
Avaliação de experimentos de baixo custo voltados ao ensino de Física no ensino médio: revisão de literatura

Avaliation of low-cost experiments on Physics learning in high school: literature review

Hardiney dos Santos Martins

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Departamento de Formação de Professores, Coordenação de Física, Belém, Pará, Brasil. Doutor em Física-UFPA. **Endereço:** Travessa Humaitá, 967, Torre 1, Apto. 1605. CEP.: 66083-340. **E-mail:** hardiney.martins@ifpa.edu.br.

Paulo Diógenes de Souza Kanasiro

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Departamento de Formação de Professores, Coordenação de Física, Belém, Pará, Brasil. Graduado em Física-IFPA.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo a análise de artigos publicados em periódicos brasileiros, os quais possuem como escopo o ensino de Física, de trabalhos sobre experimentos de baixo custo voltados ao ensino médio. A metodologia empregada foi a revisão integrativa de literatura com abordagem quantitativa. Foram selecionados artigos publicados entre janeiro de 2009 a dezembro de 2018, publicados em língua portuguesa e com Qualis Capes A (Quadriênio 2013-2016). Como mecanismo de busca utilizaram-se palavras-chave (Experimento ou experiência, Ensino e Física), refinadas pela leitura do título e resumo. Os resultados obtidos demonstram uma concentração das publicações nas regiões Sul e Sudeste (81%), com abordagem de verificação (49%), sobre Física Clássica (85%) e sem o uso de Tecnologia de Informação e Comunicação (67%). A concentração e o tempo de existência de pós-graduações na área de Ensino de Ciências, o uso de roteiros, a facilidade de execução das experiências e a falta de acesso às tecnologias de informação podem ser as explicações para estas concentrações, respectivamente.

Palavras-chave: Ensino de Física. Experimentos. Baixo-custo. Abordagem dos Experimentos. Tecnologia de Informação e Comunicação.

ABSTRACT

This work aim to analyze articles published in Brazilian journals, which have as their scope teaching of Physics, research on low cost experiments with focus at high school. The methodology used was an integrative literature review with a quantitative approach. Articles published between January 2009 and December 2018, published in Portuguese and with Qualis Capes A (Quadrennial 2013-2016) were selected. We use the keyword methodology search (Experiment or experience, Teaching and Physics), refined by reading the title and abstract. The results demonstrate a concentration of publications in the South and Southeast (81%), with verification approach (49%), Classical Physics (85%) and without the use of Information and Communication Technology (67%). The concentration and existence time of postgraduate in the area of Science Education, the use of laboratory script, the facility of carrying out experiments and the lack of access to information technologies can be used as explanations for these results, respectively.

Keywords: Teaching Physics. Experiments. Low Cost. Experiment Approach. Information and Communication Technology.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Atualmente, a falta de interesse por parte dos alunos do ensino médio em relação aos conteúdos da disciplina de Física ocorre por diversos fatores. O principal deles é a preocupação por parte dos docentes em somente cumprir os conteúdos da respectiva série. A falta de contextualização dos conteúdos ministrados, afasta os discentes da obtenção do conhecimento físico e desconecta as experiências da sala de aula com a realidade vivida pelo aluno (DUARTE, 2012).

É importante que o conhecimento seja ministrado de forma a aproximar o aluno dos fenômenos observados. Assim, tornando a aula agradável e estimulando o desenvolvimento da capacidade de observação e reflexão dos estudantes.

Nesse sentido, as atividades experimentais contribuem na construção desta habilidade no aluno. Permitindo ao mesmo incorporar elementos da realidade ao conhecimento formal. A experimentação é um dos métodos didáticos implementado, por pesquisadores e professores, como metodologia para tornar as aulas mais atrativas e eficientes. Apesar de muitas escolas não disporem de laboratórios equipados e adequados, muitos docentes têm apostado na implementação de laboratórios de baixo custo. Estes laboratórios utilizam materiais simples e de fácil acesso, no qual, os experimentos são desenvolvidos na própria sala de aula.

Segundo Duarte (2012):

Os experimentos de baixo custo representam uma alternativa à ausência de laboratórios equipados nas escolas, além de serem uma forma de aproximar o aluno da ciência através de materiais de fácil obtenção e disponíveis no seu cotidiano. É comum a esses estudantes a ideia de que a ciência é puramente abstrata e desvinculada da realidade, pois se baseiam nas situações, quase sempre ideais, que surgem nos problemas de Física (DUARTE, 2012, p. 525).

A participação na montagem, no desenvolvimento e na análise de dados, proporciona uma interação eficaz, diferente de qualquer outro método teórico conhecido. Outro aspecto é abandonar os roteiros tradicionais de laboratório. Os roteiros em diversas situações se assemelham a “receitas de bolo”, não oferecendo uma situação potencialmente agradável e propícia para a aprendizagem (HAAG; ARAUJO; VEIT, 2005).

O livro didático e os artigos acadêmicos são as principais fontes de dados para a elaboração de experimentos de baixo custo em sala de aula. Roteiros prontos, para serem desenvolvidos somente pelos alunos, são muito comuns nos livros brasileiros. Juntamente com os roteiros, as experiências presentes em livros didáticos são acompanhadas por figuras ou esquemas que ajudem na compreensão da atividade (BARROS; LANGHI, 2016).

O nível de dificuldade na montagem, o acesso aos materiais necessários e a complexidade da análise dos dados podem impedir a sua utilização por parte dos professores e alunos. É necessário

que haja uma preocupação por parte de pesquisadores a essas dificuldades e também no direcionamento dos experimentos. Estes fatores devem ser levados em consideração para que haja interação completa do aluno, visando uma melhor compreensão e tornando as atividades de laboratório uma realidade mais acessível e eficaz aos alunos.

Dentro dessa perspectiva, o presente trabalho visa proporcionar um estudo consistente de estudos publicados em um período de 10 anos relativo ao uso de experimentos de baixo custo no ensino de Física. Além de proporcionar um panorama sobre a utilização das experiências de baixo custo no processo de ensino-aprendizagem no Brasil. Através disso, possibilitando uma reflexão e sensibilização do objeto de estudo em questão, além de destacar a sua importância no processo de ensino-aprendizagem.

USO DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

O uso de experimentos em sala de aula passou por diversas fases de transformação durante a história do ensino das ciências no Brasil, partindo de moldes tradicionais, até mais recentemente aos moldes cognitivistas-construtivistas.

A tendência de currículos tradicionalistas ou racionalistas, que tiveram forte influência no ensino, de modo geral, no período que antecedia a II Guerra Mundial, prevalecem no Brasil

nas diversas instituições e métodos de ensino (KRASILCHIK, 2000). Com o objetivo de transmitir informações, os experimentos eram montados e demonstrados pelo professor (*demonstração*), sem qualquer interação do aluno com o fenômeno (ROSA; ROSA, 2005).

Embora as atividades de demonstração sejam fechadas, é importante que o professor proporcione variação nas discussões, a fim de que os alunos possam refletir sobre os fenômenos observados, formular hipóteses e fazer conclusões através do uso do pensamento crítico, compartilhando suas ideias com o grupo (OLIVEIRA, 2010).

Após a década de 1950, com a inserção dos kits nas escolas, elaborados por acadêmicos americanos e brasileiros, o aluno era incentivado a participar da montagem dos materiais, dando origem aos experimentos de verificação de conceitos (*verificação*), a fim de testar e ilustrar teorias físicas (ROSA; ROSA, 2005).

Tal modalidade de atividade experimental possui uma fácil montagem, requerendo pouco tempo de preparo, sendo mais indicado para alunos que tenham pouca familiaridade com a realização de aulas experimentais. Os estudantes podem também aprender técnicas e manusear equipamentos, pois estão diretamente inseridos na montagem e preparo. Para o professor, é uma modalidade que tem a supervisão e avaliação facilitadas, pois apresenta uma maior probabilidade de acerto, devido a facilidade de montagem

proporcionada por roteiros previamente definidos (OLIVEIRA, 2010).

Na década de 1960, chegam ao território nacional teorias cognitivistas que consideravam que o conhecimento se dá através da interação do sujeito com o meio, com ênfase aos processos mentais dos estudantes. Porém, foi somente no início da década de 1980 que essas teorias começaram a influenciar com mais eficiência o ensino das ciências.

O pensamento cognitivista-construtivista tinha como objetivo o desenvolvimento das habilidades cognitivas dos estudantes, através da dúvida e da resolução de problemas. Nesse molde, os experimentos passaram a ter um caráter investigativo (*investigação*), levando os estudantes a terem um contato maior com os materiais, valorizando a aprendizagem através da descoberta. O professor deixaria de ser um transmissor de informações para a ser um orientador no processo de ensino-aprendizagem (NASCIMENTO; FERNANDES; MENDONÇA, 2012).

Atividades experimentais de investigação requerem um preparo e desenvolvimento maior, uma vez que exigem etapas a serem seguidas pelos estudantes, desde a análise do problema, levantamento de hipóteses, montagem, desenvolvimento, coleta e discussão dos resultados.

O papel do professor é fundamental na orientação e motivação na busca por respostas aos resultados obtidos. Diferente de outras modalidades, as conclusões

são obtidas pelos estudantes através da vivência com o experimento e o professor só intervém em situações que envolvam indecisão, falta de consenso ou clareza. Por esses motivos, apesar de fundamental, a atenção do professor é mais exigida e deve estar preparado para saber direcionar os resultados, que não são totalmente previsíveis (OLIVEIRA, 2010).

Araújo e Abib (2003) ressaltam que independente do direcionamento do experimento, demonstração, verificação ou de investigação, se conduzidos de forma adequada, podem possibilitar um ambiente motivador, agradável, estimulante e favorável ao aprendizado, além de incentivar a participação dos alunos e despertar o interesse, sem desprezar o conhecimento prévio de cada estudante.

EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO: UMA ALTERNATIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA

No final da década de 1960, com a criação da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências (FUNBEC), sediada na USP, já se produzia guias didáticos e kits de laboratório de baixo custo, além de treinamento e capacitação de professores para usá-los. Além disso, buscava-se levar os estudantes a descobrirem como funciona a ciência e desenvolver o senso crítico (NASCIMENTO; FERNANDES; MENDONÇA, 2012).

AxtreMoreira(1991)evidenciavam a falta de materiais necessários para

desenvolver uma aula experimental de qualidade. Mas, ressaltam que o professor não pode deixar de fazê-las por esse motivo. É necessário que os mesmos utilizem materiais de baixo custo para confecção das experiências, utilizando a criatividade e com o auxílio dos alunos para que se possa amenizar essa carência.

A utilização de materiais de baixo custo em experimentos de Física, com a perspectiva de reaproveitamento, mesmo que não intencionalmente, colabora para uma conscientização ambiental, vendo potenciais materiais de laboratório em objetos que seriam jogados no lixo, tais como latinhas, embalagens, dentre outros (COELHO *et al.*, 2000; LABURÚ; BARROS; KANBACH, 2007).

As atividades experimentais, são uma maneira de aproximar o aluno da Física, fazendo com que o conhecimento que está sendo adquirido seja muito mais claro e próximo da realidade dele.

Segundo Kaptisa apud Santos, Piasi e Ferreira (2004):

Para que um estudante compreenda um experimento, ele próprio deverá executá-lo, mas ele entenderá muito melhor se, além de realizar o experimento, ele construir os instrumentos para sua experimentação (KAPTISA, 1985, p. 248 apud SANTOS; PIASI; FERREIRA, 2004, p. 8).

METODOLOGIA

O presente trabalho trata-se de uma revisão integrativa de literatura, método que proporciona a síntese de conhecimento e a incorporação da aplicabilidade de resultados e estudo

significativos na prática (SOUZA; SILVA; CARVALHO, 2010).

A revisão integrativa permite uma compreensão mais ampla e completa do tema de interesse, permitindo generalizações precisas, combinação de dados de literatura teórica e prática, contribuindo para discussões de futuros estudos. Pode ser direcionada para a revisão de teorias, definição de conceitos, ou ainda, para a análise metodológica de um estudo em particular (MENDES; SILVEIRA; GALVÃO, 2008).

Apesar da dificuldade de análise devido a multiplicidade de estudos inclusos e com diferentes direcionamentos, a revisão integrativa tem potencial de aumentar a profundidade e abrangência das conclusões, principalmente no que tange ao ensino de Física no ensino médio e suas práticas em sala de aula voltadas a uso de experimentos de baixo custo. A grande variedade de amostras dá precisão para conclusões de como o tema do presente trabalho tem sido abordado no território nacional.

Para o levantamento de trabalhos foram selecionadas pesquisas publicadas com as seguintes características: artigos publicados em português, disponibilizados nas bases de dados da Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF) e Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF).

A escolha de tais periódicos baseou-se nas seguintes características: escopo voltado para o ensino de Física, publicações em língua portuguesa (esta restrição é

voltada para a facilidade de acesso de professores da educação básica), extrato de qualificação da CAPES, na área de Ensino, para periódicos com Qualis A1 e A2 (quadriênio 2013-2016).

A sistemática de busca compreendia três etapas:

1ª etapa: Busca nos portais dos respectivos periódicos com a utilização de palavras-chave/descriptores e suas combinações somente na língua portuguesa (Física, Experimento ou Experiência e Ensino). Os trabalhos deveriam pertencer ao período entre janeiro de 2009 a dezembro de 2018.

2ª etapa: Os critérios de inclusão definidos para a seleção dos trabalhos foram: texto original em língua portuguesa e texto completo disponível.

3ª etapa: Leitura do título e resumo buscando concordância com a temática proposta.

Ao realizar a busca, inicialmente foram listados 61 artigos na RBEF e 159 artigos no CBEF. Com a aplicação da etapa 3, foram excluídos os artigos que não se enquadravam na categoria de experimentos de baixo-custo, foco de estudo do trabalho. Vale ressaltar que a palavra experiência tem sentido ambíguo, pois pode retratar experimentos físicos ou relatos de experiência por parte de professores ou alunos. Por isso, ainda na etapa 3, fez-se necessário a utilização de um refinamento dos artigos encontrados.

Apartir dos trabalhos que tiveram os descritores identificados, que se tratavam de uma revisão bibliográfica e que não desenvolveram o experimento com os alunos, também foram

excluídos. Também foram excluídos artigos que abordavam experimentos que não condizem com o objeto de estudo: ensino médio.

Após estas filtrações obteve-se um conjunto de 75 artigos para a construção do presente trabalho.

Os artigos foram analisados e classificados de acordo com os seguintes quesitos: a região brasileira, na qual o estudo foi realizado, ano de publicação, área do conhecimento Físico, uso de tecnologias de informação e qual abordagem utilizada para o experimento proposto (demonstração, verificação ou investigação). Desta maneira, apresenta-se a análise das informações em tabelas e gráficos com respectivos percentuais, para os parâmetros indicados acima.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

DISTRIBUIÇÃO REGIONAL E TEMPORAL DAS PUBLICAÇÕES

Inicialmente analisou-se a distribuição espacial (por região) e temporal. Na Tabela 1 procurou-se verificar a região que mais contribuiu com artigos sobre experimentos de baixo-custo nas duas revistas já anteriormente citadas, além da quantidade de trabalhos publicados nos anos em estudo. Pode-se observar que a maior participação é proveniente da região Sudeste do país, com 48% de todos os trabalhos, seguida pela região Sul com 33%.

Percebe-se uma baixa participação das demais regiões do

país, dando destaque à região Norte, que durante os dez anos analisados não colaborou na produção de trabalhos

nas duas revistas em questão, sobre experimentos de baixo custo no ensino de Física.

Tabela 1. Distribuição por Região e Ano das publicações sobre Experiências de Baixo Custo no Ensino de Física.

Região/ Ano	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Total Região	%
Centro-Oeste	0	1	0	1	1	0	3	0	0	0	6	8
Nordeste	0	0	0	3	1	0	0	3	1	0	8	11
Norte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sudeste	1	2	1	10	5	3	3	7	3	1	36	48
Sul	2	2	0	4	4	2	3	4	4	0	25	33
Total	3	5	1	18	11	5	9	14	8	1	75	100

Com base nos dados obtidos, pode-se notar uma grande desigualdade regional, que de acordo com Proença e Nenevé (2004) se dá por fatores históricos, devido à distinção entre regiões quanto ao tipo de investimentos.

A região norte do país, durante muitos anos, foi conhecida pela exploração de recursos naturais, como a extração da borracha no Pará, que só teve fim na década de 1960. Já a região Sudeste, em especial o estado de São Paulo, desde os primórdios, concentrou os grandes investimentos nacionais, tornando esse estado o mais importante polo de crescimento econômico do país (SCHWARTZMAN, 2006).

Para entender melhor esta diferença, analisamos as datas de fundação das universidades e cursos de pós-graduação em ensino de Ciências. Assim, fica ainda mais claro a possível causa da desigualdade regional. Comparando-se a data de fundação das universidades das regiões Sudeste

e Norte, como exemplo: Universidade de São Paulo/USP, fundada em 1934 e Universidade Federal do Pará/UFPA, fundada em 1957.

As universidades da região Sudeste são consideradas centro de referência para o ensino e a pesquisa nacionais, sendo equipadas com recursos tecnológicos mais avançados do que na região Amazônica. Nesta região, os recursos educacionais para educação superior são escassos e há poucos profissionais qualificados. Além disso, as universidades dessa região do país contam ainda com recursos limitados, insuficientes para atender à demanda por vagas e às necessidades da pesquisa e do ensino na educação superior (PROENÇA; NENEVÉ, 2004).

O outro fator importante a ser destacado é a pequena oferta de cursos de pós-graduação oferecidos na região Norte em relação à região Sudeste. Estes possuem um papel importante e promissor na pesquisa e produção de material científico

(SANTOS; AZEVEDO, 2009). Para discutirmos melhor essa questão temos a Tabela 2 que descreve a quantidade

de programas ativos de pós-graduação em Ensino e Ensino de Ciências e Matemática no Brasil.

Tabela 2. Programas ativos de pós-graduação em Ensino e Ensino de Ciências e Matemática no Brasil

Região/ Curso	Mestrado	Doutorado	Total Região	%
Centro-Oeste	22	5	27	10,2
Nordeste	46	5	51	19,2
Norte	24	4	28	10,6
Sudeste	73	16	89	33,6
Sul	52	18	70	26,4
Total	217	48	265	100

Os dados para a elaboração da tabela 2 foram obtidos através da plataforma Sucupira da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), no ano de 2019, que é vinculada ao Ministério da Educação. A região Sudeste detém 33,6% de todos os programas de pós-graduação do país, enquanto a região Norte fica com apenas 10,6%.

É importante notar, que as regiões Sudeste e Sul totalizam 60% de todas as ofertas de pós-graduação do país, o que justifica uma maior participação na produção de artigos acadêmicos.

Utilizando a mesma plataforma foi possível verificar a relação entre a quantidade de artigos publicados e a criação de cursos de pós-graduação nas regiões brasileiras (Tabela 3).

Tabela 3. Quantidade de programas de pós-graduação de acordo com a data de criação

Região/ Criação	Antes de 2012	2012 a 2019	Total Região	Crescimento %
Centro-Oeste	7	20	27	186
Nordeste	14	37	51	164
Norte	4	24	28	600
Sudeste	33	56	89	70
Sul	26	44	70	69
Total	84	181	265	

Ao analisar a Tabela 1, percebe-se que para todas as regiões, com exceção da região Norte, houve um aumento significativo na quantidade de artigos publicados no ano de 2012. Na Tabela 3, é possível notar que a quantidade de cursos de pós-

graduação a partir de 2012 aumentou consideravelmente.

A associação desses dois dados se torna inevitável, visto que há um evidente crescimento de publicações a partir do ano de 2012, que coincide com o aumento na quantidade de ofertas de

cursos de pós-graduação no mesmo período.

Cirani, Campanario e Silva (2015) afirmam que as desigualdades regionais influenciam diretamente na produção científica e nas perspectivas de crescimento regional, pois quanto mais cursos de pós-graduação, maior será a produção de conhecimento e seu efeito no desenvolvimento local.

ÁREA DA FÍSICA

Na Figura 1, observam-se os valores obtidos para a distribuição dos assuntos abordados pelas experiências nos artigos utilizados na presente pesquisa. Pode-se notar uma grande frequência de trabalhos nas áreas de Mecânica (23%) Óptica (22%) e

Eletromagnetismo (18%), que juntos contabilizam 63% de todos os artigos avaliados.

Em sua revisão bibliográfica Araújo e Abib (2003) identificam a predominância de conteúdos de Mecânica nos experimentos, no ensino de Física, e questionam essa preferência. Segundo os autores este fato já ocorre desde o passado e mesmo com o surgimento da mecânica quântica, os estudos voltados à mecânica newtoniana ainda predominam nas publicações no ensino de Física de um modo geral.

Além disso, os conteúdos de Mecânica e Eletricidade são considerados por muitos professores como prioritários.

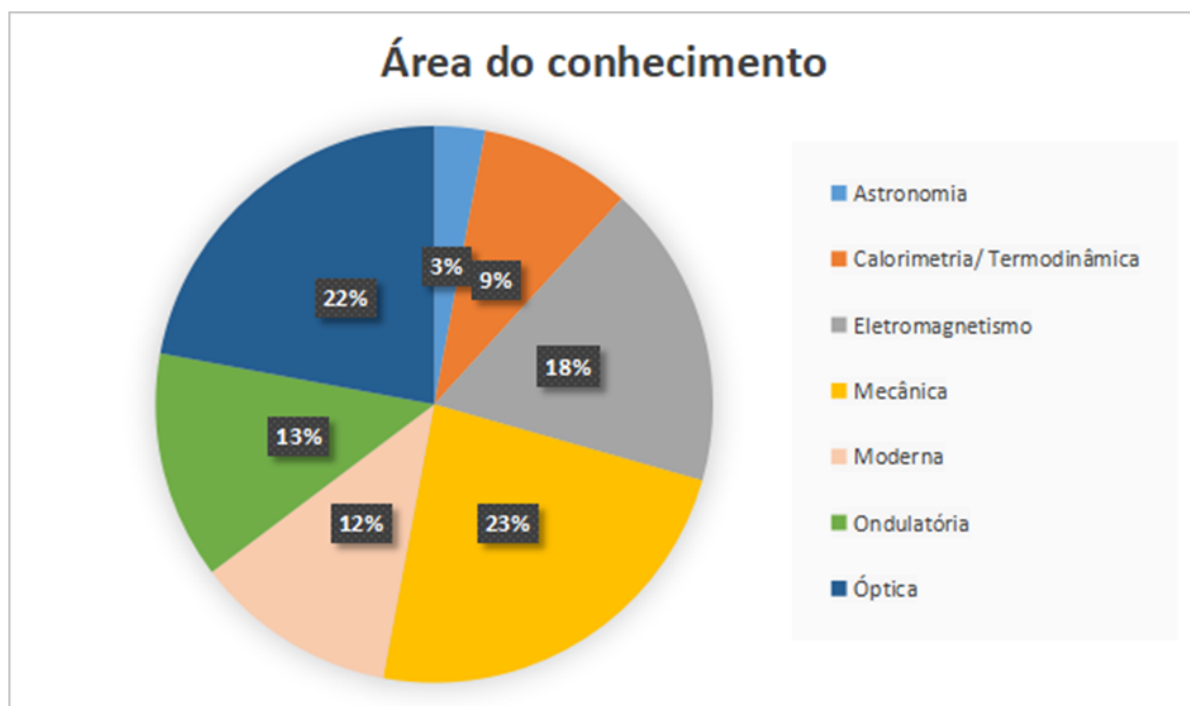


Figura 1. Distribuição por área da Física dos experimentos.

Com relação à baixa quantidade de experimentos de Física Moderna,

podemos atribuir a uma necessidade de atualização no currículo de Física do

ensino médio, no qual esses conceitos estão diretamente relacionados com o cotidiano dos alunos (TERRAZAN, 1992).

Ostermann, Prado e Ricci (2006) ressaltam que alguns experimentos de Física Quântica necessitam de um aparato experimental que só é encontrado em laboratórios modernos e como alternativa, sugerem ferramentas computacionais, como softwares com experimentos virtuais.

Monteiro, Nardi e Bastos-Filho (2009) destacam que houve pouco entusiasmo por parte dos professores entrevistados para com os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea. Ainda resalta que é imprescindível que sejam discutidas novas perspectivas para a formação de professores de Física, quando se trata desses conteúdos.

USO DE TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TIC)

A utilização de instrumentos eletrônicos, computadores e softwares na elaboração de experimentos em sala de aula foram notados em uma parcela considerável dos artigos analisados (Figura 2). O uso dessas tecnologias tem se tornado uma importante ferramenta de auxílio no ensino de Física. O intuito dessas propostas não é de substituir a prática real pela virtual, mas de usá-lo como um instrumento para colaborar na coleta de dados e análise. Nota-se na figura 2 que ainda predomina a não utilização de TIC's para a realização

dos trabalhos.

Como exemplo de uso das TIC's temos o programa Tracker que permite realizar a análise de vídeos quadro a quadro. Por se tratar de um software livre ligado ao projeto Open Source Physics, que desenvolve programas e códigos abertos ao ensino de Física, a intenção é minimizar os custos usando essa ferramenta para a análise e coleta de dados.

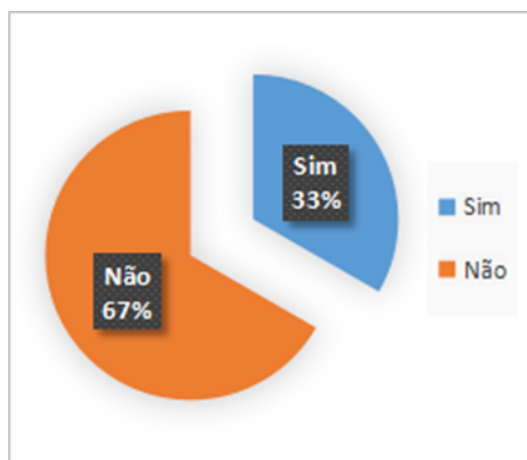


Figura 2. Distribuição entre Uso de Tecnologias da Informação e Comunicação.

Jesus e Sasaki (2014) fizeram a análise de duas grandezas físicas distintas, coeficiente de atrito cinético e coeficiente de atrito de rolamento, sendo que a segunda é sistematicamente ignorada nas coleções de ensino médio.

Utilizando ainda o Tracker, o experimento que aborda o movimento parabólico e a segunda lei de Newton, resalta que o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) pode colaborar para um aprendizado mais efetivo e, aliada a utilização de experimentos de baixo custo, se tornam compatíveis a realidade educacional brasileira (BEZERRA-JUNIOR *et al.*,

2012). Os mesmos autores destacam que tal abordagem em sala de aula esbarra na falta de familiaridade dos docentes para com programação de computadores e na ausência de técnicos com essa formação nas escolas de um modo geral.

Utilizando também da vídeo-análise, o experimento proposto por Dias, Amorin e Barros (2009) utiliza dois editores livres, VirtualDub e ImageJ. O primeiro faz a decomposição do vídeo em fotogramas que são selecionados e, em seguida, são superpostos pelo segundo, para formar uma imagem estroboscópica, utilizando filmadoras acessíveis e de baixo custo. A posição dos autores quanto a essas abordagens é de que o aluno participe da construção e da análise dos dados experimentais utilizando os recursos tecnológicos que para eles, são de uso comum.

Segundo Silva e Gobara (2009), a informatização das escolas e o uso do computador é uma realidade atualmente, além de ser muito útil ao ensino. Os autores ressaltam ainda que o intuito do trabalho não é substituir equipamentos comuns como relógios e cronômetros, mas trata-se apenas de mais uma opção para realizar atividades experimentais.

Micha *et al.* (2011) ensinam como modificar uma webcam para a visualização do infravermelho, através da tela do computador, fazendo uso de poucos equipamentos. Porém, o experimento que chamou a atenção pela gama de conteúdos que pode ser abordado, é o que utiliza uma placa de Arduino, *hardware open source*, de

fácil utilização que permitem a criação de dispositivos que utilizem como entrada de sensores para temperatura, luz e som, dentre outros, criando possibilidades ilimitadas.

Todos os autores citados abordaram a importância do uso de tecnologias como computador e outras ferramentas de TIC's para auxiliar os experimentos, de forma a reduzir os custos envolvidos nas montagens e auxiliar na observação e coleta de dados. Porém, os artigos deixaram a entender que as escolas de um modo geral possuem fácil acesso a esses equipamentos, realidade que diverge do Censo da Educação Básica de 2017, que foi realizado pelo Ministério da Educação (BRASIL, 2017). De acordo com os dados, somente 49,2% das unidades públicas de Educação Básica possuem computadores, sendo que o número de computadores é de um para cada 41,5 alunos no Brasil.

Quando analisamos por região a situação é mais alarmante na região Norte, que fica com o pior índice, 64,4 alunos por computador, onde somente 30,4% das escolas da rede pública contam com computadores disponíveis aos alunos. A região Sudeste que tem índice semelhante ao índice nacional, de 42,2 alunos por computador, possui locais como as zonas carentes do Rio de Janeiro, que somente 9% dos moradores possuem computadores em casa (SORJ; GUEDES, 2005). Os autores também ressaltam que a adaptação dos professores a esse tipo de metodologia é um processo longo que deve ser trabalhada de forma a

capacitar os docentes a utilização dos recursos tecnológicos.

Atualmente somente 2% dos professores brasileiros da rede pública urbana fazem uso do computador em sala de aula (SORJ; GUEDES, 2005) através de simulações computacionais os mesmos procedimentos realizados anteriormente, porém nesse ambiente o aluno terá a possibilidade de alterar elementos com mais facilidade, como a massa dos corpos e condições de atrito, dentre outros. Essas alterações permitem uma potencialização da sensibilidade do observador acerca do fenômeno em estudo, para que este possa entender e aplicar em outros cenários do seu cotidiano.

O uso de tecnologias de informação e comunicação deve ser facilitado, visando uma familiarização por parte dos alunos para com elas, ampliando assim as possibilidades e alternativas no uso das mesmas em experimentos, otimizando discussões e resultados, sem esquecer na capacitação de professores para o uso desses equipamentos em sala de aula para que possam servir de um instrumento auxiliar no processo de ensino-aprendizagem (MARINHO *et al.*, 2016).

DIRECIONAMENTO/ABORDAGEM

Na Figura 3, utilizando-se dos critérios de Araújo e Abib (2003), procurou-se verificar o grau de direcionamento dos experimentos em estudo, diferenciando-os em três classes: *Demonstração*, *Verificação*

e *Investigação*. Analisou-se também se essas práticas se assemelham aos moldes tradicionais de ensino ou estão baseadas em métodos típicos de uma abordagem construtivista.

A respeito das atividades de Demonstração, que representam 31% dos artigos analisados, têm como característica ilustrar fenômenos físicos, tornando a sua visualização mais real e motivadora e, ao mesmo tempo, torna o aprendizado mais interessante, agradável e fácil. O professor possui um papel mais ativo no desenvolvimento do experimento, tendo o aluno como um expectador, ou até mesmo, um agente pouco participativo.

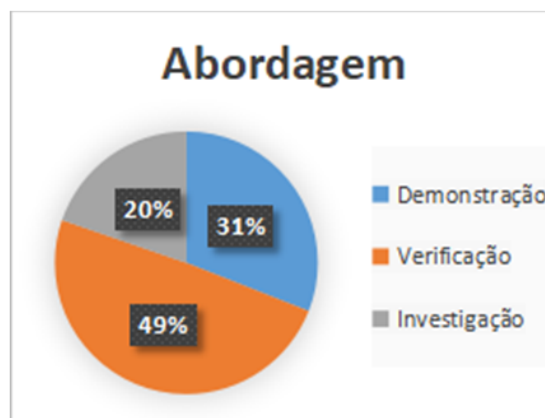


Figura 3. Distribuição dos Tipos de Direcionamentos das Experiências.

Alguns exemplos mais significativos e interessantes de experimentos de observação serão fornecidos a seguir. Iniciando com um destaque para o trabalho desenvolvidos por Silva *et al.* (2013b), que demonstraram uma preocupação especial para o desenvolvimento de experimentos para ambientes planejados de educação informal.

Utilizando materiais de baixo custo, os autores desenvolveram a criação de pêndulos (SILVA *et al.*, 2013a), motores elétricos (SILVA; LABURÚ, 2013) e até demonstrações de fenômenos ópticos através de espelhos e lentes (SILVA *et al.*, 2013b).

Os dois únicos trabalhos de astronomia se enquadram nos experimentos de observação, onde os alunos podem interagir na montagem de um espectroscópio (BARROS; LANGHI, 2016) e também com o objetivo de incentivar o ensino de Astronomia, mesmo em aulas diurnas e de forma acessível a qualquer escola, foi apresentado um material lúdico-manipulativo e de baixo custo, que simula a configuração das constelações de modo a torná-las familiar para os alunos, que depois teriam a oportunidade de reconhecê-las no firmamento (MUNHOZ; STEINBARANA; LEME 2012).

Os experimentos de verificação representaram 49% de todos os artigos analisados. Um número expressivo que demonstra uma maior contribuição para essa modalidade, visto que são experimentos onde o aluno participa da montagem e segue um roteiro previamente determinado, a fim de verificar e testar conceitos físicos, sob a orientação do professor.

Selecionando alguns experimentos de verificação, é possível destacar o uso de um recipiente plástico e algumas bolinhas de gude para a verificação do conceito de entropia, contido na segunda lei da Termodinâmica (MONTEIRO; BASTOS-FILHO, 2009). No estudo do calor, Rosa

et al. (2016) propõe a montagem de um aparato simples, utilizando uma lâmpada, uma lata de azeite, uma barra metálica de cobre e outra de alumínio, além de termômetros. O aluno pode verificar o fluxo de calor da lâmpada para as barras metálicas e comparar quais delas é a melhor condutora de calor.

Uma versão moderna do experimento de Hertz foi proposta por Eberhardt, Giovannini e Catelli (2012), utilizando materiais de fácil acesso e com um roteiro bem detalhado, é possível detectar pulsos eletromagnéticos de maneira bem simples e objetiva. Em outro experimento, com um aparato de baixo custo, foi proposto quatro estudos: estudo das formas de onda produzidas por um gerador trifásico, a relação de tensão induzida e a frequência do rotor, a medida da potência máxima do gerador e a observação e verificação de princípios da lei de Faraday (CAVALCANTE; RODRIGUES; BUENO, 2013).

Podem-se destacar também dois experimentos de Física moderna: o primeiro faz uso de um controle remoto e um microcontrolador arduino para verificar conceitos físicos no funcionamento do dispositivo (CAVALCANTE; RODRIGUES; BUENO, 2013) e o segundo propõe práticas experimentais para a detecção de radiação utilizando materiais de fácil acesso (BOFF; BASTOS; MELQUIADES, 2017).

As atividades experimentais de investigação, por sua vez, proporcionam uma maior interação do aluno em todas as etapas, desde a interpretação, até a interpretação do problema

(OLIVEIRA, 2010). Essa modalidade de experimento contou somente com 20% dos periódicos analisados, motivo que pode ser atribuído por Borges (2002), ao fato de demandar mais tempo, mais atenção e auxílio por parte do professor.

Dentre os experimentos que se destacaram, o estudo da Força de Lorentz chama a atenção, pois através de um software que foi disponibilizado aos alunos, possibilita conjecturas e hipóteses desenvolvidas por eles, a fim de compreender os conceitos físicos envolvidos nessa simulação computacional (SOUSA; MALHEIROS; FIGUEIREDO, 2015).

Utilizando o mesmo princípio Ribeiro (2014) propõe indagações através do som emitido por batidas na lateral de uma mola e utiliza um desenho de Gervasio Troche para inflamar a discussão sobre sombras, associado a óptica geométrica. E Chaib e Aguiar (2016) abrem um debate sobre a força de inércia ao observar três experimentos.

Uma característica desse tipo de experimento é não possuir um roteiro fechado, possibilitando que o aluno intervenha e modifique-o ao longo das etapas (OLIVEIRA, 2010). O professor não propõe uma solução imediata, atuando somente como um orientador, incentivando e questionando as decisões dos alunos. Apesar de ter um roteiro de perguntas, o experimento realizado para a discussão de conceitos de Física moderna, deixa a criatividade e o senso crítico do aluno deliberar respostas e procedimentos (SANTANA; SANTOS, 2017).

CONCLUSÃO

Utilizou-se da metodologia de revisão integrativa de literatura para analisar artigos publicados em periódicos nacionais. Esta metodologia proporcionou uma organização sistemática das informações contidas nos trabalhos selecionados para estudo. Além disso, possibilitou a construção de um panorama sobre a temática de experimentos de baixo custo no Brasil.

Após a organização e análise dos artigos, foi possível notar alguns fatores comuns e importantes a serem destacados. O primeiro deles foi a regionalidade das publicações de artigos de experimentos de baixo custo no ensino de Física no ensino médio. Verificou-se uma maior concentração de artigos publicados por autores residentes em estados do Sul e Sudeste do país.

Impossível não perceber a enorme diferença para a participação dos demais estados nas produções, principalmente a ausência da participação da região Norte brasileira. Tal fator pode-se justificar pela diferença de investimentos em educação nas regiões, devido a fatores histórico-econômicos, além da diferença na quantidade de cursos de pós-graduação em áreas afins, nas regiões em questão, que coincidiu com uma maior concentração desses cursos no Sul e Sudeste.

Não menos importante, também se verificou um aumento de produções a partir do ano de 2012 em todas as regiões, que coincide com a abertura

de novos cursos de pós-graduação em vários estados, com exceção da região Norte, que foi registrado aumento de cursos, mas não de publicações.

Outro fator comum aos artigos foi com relação a área da Física, na qual, os experimentos se concentraram. Foi possível notar muitos artigos focados em mecânica, eletromagnetismo e óptica, áreas pertencentes a Física Clássica. Em contraponto, percebeu-se uma pequena parcela de publicações na área de Física Moderna, o que pode ser justificado pela necessidade de reformulação do currículo de Física no ensino médio, que tem maior foco na Física Clássica.

O uso de TIC's nos experimentos foi identificado na minoria dos trabalhos. Apesar de ser um grande aliado dos experimentos de baixo custo, pode se tornar difícil de ser reproduzido nas escolas brasileiras. Isto sendo consequência direta do pouco acesso a computadores e outros recursos eletrônicos. Importante ressaltar que em algumas regiões, a quantidade de equipamentos como computadores é abaixo da média nacional, impossibilitando uma aula experimental para uma turma regular de alunos.

Percebeu-se uma maior concentração de experimentos com direcionamento em verificação. Tal fato pode ser explicado pela facilidade de execução e preparo dessa modalidade de experimento, que exige um roteiro pré-determinado, sem muitas surpresas no desenvolvimento e com fácil montagem.

Portanto, conclui-se que a

maioria dos experimentos de baixo custo são concentrados em áreas de Física Clássica, sem a utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação e com abordagem de verificação. Por fim, espera-se que o presente trabalho estimule mais pesquisas, especialmente na região Norte, sobre a utilização desta metodologia de ensino de Física para o ensino médio.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p.176-194, jun. 2003.

AXT, R.; MOREIRA, M. A. O ensino experimental e a questão do equipamento de baixo custo. **Revista de Ensino de Física**, Porto Alegre, v. 13, p.93-103, dez. 1991.

BARROS, L. G.; ASSIS, A.; LANGHI, R. Proposta de construção de espectroscópio como alternativa para o ensino de Astronomia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 33, n. 3, p.1026-1046, dez. 2016.

BEZERRA-JUNIOR, A. G.; OLIVEIRA, L. P.; LENZ, J. A.; SAAVEDRA, N. Videoanálise com o software livre Tracker no laboratório didático de Física: movimento parabólico e segunda lei

de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, p.469-490, out. 2012.

BOFF, C. A.; BASTOS, R. O.; MELQUIADES, F. L. Práticas experimentais no ensino de física nuclear utilizando material de baixo custo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 34, n. 1, p.236-247, maio 2017.

BORGES, A. T. NOVOS RUMOS PARA O LABORATÓRIO ESCOLAR DE CIÊNCIAS. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p.291-313, dez. 2002.

BRASIL. MEC. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (Inep). Sinopse Estatística da Educação Superior 2017. [Online]. Brasília: Inep, 2017. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/web/guest/sinopses-estatisticas-da-educacao-basica>. Acesso em: outubro de 2019.

CAVALCANTE, M. A.; RODRIGUES, T. T.; BUENO, D. A. Controle Remoto: princípio de funcionamento (parte 1 de 2). **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 3, p.554-565, out. 2013.

CHAIB, J. P. M. C.; AGUIAR, M. C. Força de inércia: aprofundando o debate. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 33, n. 1, p. 142-161, abr. 2016.

CIRANI, C. B. S.; CAMPANARIO, M. A. SILVA, H. H. M. A evolução do ensino da pós-graduação senso estrito no Brasil: análise exploratória e proposições para pesquisa. **Avaliação**, Campinas, vol.20, n.1, pp.163-187, jan. 2015.

COELHO, S. M.; KOHL, E.; DI BERNADO, S.; WIEHE, L. C. N. Conceitos, atitudes de investigação e metodologia experimental como subsídio ao planejamento de objetivos e estratégias de ensino. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 17, n. 2, p.122-149, ago. 2000.

DIAS, M. A.; AMORIM, H. S.; BARROS, S.S. Produção de fotografias estroboscópicas sem lâmpada estroboscópica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 26, n. 3, p.492-513, 10 nov. 2009.

DUARTE, S. E. Física para o Ensino Médio usando simulações e experimentos de baixo custo: um exemplo abordando dinâmica da rotação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, p.525-542, 8 out. 2012.

EBERHARDT, D.; GIOVANNINI, O.; CATELLI, F. Faça você mesmo: produção e detecção de pulsos eletromagnéticos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. 3, p.1175-1187, dez. 2012.

HAAG, R.; ARAÚJO, I. S.; VEIT, E. A. Por que e como introduzir a aquisição automática de dados de laboratório didático de física? **Física na Escola**, [s.l.], v. 6, p.69-74, jan. 2005.

JESUS, V. I. B; SASAKI, D. G. G. Vídeo-análise de um experimento de baixo custo sobre atrito cinético e atrito de rolamento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s.l.], v. 36, n. 3, p.3503-3503, ago. 2014.

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v. 14, n. 1, p.85-93, mar. 2000.

LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A. KANBACH, B. G. A relação com o saber profissional do professor de física e o fracasso da implementação de atividades experimentais no ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p.305-320, 2007.

MARINHO, F.O.M.; LIMA, R. J. S.; PELERANO, S. G. C.; SANTOS, E. P. A utilização da Interface Gráfica WxMaxima no Ensino de Física Básica. **Engrenagem**, Belém, v.12, p.39-51, 2016.

MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. P.; GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. (2008). **Texto &**

Contexto Enfermagem, [s.l.], v. 17, n.4, p.758-764, 2008.

MICHA, D. N.; PENELLO, G. M.; KAWABATA, R. M. S.; CAMAROTTI, T. Experimentos de visualização do infravermelho feitos com materiais simples e de baixo custo: experimentos de visualização do infravermelho feitos com materiais simples e de baixo custo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 33, n. 1, p.1501-1501, mar. 2011.

MONTEIRO, M. M.; NARDI, R.; BASTOS-FILHO, J. B. A sistemática incompreensão da teoria quântica e as dificuldades dos professores na introdução da física moderna e contemporânea no ensino médio. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 15, n. 3, p.557-580, out. 2009.

MUNHOZ, D. P.; STEIN-BARANA, A. C. M.; LEME, C. S. Localizando pedacinhos do céu: constelações em caixas de suco. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. 1, p.130-144, maio 2012.

NASCIMENTO, F.; FERNANDES, H. L.; MENDONÇA, V. M. O ensino de ciências no Brasil: história, formação de professores e desafios atuais. *Revista Histedbr On-line*, [s.l.], v. 10, n. 39, p.225-249, ago. 2012.

OLIVEIRA, J. R. Contribuições e abordagens das atividades

experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 12, n. 1, p.139-153, jun. 2010.

OSTERMANN, F. PRADO, S. D.; RICCI, T. Desenvolvimento de um software para o ensino de fundamentos da física quântica: Um software para ensinar mecânica quântica. **Física na Escola**, [s.l.], v. 7, n. 1, p.22-25, 2006.

PROENÇA, M.; NENEVÉ, M. Descentralizando a educação e diminuindo disparidades regionais: uma experiência brasileira bem-sucedida em pós-graduação. **Revista Brasileira de Pós-graduação**, São Paulo, v. 1, p.86-100, jul. 2004.

RIBEIRO, J. L. P. Por que a percussão de uma mola produz o mesmo som de “pistolas laser” do filme Star Wars? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 31, n. 2, p.385-399, mar. 2014.

ROSA, C. W.; ROSA, A.B. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, Passo Fundo, v. 4, n. 1, p.1-18, 2005.

ROSA, C. T. W.; ROSA, A. B.; TRENTIN, M. A.; GIACOMELLI, A. C. Experimento de condução térmica com e sem uso de sensores e Arduino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 33, n. 1, p.292-305, 25 abr. 2016.

SANTANA, F. B.; SANTOS, P. J. S. Espectroscopia e modelos atômicos: uma proposta para a discussão de conceitos de Física Moderna no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 34, n. 2, p.555-589, ago. 2017.

SANTOS, A. L. F.; AZEVEDO, J. M. L. A pós-graduação no Brasil, a pesquisa em educação e os estudos sobre a política educacional: os contornos da constituição de um campo acadêmico. **Revista Brasileira de Educação**, [s.l.], v. 14, n. 42, p.534-605, 2009.

SANTOS, E. I.; PIASSI, L. P. C.; FERREIRA, N. C. Atividades experimentais de baixo custo como estratégia de construção da autonomia de professores de física: uma experiência em formação continuada. In: **IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física**, 9., 2004, Jaboticatubas. Anais. Jaboticatubas: {s.n.}, 2004. p. 1 - 18.

SCHWARTZMAN, S. A universidade primeira do Brasil: entre intelligentsia, padrão internacional e inclusão social. **Estudos Avançados**, [s.l.], v. 20, n. 56, p.161-189, abr. 2006.

SILVA, O. H. M.; ARRUDA, S. M.; LABURÚ, C. E.; BUENO, E. A. S. Pêndulo de Wilberforce uma proposta de montagem para ambientes educativos informais e laboratórios didáticos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30,

n. 2, p.409-426, ago. 2013a.

SILVA, O. H. M.; ALMEIDA, A. R.; VINICIUS, F.; ARRUDA, S. M. Convergência e divergência de raios de luz por lentes e espelhos: um equipamento para ambientes planejados de educação informal. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 2, p.427-439, abr. 2013b.

SILVA, E. W. F. M. GOBARA, S. T. SOUNDGATE: Um Dispositivo Sonoro Para Medir Períodos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 26, p. 379-393, 2009.

SILVA, O. H. M.; LABURÚ, C. E. Uma versão compacta do motor elétrico de Faraday para demonstração em sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 2, p.385-395, jun. 2013.

SORJ, B.; GUEDES, L. E. Exclusão digital: problemas conceituais, evidências empíricas e políticas públicas. *Novos Estudos - Cebrap*, [s.l.], n. 72, p.101-117, jul. 2005.

SOUSA, J. M.; MALHEIROS, A. P. S.; FIGUEIREDO, N. Desenvolvendo práticas investigativas no Ensino Médio: o uso de um Objeto de Aprendizagem no estudo da Força de Lorentz. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 32, n. 3, p.988-1006, jun. 2015.

SOUZA, M. T.; SILVA, M. D.; CARVALHO, R. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein**, São Paulo, v. 8, n.1, p.102-106, 2010.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p.209-214, dez. 1992.