



# Ensino de física moderna e contemporânea na última década: revisão sistemática de literatura

Research in modern and contemporary physics teaching in the last decade: review of the literature

T. C. F. Marques<sup>1\*</sup>; T. C. Martins<sup>1</sup>; A. L. F. Novais<sup>1</sup>; L. M. Gomes<sup>1</sup>; C. M. M. Paschoal<sup>2</sup>; C. S. Fernandes<sup>1</sup>; F. C. L. Ferreira<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, 68500-000, Marabá - PA, Brasil.

<sup>2</sup>Instituto de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia, 62790-000, Redenção - CE, Brasil.

\*thaynaradefaria@gmail.com

(Recebido em 04 de março de 2019; aceito em 03 de junho de 2019)

O presente artigo apresenta a análise de resultados de artigos científicos publicados em três periódicos nacionais da área de ensino de ciência durante os anos de 2008 a 2018 e que abordam os temas Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. O levantamento na base de dados eletrônica dos periódicos pesquisados retornou 78 artigos em consulta pelas palavras chave “Física moderna”, “Física Contemporânea” e “Ensino médio”, que após análise mais criteriosa de seus conteúdos, verificou-se 40 artigos diretamente ligados à temática da pesquisa em tela. Observou-se com isso, que a maior parte da pesquisa durante esta década visa sugerir atividades didáticas para aplicação em sala de aula de conceitos de Física Moderna e Contemporânea (FMC), embora menos da metade destas incluem em sua metodologia a aplicação da atividade sugerida num ambiente real de ensino aprendizagem.

Palavras-chave: Física Moderna, Física Contemporânea, Ensino Médio.

This article presents the analysis of the results of scientific articles published in three national journals in the area of science education during the years 2008 to 2018 and which deal with the themes Modern and Contemporary Physics in high school. The survey in the electronic database of the journals surveyed returned 78 articles in consultation with the keywords "Modern physics", "Contemporary Physics" and "High school", which after a more careful analysis of its contents, there were 40 articles directly related to research topic in discussion. It was observed that most of the research during this decade aims to suggest didactic activities for classroom application of Modern and Contemporary Physics (MCF) concepts, although less than half of these include in their methodology the application of the suggested activity in a real environment of teaching learning.

Keywords: Modern Physics, Contemporary Physics, High School.

## 1. INTRODUÇÃO

O ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio é um tema de notória relevância entre os pesquisadores brasileiros da área de Educação em Ciências/Física. O tema começou a ser abordado, segundo Silva et al. (2013) [30], em 1980 e a partir de então pode-se observar diversos trabalhos dentro desta linha de pesquisa, tornando-a um objeto de estudo consolidado.

À época do advento de pesquisas nesta temática, os estudos, geralmente, se concentravam em justificar a relevância do ensino de FMC já na educação básica e cobravam documentos oficiais que promovessem e incluíssem tais conteúdos no Ensino Médio. Atualmente, já existem documentos oficiais que acrescentam na grade de conteúdos do Ensino Médio, alguns tópicos de Física Moderna, como é o caso dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) que orienta a abordagem de tópicos de teoria da relatividade, corpo negro, princípio da incerteza e efeito fotoelétrico. Os PCN justificaram ainda a abordagem do tema por este estar relacionado a grande parte das tecnologias utilizadas atualmente [4].

Todavia, ainda não se observa a transmissão de conteúdos de FMC tão amplamente difundida em salas de aula [9], destarte, a preocupação em se aplicar o que estabelece os PCN para o ensino de FMC na educação básica é o que faz com que este tema continue sendo objeto de estudo de inúmeros artigos científicos, teses e dissertações no Brasil, a exemplo de alguns trabalhos [9, 13, 18, 23, 30, 34 e 37].

Desta forma, objetivando identificar o “estado do conhecimento” e indicar rumos para investigações futuras nesta temática, optou-se por realizar uma revisão sistemática de literatura com a finalidade de sintetizar as evidências elencadas por diversas pesquisas publicadas em periódicos nacionais de referência na área de ensino de Física/Ciências.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa exploratória de revisão sistemática da literatura que visa identificar o que os pesquisadores brasileiros têm observado sobre o tema na última década.

Diante do aumento vertiginoso da informação científica, uma revisão sistemática de literatura, é útil para orientar no desenvolvimento de novos trabalhos, evidenciando quais métodos já foram utilizados e as lacunas a serem preenchidas pelas próximas investigações. Para tanto, a pesquisa deve seguir uma metodologia rígida, de forma que a busca ocorra em fontes de qualidade reconhecida, com estratégia de busca e seleção de artigos explícitas e aplicadas uniformemente garantindo assim que a pesquisa seja reproduzível.

O processo de desenvolvimento desse tipo de estudo de revisão inclui caracterizar cada estudo selecionado, avaliar a qualidade deles, identificar conceitos importantes, comparar as análises estatísticas apresentadas e concluir sobre o que a literatura informa em relação a determinada intervenção, apontando ainda problemas/questions que necessitam de novos estudos. (Sampaio e Macini, 2007, p.1) [41].

Assim sendo, para este estudo de revisão, realizou-se uma consulta na Bases de dados eletrônicas de três periódicos brasileiros que tratam de Ensino de Física/Ciências, a saber: “Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)”, “Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF)” e “Revista brasileira de ciência e tecnologia (RBCT)”, cujas classificações segundo o qualis da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), no triênio de 2013 a 2016, possuíam índices A1 (a primeira) e A2 (as duas últimas) para a área de pesquisa “ensino”.

Diante disso, buscou-se retrospectivamente artigos publicados no interstício de 2008 a 2018, usando as seguintes palavras-chave: “Física Moderna”, “Física Contemporânea” e “Ensino Médio”, limitando-se aos artigos escritos em Português.

Desta forma, obteve-se, a partir de busca eletrônica, o total de 78 (setenta e oito) artigos os quais tiveram seus resumos analisados em relação ao conteúdo abordado e sua vinculação direta ao objeto de interesse do presente estudo. Após esta segunda análise, selecionou-se 40 (quarenta) artigos, já que apenas estes se tratavam especificamente de temas relativos à Física Moderna e Contemporânea e aspectos de ensino aprendizagem, conforme distribuição demonstrada na tabela I abaixo:

Tabela 1: Quantidade de artigos levantados por periódico na área de ensino de Física/Ciências.

Ord.	Periódico	Artigos levantados	Artigos selecionados
1	RBEF	20	7
2	RBCT	20	6
3	CBEF	38	27

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, os artigos selecionados foram analisados e elencados nas seguintes categorias: “Artigos sobre História e Filosofia da Ciência (HFC)”, “Propostas de intervenção didáticas (PID)”, “Estudos de Caso (EC)” e “Revisão de Literatura (RL)”. Nesta análise um mesmo artigo pôde ser categorizado concomitantemente em mais de uma categoria. A Figura 1 apresenta os dados sintetizados:

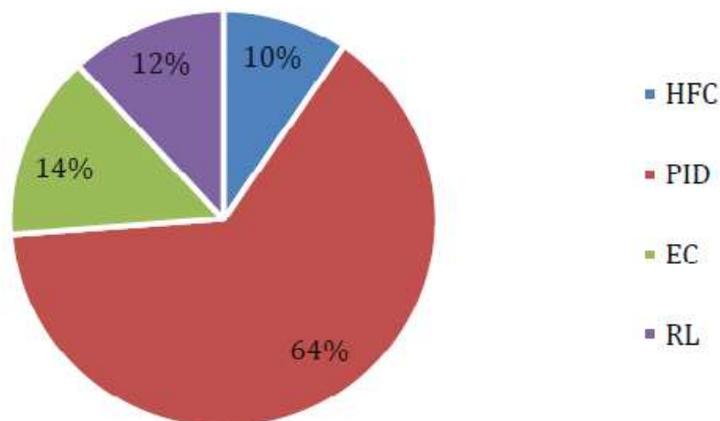


Figura 1: Artigos levantados por categoria de conteúdo na área de ensino de Física/Ciências.

Pode-se observar que mais da metade dos artigos tratam de propostas de intervenção didática para auxiliar no ensino de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea. Nota-se, portanto, que boa parte dos pesquisadores deste tema atualmente concentra seus esforços no sentido de propor recursos didáticos auxiliares ao ensino de FMC no Ensino Médio e não mais em justificar a necessidade de reformular o currículo para incluir na grade curricular tópicos de Física moderna. Isto confirma os apontamentos de Batista et al. (2017) [22] e Silva et al. (2013) [30] e pode ocorrer devido ao fato de, como esclarece Silva et al. (2013) [30], documentos oficiais já mencionarem e estimularem o ensino de tais conteúdos ainda na educação básica, desde 2002, com o PCN. Desta forma, as pesquisas têm se concentrado em apoiar os professores e estimular os estudantes a respeito do ensino aprendizagem do tema.

A seguir apresenta-se uma breve análise dos artigos levantados por categoria de abordagem:

#### 3.1 ARTIGOS SOBRE HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA

Caruso e Freitas (2009) [1] apresentam um relato histórico da época em que ocorreu a Revolução Científica desencadeada, entre outras, pelas contribuições de Albert Einstein que culminaram no surgimento da Física Moderna. Os autores abordam também conceitos de espaço, tempo, massa e energia, como subsídio para a criação de um produto educacional para auxiliar professores a ministrarem temas de FMC de uma forma lúdica para o alunado através de tirinhas em quadrinhos.

A exemplo de Caruso e Freitas (2009) [1], Guerra et al. (2010) [3] fazem um apanhado histórico de como se deu a construção do Conhecimento Científico para conceituação de termos como tempo, espaço e simultaneidade pois entendem que no Ensino Médio é interessante que tópicos da Teoria da Relatividade Restrita sejam abordados não a partir de um enfoque matemático, mas sim maneira histórico-filosófica quanto ao contexto que propiciou o avanço científico sobre estes temas.

Tenfen e Tenfen (2017) [21] sugerem que um dos fatores preponderantes para a não ministração de conteúdos relativos a FMC podem ser a formação limitada dos professores no que concerne a conceito e mesmo aspectos pedagógicos. Considerando esta hipótese, o artigo aborda as construções conceituais de modelos atômicos que ocorreram ao longo da história da ciência

até resultar nas conclusões advindas da mecânica quântica que sanaram falhas dos modelos aceitos na teoria clássica.

Morais e Guerra (2013) [38] defendem uma “abordagem histórico-filosófica capaz de ressaltar o desenvolvimento da ciência como parte da cultura humana e, portanto, como uma produção cultural e historicamente determinada”. Pois esta não se baseia em um formalismo matemático avançado que pode resultar na melhor recepção dos conteúdos de FMC. Nesta perspectiva este trabalho construiu um modelo de abordagem pedagógica para se apresentar conceitos de energia para estudantes do primeiro ano do Ensino Médio.

### 3.2 PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO DIDÁTICA

Como já mencionado anteriormente, observou-se uma tendência dos pesquisadores que estudam temas de FMC a apontar atividades didáticas para a exposição desse conteúdo em sala de aula, no entanto, dentre os artigos que abordavam o tema desta forma [1, 4-8, 10, 12-16, 20-25, 27, 31-35, 38-40], apenas 39,3% traziam também os resultados de implementação da prática sugerida em escolas. Enquanto que 60,7% deles se limitavam a apresentar uma proposta de intervenção didática, supostamente possível de ser adotada.

As pesquisas que sugeriram alguma intervenção didática no sentido de auxiliar o professor na introdução deste conteúdo para turmas de ensino básico são de reconhecida importância, visto que apesar de ser consolidada a idéia que estes conteúdos devem ser abordados já nesta etapa do ensino, ainda não é realidade nas escolas e uma hipótese válida é de que talvez os professores sintam ainda não ter subsídios para tanto. Todavia, o teste da aplicação prática da atividade sugerida, sempre que possível deveria ser realizado, para que se possa observar como se daria a implementação em um ambiente não idealizado onde situações não planejadas deverão ser mitigadas.

Dentre os trabalhos que em seu conteúdo traziam propostas de atividades didáticas [1, 4-8, 10, 12-16, 20-25, 27, 31-35, 38-40], mais da metade, que representam um total de dezesseis artigos, apresentaram sugestão de confecção de experimentos educativos com materiais de custos relativamente baixos [6, 8, 10, 12, 13, 15, 20, 21, 25, 27, 31, 32, 34, 35, 39 e 40]; sete apresentaram opções de recursos computacionais, tais como experimentos virtuais ou simulações computacionais [4, 5, 7, 14, 16, 19, 23 e 33], dois artigos apresentaram uma sequência de ensino com planejamento de diversas aulas cada qual com recursos como computador e vídeos para apresentação do conteúdo [22 e 24] e os dois restantes apresentaram outros tipos de abordagens: tirinhas com conteúdo educativo apostando em seu caráter lúdico, a fim de motivar alunos a aprendizagem do tema proposto [1]; um último aponta para a condução da tarefa de ministrar temas de FMC no Ensino Médio através de tópicos de história da ciência, para maior contextualização de como se deu a apropriação deste conhecimento científico [38]. A Figura 2 apresenta os tipos de intervenções didáticas sugeridas nos artigos levantados.

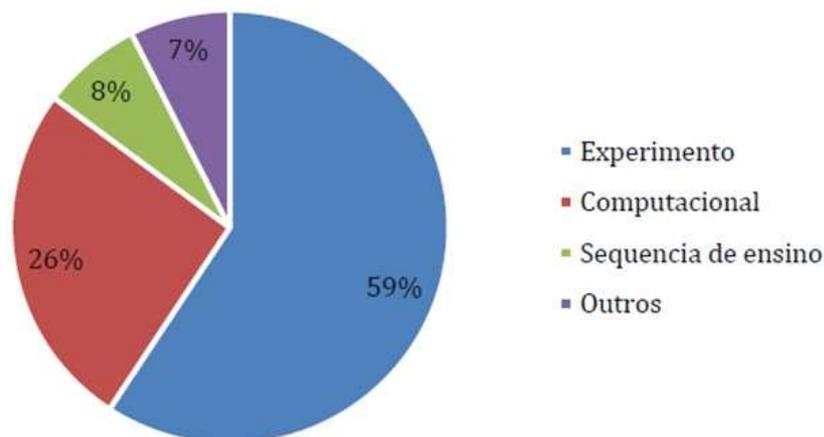


Figura 2: Tipo de intervenção didática sugeridas nos artigos levantados na área de ensino de Física/Ciências.

### 3.3 ESTUDOS DE CASO

No que tange aos estudos de caso, foram elencados seis artigos.

Em seu trabalho, Coelho e Borges (2010) [2] estabeleceram uma pesquisa qualitativa com a finalidade de identificar o conhecimento dos estudantes acerca da natureza da luz em uma escola que adota o chamado currículo recursivo espiralado (no qual um mesmo conteúdo é apresentado em séries diferentes sendo desenvolvido cada vez em grau mais avançado que o anterior). Esse questionário foi aplicado a uma turma no início do terceiro ano do Ensino Médio (considerando que os alunos já tiveram acesso ao tema de estudo em séries anteriores) e após um intervalo de dez meses o mesmo questionário voltou a ser aplicado a fim de verificar se houve progressão na compreensão do conceito, o que foi comprovado no estudo.

Os trabalhos de Rocha et al. (2014) [9] e Rocha et al. (2016) [18] averiguaram as crenças de autoeficácia de professores ligados a FMC a fim de aferir o nível de sentimento de capacidade dos professores em relação ao seu trabalho e crenças de autoeficácia geral no ensino (CAEE).

A pesquisa de Silva et al. (2015) [11] é de cunho exploratório e investiga um grupo de estudantes ingressantes no nível superior em cursos de Física e Matemática sobre seus entendimentos sobre o Paradoxo de Einstein-Podolsky-Rosen. Os autores entendem que apesar de o Paradoxo EPR ser essencialmente de cunho filosófico, o ensino do tema no Ensino Médio poderia favorecer sentidos históricos com a importância de Einstein para a mecânica quântica e compreensão de assuntos contemporâneos da nossa ciência. Observou-se a dificuldade de compreensão dos alunos sobre o tema, o que os pesquisadores atribuíram a possível afinidade dos estudantes a temas matemáticos em detrimento a aspectos histórico-filosóficos das ciências.

Silva et al. (2012) [28] fazem uma pesquisa qualitativa de avaliação de um grupo de formação continuada de professores em temas de FMC, observou-se que nele são discutidos: tanto conceitos a fim de dar mais confiança aos professores para ministrarem estes conteúdos em sala de aula; como ações metodológicas para o ensino do tema, debatendo se seria mais válido apresentar um determinado tópicos evidenciando aspectos matemáticos, conceituais ou cotidianos. Percebeu-se, com isto, que a troca de experiências proporcionada pelo grupo contribui bastante para a melhoria contínua das necessidades formativas dos professores.

Oliveira et al. (2007) [37] buscaram as opiniões de dez professores, tanto de redes pública como de rede privada, a respeito do ensino de FMC no Ensino Médio, em especial em tópicos sobre raios X. Observou-se que os professores relataram algumas dificuldades como, por exemplo, na rede privada o enfoque principal em conteúdos cobrados em vestibular faz com que FMC não seja parte da grade curricular; na rede pública a carga horária diminuta foi apontada como maior entrave para adoção de novos conteúdos e abordagens.

### 3.4 REVISÃO DE LITERATURA

Seis artigos foram classificados como Revisão de Literatura.

Em seu estudo, Silva e Errobidart (2015) [17] realizaram um levantamento de 41 artigos que tratavam sobre efeito foto-elétrico, enquanto que Pantoja et al. (2011) [29] fizeram um levantamento de artigos a respeito de Mecânica Quântica. Ambos os trabalhos verificaram que grande parte dos artigos se propunham a sugerir ou relatar aplicação de experimentos sobre o tema, o que também foi confirmado no presente estudo. Silva e Errobidart (2015) [17] lamentam, todavia o número irrisório de investigações sobre o processo de construção da física conceitual no que concerne a natureza dual da luz. Pantoja et al. (2011) [29] destacam o fato de que, felizmente, as pesquisas na área estão apresentando progressivo crescimento.

Os livros didáticos constantes do Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLDEM), foram objeto de estudo nos artigos de Lima et al. (2017) [26] e também de Domingui (2012) [36]. O Primeiro avalia a abordagem conceitual e epistemológica dos autores em relação a Física Quântica, tendo verificado que esta se restringe a conteúdos históricos da chamada velha Física Quântica [26]. O Segundo avalia os livros com vistas a verificar a opinião dos autores quanto a inserção de temas de FMC no Ensino Médio. Os livros didáticos analisados na pesquisa foram a versão voltada ao do professor, por este apresentar comentários e sugestões

do autor quando a condução da disciplina. Ao final, observou-se os autores de livros didáticos dão destaques diferentes ao tema: alguns restringindo o conteúdo a caixas de comentários ou curiosidades ao longo dos capítulos; outros disponibilizando um capítulo inteiro dedicado ao tema [36].

Silva et al. (2013) [30], por fim, realizaram um levantamento de artigos que tratam de FMC no Ensino Médio, com objetivo de analisar quais são as justificativas que respaldam estes estudos. Com isto, os autores perceberam que algumas destas justificativas estão defasadas visto se embasarem nos aspectos que fundamentavam os trabalhos pioneiros na área e que já não correspondem mais a realidade da sociedade atual, como por exemplo a necessidade de documentos oficiais que orientem a inclusão FMC no Ensino Médio, o que não é mais uma justificativa válida já que a inclusão de temas de FMC já é orientada nos PCN.

#### 4. CONCLUSÃO

Portanto, os objetivos deste trabalho foram atingidos, tendo sido demonstrada que a necessidade de se abordar FMC no ensino Médio já é um fato reconhecido nestes mais de trinta anos de pesquisas na área [22].

Dentro desta temática alguns problemas apontados por estudos pioneiros já estão superados. Atualmente, boa parte dos pesquisadores, não objetivam mais justificar que FMC deve ser apresentada já no Ensino Médio, pois documentos oficiais já estimulam isso.

Percebeu-se ainda que, na última década, a maior parte das pesquisas a respeito do tema publicadas nos periódicos analisados, têm a tendência de fornecer subsídios ao docente para a transmissão desses conteúdos, apontando para propostas de como fazer esta abordagem em sala de aula. Todavia, em menos da metade destes trabalhos as aplicações são testadas em ambiente escolar. Este fato também é confirmado pelos trabalhos de Silva e Errobidart (2015) [17] e Pantoja et al. (2011) [29].

Desta forma, infere-se que pode haver outros fatos que desmotivam a abordagem deste tema em sala de aula. Sendo assim, para trabalhos futuros, a exemplo do artigo de Oliveira et al. [37], os estudos poderiam se voltar aos professores, averiguando se de fato os educadores não discutem esse tema em sala de aula e/ou porque não o discutem.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES, ao CNPq e ao MNPEF pelo apoio nas pesquisas.

#### 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Caruso F, Freitas N. Física moderna no ensino médio: o espaço-tempo de Einstein em tirinhas. *Cad Bras Ens Fís.* 2009;26(2):355-366. doi: 10.5007/2175-7941.2009v26n2p355
2. Coelho GR, Borges O. O entendimento dos estudantes sobre a natureza da luz em um currículo recursivo. *Cad Bras Ens Fís.* 2010 abr;27(1):63-87. doi: 10.5007/2175-7941.2010v27n1p63
3. Guerra A, Reis JC, Braga MAB. Tempo, espaço e simultaneidade: uma questão para os cientistas, artistas, engenheiros e matemáticos no século XIX. *Cad Bras Ens Fís.* 2010 dez;27(3):568-583. doi: 10.5007/2175-7941.2010v27n3p568
4. Cardoso SOO, Dickman AG. Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. *Cad Bras Ens Fís.* 2012 out;29(esp 2):891-934. doi: 10.5007/2175-7941.2012v29nesp2p891
5. Pereira A, Cavalcanti CJH, Junior Pessoa O. Uma abordagem conceitual e fenomenológica dos postulados da física quântica. *Cad Bras Ens Fís.* 2012 out;29(esp 2):831-863. doi: 10.5007/2175-7941.2012v29nesp2p831
6. Silva LF, Assis A. Física moderna no ensino médio: um experimento para abordar o efeito fotoelétrico. *Cad Bras Ens Fís.* 2012 ago;29(2):313-324. doi: 10.5007/2175-7941.2012v29n2p313
7. Silva NC. Laboratório virtual de física moderna: atenuação da radiação pela matéria. *Cad Bras Ens Fís.* 2012 dez;29(3):1206-1231. doi: 10.5007/2175-7941.2012v29n3p1206
8. Cavalcante MA, Rodrigues TTT, Bueno DA. Controle remoto: princípio de funcionamento (parte 1 de 2). *Cad Bras Ens Fís.* 2013 dez;30(3):554-565. doi: 10.5007/2175-7941.2013v30n3p554

9. Rocha DM, Ricardo EC. As crenças de autoeficácia de professores de Física: um instrumento para aferição das crenças de autoeficácia ligadas a Física Moderna e Contemporânea. *Cad Bras Ens Fís.* 2014 ago;31(2):333-364. doi: 10.5007/2175-7941.2014v31n2p333
10. Erthal JPC, Pirovani FES, Campos RG. Globo de plasma: uma montagem simples com amplo potencial para discussões em sala de aula. *Cad Bras Ens Fís.* 2014 dez;31(3):666-676. doi: 10.5007/2175-7941.2014v31n3p666
11. Silva AC, Almeida MJPM, Hallack ML. Fragmentos do paradoxo EPR em um trecho de divulgação científica: uma pesquisa de cunho exploratório com ingressantes na universidade. *Cad Bras Ens Fís.* 2015 abr;32(1):53-75. doi: 10.5007/2175-7941.2015v32n1p53
12. Cavalcante MA, Rodrigues TTT, Bueno DA. Controle Remoto: observando códigos com o Arduino (parte 2 de 2). *Cad Bras Ens Fís.* 2014 dez;31(3):614-641. doi: 10.5007/2175-7941.2014v31n3p614.
13. Pinheiro LA. A câmara de nuvens: uma abordagem integrada entre a Física Clássica e a Física Moderna. *Cad Bras Ens Fís.* 2015 ago;32(2):517-528. doi: 10.5007/2175-7941.2015v32n2p517.
14. Silva NC. Laboratório virtual de Física Moderna: sistema para espectrometria gama. *Cad Bras Ens Fís.* 2015 ago;32(2):542-562. doi: 10.5007/2175-7941.2015v32n2p542.
15. Silva HRA, Moraes AG. O estudo da espectroscopia no ensino médio através de uma abordagem histórico-filosófica: possibilidade de interseção entre as disciplinas de Química e Física. *Cad Bras Ens Fís.* 2015 ago;32(2):378-406. doi: 10.5007/2175-7941.2015v32n2p378
16. Soares AA, Moraes LE, Oliveira FG. Ensino de matéria e radiação no ensino médio com o auxílio de simuladores interativos. *Cad Bras Ens Fís.* 2015 dez;32(3):915-933. doi: 10.5007/2175-7941.2015v32n3p915
17. Silva RS, Errobidart NCG. Sobre as pesquisas relacionadas ao ensino do efeito fotoelétrico. *Cad Bras Ens Fís.* 2015 dez;32(3):618-639. doi: 10.5007/2175-7941.2015v32n3p618
18. Rocha DM, Ricardo EC. As crenças de autoeficácia e o ensino de Física Moderna e Contemporânea. *Cad Bras Ens Fís.* 2016 abr;33(1):223-252. doi: 10.5007/2175-7941.2016v33n1p223
19. Silva NC. Física Moderna e técnicas computacionais: como “ver” o átomo de Hidrogênio. *Cad Bras Ens Fís.* 2016 ago;33(2):667-696. doi: 10.5007/2175-7941.2016v33n2p667
20. Boff CA, Bastos RO, Melquiades FL. Práticas experimentais no ensino de física nuclear utilizando material de baixo custo. *Cad Bras Ens Fís.* 2017 abr;34(1):236-247. doi: 10.5007/2175-7941.2017v34n1p236
21. Tenfen DN, Tenfen W. O modelo atômico de Bohr e suas limitações na interpretação do espectro do átomo de hélio. *Cad Bras Ens Fís.* 2017 abr;34(1):217-235. doi: 10.5007/2175-7941.2017v34n1p216
22. Batista CAS, Siqueira M. A inserção da Física Moderna e Contemporânea em ambientes reais de sala de aula: uma sequência de ensino-aprendizagem sobre a radioatividade. *Cad Bras Ens Fís.* 2017 dez;34(3):880-902. doi: 10.5007/2175-7941.2017v34n3p880
23. Fernandes RFAM, Pires FF, Forato TCM, Silva JA. Pinturas de Salvador Dalí para introduzir conceitos de Mecânica Quântica no Ensino Médio. *Cad Bras Ens Fís.* 2017 ago;34(2):509-529. doi: 10.5007/2175-7941.2017v34n2p509
24. Santana FB, Santos PJS. Espectroscopia e modelos atômicos: uma proposta para a discussão de conceitos de Física Moderna no ensino médio. *Cad Bras Ens Fís.* 2017 ago;34(2):555-589. doi: 10.5007/2175-7941.2017v34n2p555
25. Eberhardt D, Rocha Filho JB, Lahm RA, Baitelli PB. Experimentação no ensino de Física Moderna: efeito fotoelétrico com lâmpada néon e LEDs. *Cad Bras Ens Fís.* 2017 dez;34(3):928-950. doi: 10.5007/2175-7941.2017v34n3p928
26. Lima NW, Ostermann F, Cavalcanti CJH. Física Quântica no ensino médio: uma análise bakhtiniana de enunciados em livros didáticos de Física aprovados no PNLDEM 2015. *Cad Bras Ens Fís.* 2017 ago;34(2):435-459. doi: 10.5007/2175-7941.2017v34n2p435
27. Netto JS, Ostermann F, Cavalcanti CJH. Fenômenos intermediários de interferência e emaranhamento quânticos: o interferômetro virtual de Mach-Zehnder integrado a atividades didáticas. *Cad Bras Ens Fís.* 2018 abr;35(1):185-234. doi: 10.5007/2175-7941.2018v35n1p185
28. Silva JRN, Fusinato PA, Lino A, Araya AMO. Avaliação de um grupo de formação continuada de professores de Física na perspectiva da investigação de necessidades formativas. *Rev Bras Ens Ciência Tecnol.* 2012 jan-abr;5(1):1-15. doi: 10.3895/S1982-873X2012000100001
29. Pantoja GCF, Moreira MA, Herscovitz VE. Uma revisão da literatura sobre a pesquisa em ensino de Mecânica Quântica no período de 1999 a 2009. *Rev Bras Ens Ciência Tecnol.* 2011 set-dez;4(3):1-34. doi: 10.3895/S1982-873X2011000300001.
30. Silva JRN, Arengi LEB, Lino A. Porque inserir física moderna e contemporânea no ensino médio? Uma revisão das justificativas dos trabalhos acadêmicos. *Rev Bras Ens Ciência Tecnol.* 2013 jan-abr;6(1):69-83. doi: 10.3895/S1982-873X2013000100004

31. Schittler D, Moreira MA. Física Moderna e Contemporânea no primeiro ano do Ensino Médio: Laser de Rubi um exemplo de Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. *Rev Bras Ens Ciência Tecnol.* 2016;9(3):1-24. doi: 10.3895/rbect.v9n3.2407
32. Kelly G, Rocha D, Germano R. Espectroscopia para o Ensino Médio utilizando a placa Arduino. *Rev Bras Ens Ciência Tecnol.* 2017;10(2):256-272. doi: 10.3895/rbect.v10n2.3997
33. Luciano A, Fusinato PA. Concepções acerca da inclusão de um laboratório de acesso remoto com experimentos de física contemporânea. *Rev Bras Ens Ciência Tecnol.* 2018;11(1):174-191. doi: 10.3895/rbect.v11n1.5623
34. Melhorato RL, Nicoli GT. Da física clássica à moderna: o simples toque de uma sirene. *Rev Bras Ens Fís.* 2012 set;34(3):1-4. doi: 10.1590/S1806-11172012000300011
35. Silveira S, Girardi M. Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio. *Rev Bras Ens Fís.* 2017;39(4):e4502. doi: 10.1590/1806-9126-rbef-2016-0287
36. Domingui L. Física moderna no Ensino Médio: com a palavra os autores dos livros didáticos do PNLEM. *Rev Bras Ens Fís.* 2012 jun;34(2):1-7. doi: 10.1590/S1806-11172012000200013
37. Oliveira FF, Vianna DM, Gerbassi RS. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. *Rev Bras Ens Fís.* 2007;29(3):447-454. doi: 10.1590/S1806-11172007000300016
38. Moraes A, Guerra A. História e a filosofia da ciência: caminhos para a inserção de temas física moderna no estudo de energia na primeira série do Ensino Médio. *Rev Bras Ens Fís.* 2013 mar;35(1):1-9. doi: 10.1590/S1806-11172013000100018
39. Paranhos RRG, Lopez-Richard V, Pizani PS. Lâmpada de Hg para experimentos e demonstrações de física moderna: introdução ao efeito fotoelétrico e outros tópicos. *Rev Bras Ens Fís.* 2008 dez;30(4):4502.1-4502.6.
40. Rodrigues CM, Sauerwein IPS, Sauerwein RA. Uma proposta de inserção da teoria da relatividade restrita no Ensino Médio via estudo do GPS. *Rev Bras Ens Fís.* 2014 mar;36(1):1-7. doi: 10.1590/S1806-11172014000100016
41. Sampaio RF, Mancini MC. Estudos de Revisão Sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. *Rev Bras Fisioter.* 2007 jan/fev;11(1):83-89.