

# Atividades de Divulgação Científica com Ênfase na Experimentação em Física Desenvolvidas em Escolas do Litoral Norte Paulista

Kauã Estevam Cardoso de Freitas<sup>1</sup>  
Ricardo Roberto Plaza Teixeira<sup>2</sup>

## RESUMO

Este relato de experiência tem como objetivo analisar apresentações de divulgação científica envolvendo demonstrações experimentais, que ocorreram entre 2017 e o primeiro semestre de 2019. As atividades foram realizadas presencialmente junto a alunos do ensino fundamental e médio, visando divulgar diferentes subáreas da Física e, particularmente, destacando a importância do aspecto experimental dessa ciência. O trabalho didático enfatizou os métodos científicos e as ferramentas de que ela dispõe para enfrentar determinados problemas e buscar possíveis explicações para os fenômenos que são observados e medidos. Nas demonstrações experimentais, foram usados materiais de baixo custo, equipamentos elaborados a partir deste tipo de material e brinquedos envolvendo fenômenos físicos. Todos facilitaram, consideravelmente, a compreensão dos conceitos científicos abordados. No transcorrer do período avaliado, foram realizadas 25 apresentações de divulgação científica para alunos do litoral norte paulista, sendo que, em 19 casos, elas foram feitas pelos autores em espaços das próprias escolas e, em seis outros, ocorreram quando os alunos das escolas estavam visitando o campus de Caraguatatuba do Instituto Federal de São Paulo (IFSP). Este trabalho colaborou para maior engajamento e interesse dos alunos envolvidos por temáticas de origem científica. As atividades realizadas evidenciaram que os conceitos físicos tendem a se tornar mais facilmente compreensíveis para os alunos, quando são abordados inicialmente por experimentos de demonstração.

**Palavras-chave:** Divulgação Científica. Experimento. Demonstração. Ensino de Ciências. Método Científico.

## Scientific dissemination activities with emphasis on experimentation in Physics developed in schools of the North Coast of São Paulo

## ABSTRACT

This experience report aims to analyze scientific dissemination presentations involving experimental demonstrations that took place between 2017 and the first half of 2019. These activities were carried out in person with elementary and high school students in order to disseminate different sub-areas of Physics and, particularly, highlighting the importance of the experimental aspect of this Science. The didactic work carried out sought to emphasize the scientific methods and the tools it has to face certain problems and seek possible explanations for the phenomena that are observed and measured. In the experimental demonstrations carried out, low-cost materials, equipment made from this type of material and toys involving physical phenomena were used; they considerably facilitated the understanding of the scientific concepts addressed. During the period evaluated, 25 scientific dissemination presentations were made to students from the north coast of São Paulo; in 19 cases they were made by the authors in spaces of the schools themselves and in 6 other cases they occurred when the students of the schools were visiting the campus of Caraguatatuba of the Federal Institute of São Paulo (IFSP). This work contributed to a greater engagement and interest of students involved in themes of scientific origin. The activities carried out showed that physical concepts tend to become more easily understandable for students when they are initially approached by demonstration experiments.

**Keywords:** Scientific Dissemination. Experiment. Demonstration. Science Teaching. Scientific Method.

---

<sup>1</sup>Licenciando em Física pelo IFSP-Caraguatatuba. E-mail: kaescarfre@gmail.com.

<sup>2</sup>Licenciado e Bacharel em Física pela UNICAMP (1984). Licenciado e Bacharel em História pela USP. (2000), Mestre em Física pela USP (1988), Doutor em Física pela USP (1996) e Professor Titular do IFSP-Caraguatatuba. E-mail: rteixeira@ifsp.edu.br.

## INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo registrar a investigação feita sobre a realização de apresentações de divulgação científica envolvendo experimentos de baixo custo com potencial para demonstrar fenômenos físicos. Ele se caracteriza, portanto, por ser um relato acerca de diversas experiências extensionistas e educacionais descritas e examinadas no que diz respeito às suas diversas características. São estudados adicionalmente os impactos gerados pelas atividades na perspectiva dos estudantes quanto aos temas tratados, ligados à Ciência. Desse modo, as atividades presenciais, que atingiram a comunidade externa ao campus de Caraguatatuba do Instituto Federal de São Paulo (IFSP), procuraram articular as três vertentes básicas de toda instituição universitária: pesquisa, ensino e extensão.

No que tange à estrutura do artigo, após a introdução, há uma revisão bibliográfica para fundamentar teoricamente a pesquisa realizada, a partir de trabalhos que foram encontrados mediante buscas na internet, usando a plataforma “Google Acadêmico”<sup>3</sup>, e descritores (palavras-chave) como “experimento”, “demonstração”, “divulgação científica”, “ensino” e “Física”. Na sequência, são explicitados os procedimentos metodológicos utilizados para a implementação das atividades de divulgação científica investigadas. A seguir, ocorre a apresentação e a discussão dos resultados obtidos com as apresentações de divulgação científica realizadas, que são cotejados com trabalhos acadêmicos sobre os temas tratados e sugestões aos leitores que pretendam trabalhar didaticamente com algumas demonstrações mencionadas. Ao término, são feitas as considerações finais, com algumas reflexões, sugestões e comentários sobre todo o trabalho realizado.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O uso de demonstrações experimentais em atividades de extensão de divulgação científica tem uma longa história: um dos marcos importantes foram as demonstrações que começaram a ser promovidas pela *Royal Society of London* a partir do século XVIII. A este respeito, um dos nomes de destaque foi o do físico inglês Michael Faraday (1791-1867) que, na sua série de palestras “*Chemical History of a Candle*” – publicadas em português com o título “A história química de uma vela” (FARADAY, 2007) – realizou mais de uma centena de experimentos de demonstração (EMDEN; GERWIG, 2020).

---

<sup>3</sup> Disponível em: <https://scholar.google.com.br/?hl=pt>. Acesso em: 31 jan. 2022.

Em apresentações – ou palestras (“lectures”) – de divulgação científica envolvendo demonstrações experimentais de Física, um aspecto fundamental é pensar tanto acerca das interações entre o apresentador e o público, quanto sobre os interesses da audiência (TAYLOR, 1988). Demonstrações experimentais voltadas para o público leigo, constituído por não cientistas, podem ser usadas com dois objetivos básicos que precisam ser distinguidos: comunicar a Ciência e ensinar a Ciência. Elas precisam ser planejadas, tendo em vista com que ênfase os dois propósitos devem ser perseguidos pelo divulgador.

A divulgação científica se transformou ao longo do tempo em função de uma série de fatores, como os pressupostos filosóficos predominantes sobre a Ciência, os conteúdos científicos abordados, a cultura de cada época, os interesses econômicos e políticos presentes e os meios disponíveis para a sua realização (MOREIRA; MASSARANI, 2002). Nas últimas décadas, a divulgação da Ciência com propósito educacional tornou-se, de modo crescente, uma prática social que vem se ampliando, inclusive em espaços não formais de educação, bem como, em especial, na internet (MARANDINO *et al.*, 2003). Por consequência, a divulgação científica vem se configurando, paulatinamente, como uma nova área de pesquisa em construção.

Mesmo com o aumento crescente no desenvolvimento do conhecimento científico e com a maior facilidade de comunicação possibilitada pela internet, vemos o crescimento de posturas de negação da Ciência, cujos exemplos mais evidentes são o terraplanismo, a negação do aquecimento global e o movimento antivacina. Para combater essa realidade, é vital para a comunidade acadêmica e científica que ela diminua o grau de distanciamento que existe com a sociedade em geral (GOMES *et al.*, 2011). Portanto, tanto conhecimentos científicos, quanto os métodos da Ciência, precisam ser socializados, explicados e debatidos junto ao grande público, pois as ações de divulgação científica podem ajudar a enriquecer a compreensão social acerca do empreendimento científico (WATANABE; KAWAMURA, 2015).

Como a divulgação científica pode colaborar com a melhoria dos níveis de alfabetização científica da população em geral (REGINA *et al.*, 2012), ela ganha um aspecto ainda maior de relevância na atual conjuntura de confrontação aberta contra a Ciência e as instituições científicas, por parte de movimentos articulados de negação da Ciência que atuam de modo intenso pelas redes sociais.

No cenário em que, de modo crescente, para muitos, a atitude de acreditar (“eu creio”) individualmente em algo se sobrepõe em grau de importância à atitude de concluir de modo coletivo (“nós concluímos”) algum resultado ou consequência (SCHEFFER *et al.*, 2021), é questão de autossobrevivência dialogar com os cidadãos do público em geral e explicar as ferramentas usadas pela Ciência para resolver problemas que impactam a sociedade, como é o caso da busca pela vacina

contra a COVID-19. As instituições universitárias públicas têm, portanto, responsabilidade em incentivar a divulgação científica (PARRA, 2018), por exemplo, estabelecendo políticas destinadas aos seus pesquisadores para que eles reservem uma parcela do seu tempo para divulgar a Ciência para fora dos muros institucionais, criando mecanismos que tornem mais acessível aos não cientistas o conhecimento científico produzido em seu interior.

Além de ser uma ferramenta que colabora para a melhoria do ensino, a divulgação científica tem o papel de democratizar o acesso ao conhecimento científico, algo que é relevante para a sociedade como um todo (CALDAS; CRISPINO, 2017), sobretudo em ambientes escolares (XAVIER; GONÇALVES, 2014). A divulgação científica atua também para produzir as condições para uma formação crítica do cidadão em relação à Ciência e ao seu papel na sociedade, inclusive no que diz respeito à tomada de decisões e ao debate sobre as suas prioridades (VOGT, 2008). Adicionalmente, a divulgação científica se relaciona com o campo da comunicação e, deste modo, é essencial conhecer a sua “gramática” de forma que educadores e divulgadores, como comunicadores que precisam ser, atuem com capacidade de estabelecer alternativas comunicacionais que tornem o conhecimento científico acessível para cidadãos com variados repertórios culturais (COSTA; MALCHER, 2010).

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Esta é uma pesquisa de observação participativa (THIOLLENT, 2000) de natureza qualitativa, que realizou um estudo descritivo de 25 ações presenciais de divulgação científica envolvendo a experimentação no âmbito da Física. Os autores deste artigo planejaram os estudos e os realizaram junto a alunos da educação básica de diferentes instituições de ensino do litoral norte paulista, entre abril de 2017 e maio de 2019.

Nosso intuito é, assim, relatar a realização dessas ações de divulgação científica envolvendo a mostra de experimentos de Física, refletir sobre ela, bem como, na medida do possível, avaliar os seus impactos junto aos envolvidos. As demonstrações experimentais foram selecionadas com o intuito de elucidar algum princípio físico ou de mostrar alguma aplicação interessante de uma determinada lei da Física (SUTTON, 1938). Para isso, a prioridade foi observar atentamente uma dada intervenção ou experimento e descrever as suas características, para, depois, apresentar os conceitos e princípios da Física envolvidos no ensaio em questão (SPROTT, 2006).

Este trabalho resultou de um projeto de extensão que ocorreu no ano de 2017 e que, posteriormente, se desdobrou em uma pesquisa de iniciação científica, executada entre 2018 e 2019. Portanto, ele envolve ações que se caracterizaram por serem ao mesmo tempo de ensino, de extensão

e de pesquisa. Os autores pertencem à comunidade acadêmica do *campus* de Caraguatatuba do Instituto Federal de São Paulo (IFSP), o primeiro na condição de estudante do curso de Licenciatura em Física, e o segundo na condição de docente da instituição.

Como objetivos, as atividades planejadas se propuseram a despertar o interesse dos participantes pelos conceitos e princípios de Física envolvidos, estimulando-os a procurarem mais conhecimentos sobre os temas tratados, bem como a compreenderem com maior profundidade o caráter eminentemente experimental de uma ciência como a Física, para a qual a observação empírica é essencial, pois tem como objetivo básico testar hipóteses.

Geralmente o trabalho realizado nas ações envolvia dois momentos diferentes, procurando usar a emoção e a razão com objetivos educacionais: o momento do fascínio e do encantamento e o momento da reflexão e do aprofundamento. No âmbito educacional, com frequência, a ênfase é quase toda conferida aos aspectos racionais e cognitivos do conteúdo a ser aprendido, dando-se pouco destaque para a questão da motivação do aluno no processo de aprendizagem. Este trabalho conferiu importância para o encanto e a curiosidade dos alunos diante de fenômenos com um razoável potencial de despertar o interesse pelos aspectos científicos envolvidos. Entretanto, no decorrer das atividades, procurou-se deixar claro para os estudantes que o fascínio é apenas o ponto de partida e que, para conhecer, saber e concluir algo, é necessário esforço, dedicação e método.

Portanto, o planejamento das atividades teve como objetivo colaborar para a construção de um espaço de ensino-aprendizagem que possibilitasse o processo de problematização e evidenciasse a existência de uma articulação do conhecimento científico a ser estudado sobre os fenômenos da realidade observados ou sentidos de algum modo. O emprego da inteligência com finalidade científica exige o exercício da curiosidade epistemológica (FREIRE, 1995), portanto, as atividades foram elaboradas com o intuito de despertá-la e encorajar a aptidão interrogativa, a partir de problemas concretos (MORIN, 2003). A dúvida é um dos principais elementos motivadores para que ocorra a aprendizagem em certa área do conhecimento: assim as apresentações envolveram ações como ver, tocar, experimentar, observar e manipular (ZABALA, 1998), fundamentais para a aprendizagem.

Em termos metodológicos, levou-se em conta que a paixão e o fascínio pela ciência por parte de divulgadores e educadores pode contagiar os alunos que passam a se sentir motivados afetivamente para o processo de aprendizagem (ABED, 2016) que precisa se seguir à etapa do encantamento. É importante então destacar que a Ciência tem o seu ponto de partida na descoberta, ideia ou *insight*, mas, para ser desenvolvida, tem que, obviamente, ir muito além, em um esforço por conhecer melhor e com mais profundidade o objeto de pesquisa, por exemplo, ao construir e testar hipóteses de modo a estruturar um edifício teórico sólido.

A ideia central que conduziu as atividades foi a de que, na demonstração de um experimento com objetivos didáticos no contexto da divulgação científica, a observação atenta dos fenômenos, realizada pelo público, é mais importante do que a precisão real dos resultados (STEWART, 2005). A realização de apresentações de divulgação científica mediante demonstrações experimentais é importante também, porque permite ajudar a transformar a imagem negativa que o público em geral — e, sobretudo, os jovens estudantes — têm da Física (WILLIS; KIRWAN, 1976).

De modo geral, as atividades de divulgação científica junto a estudantes de ensino fundamental e de ensino médio foram de dois tipos: tarefas cumpridas pelos autores nos espaços das próprias instituições escolares dos alunos que assistiram a elas e tarefas empreendidas pelos autores em espaços próprios do IFSP-Caraguatatuba, quando os estudantes das escolas de educação básica estavam visitando a instituição. No total, houve alunos de instituições de ensino situadas nos quatro municípios do litoral norte paulista: Caraguatatuba, São Sebastião, Ilhabela e Ubatuba.

Muitas escolas contavam com professores ou gestores (coordenadores e diretores) que já tinham estabelecido uma relação de interação prévia com o IFSP-Caraguatatuba, inclusive com os autores deste artigo. Um dos motivos disso é que o campus conta com o curso de Licenciatura em Matemática no período matutino (desde 2011) e com o curso de Licenciatura em Física no período noturno (desde 2017). Por serem cursos de formação de professores, foi possível intensificar as relações entre os interessados desses espaços. Isto facilitou bastante o estabelecimento de um contato inicial dos autores deste trabalho com professores e gestores de cada uma das escolas, de modo a agendar data e horário adequados para a realização das atividades de divulgação científica planejadas junto aos seus alunos, seja com os autores deste artigo se deslocando até a escola ou com os alunos oriundos delas visitando o IFSP-Caraguatatuba.

No que diz respeito ao público das atividades analisadas, os seus autores solicitaram aos gestores e professores das escolas que selecionassem entre 20 e 40 alunos para participarem das ações de divulgação científica planejadas: eles eram geralmente escolhidos de diversas classes da escola para compor o conjunto de participantes, a partir de diferentes critérios, definidos pelos gestores e professores das escolas, como manifestarem algum nível de interesse por temas científicos. Em nenhum momento, foi proposto que as atividades de divulgação científica substituíssem a aula de alguma disciplina de uma das classes das escolas visitadas.

As apresentações envolvendo práticas de Física analisadas neste trabalho foram implementadas pelo primeiro autor deste relato. Em todas as ações, ele esteve acompanhado e contou com a colaboração do segundo autor deste artigo, o orientador, que, tomando cuidado para não atrapalhar o desenvolvimento das explanações, procurou complementá-las em momentos particulares nos quais isso se tornava interessante ou conveniente.

Após todas as apresentações, um artigo sucinto de natureza descritiva, complementado por fotos era sempre publicado no site do IFSP-Caraguatatuba<sup>4</sup>, informando a ação realizada, os temas abordados e seus desdobramentos, de modo a publicizar as atividades de divulgação científica implementadas e ressaltar a sua importância para a comunidade externa e para o próprio IFSP.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Ao todo, este trabalho analisa 25 atividades de divulgação científica presenciais, envolvendo experimentos de Física, de modo a destacar a importância do caráter empírico da disciplina. As ações se deram entre 2017 e 2019, sendo que 16 delas ocorreram ao longo de 2017; seis, ao longo de 2018; e três, ao longo do primeiro semestre de 2019. Elas foram empreendidas para alunos de diferentes idades da educação básica de instituições de ensino públicas estaduais e municipais situadas no litoral norte paulista.

Em apenas um dos casos, o público que assistiu à atividade não se compôs de alunos de uma escola específica, mas de jovens em visita ao IFSP-Caraguatatuba, oriundos de um Centro de Referência de Assistência Social (CRAS) e de um Núcleo de Atendimento de Assistência Social (NAAS), situados no litoral sul do município de São Sebastião. A maioria deles era constituída de estudantes de diferentes instituições escolares públicas. Das outras 24 apresentações, 15 foram para alunos de ensino médio; oito foram para alunos do segundo ciclo do ensino fundamental – E.F - (geralmente estudantes do 8º e do 9º ano do E.F) e, em um caso, a apresentação foi dirigida para alunos do primeiro ciclo do E.F.- especificamente, estudantes do 5º ano). Além disso, em todos esses casos, os alunos de ensino médio – E.M – eram vinculados a escolas estaduais (15 instituições escolares estaduais, no total), enquanto os alunos de E.F. eram de escolas municipais (nove instituições escolares municipais, no total).

Por município, das 24 escolas participantes nas atividades, 21 localizavam-se no município de Caraguatatuba, enquanto em cada um dos outros três municípios do litoral norte paulista (São Sebastião, Ilhabela e Ubatuba) se localizava 1 das outras 3 escolas parceiras.

Das 25 atividades de divulgação científica analisadas aqui, 19 ocorreram em espaços das próprias escolas dos alunos que assistiram a elas (geralmente, em alguma sala de aula que não estava sendo usada); nesse caso, o transporte dos dois autores para as escolas ocorreu por meio de veículo próprio ou de um dos veículos do IFSP-Caraguatatuba disponíveis. Em seis casos, os alunos se locomoveram e visitaram o IFSP-Caraguatatuba, com as atividades sendo realizadas em algum espaço

---

<sup>4</sup> Disponível em: <https://ifspcaraguatatuba.edu.br/>. Acesso em: 30 jan. 2021

dessa instituição, como o seu auditório ou alguma sala de aula em específico; nesse caso, os gestores e professores de cada uma dessas escolas organizaram o transporte dos seus alunos até o IFSP-Caraguatatuba. Os experimentos usados nas apresentações envolviam sempre materiais e equipamentos leves e compactos, geralmente de baixo custo e que podiam ser facilmente transportados.

As mais diferentes subáreas de Física foram abordadas nessas atividades de divulgação científica, como a cinemática, a hidrodinâmica, o eletromagnetismo, a óptica, a Astrofísica e a Física atômica.

Em duas das 25 ações, ocorreram oficinas mais longas (entre uma e duas horas de duração) sobre dois temas diferentes, na óptica e no eletromagnetismo. Em ambos os casos, os alunos puderam interagir com os materiais fornecidos para as práticas experimentais, manipulando-os livremente de modo a tentar construir modelos explicativos e testar hipóteses.

Em uma oficina, o tema escolhido foi da subárea da óptica, a determinação do índice de refração de um meio líquido; a atividade ocorreu para alunos do segundo ciclo do Ensino Fundamental que visitaram o IFSP-Caraguatatuba. Foram utilizados materiais de baixo custo (como óleo de cozinha, água e copos transparentes) para estudar o caminho que a luz percorre até chegar aos nossos olhos e para explicar como é possível estimar o denominado índice de refração de diferentes meios líquidos (LOPES; AGUIAR, 2014).

A outra prática envolveu temas da área do eletromagnetismo (mais especificamente da eletrostática), como a Lei de Coulomb e a eletrização por atrito, e foi dirigida para alunos de uma escola de ensino médio visitada. Nesse caso, as ideias para a elaboração dos experimentos de demonstração usados (a partir de materiais de baixo custo, como canudos, copos plásticos e bexigas de borracha) foram retiradas do livro “Os Fundamentos Experimentais e Históricos da Eletricidade”, escrito pelo professor André Koch Torres Assis (2010) e que está disponível para ser acessado gratuitamente no site da UNICAMP, instituição na qual o seu autor leciona.

No caso das outras 23 apresentações de divulgação científica que não foram estruturadas na forma de oficinas, elas duraram entre 15 e 30 minutos e, ao seu final, um tempo era dedicado para responder às dúvidas existentes. Além disso, eram sugeridas aos estudantes algumas fontes de informação científica confiáveis sobre os temas tratados, que circulam na internet. As apresentações com demonstrações experimentais eram acompanhadas geralmente por outras apresentações de divulgação científica, com duração similar, mas sobre outros temas, inclusive em alguns casos de outros campos disciplinares relacionados às ciências naturais, como astronomia, computação, matemática e história da ciência. Elas eram feitas por outros estudantes de graduação orientados

pelo segundo autor deste artigo. No total, contando a apresentação envolvendo experimentos de Física e as outras, o conjunto de alunos de uma escola selecionados para participar permanecia geralmente cerca de duas horas assistindo às práticas.

No que diz respeito ao período do dia em que estas atividades ocorreram, em 13 casos elas foram executadas pela manhã, enquanto em dez casos elas aconteceram pela tarde. Finalmente, em dois casos, em uma mesma escola pública estadual de Caraguatatuba, em dois anos consecutivos, as atividades ocorreram no período noturno, em espaços da escola. Esses foram os únicos em que as apresentações fizeram parte um rol maior de atividades de um evento – denominado “Noite com as estrelas” – organizado pela própria instituição, com periodicidade anual e voltado para a área da astronomia. Deste modo, em 2017 e em 2018, em duas noites de sexta-feira, ocorreram convites pelos professores e gestores organizadores do evento, para que os autores deste artigo realizassem apresentações de divulgação científica.

Em 2017, o tema central da apresentação do evento “Noite com as estrelas” foi o comportamento atômico e suas relações com experimentos, quando foi utilizada, como ilustração, uma bobina de Tesla (elaborada com o uso de materiais de baixo custo), com o apoio de um globo de plasma (que foi adquirido pelos autores no mesmo ano, por meio da internet, com o custo de cerca de R\$ 100,00).

A bobina de Tesla é um transformador ressonante que pode gerar uma grande tensão e conta com grande simplicidade na sua construção (LABURÚ; ARRUDA, 2004); ao aproximar uma lâmpada fluorescente de uma bobina de Tesla, é possível acendê-la sem que ocorra qualquer contato físico (Figura 1), um fenômeno que desafia os alunos a tentarem elaborar alguma forma de explicação para o que veem. O canal “Manual do Mundo” do YouTube tem um vídeo curto (de cerca de 13 minutos) intitulado “Faça uma mini bobina de Tesla caseira”<sup>5</sup>, muito útil para professores interessados em construir esse tipo de recurso experimental didático.

---

<sup>5</sup> Disponível em: <https://youtu.be/w2bZGKNwB4Y>. Acesso em: 30 jan. 2022.

**Figura 1 – Demonstração com uma bobina de Tesla acendendo lâmpada fluorescente sem qualquer contato físico entre as duas. Prática apresentada por Kauã Freitas**



Fonte: Autores (2017).

Já uma bola de plasma (ou globo de plasma) é um recipiente esférico de vidro transparente preenchido com uma mistura de vários gases, com um eletrodo de alta tensão no centro do recipiente, um recurso que pode ser utilizado para o ensino de Física, na área da eletricidade: no seu interior, elétrons emitidos por uma superfície metálica situada no seu centro colidem aleatoriamente com átomos de gás a baixa pressão. O artigo “*Plasma globe revisited*” (LINCOLN, 2018) tem um “video abstract” (um resumo na forma de vídeo) com acesso aberto e que pode ser assistido como forma de introdução, para aqueles interessados pelos possíveis usos didáticos do recurso.

A bobina de Tesla e a bola de plasma foram utilizadas em diversas das ações enfocadas nesta pesquisa, com razoável sucesso no que diz respeito ao propósito de despertar a curiosidade e estimular o interesse dos alunos pela Física, para desencadear processos de aprendizagem realmente efetivos.

Em 2018, o tema central da apresentação foi alguns instrumentos de medida em Astronomia, como é o caso do astrolábio – um equipamento utilizado desde a Antiguidade para medir ângulos estelares – bem como dos métodos de pesquisa usados ao longo da História da Astronomia. Usando-se transferidores, há a possibilidade de fazer astrolábios caseiros, que podem ser usados para a mensuração, por exemplo, do ângulo entre uma dada estrela e o horizonte (AGUIAR; HOSOUME, 2015). O astrolábio usado foi adquirido durante a participação em um congresso acadêmico em 2017, pelo custo de apenas R\$ 5,00.

O tema de Física mais tratado nas apresentações foi o efeito Magnus, estudado em sete das 25 atividades analisadas neste artigo. O efeito Magnus envolve um fenômeno hidrodinâmico descoberto pelo cientista alemão Heinrich Gustav Magnus pelo qual a trajetória em um fluido (líquido ou gás) de um objeto é alterada devido à sua rotação (BOFF *et al.*, 2012). É o que ocorre, por exemplo,

quando uma bola de futebol é chutada com “efeito” e tem a sua trajetória desviada lateralmente (AGUIAR; RUBINI, 2006). Para exemplificar essa questão, durante as apresentações, era exibido um vídeo curto (com menos de 1 minuto) do famoso gol feito por um chute, em uma cobrança de falta, pelo jogador brasileiro Roberto Carlos, no jogo do Brasil contra a França, em 1997<sup>6</sup>. O uso de demonstrações com cilindros de papel sulfite, copos de plástico e bolas com movimentos de rotação durante a queda permitiu um aprofundamento conceitual do fenômeno do ponto de vista da aerodinâmica. Essas foram demonstrações feitas com equipamentos muito simples e arranjos de fácil compreensão. Elas se mostraram bastante efetivas, de modo a tornar concretos os conceitos científicos elucidados nas mentes dos alunos (STEWART, 2007). Em particular, foi bastante útil a exibição em que se usou um cilindro feito de papel sulfite deslizando sobre um plano inclinado (por exemplo, um livro grande suspenso no ar, pelas mãos) e depois caindo em direção ao chão: o acompanhamento da trajetória de queda do cilindro de papel girante até o chão – se caindo na vertical ou caindo para frente ou caindo para trás – permitiu discutir o efeito Magnus pelo resultado fenomenológico contraintuitivo que é observado.

Em uma das demonstrações do efeito Magnus para estudantes do segundo ciclo do Ensino Fundamental, havia um aluno deficiente visual, com baixa visão. Para auxiliá-lo a receber a explicação, ele foi orientado a estender a mão com a palma para cima. Sobre ela, foi colocada uma esfera do tamanho de uma bola de tênis. Essa esfera foi girada por um dos autores desta pesquisa, que solicitou à professora que estava em frente ao aluno que assoprasse em direção à esfera (e ao aluno): o “vento” que incidia sobre a esfera girando agia de duas formas: de um lado da esfera, ficava a favor do movimento da sua borda, enquanto, do outro lado, estava contrário ao movimento da sua borda. A prática demonstrou justamente a diferença que provoca o gradiente de pressão (e de força) que caracteriza o efeito Magnus.

Outro tipo de demonstração usada em duas apresentações foi o estudo da trajetória parabólica de queda de uma pequena esfera de metal após ela deslizar por um cano curvo e inclinado (situado a uma altura de cerca de um metro do solo), de modo a ela ganhar velocidade (Figura 2). O objetivo do exercício era tentar estimar o tempo que uma pequena esfera de metal em queda demora até tocar no solo, tanto após uma queda com movimento parabólico, quanto após uma queda em movimento vertical. A discussão sobre se os tempos seriam diferentes ou iguais permitiu abordar a questão da independência dos movimentos vertical e horizontal no lançamento de projéteis, um tópico importante de cinemática. Foram aplicados materiais acessíveis e uma placa de arduino (adquirida por aproximadamente R\$ 50,00) com sensores e conectada a um notebook, para medir a posição da

---

<sup>6</sup> Disponível em: <https://youtu.be/ItZwYNWUONw>. Acesso em: 30 jan. 2022.

queda e controlar todo o sistema (CARVALHO, 2018; MOYA, 2018; SESA *et al.*, 2021). O lançamento de projéteis e o movimento oblíquo são temas muito abordados no ensino médio (MARTINS, 2019): as características experimentais dos fenômenos são fundamentais para a sua compreensão.

**Figura 2 – Experimento de queda de uma pequena esfera de metal com movimento parabólico, apresentado por Kauã Freitas.**



Fonte: Autores (2017).

Para uma turma de alunos do primeiro ciclo do Ensino Fundamental, foi realizado um raciocínio experimental envolvendo o Efeito Coanda (AHMED, 2020). O fenômeno observado foi a tendência de um filete de um fluido em escoamento permanecer unido a uma superfície suavemente curva adjacente (WELTNER *et al.*, 2011). O efeito Coanda tem uma aplicação importante nos projetos de design de aeronaves, e há vídeos disponíveis na internet que possibilitam visualizar este fenômeno<sup>7</sup>.

Finalmente, em duas apresentações, destacaram-se os dois principais métodos para a detecção de exoplanetas (planetas extrassolares, ou seja, planetas orbitando estrelas diferentes do Sol) e sobre as técnicas experimentais envolvidas, inclusive pelo recurso a experimentos mentais durante as atividades. A primeira técnica de detecção de exoplanetas enfocada foi o método que usa o efeito Doppler associado ao movimento de “bambolê” que um sistema formado por uma estrela e um planeta realiza, quando visto de longe: a maioria dos exoplanetas conhecidos foi determinada por meio do uso dessa técnica (AMORIM; SANTOS, 2017a). Há vídeos interessantes e disponíveis na internet que podem ser utilizados como ferramentas didáticas sobre este tema, como é o caso da animação intitulada “*Searching for Exoplanets: Astrometric Versus Radial Velocity (Doppler) Method*”<sup>8</sup>

<sup>7</sup> Disponível em: <https://youtu.be/AvLwqRCbGKY>. Acesso em: 30 jan. 2022.

<sup>8</sup> Disponível em: <https://youtu.be/1mqMyn06zAY>. Acesso em: 30 jan. 2022.

(“Procurando por exoplanetas: Método Astrométrico Versus Método da velocidade Radial (Doppler)”), com cerca de quatro minutos de duração. (É possível acionar o recurso do YouTube que produz legendas em português para o vídeo.) Como a estrela e o planeta de um dado sistema estelar orbitam em torno do centro de massa desse sistema (o raio da órbita da estrela em torno do centro de massa é muito menor que o raio da órbita do planeta, pelo fato de a massa da estrela ser muito maior que a do planeta), quando o planeta está se aproximando de nossos olhos, a estrela está se afastando, com a sua luz, devido ao efeito Doppler. Conseqüentemente se desloca para frequências mais baixas, ou seja, para o vermelho. O fenômeno é denominado *redshift*. De modo complementar, quando o planeta está se afastando de nossos olhos, a estrela está se aproximando e a sua luz é deslocada para frequências mais altas, ou seja, para o azul/violeta.

A segunda técnica de detecção de exoplanetas enfocada foi o método de trânsito planetário, que analisa a luminosidade proveniente de uma estrela antes e durante um planeta, durante a sua órbita, passar em frente da estrela, na linha imaginária que a liga até a Terra (AMORIM; SANTOS, 2017b). Durante essa forma de “eclipse” da estrela por um planeta, a luminosidade proveniente da estrela cai ligeiramente, o que pode ser mensurado com instrumentos de medida suficientemente sensíveis. Uma imagem GIF bastante didática pode ser usada em apresentações para auxiliar na explicação desta técnica<sup>9</sup>. Durante a atividade, foi proposto inicialmente que os alunos imaginassem como variaria a luminosidade proveniente de uma vela acesa quando um objeto opaco passasse pela frente dela. Em seguida, como analogia ao método de trânsito planetário e de modo a destacar a sensibilidade das medidas envolvidas, foi sugerido que os alunos imaginassem a medição, durante uma noite, da alteração da luz proveniente de um farol situado a alguns quilômetros de distância, quando uma mosca passasse em frente ao farol, a poucos metros dele, na linha de visada entre os nossos olhos e ele. É possível simular experimentalmente o método de trânsito, por meio, por exemplo, de um arranjo com um *smartphone* e um pêndulo cônico (BARROSO; OLIVEIRA; JESUS, 2020).

Vídeos curtos e imagens GIF são recursos úteis para professores, pois se relacionam, ainda que indiretamente, com a observação visual e, em alguns casos sonora, de determinados fenômenos, seja filmando-os, ou até mesmo simulando-os.

A apresentação sobre exoplanetas deu ênfase para o fato de que, mesmo não podendo observá-los diretamente, é possível encontrar evidências observacionais bastante sólidas da sua existência. Além disso, destacou-se que verificações podem ser imaginadas, como no caso das denominadas experimentos de pensamento ou experimentos mentais – “*gedanken experiment*”, na expressão em

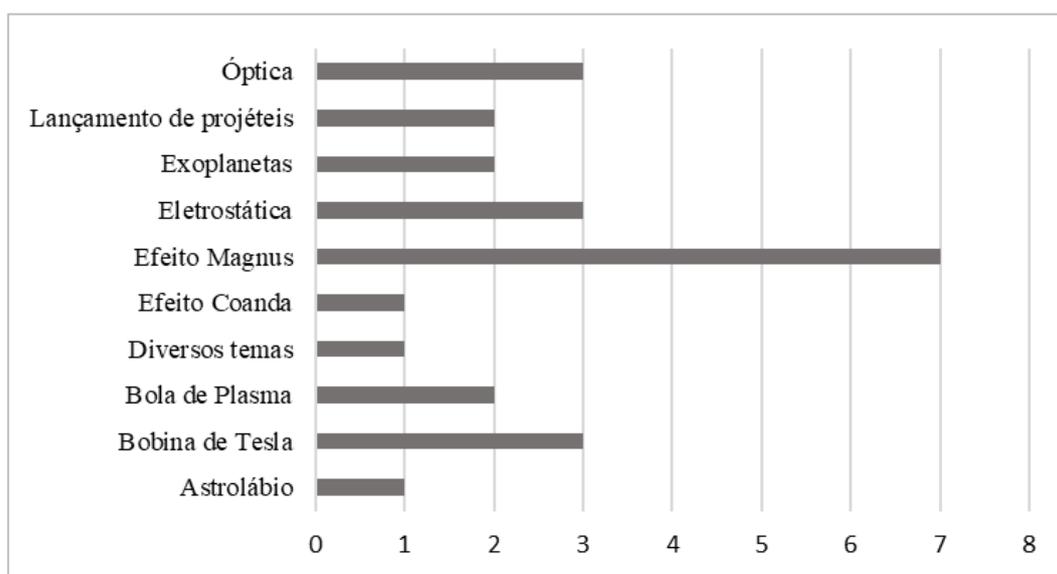
---

<sup>9</sup> Disponível em: [http://portaldoastronomo.org/wp-content/uploads/sites/3/2021/11/Nov23\\_2021\\_JPL\\_f2.gif](http://portaldoastronomo.org/wp-content/uploads/sites/3/2021/11/Nov23_2021_JPL_f2.gif). Acesso em: 31 jan. 2022.

alemão, empregada, em algumas situações específicas por Albert Einstein (1879-1955) para ilustrar aspectos da Teoria da Relatividade (RAIČIK; PEDUZZI, 2021). Trata-se de recursos que podem ser utilizados por cientistas e por educadores quando a situação experimental é inacessível, frequentemente por motivos de ordem prática, mas por vezes também por razões de ordem financeira. Os experimentos de pensamento são atividades imaginativas criadas pela mente humana. Eles respeitam as leis da Física e são aceitos de modo consolidado na atualidade, podendo contribuir para o desenvolvimento da Ciência e para a divulgação do próprio conhecimento científico, tornando-se potencialmente um recurso interessante para educadores (GIACOMELLI; ROSA, 2021).

A Figura 3 apresenta um gráfico que mostra a frequência da distribuição dos principais experimentos e temas utilizados nas 25 demonstrações experimentais de Física.

**Figura 3 - Frequência absoluta da distribuição das N=25 apresentações de acordo com o experimento ou tema principal em cada caso.**



Fonte: Autores (2022).

Os procedimentos com materiais acessíveis e de baixo custo abrangeram uma ampla variedade de temas e de subáreas da Física, algo que ilustra a viabilidade do seu uso para uma gama de situações. Adicionalmente, evidenciaram que, de fato, o envolvimento cognitivo dos alunos é decisivo para que qualquer processo de aprendizagem seja o mais efetivo possível. Assim, experimentos – e, até mesmo, vídeos e imagens GIF, em algumas situações – que possibilitaram a observação de fenômenos importantes para a Física, podem se transformar em recursos didáticos valiosos, pois, com frequência, colaboram para o engajamento discente na busca ativa pelo conhecimento científico produzido pela humanidade, algo essencial para que a aprendizagem aconteça.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maioria dos estudantes precisam enxergar os fenômenos e interagir com eles durante a aprendizagem e gostam de observar exemplos concretos. Cliff Swartz (2006) trata dessa questão quando afirma, em termos metafóricos, que o ensino de Física sem demonstrações é como um jantar sem comida!

As atividades investigadas neste trabalho procuraram promover uma postura reflexiva por parte dos estudantes ao instigar suas estruturas mentais para que se apropriassem dos conhecimentos existentes a fim de explicar determinados fenômenos observados que, de algum modo, provocaram a sensação de que era necessário saber mais para compreendê-los melhor. Posteriormente, em alguns casos, o resultado do processo se deu por parte de depoimento dos professores dos estudantes que participaram das atividades: eles informaram aos autores deste trabalho o aumento do interesse e do engajamento, de seus alunos acerca de temas científicos tratados nelas.

A experiência de trabalhar com demonstrações de experimentos de Física a partir de materiais de baixo custo e de brinquedos revelou a importância de o professor dominar os assuntos subjacentes ao tema específico não apenas para identificar os conceitos mais importantes envolvidos, mas também para fornecer respostas corretas para perguntas que possam surgir. Há casos até em que o uso de determinadas demonstrações não é recomendado em certa situação, para evitar dificuldades e confusões que possam desencorajar as pessoas que assistem às práticas (GÜÉMEZ; FIOLEAIS; FIOLEAIS, 2009).

Os objetivos educacionais da ação, as circunstâncias da ocasião e os conhecimentos prévios do público envolvido devem ser considerados na seleção de estudos. A demonstração de experimentos de Física pode desempenhar um papel importante ao permitir que os jovens sejam apresentados a várias ferramentas do método científico úteis para enfrentar um determinado problema associado a um fenômeno observado, experimentado ou vivenciado de algum modo.

Com o uso de demonstrações de experimentos em atividades de divulgação científica foi possível criar momentos propícios para a aprendizagem, pois os alunos ficaram realmente intrigados com os fenômenos que estavam observando. Nesse cenário, o professor tem o papel de trabalhar pedagogicamente com as diferentes características fenomenológicas observadas para provocar um processo dinâmico de questionamento e de aprofundamento no corpo de conhecimentos científicos existentes que possam produzir uma explicação satisfatória para aquilo que foi experimentado.

Algo que ficou bastante evidente durante as atividades é o fato de que diversos conceitos físicos tendem a se tornar mais facilmente compreensíveis para os alunos, quando são abordados inicialmente por experimentos de demonstração do que quando são apresentados verbalmente ou por

meio de algum formalismo matemático: a realidade ao nosso redor é bem mais rica do que a descrição teórica que aparece nos livros, até porque, nesse suporte, é preciso simplificar fenômenos que são complexos – envolvendo, diversas áreas da Física – e, muitas vezes, surpreendentes.

Essas ações também colaboraram para fortalecer os dois cursos de Licenciatura em Física e em Matemática do IFSP-Caraguatubá, tanto interna quanto externamente, ao destacar a importância da Ciência, da educação e, em particular, da formação de professores que, em suas práticas como docentes, possam sentir a importância de, sempre que possível, explorar experimentos em sala de aula. Como decorrência, elas também aproximaram o IFSP das escolas públicas municipais e estaduais localizadas na região do litoral norte paulista.

**AGRADECIMENTOS** - Agradecemos à FAPESP e ao IFSP pelo fomento concedido para esta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ABED, Anita Lilian Zuppo. O desenvolvimento das habilidades socioemocionais como caminho para a aprendizagem e o sucesso escolar de alunos da educação básica. **Construção psicopedagógica**, v. 24, n. 25, p. 8-27, 2016. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/cp/v24n25/02.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2022.
- AGUIAR, C. E.; RUBINI, G. A aerodinâmica da bola de futebol. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 4, p. 297-306, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/g7QfmppY4qtZnTPFC6qpQMH/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 30 jan. 2022.
- AGUIAR, Ricardo Rechi; HOSOUME, Yassuko. Medida da latitude com um astrolábio caseiro em uma atividade de campo. **Anais do XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF)**, 2015. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/319983313\\_MEDIDA\\_DA\\_LATITUDE\\_COM\\_UM\\_AS\\_TROLABIO\\_CASEIRO\\_EM\\_UMA\\_ATIVIDADE\\_DE\\_CAMPO](https://www.researchgate.net/publication/319983313_MEDIDA_DA_LATITUDE_COM_UM_AS_TROLABIO_CASEIRO_EM_UMA_ATIVIDADE_DE_CAMPO). Acesso em: 30 jan. 2022.
- AHMED, Noor A. **Coanda Effect: Flow Phenomenon and Applications**. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2020.
- AMORIM, R.G.G.; SANTOS, W. C. Determinação da Massa e Dados Orbitais de Exoplanetas pelo Método Doppler. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 1, e1310, 2017a. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0170>. Acesso em: 30 jan. 2022.
- AMORIM, R.G.G.; SANTOS, W. C. Descobertas de exoplanetas pelo método do trânsito. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 2, e2308, 2017b. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0217>. Acesso em: 30 jan. 2022.
- ASSIS, André Koch Torres. **Os Fundamentos Experimentais e Históricos da Eletricidade**. Montreal, Canadá: C. Roy Keys Inc., 2010. Disponível em: <https://www.ifi.unicamp.br/~assis/Eletricidade.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2022.

- BARROSO, Renato Rodrigues; OLIVEIRA, Alexandre Lopes de; JESUS, Vitor Luiz de. Simulação da detecção de exoplanetas pelo método do trânsito utilizando o pêndulo cônico e o smartphone. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, e20200161, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0161>. Acesso em: 31 jan. 2022.
- BOFF, Diogo *et al.* Demonstração experimental do efeito Magnus utilizando material de baixo custo. **Anais do XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Belém, PA, 2012. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/7/artigos/104139.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2022.
- CALDAS, Jocasta; CRISPINO, Luís C. B. Divulgação científica na Amazônia: O Laboratório de Demonstrações da UFPA. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 2, e2309, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0229>. Acesso em: 30 jan. 2022.
- CARVALHO, Noemy Alves de. Catapulta automatizada para ensino de lançamento oblíquo. **Anais da Mostra Nacional de Robótica (MNR)**, 2018. Disponível em: <http://sistemaolimpico.org/midias/uploads/7558343e50d292814c27531f1dcbe560.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2022.
- COSTA, Suanny Lopes; MALCHER, Maria Ataíde. Ciência e Comunicação na Amazônia: um relato de experiência no projeto CIECz. **Anais do IX Congresso de Ciências da Comunicação na Região Norte**, Rio Branco, AC, 2010. Disponível em: <http://www.intercom.org.br/papers/regionais/norte2010/resumos/R22-0035-1.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2022.
- EMDEN, M.; GERWIG, M. Can Faraday's The Chemical History of a Candle Inform the Teaching of Experimentation? **Science & Education**, v. 29, p. 589–616, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11191-020-00119-5>. Acesso em: 30 jan. 2022.
- FARADAY, Michael. A história química de uma vela – As forças da matéria. Rio de Janeiro: Contraponto, 2007.
- FREIRE, Paulo. **À sombra desta mangueira**. São Paulo: Editora Olho d'Água, 1995.
- GIACOMELLI, Alisson Cristian; ROSA, Cleci T. Werner da. Significados construídos por acadêmicos de licenciatura em Física durante a execução de experimentos de pensamento históricos. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 23, e33553, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1983-21172021230125>.
- GOMES, Verenna Barbosa *et al.* Avaliação do impacto de visitas e palestras de divulgação científica em alunos do ensino médio visitantes ao campus da Universidade de Brasília. **Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**, UNICAMP, Campinas, SP, 2011. Disponível em: [http://abrapecnet.org.br/atas\\_enpec/viiienpec/resumos/R0233-1.pdf](http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/viiienpec/resumos/R0233-1.pdf). Acesso em: 30 jan. 2022.
- GÜÉMEZ, J.; FIOLHAIS, C.; FIOLHAIS, M. Toys in physics lectures and demonstrations—a brief review. **Physics Education**, v. 44, n. 1 p. 53-64, 2009. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/230985000\\_Toys\\_in\\_physics\\_lectures\\_and\\_demonstrations\\_-\\_A\\_brief\\_review](https://www.researchgate.net/publication/230985000_Toys_in_physics_lectures_and_demonstrations_-_A_brief_review). Acesso em: 30 jan. 2022.
- LABURÚ, Carlos Eduardo; ARRUDA, Sergio de Mello. A construção de uma bobina de tesla para uso em demonstrações na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. especial, p. 217-226, 2004. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/10008>. Acesso em: 30 jan. 2022.
- LINCOLN, James. Plasma globe revisited. **The Physics Teacher**, v. 56, n.62, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1119/1.5018702>. Acesso em: 30 jan. 2022.

- LOPES, Eric Barros; AGUIAR, Carlos Eduardo. **Dois métodos para medir o índice de refração de líquidos** – Material Instrucional. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.
- MARANDINO, Martha *et al.* A educação não-formal e a divulgação científica: o que pensa quem faz? In: **Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências (ENPEC)**, Bauru, 2003. Disponível em:  
<https://fep.if.usp.br/~profis/arquivo/encontros/enpec/ivenpec/Arquivos/Orais/ORAL009.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2022.
- MARTINS, Mariel. **Uma proposta de ensino do movimento oblíquo no ensino médio**. 2019. 93 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, PR, 2019. Disponível em:  
<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4457>. Acesso em: 30 jan. 2022.
- MOREIRA, Ildeu de Castro; MASSARANI, Luisa. Aspectos históricos da divulgação científica no Brasil. IN: MOREIRA, Ildeu de Castro; MASSARANI, Luisa; BRITO, Fatima. **Ciência e Público: caminhos da divulgação científica no Brasil**. Rio de Janeiro: Casa da Ciência – Centro Cultural de Ciência e Tecnologia da UFRJ, 2002. Disponível em:  
[http://www.museudavida.fiocruz.br/images/Publicacoes\\_Educacao/PDFs/cienciaepublico.pdf](http://www.museudavida.fiocruz.br/images/Publicacoes_Educacao/PDFs/cienciaepublico.pdf). Acesso em: 30 jan. 2022.
- MORIN, Edgar. **A cabeça bem-feita: repensar a reforma/reformar o pensamento**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.
- MOYA, A. A. An Arduino experiment to study free fall at schools. **Physics Education**, v. 53, n. 5, 055020, 2018. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/aad4c6/pdf>. Acesso em: 30 jan. 2022.
- PARRA, Kenia Naara. **Contribuição de palestras de divulgação científica da química para a motivação para o aprendizado em estudantes do primeiro ano do Ensino Médio: uma perspectiva da Teoria da Autodeterminação**. 2018. 203 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo (USP), São Carlos, SP, 2018. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75134/tde-18062018-142941/en.php>. Acesso em: 30 jan. 2022.
- RAICIK, Anabel Cardoso; PEDUZZI, Luiz O. Q. De Mach ao ‘novo experimentalismo’: um resgate histórico-epistemológico de experimentos de pensamento. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 14, n. 2, p. 209-234, 2021. Disponível em:  
<https://rbhciencia.emnuvens.com.br/revista/article/view/153>. Acesso em: 31 jan. 2022.
- REGINA, Anelise Maria *et al.* Seguindo os passos de Sherlock Holmes: experiência interdisciplinar em encontro de divulgação científica. **Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 14, n. 3, p. 185-198, 2012. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=129525405011>. Acesso em: 30 jan. 2022.
- SCHEFFER, Marten *et al.* The rise and fall of rationality in language. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 118, n. 51, e2107848118, 2021. Disponível em:  
[https://www.researchgate.net/publication/357105304\\_The\\_rise\\_and\\_fall\\_of\\_rationality\\_in\\_language](https://www.researchgate.net/publication/357105304_The_rise_and_fall_of_rationality_in_language). Acesso em: 30 jan. 2022.
- SESA, E. *et al.* Design and implementation of an Arduino-based instrument for parabolic motion. **Journal of Physics: Conference Series**, The 2-nd International Seminar on Science and Technology, 1763, 2020. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1763/1/012001/pdf>. Acesso em: 30 jan. 2022.

SPROTT, Julien Clinton. **Physics demonstrations**: A sourcebook for teachers of Physics. Madison, U.S.A.: The University of Wisconsin Press, 2006.

STEWART, Seán M. Some simple physics demonstration experiments. **Proceedings of the First Annual Conference for Middle East Teachers of Science, Mathematics and Computing (METS MaC-I)**, Abu Dhabi, p. 121-133, 2005. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/256120711\\_Some\\_simple\\_physics\\_demonstration\\_experiments](https://www.researchgate.net/publication/256120711_Some_simple_physics_demonstration_experiments). Acesso em: 30 jan. 2022.

STEWART, Seán M. Some simple demonstration experiments involving homopolar motors. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 275-281, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-47442007000200012>. Acesso em: 30 jan. 2022.

SUTTON, Richard Manliffe. **Demonstration Experiments in Physics**. New York, U. S.A.: American Association of Physics Teachers / McGraw-Hill Book Company, 1938. Disponível em: <https://ia800301.us.archive.org/26/items/demonstrationexp031524mbp/demonstrationexp031524mbp.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2022.

SWARTZ, Cliff. **Cliff's Notes**: Editorials from The Physics Teacher. Baltimore, U.S.A.: The Johns Hopkins University Press, 2006.

TAYLOR, Charles. **The Art and Science of Lecture Demonstration**. New York, U.S.A.: Taylor & Francis Group, 1988.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez, 2000.

VOGT, Carlos. Divulgação e Cultura Científica. Campinas, SP: **ComCiência: Revista Eletrônica de Divulgação Científica**, 2008. Disponível em: [http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-76542008000300001&lng=en&nrm=iso](http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542008000300001&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 30 jan. 2022.

WATANABE, Graciella; KAWAMURA, Maria Regina Dubeux. Um sentido social para a divulgação científica: perspectivas educacionais em visitas a laboratórios científicos. **Alexandria**, v. 8, n. 1, p. 209-235, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/view/1982-5153.2015v8n1p209>. Acesso em: 30 jan. 2022.

WELTNER et al. A Dinâmica dos Fluidos Complementada e a Sustentação da Asa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 4, p. 429-443, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-47442001000400009>. Acesso em: 30 jan. 2022.

WILLIS, Jack; KIRWAN, Donald. Physics Demonstrations for the public. **The Physics Teacher**, v. 14, p. 210-219, 1976.

XAVIER, Jhonatan; GONÇALVES, Carolina. A relação entre a divulgação científica e a escola. **Revista Areté - Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 7, n. 14, p. 182-189, 2014. Disponível em: <http://periodicos.uea.edu.br/index.php/arete/article/view/135>. Acesso em: 30 jan. 2022.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.