frequentes os teoremas e “macetes” matemáticos que, ainda que bem intencionados para a facilitação da construção dos conceitos pelos estudantes, paradoxalmente acabam por afastá-los da essência do fazer científico.

Das propostas que buscam aumentar a significância (Gowin, 1981) ao aluno deste tema, destacamos as abordagens que se concentram em atividades experimentais (Ribeiro; Almeida; Carvalho, 2012; Quintas; Carvalho, 2016; Alves; Motta; Zancanella, 2020) e também abordagens históricas para atrair o estudante e também para se discutir aspectos sobre a natureza da ciência (Guerra; Reis; Braga, 2004; Pinto; Silva; Ferreira, 2017). Cada forma de abordagem certamente se justifica diante de suas potencialidades e das preferências do professor, e neste trabalho trazemos uma proposta que busca mobilizar tanto discussões históricas quanto atividades experimentais, por meio de um projeto desenvolvido com um grupo de estudantes de nível médio em uma escola de Portugal.

Trazemos a seguir a fundamentação que justifica as preocupações que trazemos nesse trabalho, que levaram à nossa proposta que se alinha justamente a formas mais dinâmicas de se abordar o assunto, com discussões históricas e situações experimentais, de modo a levar o estudante a formas mais abrangentes de se relacionar com esse campo do conhecimento. Após detalhamos as atividades realizadas junto aos estudantes, devidamente avaliadas no contexto de uma pesquisa qualitativa que buscou avaliar sua receptividade em relação aos elementos da proposta.

II. Fundamentação

Os experimentos naturalmente permitem uma relação mais direta do aluno com os saberes, promovendo ainda sua curiosidade (Hodson, 1988). Contudo, é claro que todo experimento didático responde a uma teoria, e é duplamente problemático se achar que basta colocar o aluno a experimentar situações diversas para se compreender o que está efetivamente acontecendo. Ao mesmo tempo em que epistemologicamente é ingênuo supor que o estudante possa chegar nos conceitos científicos simplesmente realizando um experimento (Gaspar, 1997; Matthews, 2000), também é comum haver uma supervalorização desse em se despertar a curiosidade do aluno e, *por causa disso*, haver algum aprendizado significativo (Laburú, 2006). Evidentemente, buscar a curiosidade do aluno é uma meta das mais importantes no ensino de ciências em geral (Arthury, 2024), mas essa curiosidade deve estar diretamente associada ao conhecimento teórico da situação. De pouco adianta o aluno “estar curioso” se, ao final, não houver algum aprendizado, ou seja, se não soubermos como tirar proveito dessa curiosidade. Conforme Laburú, “a aprendizagem de qualidade é o resultado da sinergia entre motivação e cognição” (2006, p. 388), e por isso uma atividade experimental de qualidade deve manter um binômio constante com os saberes trabalhados.

Como professores de Física, é claro que jamais podemos diminuir a importância das atividades experimentais no ensino:

[...] a experimentação faz com que o estudante seja participante na construção de seu conhecimento, tornando-se agente ativo nas aulas, interagindo com seus companheiros, manipulando objetos e estabelecendo relações lógicas e conceituais

sobre os mesmos na montagem de um aparato experimental (Pinto; Silva; Ferreira, 2017, p. 177).

Contudo, sempre que lemos um artigo acadêmico mencionando, frequentemente em seu início, que a Física é uma ciência experimental, temos a incômoda impressão de que isso é tudo o que se quer passar ao aluno: que o cientista é um experimentalista a descobrir os segredos da natureza. O problema, claro, não é com essa ideia em si (mas pode ser também), mas com a noção equivocada (ou ao menos limitada) de que isso resume tudo o que se faz na ciência, o que, pensamos, é algo bastante problemático no contexto da educação básica.

Ciência é teste e experimentação, evidente, mas é também conjectura, hipótese, lei, teoria. E não teoria em um sentido de mero palpite, mas no sentido epistemológico de um conjunto de conceitos, princípios e assertivas de alta correlação empírica, com uma história de sucesso que atesta a procedência do que se afirma (Lakatos, 1979). Qualquer análise minimamente compromissada com a história da atividade científica se depara com a ampla carga teórica com que se faz ciência. Para trazer essas discussões aos estudantes, diversos trabalhos têm apontado atividades para se debater a própria atividade científica, geralmente se baseando em discussões fundamentadas sobre a história e filosofia da ciência (Boniek, 2010; Briccia; Carvalho, 2011; Alvim; Zanotello, 2014; Martins, 2015; Arthury; Terrazzan, 2018).

Porém, conforme Sartori e Oliveira, “as diferentes abordagens comumente utilizadas para integrar a história e a filosofia da ciência no ensino de ciências geralmente mostram um déficit de integração de aspectos práticos nas aulas de ciências” (2023, p. 27). Mas “experimentar é um trabalho criativo da mente e das mãos” (*Ibid.*, p. 48), e o professor atento pode conseguir tirar um bom proveito de situações experimentais para se discutir também sobre a atividade científica e vice-versa. Por isso nossa proposta, com as atividades que descreveremos nesse trabalho, procura justamente conciliar atividades experimentais com discussões sobre a própria história da ciência (HC), para levar o estudante a obter uma percepção mais abrangente a respeito da atividade científica. Concordamos com Pinto, Silva e Ferreira que:

No nível motivacional, a associação da HC com a experimentação permite a inserção de uma abordagem investigativa. Assim, a realização de experimentos torna possível que o estudante relacione teorias, conceitos e leis existentes na Física com a sua linguagem (natural, matemática ou simbólica) e ainda associar todos estes elementos com o mundo real (2017, p. 177).

Naturalmente outros trabalhos também exploraram essa relação, e a referência acima traz algumas evidências a respeito de sua efetividade. Ao trazer a estudantes do ensino médio uma atividade justamente centrada na história da ciência em volta do experimento de Ørsted, os autores constataram que:

Suas falas [dos alunos] quanto ao papel atribuído ao trabalho experimental, deixaram de ser uma postura ingênua, de um cientista que analisa os fenômenos e

encontra explicações a partir dos experimentos, para compreender que a própria escolha experimental está relacionada aquilo que está presente nas concepções dos cientistas (Pinto; Silva; Ferreira, 2017, p. 189).

Ainda,

A associação do trabalho experimental com a história da ciência tornou a postura dos estudantes mais crítica, em todos os momentos, seja durante os experimentos, seja na escrita dos relatórios, ou mesmo durante a exposição do professor, os estudantes se sentiram mais à vontade para questionar e participar de maneira ativa (Pinto; Silva; Ferreira, 2017, p. 190).

Como base geral para nosso trabalho, a ser detalhado na sequência, procuramos desenvolver uma sequência de atividades que promovesse uma participação ativa dos alunos. Metodologias ativas vêm sendo implementadas com resultados interessantes, ultrapassando técnicas mais expositivas e mecânicas de pouco significado ao estudante. De modo geral, consideramos metodologias ativas como aquelas que promovem um maior protagonismo do estudante (Lovato *et al.*, 2018), que geralmente executa tarefas em cooperação com seus colegas. O professor gerencia o processo, mas não é mais a única fonte de informação, como nos contextos mais tradicionais de exposição exclusiva. Isso obviamente não significa que o professor se encontra fora do processo de aprendizagem do estudante, mas que sua função passa a compor outras frentes, como a indicação de fontes diversas e atividades de cooperação e produção.

O ensino por projetos, ou aprendizagem baseada em projetos, é um exemplo de metodologia ativa que procuramos engendrar na proposta a ser relatada nesse trabalho, juntamente com elementos do que se conhece por *ensino sob medida e instrução pelos colegas* (Studart, 2019). Na aprendizagem por projetos, os saberes são construídos em situações reais e significativas aos alunos, de modo que suas produções ao longo das atividades constituirão essencialmente as situações de aprendizagem, em contextos de cooperação para contemplar uma tarefa, problema ou questão (Bender, 2014). O ensino sob medida implica em indicar aos estudantes leituras ou atividades diversas preliminarmente à aula propriamente dita, de modo que o estudante já chegue na aula com uma compreensão do que será discutido, o que permite ainda ao professor mapear possíveis dificuldades e pontos a serem melhor focados na discussão (Araújo; Mazur, 2013). E a instrução pelos colegas “busca promover a aprendizagem com foco no questionamento para que os alunos passem mais tempo em classe pensando e discutindo ideias sobre o conteúdo, do que passivamente assistindo exposições orais por parte do professor” (Araújo; Mazur, 2013, p. 364).

Naturalmente essas estratégias podem compor situações abrangentes que envolvam características plurais, o que pode levar uma dinâmica bastante proveitosa ao aluno, sendo que alguns trabalhos sugerem que isso é inclusive evidenciado por eles. Em um trabalho que buscou justamente discutir o eletromagnetismo junto a estudantes por meio de situações ativas de

ensino sob medida e instrução pelos colegas, os autores apontaram que “a repercussão foi tão positiva entre os alunos, que passaram a questionar porque esses métodos não são usados também em outras disciplinas”² (Oliveira; Veit; Araújo, 2015, p. 199).

Pensamos que os professores devam também possuir uma formação que promova discussões e práticas a respeito de metodologias ativas, favorecendo que os futuros docentes possam já iniciar suas atividades profissionais de modo mais consoante com situações didáticas mais significativas. É claro que muitas vezes o cotidiano escolar implica em atividades de reforço de conteúdos, com exposições e resoluções de exercícios, mas o professor efetivamente preocupado com a aprendizagem do aluno certamente promoverá, sempre que possível, situações de cooperação entre os estudantes, além de usar recursos plurais e materiais interativos diversos que ultrapassem os quotidianos habituais em sala de aula. Em um trabalho com essas características também voltado ao tema de eletromagnetismo (mais especificamente sobre eletricidade), os autores apontam que “os resultados sugerem que a aprendizagem dos alunos é mais favorável quando os professores são adequadamente preparados para práticas letivas que promovem o trabalho cooperativo, com exploração de recursos e estratégias interativas” (Quintas; Carvalho, 2016, p. 846).

É com essa pluralidade em vista que propusemos uma sequência de atividades que buscasse levar ao estudante uma discussão abrangente a respeito do eletromagnetismo, permitindo-nos avaliar seu impacto junto ao aluno, conforme discutiremos a seguir.

III. Metodologia

Sabemos que não é todo contexto escolar que permite promover situações de ensinagem³ condizentes com o tipo de pluralismo que propomos aqui. E embora acreditemos que seja possível fazer uma diferença positiva na aprendizagem do estudante mesmo em situações mais engessadas de ensino (Arthury, 2024), felizmente tivemos a oportunidade de levar nossa proposta para ser trabalhada em forma de um projeto com um grupo de 4 estudantes de uma escola de nível médio no distrito de Porto, em Portugal.

Mais especificamente, esses 4 estudantes compuseram uma turma de Física do 12º ano com um total de 14 estudantes, no segundo semestre letivo (primeiro semestre de 2024). Essa turma já tinha trabalhado com o tema de eletromagnetismo no ano anterior, e nessa atual fase escolar os estudantes realizam um itinerário optativo em Ciências e Tecnologias, por meio de projetos. A turma é dividida em grupos, com cada um assumindo os trabalhos com um tema, sendo supervisionados pelo professor regente e, no caso específico de nosso relato, orientados

² Obviamente, metodologias ativas não se restringem ao ensino de ciências. Apenas entendemos essa citação como uma inferência de que, especificamente nessa escola do contexto citado, foi algo exclusivo dos proponentes dessa atividade. Mas entendemos também que falas como essas dos alunos podem indicar que atividades com essas abordagens ainda são pouco desenvolvidas nas escolas de modo geral.

³ Ensinagem é uma palavra interessante para se referir, a um mesmo tempo, ao ensino e à aprendizagem, como usado, por exemplo, em Studart, 2019.

também por dois mestrados em Ensino de Física da Universidade do Porto⁴, no contexto de seus estágios de docência previstos nesse curso. Cada um desses mestrados, também coautores deste artigo, realizou sua docência realizando uma etapa do projeto com o mesmo grupo de 4 alunos, subgrupo da referida turma do 12º ano: a primeira etapa sobre elementos históricos do eletromagnetismo e a segunda sobre uma discussão mais prática, utilizando-se de uma bobina de Tesla. Cada etapa foi desenvolvida em encontros semanais ao longo de cerca de um mês, com um tempo em torno de dois meses de organização antes do desenvolvimento junto aos estudantes e também depois, para compilação dos resultados, totalizando em torno de um semestre letivo na referida escola.

Para avaliarmos a implementação do projeto, realizamos uma pesquisa qualitativa. Nesse tipo de pesquisa, o enfoque recai nos aspectos qualitativos das informações coletadas via observação, questionário ou entrevista, de modo a se compreender seus significados frente ao que se propõe (Richardson, 1999). No nosso caso, a proposta foi avaliar junto aos estudantes a implementação do projeto, com um foco em seu impacto na percepção de motivação dos alunos para aprender os temas discutidos. Por ser um grupo reduzido de estudantes em uma situação específica de ensino, também podemos caracterizar a pesquisa como um estudo de caso, ao se adequar como um processo particular resultando numa descrição de como uma implementação de uma abordagem afeta os participantes (Mills; Gay, 2018).

Para a coleta de informações, mobilizamos questionários e entrevistas junto aos estudantes participantes. As questões elaboradas foram validadas por pares antes de sua implementação e também foram aprovadas pelo sistema de Monitorização de Inquéritos em Meio Escolar da Direção-Geral de Educação (DGE, 2007), conforme exigido em pesquisas desse tipo em Portugal. Para complementar as informações que serão apresentadas na sequência desse trabalho, mobilizamos ainda um diário de campo onde os professores/pesquisadores envolvidos anotaram observações pertinentes em relação ao andamento das atividades. Traremos essas informações seção V, de resultados e discussão, juntamente com a apresentação das questões feitas aos alunos.

IV. Atividades desenvolvidas

A primeira etapa do projeto consistiu na discussão de elementos históricos do eletromagnetismo, com subsídio de dois documentários e dois textos especialmente redigidos para esse fim. Após uma introdução ao tema e contextualização das atividades a serem desenvolvidas, os estudantes assistiram ao primeiro episódio do documentário “Choque e Temor: A História da Eletricidade” (Al-Khalili, 2011). Esse documentário aborda alguns episódios importantes da história da eletricidade, como as pesquisas de Benjamin Franklin,

⁴ Mestrado em Ensino de Física e de Química no 3º ciclo do Ensino Básico e no Ensino Secundário, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.

Francis Hauksbee, Luigi Galvani e Alessandro Volta, sem se furtar a discutir os fenômenos físicos associados. A discussão desse episódio foi seguida de leitura e discussão de dois textos compostos especificamente para o projeto. O primeiro texto, introdutório, trata dos principais desenvolvimentos realizados até Ørsted e Faraday, no séc. XIX (e se sobrepõe propositadamente aos tópicos presentes no referido documentário), e o segundo especificamente sobre as contribuições de Ørsted e Faraday no estabelecimento das bases do eletromagnetismo. Esses textos por sua vez foram compostos basicamente a partir dos trabalhos de Martins (1986), Dias e Martins (2004) e Faraday (2011).

Como atividade de produção inicial para subsidiar a conversa com os alunos, foi solicitado que eles compusessem um diagrama com os principais elementos vistos no texto introdutório (Fig. 1).

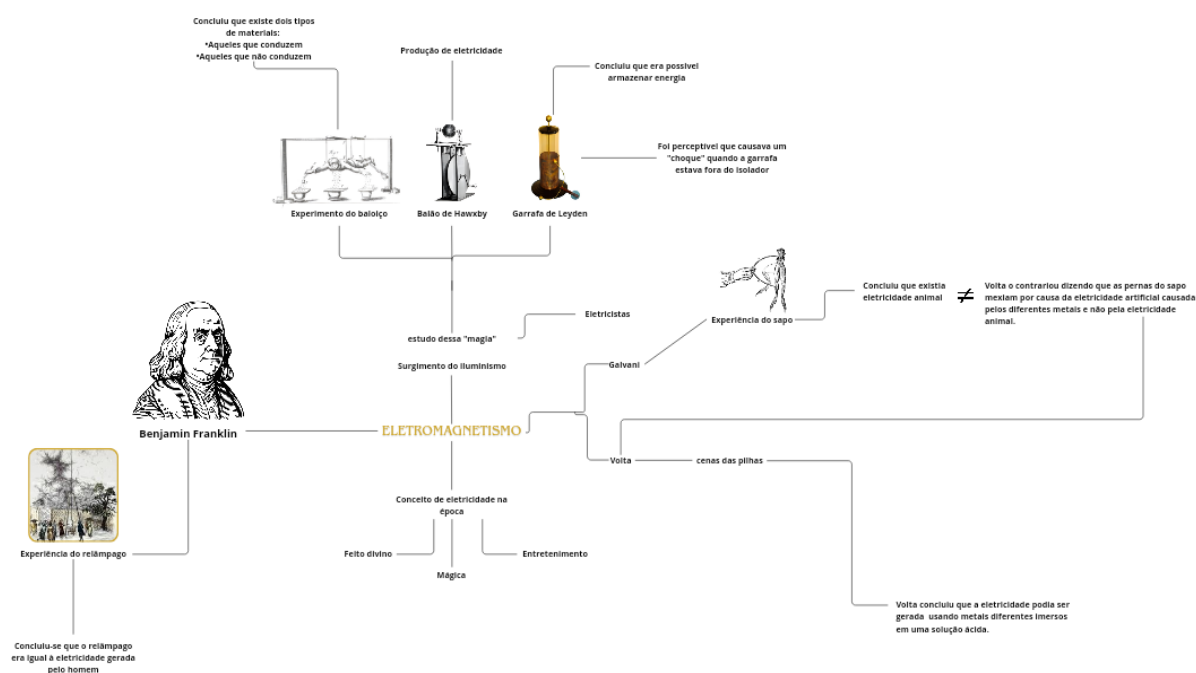


Fig. 1 – Diagrama produzido pelo grupo. Fonte: Os autores.

Embora de natureza mais teórica, essa etapa do projeto também explorou os conceitos fundamentais discutidos por meio de experimentos/demonstrações (figuras 2 e 3): verificação do campo magnético em torno de um condutor percorrido por corrente, verificação do fenômeno de indução a partir do movimento relativo de um ímã no interior de uma bobina com a utilização de um galvanômetro, e também a exploração de algumas aplicações da indução com uso de microfone e osciloscópio.

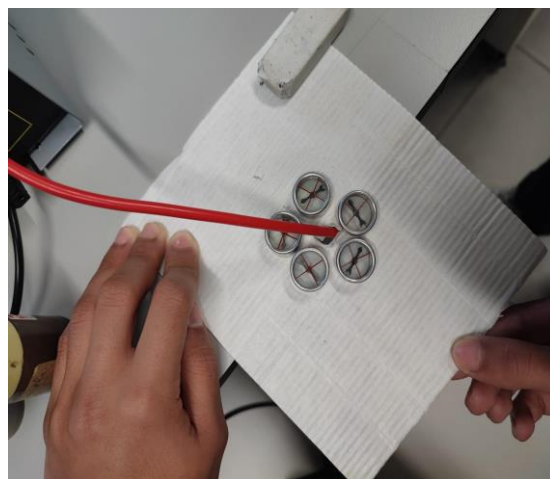
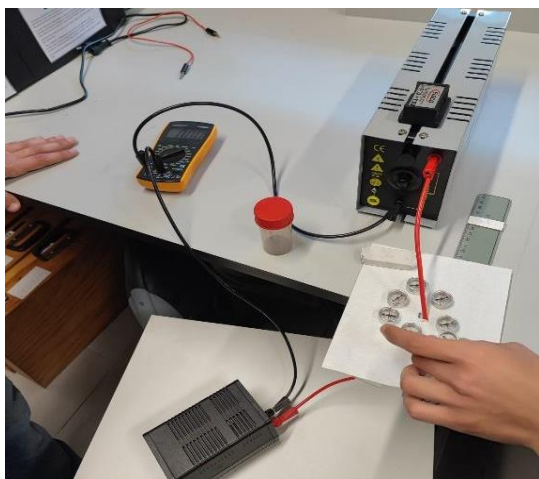


Fig. 2 e 3 – Visualização do campo magnético gerado por um condutor, usando-se bússolas e um circuito série com reostato de modo a se obter uma corrente em torno de 2 A. À esquerda (Fig. 2) se tem a disposição montada, e à direita (Fig. 3) é possível perceber o alinhamento das bússolas com o campo gerado pela corrente. Fonte: Os autores.

Importante mencionar que foi discutido junto aos alunos a questão da observação de Ørsted a respeito da deflexão de uma bússola colocada nas proximidades de um condutor percorrido por corrente, mas que foi Faraday quem introduziu o conceito de campo, cujo mapeamento pode ser percebido pelas bússolas na Fig. 3. Uma nota importante também a esse respeito é em relação ao padrão do campo constatado por Faraday, que à época desafiava o que era esperado por um ímã com seus polos magnéticos: era de se esperar que o mapeamento com uma bússola confirmasse um padrão geométrico de polos, como, por exemplo, o mostrado na Fig. 4 abaixo, com a seção reta do condutor formando (o que se achavam ser) polos de um ímã. Mas após experimentos mais minuciosos, Faraday constatou que não era o que ocorria, obtendo o padrão de linhas mostrado na Fig. 5 (Martins, 1986).

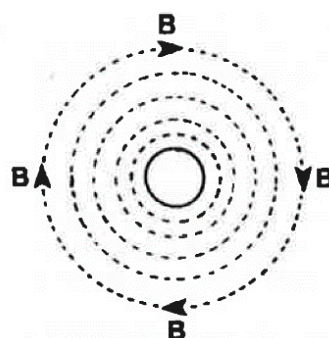
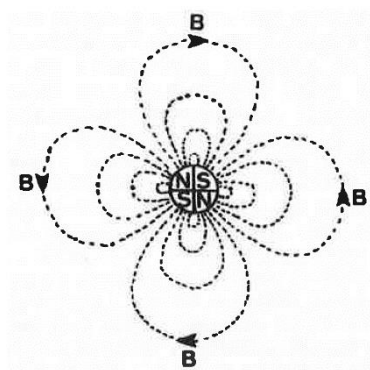


Fig. 4 e 5 – Geometria esperada para o campo produzido por um condutor (Fig. 4) e o padrão efetivamente constatado por Faraday (Fig. 5). Fonte: Martins, 1986.

Isso mostra as tentativas do cientista em explicar um novo fenômeno por meio do que ele já sabe antes, e como por vezes é necessário ultrapassar essas concepções iniciais. Ou seja, o cientista não experimenta, pura e simplesmente, e descobre as leis da natureza a partir disso, mas, sim, elabora situações sofisticadas de hipóteses, teorias e contextos de teste e exploração que dialogam de modo complexo com as ideias e pré-concepções do pesquisador (Lakatos, 1979).

Essa primeira etapa finalizou com a discussão de um episódio da série Cosmos (MacFarlane *et al.*, 2014), especificamente sobre Faraday (episódio 10: O visionário da eletricidade). Nesse episódio, há uma narrativa biográfica de Faraday com animações e ilustrações voltadas para o público em geral (o documentário anterior, “Choque e Temor”, é mais detalhado historicamente e com maior abordagem dos conceitos físicos, mas esse do Cosmos é uma fonte bastante visual e interessante para se conversar com os alunos).

A segunda etapa do projeto consistiu em uma discussão mais prática, envolvendo a construção de um circuito, mas também contou com um texto de apoio sobre Tesla e o eletromagnetismo, também composto especificamente para o projeto. Esse texto fez um resgate do princípio da indução e do conceito de corrente alternada, essenciais para se apresentar o trabalho de Tesla no contexto do transformador ressonante, conhecido hoje justamente por bobina de Tesla (Arthury *et al.*, 2022). Na sequência foi apresentado e discutido junto aos alunos o diagrama de um circuito (Fig. 6) a ser montado para se explorar os fenômenos envolvidos, seguido de sua construção efetiva. Junto às discussões do circuito a ser montado, os alunos construíram ainda pequenas Garrafas de Leyden, para compreender o papel de um capacitor em um circuito ressonante (Fig. 7).

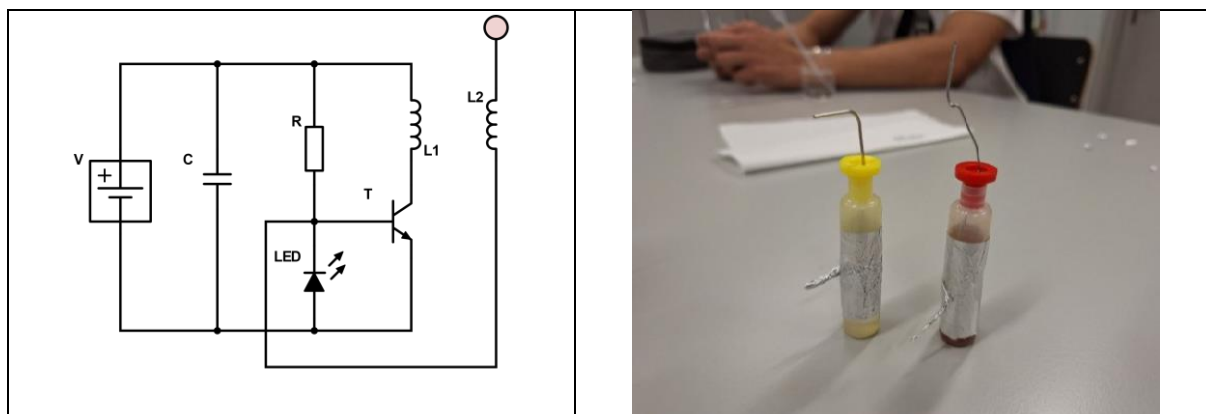


Fig. 6 e 7 – Diagrama do circuito montado pelos alunos (Fig. 6) e garrafas de Leyden (Fig. 7). Fonte: Os autores.

Foi discutido coletivamente o funcionamento básico do circuito, que se trata de um oscilador transistorizado com vista a produzir uma corrente pulsada na bobina primária (L1), para justamente induzir uma corrente na bobina secundária (L2). Assim foi possível se comentar

o fenômeno da indução e, nesse caso específico, a ação do transformador ressonante ($L1$ e $L2$), produzindo-se uma alta tensão no terminal de $L2$.

O circuito a ser montado se refere a um kit didático facilmente obtido em sites de vendas on-line, e a intenção foi a de colocar os alunos em uma atividade prática de montagem (Fig. 8). Embora se tenha demonstrado o funcionamento de uma bobina da Tesla mais potente, que produz arcos voltaicos de mais de 10 cm, o circuito montado pelos alunos é de uma potência total bastante baixa e segura para ser manuseada por não-profissionais. No caso, o circuito é alimentado por apenas 9 V, mas o suficiente para se produzir na bobina secundária um campo elétrico capaz de ionizar pequenas lâmpadas de neon (Fig. 9).

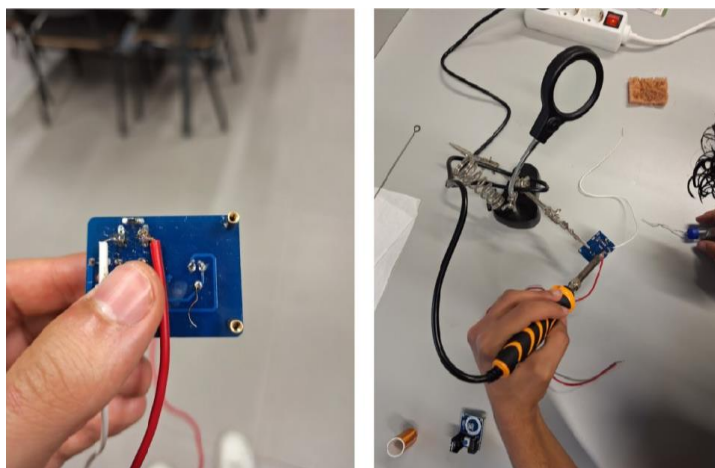


Fig. 8 – Montagem da bobina de Tesla didática. Fonte: Os autores.

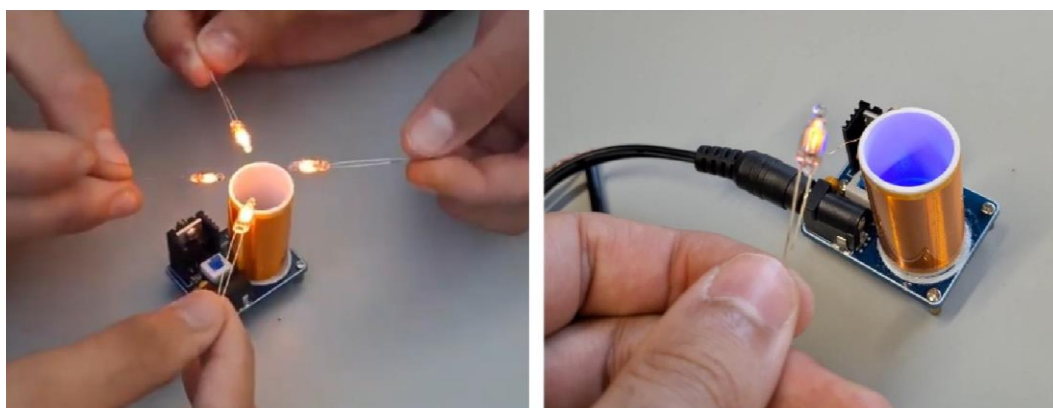


Fig. 9 – Bobina montada em funcionamento. Fonte: Os autores.

A montagem transcorreu com poucos contratempos, sendo um deles de ordem bastante didática também: uma bobina não funcionou após montada, e a razão pode ser percebida no detalhe à esquerda da Fig. 8, onde um dos terminais da bobina secundária ficou “sobrando” em

sua respectiva conexão à placa de circuito impresso. Isso naturalmente causou a interrupção da corrente induzida na bobina, uma vez que o fio usado em seu enrolamento é recoberto por uma fina camada de verniz. Esse isolante é o que garante que se terá uma bobina de fato, do contrário os enrolamentos comporão um caminho direto à corrente elétrica, desfazendo, portanto, o efeito de solenoide. O problema foi resolvido ressoldando-se o terminal do fio na placa, sendo importante sinalizar que se deve garantir que esse terminal esteja eletricamente em contato com a solda. Para isso, pode ser necessário desencapar a extremidade do fio, removendo-se o verniz por meio de uma pequena chama seguido de uma limpeza cuidadosa com palha de aço (o fio é bastante fino e rompe-se com facilidade).

Após as atividades, o grupo específico com os 4 estudantes apresentou seu projeto para turmas também de outros anos escolares, num auditório da escola (Fig. 10).

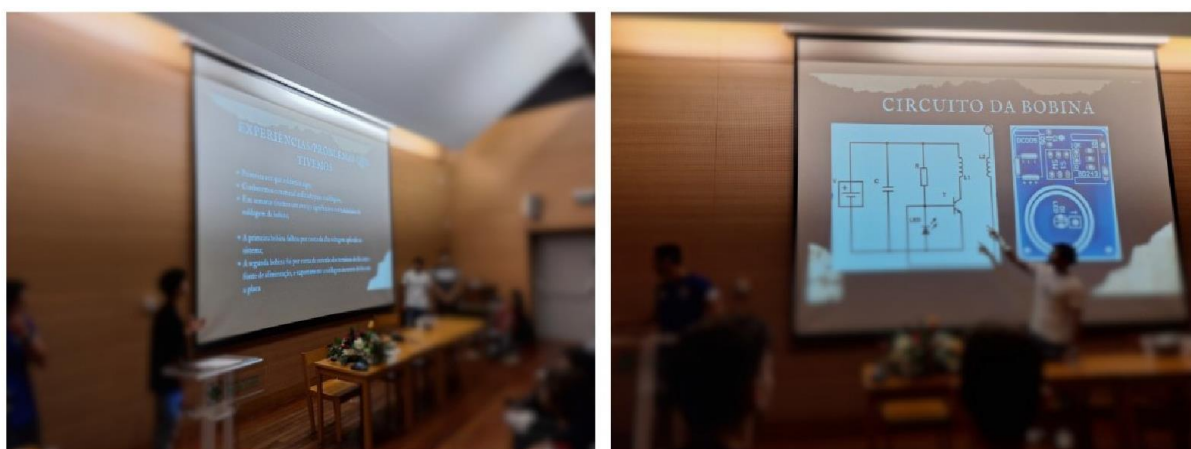


Fig. 10 – Apresentação do projeto dos alunos para o grande grupo⁵. Fonte: Os autores.

V. Resultados do estudo de caso e discussão

Os questionários oferecidos aos estudantes foram constituídos por duas partes, uma implementada antes das atividades (itens da primeira linha do quadro 1 abaixo), e outra após (itens da segunda linha). Discutiremos na sequência cada uma dessas etapas, mas mostramos no quadro 1 o questionário completo, com os alunos sendo orientados a responderem com uma escala Likert com as opções: *discordo totalmente*, *discordo*, *discordo pouco*, *concordo pouco*, *concordo* e *concordo totalmente* (exemplo no gráfico 1 a seguir).

⁵ Imagem propositadamente desfocada para o anonimato dos participantes.

Quadro 1 - Itens do questionário aos alunos.

<p>Antes de realizar o projeto:</p> <p>Tenho interesse por História da Física.</p> <p>Sei o que é a Bobina de Tesla.</p> <p>Conheço os trabalhos experimentais de Faraday.</p> <p>Conheço os trabalhos experimentais de Oersted.</p> <p>Tenho interesse em realizar um projeto da minha autoria.</p> <p>Tenho interesse em participar num projeto de Física.</p> <p>Nunca construí para um projeto na disciplina de Física e Química A.</p> <p>Tenho interesse na metodologia de ensino baseado em projetos.</p> <p>Sei soldar em placas de circuito.</p>	<p>Sinto-me à vontade com os seguintes temas previamente lecionados em Física e Química A:</p> <p>Circuitos elétricos.</p> <p>Indução eletromagnética (Lei de Faraday).</p> <p>Campos elétricos.</p> <p>Campos magnéticos.</p>	<p>Apresento competências no âmbito de:</p> <p>Relacionamento interpessoal.</p> <p>Saber científico e tecnológico.</p> <p>Raciocínio e resolução de problemas.</p> <p>Pensamento crítico e pensamento criativo.</p> <p>Linguagens e textos (por exemplo, dominar capacidades de compreensão e de expressão nas modalidades oral, escrita, visual).</p> <p>Consciência do domínio do corpo (por exemplo, coordenação motora, etc).</p> <p>Informação e comunicação.</p> <p>Desenvolvimento pessoal e autonomia.</p>
<p>Após a realização do projeto:</p> <p>Aumentei o meu interesse por História da Física.</p> <p>Aumentei o meu interesse por um ensino baseado em projeto na disciplina de Física</p> <p>Realizei um projeto da minha autoria, que aumentou a minha motivação à aprendizagem de Física.</p> <p>Sinto que desenvolvi competências práticas.</p> <p>Senti-me mais motivada/o para a aprendizagem de Física.</p>	<p>Após o estudo dos trabalhos de Faraday e Oersted:</p> <p>Tornei-me mais consciente do carácter evolutivo da ciência.</p> <p>Auxiliou numa melhor compreensão da situação económica, social e académica das épocas estudadas.</p> <p>Auxiliou numa melhor compreensão do trabalho realizado por um cientista.</p> <p>Tornei-me mais consciente da relação entre a teoria e a prática experimental.</p>	<p>Após a construção da Bobina de Tesla:</p> <p>Aumentei o meu interesse pela História de Nikola Tesla.</p> <p>Aumentei o meu interesse pela história acerca da sua construção.</p> <p>Desenvolvi competências práticas durante a sua construção (por exemplo, soldar numa placa de circuito).</p> <p>Auxiliou numa melhor compreensão de circuitos elétricos.</p>

Sinto que auxiliou na compreensão dos conteúdos abordados.	Auxiliou numa melhor compreensão de fenómenos eletromagnéticos.	Auxiliou numa melhor compreensão de fenómenos eletromagnéticos.
	Entendo mais claramente a relação entre os campos elétrico e magnético.	Senti-me mais motivada/o para a aprendizagem de conteúdos sobre eletromagnetismo.
	Considero que sou capaz de melhor selecionar a informação pertinente.	Sinto que gostei de trabalhar com uma abordagem mista entre História da Física e atividades práticas.
	Senti-me mais motivada/o para a aprendizagem de conteúdos sobre eletromagnetismo.	
	A forma como me foi apresentado o conteúdo facilitou na sua interpretação.	

Fonte: Os autores.

Para organizar as respostas dos alunos, escolhemos um sistema de cores e tonalidades para representar seu grau de concordância em relação ao item do questionário. E como esses são numerosos para apresentarmos todos eles nesse trabalho, apresentaremos a seguir alguns resultados mais representativos aos nossos propósitos. Por exemplo, por meio do retorno dos alunos ao questionário “antes de realizar o projeto”, construímos o seguinte gráfico (gráfico 1) para organizar parte de suas respostas:

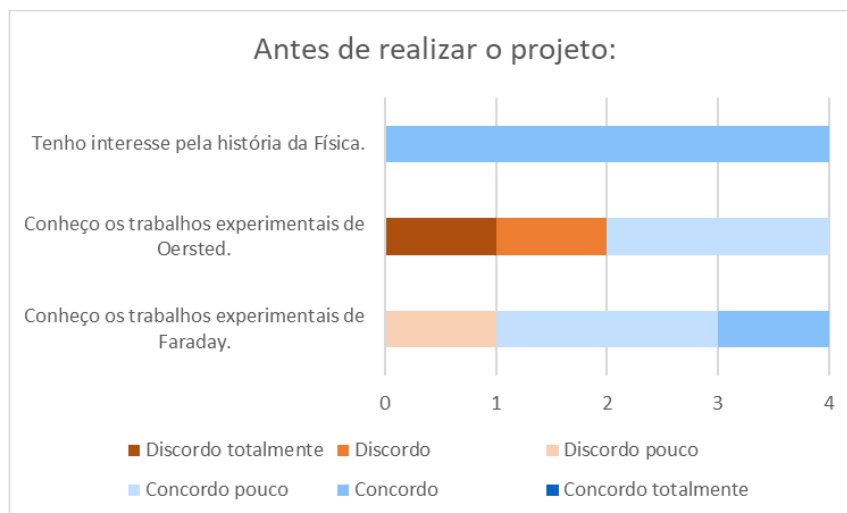


Gráfico 1 – Respostas dos alunos no item “antes de realizar o projeto” (o eixo horizontal mostra o número de estudantes). Fonte: Os autores.

Percebemos que os alunos demonstram um interesse prévio por discussões históricas, ainda que com uma concordância não total. Previsivelmente percebemos o pouco conhecimento dos alunos em relação à Ørsted, e talvez chame atenção conhecerem um pouco mais Faraday. Conjecturamos que Faraday seja mais “sonoro” aos ouvidos por causa da lei associada ao seu nome e por representar também uma unidade de medida utilizada na Física do nível médio, enquanto Ørsted parece ficar mais relegado às notas históricas. De todo modo, essa percepção foi levada em consideração nas exposições sobre esses pesquisadores, dando a devida ênfase em suas contribuições ao nosso conhecimento atual de Física.

No gráfico seguinte (gráfico 2), mostramos as concordâncias dos alunos em relação aos conhecimentos trabalhados, o que é de valia para os professores perceberem o grau de familiaridade com o tema e, se for o caso, adaptar as discussões.

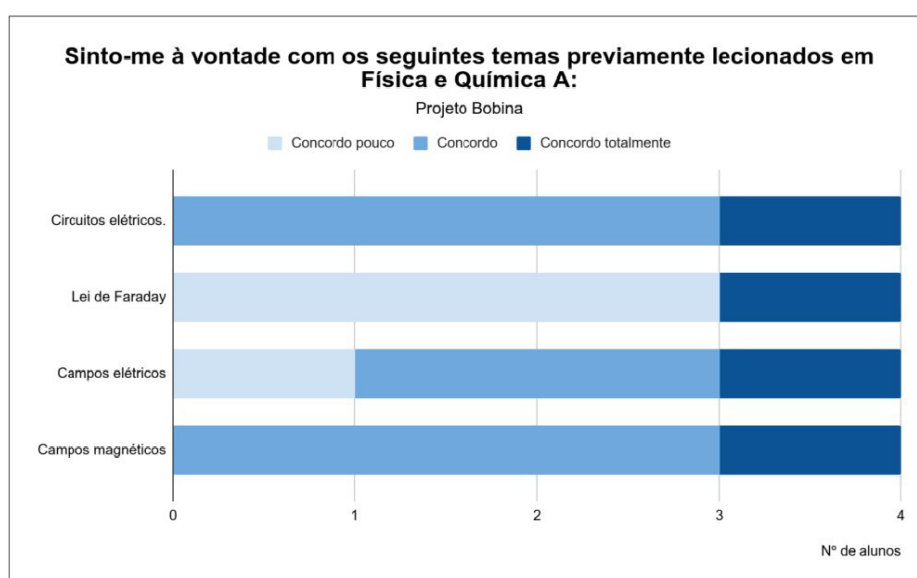


Gráfico 2 – Respostas dos alunos no item “sinto-me à vontade com os seguintes temas”. Fonte: Os autores.

Percebemos que os alunos declaram, no geral, uma boa concordância, o que está em acordo com seu atual grau de instrução em Física, no 12º ano. E sua boa concordância com o item “circuitos elétricos” também foi importante para a etapa de montagem prevista.

No gráfico 3, já temos um retorno referente ao questionário implementado após as atividades.

No geral percebemos um bom sentimento dos estudantes em relação ao fortalecimento dos respectivos itens, com todos os alunos apresentando uma concordância em alguma medida, e com um aluno demonstrando uma grande concordância em relação aos aspectos relativos ao ensino por projetos e também a competências práticas.

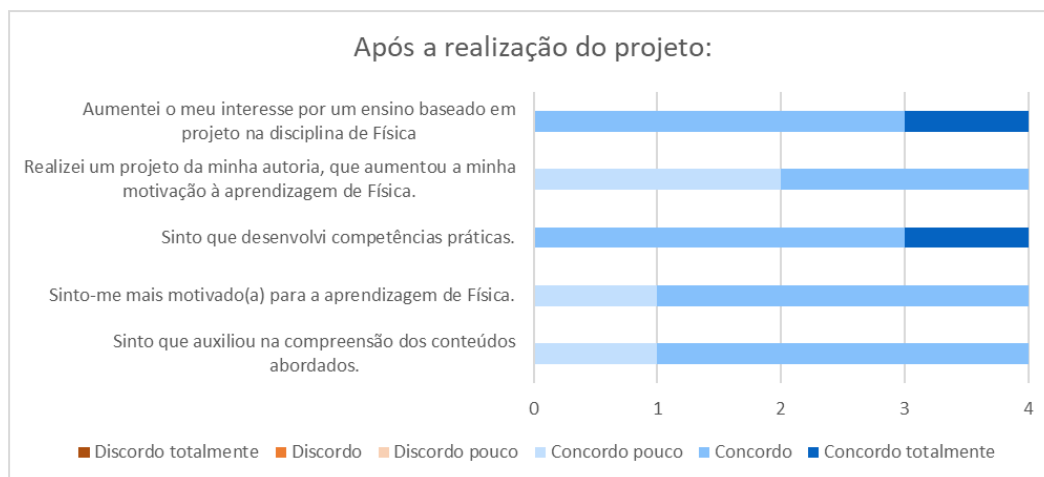


Gráfico 3 – Respostas dos alunos no item “após a realização do projeto”. Fonte: Os autores.

Como o item sobre os trabalhos com Ørsted e Faraday representa um foco importante de nosso trabalho, mostramos no gráfico 4 o resultado de todos os respectivos itens.

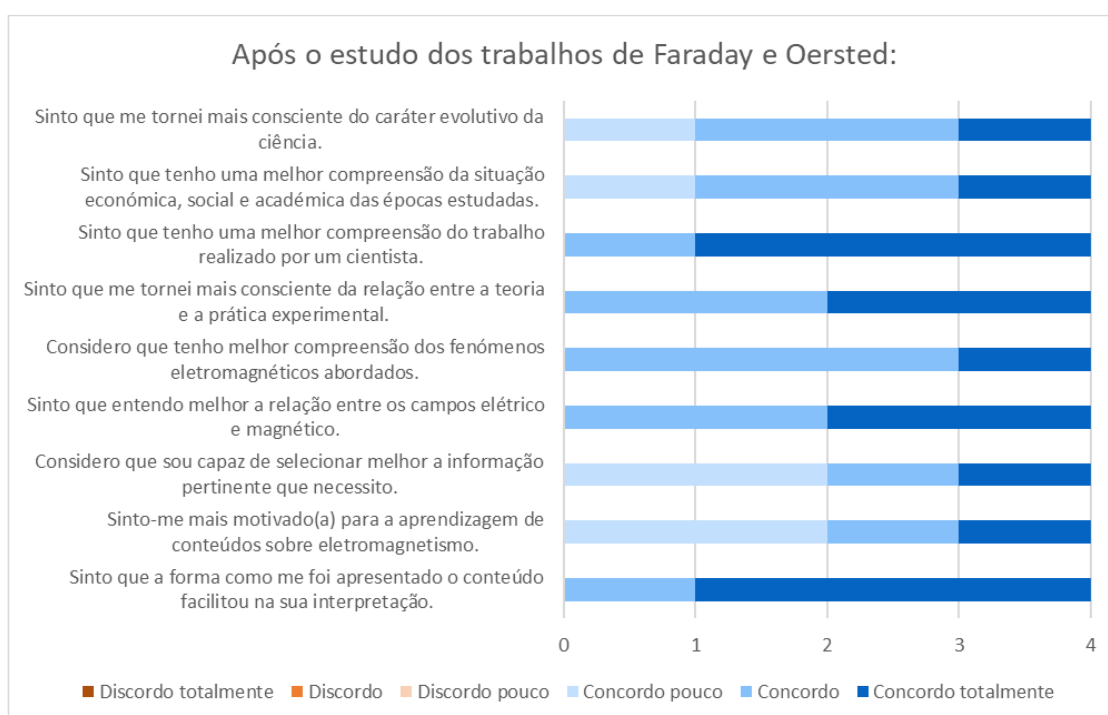
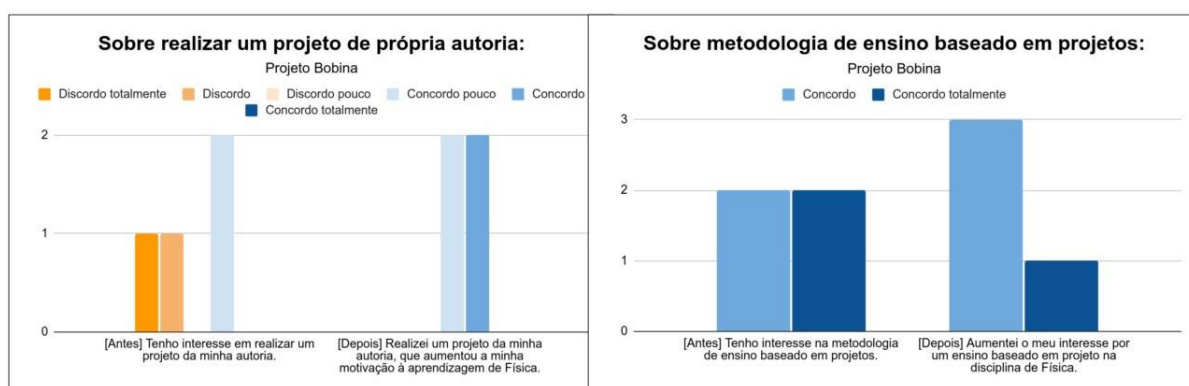


Gráfico 4 – Respostas dos alunos ao item “após o estudo dos trabalhos de Faraday e Ørsted”. Fonte: Os autores.

Como as questões feitas nesse item focaram no sentimento do aluno em relação aos ganhos obtidos com as atividades, consideramos que o resultado geral foi bastante positivo uma vez que qualquer indiferença a esse respeito, resultado de um projeto pouco impactante, resultaria em discordâncias no gráfico, mesmo que brandas. Como mostrado nos itens do questionário, fizemos também uma consulta a respeito de competências desenvolvidas, conforme preconizado pela Direção Geral da Educação de Portugal (DGE, 2017). Embora não tenha sido possível verificar um impacto direto em relação a um aumento de competências em função das atividades realizadas (e consideramos que só um processo mais longo de monitoramento possa efetivamente apontar algo nesse sentido), é oportuno mencionar que, de modo geral, o retorno dos alunos foi positivo em relação às competências desenvolvidas, não havendo registros de discordâncias às afirmações do questionário.

Sobre terem realizado um projeto com uma construção própria, percebemos no gráfico 5 que houve um impacto positivo na feitura autoral do projeto pelos alunos, como podemos ver na comparação entre suas respostas antes e depois das atividades. E no gráfico 6, à direita do gráfico 5, percebemos também uma boa percepção geral em relação ao ensino por projetos.



Gráficos 5 e 6 – Percepção dos alunos a respeito do projeto trabalhado e do ensino por projetos em geral. Fonte: Os autores.

O gráfico 7 mostra as percepções dos alunos a respeito de itens mais centrais aos nossos objetivos com o projeto.

Para complementar as informações obtidas com os questionários, realizamos ainda uma entrevista com os estudantes. Algumas questões se sobrepõem naturalmente com os questionários, pois nosso objetivo era obter algumas informações adicionais para nossa avaliação geral. Mostramos o roteiro no quadro 2.



Gráfico 7 – Percepção dos alunos após a realização do projeto. Fonte: Os autores.

<p>1. Antes de iniciar os estudos sobre eletromagnetismo: i) Já tinhas ouvido falar sobre Oersted, Faraday e Tesla? ii) Sabias que o fenómeno da indução eletromagnética está por trás da maioria de nossa atual tecnologia de produção e distribuição de energia elétrica?</p> <p>2. Gostarias de conhecer melhor estes cientistas? Gostarias que mais figuras históricas da ciência fossem abordadas nas aulas de física?</p> <p>3. Gostarias que mais tópicos de física fossem estudados na escola com um contexto histórico? Comenta a tua posição sobre a importância de discussões históricas para ti.</p> <p>4. Na tua opinião, qual a importância de se desenvolver atividades práticas para se aprender física?</p>	<p>5. Ao longo do teu projeto, tiveste contacto com questões históricas e também com experiências ilustrando os principais conceitos estudados. i) Gostaste de estudar esse tópico de eletromagnetismo com essa abordagem mista (história e experimentação)? ii) Atribuirias algum peso (relevância) entre as questões mais históricas, conceituais e as experimentais no estudo de Física? iii) Em que medida as atividades realizadas influenciaram a tua resposta no item anterior?</p> <p>6. Como descreverias a relação entre a teoria e a experimentação na área da Física? Este projeto contribuiu para a alteração da tua percepção perante esta relação? Se sim, de que forma?</p> <p>7. Como avalias/descreves a tua aprendizagem ao longo das atividades em projeto?</p>
--	---

Quadro 2 – Roteiro de entrevista. Fonte: Os autores.

No transcorrer das entrevistas também foram feitas questões complementares para se conseguir mais informações, particularmente nas situações onde o aluno entrevistado foi muito sucinto. Na primeira questão, sobre o conhecimento prévio dos cientistas abordados, percebemos que os nomes de Faraday e Tesla são mais conhecidos que Ørsted. Conforme o

Estudante B: “[...] Faraday já ouvi falar em relação à Física de 11.º ano. E Tesla, por meio da internet, mesmo”. Essa resposta sinaliza a favor de nossa percepção a respeito de Faraday ser mais conhecido em função dos estudos com o eletromagnetismo, e Tesla por ser um nome relativamente comum nas mídias sociais. Apesar de que, pensamos, muitas vezes pelas razões erradas, seja pela associação natural com a marca atual de carros elétricos, mas também com menções um tanto fantasiosas a respeito de um suposto Tesla “revolucionário” na história da ciência, como sendo responsável por tudo o que sabemos sobre eletricidade. É importante enfatizarmos que concordamos que Nikola Tesla foi sim um grande engenheiro com contribuições importantes particularmente em relação à nossa tecnologia de produção e distribuição de energia elétrica, mas visões elitistas como essa acabam por menosprezar a contribuição de diversos outros nomes da ciência, que costuma ser feita de modo coletivo por muitos personagens. Justamente por isso defendemos que abordagens históricas são indispensáveis se quisermos transmitir uma imagem mais adequada da atividade científica junto aos estudantes.

Sobre a importância do fenômeno de indução para nossa tecnologia atual, três estudantes mencionaram que não sabiam que era algo corriqueiro em nossos sistemas de produção de energia, com apenas um estudante mencionando que tinha uma ideia, mas que não sabia que era algo comum. O Estudante C menciona: “Só conhecia mais ou menos por causa dos motores, dos motores elétricos em cenas assim, mas não sabia mesmo. Por exemplo, nas barragens não sabia”. Consideramos isso um indicativo de que talvez o ensino do eletromagnetismo não esteja evidenciando suficientemente como a indução aparece em nossa sociedade. Pensamos ser muito importante ilustrar como, por exemplo, é a indução que está por trás do funcionamento de praticamente todas as usinas de produção de energia elétrica, sejam elas hidrelétricas, eólicas, termoeletricas, e até mesmo as term nucleares e solares (distinguindo, claro, as usinas solares do tipo fotovoltaica das solares de aquecimento e produção de vapor).

Todos os estudantes foram positivos a respeito de quererem conhecer mais esses cientistas e também sobre outras figuras históricas nas aulas de Física, conforme questão 2. O Estudante B comenta: “Em aulas de física sim, com certeza. [...] estudando a parte pessoal de cada cientista, ele [o aluno] pode entender um pouquinho mais do que eles desenvolveram. Acho interessante”. A questão seguinte complementa essa, solicitando que comentassem mais a respeito de se estudar Física na escola também com um contexto histórico. Novamente os quatro foram receptivos à questão, e enfatizamos as seguintes respostas:

Acho que é importante saber o contexto histórico. Como é que essas experiências surgiram. Porque é que o cientista pensou nisso e o contexto em que ele estava. Acho que é importante (Estudante A).

Eu acho que é algo que agrega mais conhecimento, você se interessa mais se você for puxar mais pelo lado da teoria da física, você não vai sentir o mesmo interesse de você começar a explicar

sobre, por exemplo, a história de Faraday e depois falar dos feitos dele, então traz um pouco mais de humanidade para essa parte (Estudante B).

O Estudante C foi um pouco mais reticente, e se antecede em relação a outras questões a serem feitas. Mas pensamos que sua resposta também se alinha com a importância de se abordar elementos históricos nas aulas de Física:

Eu acho que era melhor se calhar não darmos tanto a teoria, mas sim nessas, por exemplo, darmos mais contexto histórico, mas nesse contexto histórico, também darmos um bocado de prática. Por exemplo, as experiências que foram realizadas nessa altura, se calhar também, à medida que íamos fazendo a experiência, também termos o professor a explicar-nos como é que eles pensavam na altura. Se calhar o que para nós é uma coisa bastante simples e se calhar o que para nós era assim, na altura era de uma forma completamente diferente e explicarem-nos (Estudante C).

Ou seja, em sua própria propensão ao caráter mais experimental da Física, o estudante acaba por trazer elementos interessantes para se abordar aspectos históricos, como a questão do desafio que era, em dada época, frente aos conhecimentos de então.

Em relação à questão 4, se por um lado as questões históricas podem exigir maiores desafios de argumentação, a importância das atividades práticas no ensino de Física parece ser mais consensual. “Eu acho que as atividades práticas fazem com que as pessoas, pelo menos para mim, fiquem mais interessadas por estudar física”, menciona o Estudante A. Essa resposta é consoante com a ideia de experimentação como atrativo da atenção dos alunos, apesar de naturalmente defendermos que existem diversas questões adicionais, envolvendo inclusive questões epistemológicas a respeito da relação entre teoria e experimentação, como sugere o Estudante D:

Vemos como é que é [...] a parte mais prática da vida de um cientista, ou seja, nós sabemos a teoria, mas nem sempre quando vamos pôr em prática, tudo dá certo. Temos de ver o que deu errado e o que precisamos de melhorar e pensar um bocado sobre isso [...], que nos vai pôr a refletir sobre o que deu errado, que também nos faz aprender (Estudante D).

Consideramos oportuna essa sugestão do Estudante D, na fala acima, a respeito do erro como fonte de aprendizado, o que encontra um paralelo na epistemologia de Bachelard (1996), que enfatiza como o erro faz parte do aprendizado em ciência. Particularmente interessante é também seu indicativo de que um erro na montagem da bobina (aquele já relatado sobre o terminal da bobina soldado à placa) foi importante para se entender melhor os fenômenos envolvidos, quando, no contexto da última pergunta sobre suas aprendizagens ao longo do projeto, diz que “penso que correu bem, até a parte do próprio erro, para depois percebermos o porquê, e entendermos mais sobre isso, por isso acho que não houve nenhuma parte que correu mal em si” (Estudante D).

O Estudante C pontua sobre o reforço do aprendizado: “Eu acho que é bastante importante porque assim conseguimos obter uma maior absorção de aprendizagem” (Estudante C), o que também pode ser associado a um ensino envolvendo experimentação. No contexto do projeto realizado pelos alunos, o Estudante B coloca sua relação com a montagem específica feita por eles:

Com certeza, principalmente essa parte de soldagem da Bobina de Tesla. É, foi bastante interessante... não sabia, não sabia sobre o material que a gente utilizou se não me engano [...] isso, o estanho, não sabia que era um material que era importante para isso e foi bastante interessante. Gostei muito (Estudante B).

A questão 5 solicita aos estudantes se colocarem em relação a uma abordagem envolvendo tanto experimentos quanto discussões históricas, foco importante de nossa proposta, e se gostaram de participar de um projeto com essa abordagem. Todos os estudantes responderam bastante positivamente sobre terem gostado da proposta. E apesar das colocações enfáticas a respeito da importância de se trabalhar com ambos os aspectos, todos os estudantes deram um peso maior aos conceitos e experimentos, ainda que tímido.

Acho que é a parte experimental é fundamental. E agora, comparando entre a parte histórica e a parte conceptual, eu acho que comparando as duas, eu acho que a História está a 40%, de 100%. Eu acho que a histórica está a 40% e a conceptual está a 60% (Estudante C).

A resposta desse mesmo aluno é bem ilustrativa do papel de um projeto como esse em sua visão a respeito dos aspectos históricos:

Eu antes do projeto acho que não punha tanta percentagem na parte histórica, porque não tinha tanto conhecimento e não percebia como percebi agora. Mas acho também que agora, depois do projeto, acho também que é fundamental nós sabermos, lá está, a parte da história para percebermos quais é que eram as condições da altura, percebermos como é que eram os pensamentos da altura, percebermos também em que nível de desenvolvimento é que estavam na altura e os próprios conceitos da altura, como é que eram? (Estudante C).

As respostas do Estudante B também sinalizam nesse sentido, da importância da abordagem para reavaliar o que ele pensava a respeito dos elementos históricos, embora também tenha uma preferência pela parte experimental:

[...] eu sempre fui interessado por experiência, algo mais prático eu sempre gostei, mas nesses experimentos [...] realmente aumentou meu interesse por essa área mais prática. Nunca tive assim muito interesse na parte histórica e teórica do assunto, mas quando eu vi os documentários [...] quando é abordado assim mais dinamizado, foi interessante de se ver (Estudante B).

O Estudante A também possui uma preferência pelos experimentos, mas sugere a importância da abordagem realizada no projeto:

Acho que [prefiro] estudar dessa maneira a parte histórica e a parte experimental. Acho que me interessou mais pela física e acho que se se isso fosse implementado mais vezes, acho que faria com que ficasse mais interessado em estudar a física (Estudante A).

Pensamos que nunca devemos subestimar o impacto de nossas atividades em sala e respostas como essas sugerem que é cada vez mais indispensável que busquemos maneiras de o estudante ser atraído pela área de conhecimento da Física como um todo, posto que uma turma de nível médio é costumeiramente diversa em afinidades e interesses profissionais futuros, onde naturalmente poucos estudantes seguirão, de fato, a área científica. Por isso os esforços que fazemos para atrair mais o aluno é uma forma de aumentar a relação significativa dele com os conteúdos abordados, com o possível efeito adverso positivo de se atrair mais profissionais para a área, naturalmente, como sugere a resposta acima.

Na questão 6 fizemos uma pergunta mais específica sobre uma questão epistemológica importante, a relação entre teoria e experimentação. Todos os estudantes demonstraram um entendimento de que esses dois aspectos estão interligados, e que o projeto contribuiu para suas visões a respeito, apesar de não terem avançado na questão. “[...] antes pensava que não havia essa coligação entre os dois”, diz o Estudante C. Esse estudante resgata ainda o contexto de ensino de Física:

Acho que é preciso que quando há a parte experimental também é preciso haver a parte teórica, se não estamos ali só a brincar. Por exemplo, se estivermos na parte experimental, estamos a brincar se não tivermos conhecimento sobre o assunto. Por isso é que também eu acho que é preciso sempre que houver uma parte teórica, haver uma parte prática, e sempre que for preciso uma parte prática também é preciso uma parte teórica para também estar situados (Estudante C).

Como não fizemos associações mais explícitas a respeito de elementos epistemológicos no projeto, é natural que os estudantes não tenham avançado nessa questão. Mas foi nosso intento ao menos ilustrar como existe uma relação entre os dois de modo que só experimentamos o que mobilizamos teoricamente e só teorizamos a respeito do que podemos (ainda que em princípio) experimentar. “Eu acho que é um bocado diferente, mas acho que a parte experimental ajuda na parte teórica e a parte teórica também ajuda na parte experimental”, diz o Estudante A.

Na última questão perguntamos sobre sua percepção em relação às suas aprendizagens ao longo do projeto, e aqui também tivemos os quatro estudantes retornando positivamente a respeito das atividades nesse sentido. “Um nove e meio em dez”, disse o Estudante C⁶, e complementa: “[...] a abordagem dos professores foi diferente da abordagem de um professor

⁶ E que bom que essa resposta nos dá a oportunidade de melhorar nossa proposta.

convencional”. Não sabemos exatamente o que é um professor convencional, mas entendemos como positiva a intencionalidade de, ao menos, diferenciar-se do que habitualmente é feito nas escolas.

O Estudante B sintetiza o que gostaríamos que um projeto desse tipo suscitasse nos alunos:

Esse projeto foi algo assim que eu não colocava expectativa, não é? Eu pensava que a gente ia mais para a parte prática, mas no início a gente começou com a parte histórica. Porém, eu não me arrependo de ter aprendido a história, foi um aprendizado bastante importante, não sabia de muitas histórias aí que foi falado sobre Faraday, Volta e Galvani... Esses grandes cientistas aí nem sequer conhecia assim muito das experiências deles. E essa parte histórica ajudou muito nisso. [...] E é isso, eu pensava que ia ser mais uma parte experimental, [...] mas eu também gostei dessa iniciativa de vocês promover [...] um projeto [...] que ficou algo mais tranquilo para a gente, algo mais leve, porque também estive outros trabalhos fora do âmbito da matéria de física. É isso, foi algo assim gratificante (Estudante B).

Esperamos que cada vez mais iniciativas correlatas possam ser engendradas para que se naturalize que abordagens históricas não estão “fora do âmbito da matéria da física”.

VI. Considerações finais

Diante de uma realidade escolar atual tão voltada a exames e resultados burocráticos de notas e aprovações, parecem haver desafios cada vez maiores para se trazer significado aos estudantes, que transcenda essa cultura para a testagem (Moreira, 2018). Mas a Física sempre foi pródiga em atrair a atenção dos estudantes, e pensamos que muitas vezes é o professor que se torna, provavelmente sem o saber, um agente da falta de interesse do aluno. E pensamos que isso é tão fácil de ocorrer quanto maior for o compromisso do professor unicamente com um suposto conteúdo que nem sequer se justifica sem um sujeito para compreendê-lo.

O bom professor, além do conteúdo com o qual trabalha, certamente se compromete com a aprendizagem de seus estudantes. Por isso, excetuando-se a idiossincrasia do estudante, que sempre pode se interessar por razões particulares por uma dada disciplina, é natural supormos que trazer a ele uma Física mais viva, que dialogue não apenas com sua curiosidade, mas também com toda a sua concepção de ciência e de mundo, seja condição praticamente essencial para se promover um interesse genuíno em sala de aula. Dificilmente se pode esperar que o aluno aprenda algo de modo significativo se ele não vê razões para aprender. E dentre as opções didáticas do professor de Física, dificilmente se poderá atingir esse estado de justificativa sincera sem adentrarmos nos aspectos históricos e experimentais. Como disse o Estudante A, “acho que se se isso fosse implementado mais vezes, acho que faria com que ficasse mais interessado em estudar a física”. Pensamos que não podemos de modo algum subvalorizar colocações desse tipo.

Sabemos que as conclusões de um estudo de caso podem não ser generalizáveis a outras situações, mas se configura, no mínimo, como indicativo de que outras propostas correlatas podem obter resultados semelhantes. A própria história de superação de Faraday, por exemplo, que teve pouca instrução escolar e mesmo assim se manteve com seus interesses em Física, pode mostrar ao estudante como o fazer científico é bem mais cheio de drama humano do que se poderia supor apenas por seus manuais e livros didáticos. O conteúdo específico de Física obviamente deverá estar presente na aventura, mas que se mostra também com outras faces, outras finalidades. Entre essas, destacamos a capacidade da Física, enquanto tribulação humana para entender o mundo à sua volta, de promover discussões que não apenas podem levar o estudante a compreender como ela se encaixa na própria história humana, como também podem dar mais vida a tudo o que se estuda em seus manuais escolares. E insistir em situações que possam mobilizar a história da Física, juntamente com experimentos e demonstrações, pode ser um caminho prolífico para isso.

Referências bibliográficas

Al-KHALILI, J. **Shock and Awe: The Story of Electricity**. [Filme-vídeo]. BBC Four, British Broadcasting Corporation, 2011.

ALVES, A. L.; MOTTA, Y. B. M; ZANCANELLA, A. C. B. Geradores elétricos monofásicos e trifásicos como suporte didático para o ensino de Eletromagnetismo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, p. 879-908, ago. 2020.

ALVIM, M. H.; ZANOTELLO, M. História das ciências e educação científica em uma perspectiva discursiva: contribuições para a formação cidadã e reflexiva. **Revista Brasileira da História da Ciência**, v. 7. n. 2, 2014.

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**, v. 30, n. 2, p. 362-384, ago. 2013.

ARTHURY, L. H. M. Que tipo de professor você quer ser? Um olhar crítico da Física na escola e considerações epistemológicas para melhor pensar metodologias. **Vitruvian Cogitationes**, v. 5, n. 1, p. 84-108, 2024.

ARTHURY, L. H. M.; PAGANELLI, E.; GORGES NETO, L.; DUMS, E. H. Uma Bobina de Tesla de alta potência para o ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 44, 2022.

ARTHURY, L. H. M. A.; TERRAZZAN, E. A. A Natureza da Ciência na escola por meio de um material didático sobre a Gravitação. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 3, 2018.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BENDER, W. N. **Aprendizagem Baseada em Projetos**: educação diferenciada para o século XXI. Porto Alegre: Penso, 2014.

BONIEK, V. C. S. A Natureza da Ciência pelos alunos do ensino médio: um estudo exploratório. **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 4, n. 3, 2010.

BRICCIA, V.; CARVALHO, A. M. P. Visões sobre a natureza da ciência construídas a partir do uso de um texto histórico na escola média. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 1, 2011.

DGE, Direção Geral da Educação. **Perfil dos Alunos à Saída da Escolaridade Obrigatória**. 2017. Disponível em:

https://www.dge.mec.pt/sites/default/files/Curriculo/Projeto_Autonomia_e_Flexibilidade/perfil_dos_alunos.pdf. Acesso em: ago. 2024.

DGE, Direção Geral da Educação. **Inquéritos em meio escolar**. 2007. Disponível em: <https://www.dge.mec.pt/inqueritos-em-meio-escolar-0>. Acesso em: ago. 2024.

DIAS, V. S.; MARTINS, R. de A. Michael Faraday: O caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 517-530, 2004.

FARADAY, M. Pesquisas experimentais em eletricidade (tradução de A. K. T. Assis e L. F. Haruna). **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 152-204, 2011.

GASPAR, A. Cinquenta anos de ensino de física: muitos equívocos, alguns acertos e a necessidade do resgate do papel do professor. In: ENCONTRO DE FÍSICOS DO NORTE E NORDESTE, 15, 1997, Rio Grande do Norte. **Atas [...]** Natal: 1997. p. 1-13.

GIACOMELLI, A. C.; SILVA, C. J. S.; ROSA, C. T. W. Construção de um pêndulo com ímã e bobina destinado ao ensino do eletromagnetismo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, p. 909-924, ago. 2020.

GOWIN, B. D. **Educating**. New York: Cornell University Press, 1981.

GUERRA, A.; REIS, J. C.; BRAGA, M. Uma abordagem histórico-filosófica para o eletromagnetismo no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 2, p. 224-248, ago. 2004.

HODSON, D. Experiments in science and science teaching. **Educational Philosophy and Theory**, v. 20, n. 2, p. 53-66, 1988.

LABURÚ, C. E. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, p. 382-404, 2006.

LAKATOS, I. O Falseamento e a Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica. *In*: I. Lakatos; A Musgrave (Org.). **A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento**. São Paulo: Cultrix, EDUSP, p. 109-243, 1979.

LOVATO, F. L.; MICHELOTTI, A.; SILVA, C. B.; LORETTO, E. L. S. Metodologias Ativas de Aprendizagem: Uma Breve Revisão. **Acta Scientiae**, v. 20, n. 2, 2018.

MacFARLANE, S.; ANN, D.; BRAGA, B.; TYSON, N. de G. **COSMOS: A Spacetime Odyssey**. Episódio 10: O visionário da eletricidade. [Filme-vídeo]. National Geographic Channel, Fuzzy Door Productions, 2014.

MARTINS, A. A.; GARCIA, N. M. D. Ensino de Física e Novas Tecnologias de Informação e Comunicação: Uma Análise da Produção Recente. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 19, 2001, Manaus. **Atas** [...] Manaus: 2011.

MARTINS, A. F. Natureza da ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, 2015.

MARTINS, R. de A. Ørsted e a descoberta do eletromagnetismo. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, v. 10, 1986.

MATTHEWS, M. R. Construtivismo e o ensino de ciências: uma avaliação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 17, n. 3, p. 270-294, 2000.

MILLS, G. E.; GAY, L. R. **Educational Research**: Competencies for Analysis and Applications. London: Pearson, 2018.

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, 2018.

OLIVEIRA, V.; VEIT, E. A.; ARAÚJO, I. S. Relato de experiência com os métodos Ensino sob Medida (*Just-in-Time Teaching*) e Instrução pelos Colegas (*Peer Instruction*) para o Ensino de Tópicos de Eletromagnetismo no nível médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, p. 180-206, abr. 2015.

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

QUINTAS, M. J.; CARVALHO, P. S. Ensino interativo na abordagem da eletricidade numa escola portuguesa. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 839-860, dez. 2016.

RIBEIRO, D. T.; ALMEIDA, A. M.; CARVALHO, P. S. Indução eletromagnética em laboratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, 4317, 2012.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social**: métodos e técnicas. São Paulo: Atlas, 1999.

SARTORI, P. H. S.; OLIVEIRA, M. N. O Experimento da Indução Eletromagnética de Michael Faraday: construção de réplicas de aparatos históricos para promoção da abordagem da história da ciência. **História da Ciência e Ensino**, v. 27 especial, p. 22-50, 2023.

STUDART, N. Inovando a Ensino de Física com Metodologias Ativas. **Revista do Professor de Física**, v. 3, n. 3, p. 1-24, 2019.



Direito autoral e licença de uso: Este artigo está licenciado sob uma [Licença Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).