

**SOBRE O ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO
ENSINO MÉDIO: UMA BREVE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA*****ON THE TEACHING OF MODERN AND CONTEMPORARY PHYSICS IN HIGH
SCHOOL: A BRIEF BIBLIOGRAPHIC REVIEW******SOBRE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA MODERNA Y CONTEMPORÂNEA EN
LA ESCUELA SECUNDARIA: UNA BREVE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA***

Jardel de Carvalho VELOSO¹
Maura Vieira dos Santos SOUSA²
Haroldo Reis Alves de MACÊDO³

RESUMO: A “Física Moderna e Contemporânea”, desenvolvida a partir do início do século XX, é a base conceitual de diversas tecnologias atuais. Porém, os conteúdos dessa disciplina ensinados no Ensino Médio brasileiro não dão a evidência necessária para esse tema, apesar da massiva contribuição de pesquisadores visando a implementação dessa temática nos últimos trinta anos. Considerando a referida problemática, este trabalho objetivou conduzir um levantamento acerca do tema “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”, analisando o número de publicações, evidenciando as principais linhas de pesquisa e estabelecendo, se possível, quais as principais dificuldades para tal implementação. Nesse sentido, foram selecionados 48 artigos em três revistas eletrônicas brasileiras de ensino de física. Constatou-se que alguns desses trabalhos abordam a “Física Moderna e Contemporânea” de forma interdisciplinar com a arte, assim como usam de abordagens histórico-filosóficas para ensinar tais tópicos, fugindo do tradicionalismo, com a presença, principalmente, de experimentos ou simulações computacionais.

Palavras-chave: Ensino de Física. Física Moderna e Contemporânea. Ensino Médio.

ABSTRACT: *Modern and Contemporary Physics”, developed from the beginning of the 20th century, is the conceptual basis of several current technologies. However, the contents of this discipline taught in Brazilian High Schools do not provide the necessary evidence for this theme, despite the massive contribution of researchers aiming at the implementation of this theme in the last thirty years. Considering the aforementioned problem, this work aimed to conduct a survey on the theme “Modern and Contemporary Physics in High School”, analyzing the number of publications, highlighting the main lines of research and establishing, if possible, the main difficulties for such implementation. In this sense, 48 papers in three Brazilian electronic journals of physics teaching were selected. It was found that some of these works approach “Modern and Contemporary Physics” in an interdisciplinary way with art, as well as*

¹ Mestrando em Física, PPGF-UFPB, João Pessoa – PB, Brasil. <http://orcid.org/0000-0001-6780-2882>, jardel.vof@gmail.com.

² Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais, PPECM-UFPB, João Pessoa – PB, Brasil. <http://orcid.org/0000-0002-3540-502x>, mauralabbomat@hotmail.com.

³ Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais, Docente do IFPI, Picos – PI, Brasil. <http://orcid.org/0000-0002-4898-3347>, haroldoram@ifpi.edu.br.

using historical-philosophical approaches to teach such topics, fleeing traditionalism, with the presence, mainly, of experiments or computer simulations.

Keywords: *Physics teaching. Modern and Contemporary Physics. High school.*

RESUMEN: *La “Física Moderna y Contemporánea”, desarrollada desde principios del siglo XX, es la base conceptual de varias tecnologías actuales. Sin embargo, los contenidos de esta disciplina enseñados en las escuelas secundarias brasileñas no proporcionan las evidencias necesarias para este tema, a pesar de la contribución masiva de investigadores que buscan la implementación de este tema en los últimos treinta años. Considerando el problema mencionado, este trabajo tuvo como objetivo realizar un levantamiento sobre el tema “Física Moderna y Contemporánea en la Enseñanza Media”, analizando el número de publicaciones, destacando las principales líneas de investigación y estableciendo, si es posible, las principales dificultades para tal implementación. En ese sentido, fueron seleccionados 48 artículos de tres revistas electrónicas brasileñas de enseñanza de la física. Se constató que algunos de estos trabajos abordan la “Física Moderna y Contemporánea” de manera interdisciplinaria con el arte, además de utilizar enfoques histórico-filosóficos para enseñar tales temas, huyendo del tradicionalismo, con presencia, principalmente, de experimentos o simulaciones computacionales.*

Palabras clave: *Enseñanza de la física. Física moderna y contemporánea. Escuela secundaria.*

Introdução

Até meados do século XIX, a física newtoniana era tida como imutável e podia explicar todos os eventos físicos conhecidos. Atualmente, considera-se que a partir das descobertas de Planck (1858- 1947), Einstein (1879- 1955), Niels Bohr (1885- 1962) e outros cientistas, criou-se um marco histórico e conceitual nesta ciência, dando início a Física Moderna. Área que começou a considerar os fenômenos físicos no mundo microscópico e eventos envolvendo altas velocidades, comparáveis à da luz (SANTOS, 2017).

De lá para cá, a Física Moderna evoluiu rapidamente. Em decorrência disso, sabe-se hoje, por de grandes experimentos como os realizados no LHC (Large Hadron Collider), que a matéria possui constituintes ainda menores do que se imaginava; peças de tecnologias como telefones celulares e computadores são produzidas em escalas decrescentes vez menores; o “manuseio” de substâncias radioativas permite a realização de uma gama de exames médicos e, etc. Logo, a ciência desenvolvida desde o início do século XX até os dias atuais, possibilitou e vem possibilitando avanços nas comunicações, na medicina, bem como em diversas outras áreas da sociedade.

Tendo em vista a importância desses conhecimentos para o desenvolvimento da sociedade, por volta da década de 1990 verificam-se esforços tanto por parte de pesquisadores quanto das autoridades da pasta educacional do país no que diz respeito à inserção de Física Moderna e Contemporânea⁴ (FMC) no Ensino Médio (EM)⁵.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) de 1996 é dos documentos oficiais que evidenciam tal direcionamento. Nela estabeleceram-se caminhos no sentido de incluir os conhecimentos relativos à FMC no EM. No capítulo II, na seção IV (Do Ensino Médio) do referido documento, encontram-se aspectos importantes a serem passadas aos alunos no EM, conforme os artigos apresentados a seguir.

O artigo 35, por exemplo, trata das finalidades do ensino médio. No inciso segundo desse artigo, consta sobre proposições referentes à preparação dos discentes para o trabalho, de forma que os mesmos se tornem pessoas capazes de se adaptarem às demandas do mundo do trabalho. Já o inciso quarto deixa claro que os alunos ao terminarem o EM devem ter “compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina” (BRASIL, 1996, p.18).

Na mesma linha, o artigo 36 trata das diretrizes fundamentais para o EM. Já no inciso primeiro destaca-se a educação tecnológica básica (BRASIL, 1996), o que relaciona-se diretamente com a Física, pois esta é uma ciência de base e traz os princípios utilizados nas tecnologias.

Nesse mesmo viés, anos depois da LDB, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e, posteriormente, as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), evidenciaram a necessidade na atualização curricular. Nessa perspectiva, os PCN (BRASIL, 2000, p.13) enfatizam a necessidade de o aluno “entender a relação entre o desenvolvimento de Ciências Naturais e o desenvolvimento tecnológico, e associar as diferentes tecnologias aos problemas que se propõe solucionar”. Isto é, reconhecer a importância da Física, Biologia e Química no desenvolvimento tecnológico, assim como suas relações dinâmicas com a evolução do conhecimento científico (BRASIL, 2000).

Ainda assim, os conteúdos prevaletentes até então nos currículos de Física eram fundamentalmente tópicos de física clássica, como: mecânica, termologia, ótica e

⁴ Doravate FMC.

⁵ Doravante EM.

eletromagnetismo (TERRAZZAN, 1992; BRASIL, 2002). Mais recentemente, a nova BNCC, que tem como uma das características a definição das aprendizagens fundamentais a serem garantidas aos estudantes, estabeleceu que a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias deve “se comprometer, assim como os demais, com a formação dos jovens para o enfrentamento dos desafios da contemporaneidade (...)” (BRASIL, 2018, p.537). Para tanto, é proposto que haja um aprofundamento e uma maior reflexão acerca dos assuntos voltados à tecnologia e à ciência (BRASIL, 2018).

Ainda segundo a BNCC, algumas competências essenciais devem ser alcançadas pelos estudantes do EM. Uma delas é

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global (BRASIL, 2018, p. 540).

Para tal fim, o documento sugere determinados conteúdos para serem abordados em sala, dentre eles: estrutura da matéria; princípios da conservação da energia e da quantidade de movimento; fusão e fissão nucleares; espectro eletromagnético; efeitos biológicos das radiações ionizantes (BRASIL, 2018).

Todavia, mesmo com tamanha base legal, quando se volta a atenção para a escola e, mais especificamente, ao que se ensina nela, nota-se que os conteúdos de FMC quase não são abordados pelos professores no EM. Ou seja, o currículo de Física das escolas não acompanha, ou “acompanha” de forma lenta e gradual, os avanços tecnológicos.

Para Siqueira (2012), o que se percebe ao passar do tempo, é que poucas mudanças ocorreram, especialmente nas disciplinas de ciências. Então, não é que os conteúdos de física clássica não sejam importantes, a questão é que todos os conteúdos são importantes. No entanto, o currículo de Física não avançou tanto quanto o esperado. É como Terrazzan (1992, p.212) falou: “não se trata, é claro, de abandonar o estudo da Física Clássica, mesmo porque, em muitos momentos, ela é o suporte para o entendimento dos conceitos desenvolvidos na Física Moderna, a qual lhe sucedeu historicamente”.

Logo, notando a importância de discutir tal temática, este trabalho tem por objetivo fazer uma breve revisão bibliográfica acerca do tema FMC no EM. Nesse sentido foi analisado o número de publicações, evidenciadas as principais linhas de

pesquisa e destacada, quando possível, a principal dificuldade para a implementação de tais tópicos.

O levantamento bibliográfico foi escolhido por ser de fundamental importância nesta análise, pois, de tempos em tempos é necessário que haja a compilação dos conteúdos de uma área de pesquisa, voltados para facilitar a formação continuada dos professores, para fomentar materiais de referência direcionados à sala de aula e aos estudos científicos em desenvolvimento.

Metodologia

O trabalho consiste em uma revisão bibliográfica quali-quantitativa sobre o tema Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Sabendo que “A dimensão metodológica diz respeito aos procedimentos para coleta de dados do objeto de investigação, de forma objetiva” (PENTEADO et al., 2018, p.44), o método que possibilitou a produção desse manuscrito consistiu em duas etapas. A primeira delas versou-se na busca de artigos científicos e a segunda, na leitura dos mesmos e escrita do compuscrito.

A busca foi feita em três revistas eletrônicas brasileiras de ensino de Física, a saber: “Revista Brasileira de Ensino de Física” (RBEF), “Caderno Brasileiro de Ensino de Física” (CBEF) e “A Física na Escola” (FNE). Acredita-se que essas três revistas podem fornecer uma amostragem significativa sobre as publicações relacionadas à temática, podendo assim, com uma certa margem de erro, generalizar os resultados para as demais revistas de ensino de Ciências e Física.

Portanto, foram selecionados trabalhos que envolvessem o ensino de FMC na escola média entre os anos de 2010 a 2019, onde a investigação foi feita número por número em cada revista citada acima. Buscou-se selecionar trabalhos voltados apenas para o EM. Para tanto, a sequência de busca seguiu a ordem, título, resumo e introdução. Os trabalhos com títulos autoindicativos, ou seja, onde se via a clara abordagem do tema apenas pela leitura do mesmo, foram selecionados de imediato. Títulos onde se identificava alguma relação com Física Moderna e/ou Contemporânea, mas deixavam dúvida se estavam relacionados ao ensino médio, tiveram seus resumos lidos. Caso a dúvida permanecesse, a introdução do trabalho era consultada.

A quantidade total dos trabalhos selecionados nessa primeira etapa, bem como a distribuição para cada revista, consta na tabela 1. Trabalhos-referência, que não

participaram da análise proposta neste artigo, mas que serviram como base teórica, também foram selecionados, estando ou não na delimitação temporal.

A segunda etapa consistiu na leitura dos artigos, de modo que, a partir do que cada literatura pretendia, iam sendo postas em uma classificação predeterminada. Para tanto, a classificação utilizada foi a mesma de Pereira e Ostermann (2009). E como última fase, foi realizada a produção do compuscrito.

Análise quantitativa das publicações e classificação

Acredita-se que a princípio seja relevante informar a frequência de publicação anual de cada revista usada para a busca dos artigos científicos. Inicialmente verifica-se a RBEF que publica quatro números por ano, em seguida o CBEF cujo número de publicações é três por ano e esporadicamente lança volumes especiais. Por último, a revista FNE publica dois números a cada ano. Entretanto, no ano de 2012 esta última publicou apenas um número e nos anos de 2013 a 2015 não foram publicados nenhum volume. A seguir, na tabela 1, encontra-se a distribuição do quantitativo total de trabalhos baixados que se enquadraram na linha de pesquisa deste artigo.

Tabela 1: Distribuição quantitativa dos artigos publicados por revista entre 2010 e 2019

Revista Brasileira de Ensino de Física	15
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	24
A Física na Escola	9
Total	48

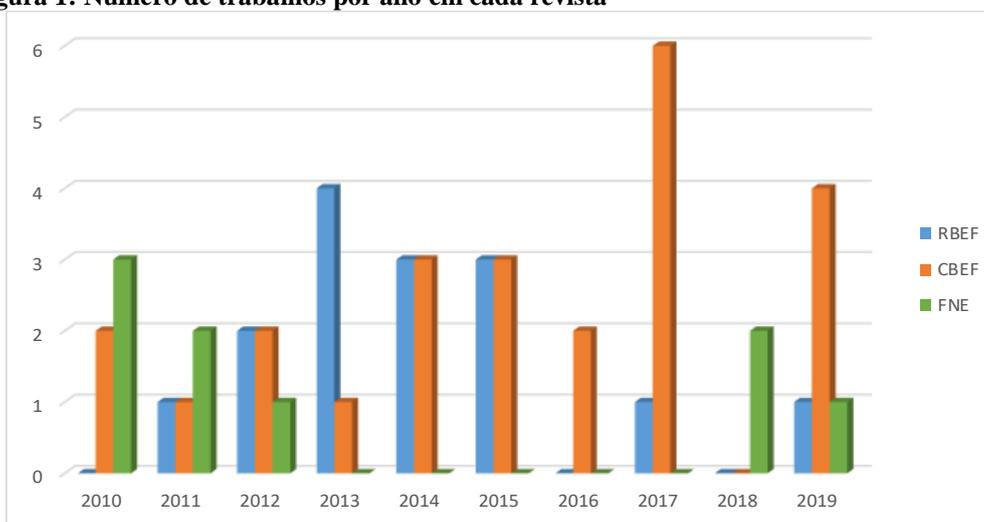
Fonte: Elaboração dos autores, 2020.

Pode-se observar que o CBEF representa 50% dos trabalhos científicos selecionados. Talvez isso se deva pelo fato da revista mencionada se destacar no contexto dos estudos referentes ao ensino médio. A RBEF, por outro lado, divulga bastante material referente a pesquisas de ensino de física para o ensino superior em detrimento do EM, o que pode explicar essa diferença no número de trabalhos em comparação a CBEF. No que tange a FNE, a explicação evidente para ela ter ficado em último lugar é o fato de não ter publicado sete números entre os anos de 2012 e 2015. Para melhor visualizar a situação descrita, a figura 1 mostra a distribuição dos artigos selecionados e o ano de publicação por revista.

O ano com o maior número de trabalhos publicados foi 2017, com um total de sete artigos. Desse total, seis foram só no CBEF. Em contrapartida, os anos com o

menor número de publicações foram 2016 e 2018, com apenas duas em cada ano. Em média, houve um número total de 4,8 publicações por ano, o que é um valor considerável. Observa-se também que todo ano, durante os dez anos analisados, houve pelo menos duas publicações por revista, de trabalhos voltados para a inserção de FMC no ensino médio.

Figura 1: Número de trabalhos por ano em cada revista



Fonte: Elaboração dos autores, 2020.

Logo, considerada essas informações, os trabalhos selecionados foram classificados. Essa categorização é composta de quatro grupos: propostas didáticas testadas em sala, levantamento de concepções, produção de material de apoio para o docente e análise de livros didáticos e trabalhos de revisão.

O primeiro grupo, “propostas didáticas testadas em sala”, visa trabalhos mais elaborados e com propostas didáticas diferenciadas que foram aplicadas em sala com o intuito de viabilizar o entendimento de conteúdos de FMC. O segundo, refere-se a trabalhos que avaliaram de algum modo os conhecimentos dos alunos e professores a respeito da temática em questão, incluindo levantamento de modelos mentais, invariantes operatórios, modos de raciocínio, perfis conceituais e concepções errôneas relativas aos temas específicos. Já o grupo de “produção de material de apoio para o docente” são trabalhos que propõem, por exemplo, experimentos, simuladores computacionais, textos de apoio e unidades didáticas.

Por último, os artigos enquadrados em “análise de livros didáticos e trabalhos de revisão” são os estudos que avaliam o currículo no que diz respeito ao ensino de FMC ou outros tipos de avaliação de livros didáticos e pesquisas voltadas ao levantamento

bibliográfico (PEREIRA e OSTERMANN, 2009). O quadro seguinte (figura 2) apresenta os trabalhos baixados elencados nos devidos grupos de classificação.

Figura 2: Classificação dos trabalhos selecionados de acordo com as categorias estabelecidas

Classificação	Trabalhos	Número de trabalhos
Propostas didáticas testadas em sala (Categoria I)	NETO et al. (2010); NETO et al. (2011); CARDOSO e DICKMAN (2012); MORAIS e GUERRA (2013); RODRIGUES et al. (2014); SILVA e MORAES (2015); OTERO et al. (2015); SOARES et al. (2015); SANTANA e SANTOS (2017); BATISTA e SIQUEIRA (2017); PINHEIRO et al. (2019).	11
Levantamento de concepções (Categoria II)	CUNHA e GOMES (2012); LEITE et al. (2013); ROCHA e RICARDO (2014); FREITAS e OLIVEIRA (2015); ROCHA e RICARDO (2016); LIMA e RICARDO (2019).	6
Produção de material de apoio para o docente (Categoria III)	GUERRA et al. (2010); SCHAPPO (2010); SIQUEIRA e PIETROCOLA (2010); SOUZA e DANTAS (2010); MARRANGHELLO e PAVANI (2011); PEREIRA (2011); SILVA e ASSIS (2012); MELHORATO e NICOLI (2012); NÓBREGA e MACKEDANZ (2013); HORVATH (2013); CAVALCANTE et al. (2013); CAVALCANTE et al. (2014); ERTHAL et al. (2014); FRÓES (2014); PARENTE et al. (2014); SOUZA e NEVES (2016); SILVEIRA e GIRARDI (2017); EBERHARDT et al. (2017); FERNANDES et al. (2017); TENFEN e TENFEN (2017); LOBO et al. (2018); REIS et al. (2018); SOUZA et al. (2019).	23
Análise de livros didáticos e trabalhos de revisão (Categoria IV)	SILVA e ALMEIDA (2011); DOMINGUINI (2012); JARDIM et al. (2015); SILVA e ERROBIDART (2015); LIMA et al. (2017); KOPP e ALMEIDA (2019); SILVA et al. (2019); TONET e LEONEL (2019).	8

Fonte: Elaboração dos autores, 2020.

Em consonância com Pereira e Ostermann (2009), a produção de material de apoio para o docente predomina em detrimento das demais categorias, correspondendo a 47,91% do total de artigos selecionados, possivelmente por ser um material mais fácil de ser produzido em relação aos das outras categorias. Na mesma linha, as propostas didáticas testadas em sala de aula, de forma geral, mantiveram o percentual na casa dos 22%.

Dentre os trabalhos classificados na *categoria II* (12,5%), dois são voltados para a análise das concepções de professores do EM acerca dos conteúdos de FMC. Um resultado relativamente baixo, considerando que o professor é peça fundamental na

implementação de tais tópicos, mostrando a necessidade de mais trabalhos com essa finalidade de pesquisa. Dos trabalhos enquadrados na *categoria IV* (16,66%), análise de livros didáticos e trabalhos de revisão, 4 artigos examinaram os livros didáticos aprovados nos PNLD ((Programa Nacional do Livro Didático) e os outros 4 fizeram revisões bibliográficas.

A partir do exposto e para explicar resumidamente o que foi abordado em cada trabalho, no tópico a seguir traz curtas descrições de cada um dos trabalhos selecionadas na pesquisa.

Descrição dos trabalhos selecionados

Categoria I

Como resultado de um projeto, Neto et al. (2010) elaboraram e aplicaram, para alunos do curso técnico em radiologia médica de uma escola do Rio Grande do Sul, uma página de internet para ensino da interação radiação-matéria. Embasados na teoria Sociointeracionista de Vygotsky e usando de simulação computacional (interferômetro de Mach-Zehnder), roteiros exploratórios e textos complementares presentes na página, puderam perceber resultados positivos no aprendizado da turma.

Neto et al. (2011) implementaram uma proposta voltada ao ensino de física moderna numa turma de 32 alunos do curso técnico de Radiologia Médica na disciplina de Proteção Radiológica. Este trabalho foi resultado de um projeto de mestrado profissional em ensino de Física da UFRGS e abordou como conteúdo principal a dualidade onda-partícula, onde os autores se fundamentaram na teoria Sociointeracionista de Vygotsky. Para tal abordagem, uma página de internet desenvolvida no projeto, contendo matérias complementares, bem como uma simulação do interferômetro de Mach-Zehnder, foram utilizados. Os resultados foram satisfatórios visto que o simulador proporcionou uma nova forma de visualização do fenômeno e, no geral, mudou a visão dos alunos sobre as radiações.

Cardoso e Dickman (2012) elaboraram e implementaram uma sequência didática embasada na teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel que, mediante o uso de simulações computacionais, objetivaram ensinar o efeito fotoelétrico para alunos do ensino médio. A aplicação foi dividida nas seguintes etapas: pré-teste, organizadores prévios, aplicação da simulação com roteiro de estudo, organizador explicativo e teste final. A sequência foi aplicada para 10 alunos do ensino médio de uma escola de Sete

Lagoas-MG e durou seis encontros. Os resultados possibilitaram a conclusão de que o material, considerando alguns ajustes, tem grande potencial para ser aplicado nas salas de aula.

Morais e Guerra (2013) introduziram discussões de FMC em duas turmas de 1º ano do ensino médio com um total de 68 alunos. A sequência didática foi dividida em 6 aulas de 100 minutos cada e o objetivo foi levar ao limite a análise de energia cinética e potencial com fins didáticos de chegar a definição $E=mc^2$ e à quantização da energia. Para tanto, utilizaram a abordagem histórico-filosófica. Obtiveram resultados positivos, embora tenham encontrado a presença de alguns obstáculos.

Como parte de uma pesquisa de mestrado, Rodrigues et al. (2014) elaboraram e aplicaram uma sequência didática numa turma de 2º ano em Santa Maria - RS. A sequência, ao todo, levou treze aulas para ser concluída. A turma foi dividida em grupos de três ou quatro alunos objetivando o ensino de relatividade utilizando um GPS (Sistema de Posicionamento Global). O ponto negativo, segundo os autores, ficou por conta das deduções matemáticas longas, mas num contexto geral da metodologia, os resultados foram compensadores.

Silva e Moraes (2015) elaboraram e implementaram uma sequência didática numa turma de 3º ano do ensino médio, com 25 alunos. Uma abordagem histórico-filosófica e interdisciplinar foi usada como meio para o ensino de espectroscopia. O uso da arte e de experimentos foram encorajados ao longo da sequência didática. Obtiveram resultados positivos como, por exemplo, boa participação dos alunos. Entretanto, falta de material didático e tempo de aula foram alguns dos obstáculos enfrentados.

Investigando o processo de conceitualização de alunos do ensino médio em Buenos Aires através da teoria dos campos conceituais de Vergnaud, sobre a teoria da relatividade restrita, Otero et al. (2015) projetaram, implementaram e analisaram uma sequência didática. Foram estudados 43 alunos dos anos finais do ensino médio onde, durante as aulas, situações sobre o tema eram propostas para os grupos de alunos. As representações verbais, numéricas e algébricas eram analisadas durante e posteriormente por meio de vídeos das aulas. Por fim, uma das dificuldades de conceitualização apresentadas, ainda remetia à relatividade Galileana. Entretanto, o trabalho contribuiu, se aplicado, para uma base sólida dos conceitos dos postulados, o que facilitando uma melhor inserção nos conceitos mais aprofundados de teoria da relatividade especial.

Soares et al. (2015) abordaram três conteúdos relacionados à FMC em turmas de 3º ano do ensino médio em escola da rede pública de São Paulo. Os conteúdos foram os

seguintes: espectroscopia, radioatividade e física nuclear. Foi feito um estudo de caso onde cada tópico foi abordado em duas aulas de cinquenta minutos e, como material didático, simulações computacionais e animações foram empregadas. Os simuladores aplicados foram os disponibilizados na internet pelo grupo PhET. Já para a análise do estudo, os autores se fundamentaram na teoria sócio interativa de Vygostsky. Por fim, os autores concluíram apresentando pontos onde os simuladores não corresponderam a esperado e destacando a evidente necessidade de se explorar mais e mais os conteúdos de FMC no ensino médio.

Por meio de uma sequência didática aplicada numa turma do 2º do ensino médio, Santana e Santos (2017) trabalharam conceitos de espectroscopia e modelos atômicos. A sequência foi dividida em treze aulas separadas em dois blocos. As respostas dos alunos ao questionário foram selecionadas em grupos conforme o grau de acerto. De modo geral, a sequência didática apresentou resultados satisfatórios.

Fundamentada nas teorias Desing-Based Research e da Teaching-Learning Sequence, Batista e Siqueira (2017) implementaram uma sequência didática para imersão dos alunos nos pressupostos da radioatividade. Foi aplicada em três turmas do IF do sul da Bahia e dividida em doze encontros. À medida que pontos negativos eram encontrados na avaliação da sequência didática, esta era reestruturada (consoante o tempo disponível ou conteúdo explanado improdutivamente, por exemplo). Em suma, consideraram terem obtido um relativo sucesso devido à flexibilidade para transformação da sequência de ensino segundo a demanda curricular.

Pinheiro et al. (2019) produziram e aplicaram um experimento para obtenção da constante de Planck numa oficina para jovens e adultos. Inicialmente trataram do ensino de jovens e adultos no Brasil e apresentaram o processo de montagem do experimento. Posteriormente, discutiram os modos de aplicação do experimento na oficina. Os resultados indicaram uma participação tímida, entretanto com bastante curiosidade por parte do público envolvido. No geral, o material foi bem aceito, sendo necessário algumas melhorias - segundo 26% dos participantes.

Categoria II

Cunha e Gomes (2012) fizeram uma discussão sobre o uso equivocado do conceito de massa relativística. Para tanto, analisam duas sentenças em uma questão de prova de vestibular da Universidade Federal de Santa Catarina de 2007.

Usando uma variação do método cooperativo de Aprendizagem Jigsaw, Leite et al. (2013) realizaram um minicurso dividido em quatro aulas, aplicado para 80 alunos de uma escola de Porto Ferreira - SP. O minicurso foi elemento de uma ação de divulgação científica e tinha como temática principal o ensino de Nanociência e Nanotecnologia. Analisaram, por fim, as concepções gerais dos alunos acerca da temática e concluíram que o minicurso possibilitou a criação de conceitos e, acima de tudo, atitudes críticas quanto ao tema.

Rocha e Ricardo (2014) analisaram o quanto as crenças de autoeficácia podem influenciar os professores de física na inserção de FMC no ensino médio. As crenças de autoeficácia são relacionadas, fundamentalmente, à percepção que cada indivíduo tem em relação à capacidade em realizar determinada tarefa. As fontes de crenças de autoeficácia são relacionadas a seguir: experiências positivas, experiências vicárias, persuasão verbal e estados fisiológicos. O referido estudo se desenvolveu com a aplicação de questionários a 78 professores. A partir das respostas dos professores ao questionário, os pesquisadores direcionaram a análise ora descrita com base em referencial teórico específico e concluíram que o questionário em questão é, de fato, um bom instrumento para aferição das crenças de autoeficácia dos professores quanto a inserção de tópicos de FMC.

Como saída para a abordagem de semicondutores no ensino médio, Freitas e Oliveira (2015) - orientados por pesquisa anterior - produziram e aplicaram vídeos como ferramenta didática em duas turmas (totalizando 72 alunos) de 3º ano de uma escola particular de Uberaba-MG. O estudo analisou as percepções dos sujeitos sobre a metodologia de ensino aplicada, para tanto utilizou-se da aplicação de questionários. Assim, os pesquisadores concluíram ser promissor o uso de filmes para o ensino de semicondutores.

Rocha e Ricardo (2016), dando continuidade a um trabalho de 2014, analisaram qualitativamente as respostas dos seis professores que chegaram a fase final do seu estudo. Três com alto nível de autoeficácia e três com baixo nível. Após apreciação das três entrevistas feitas com os professores da amostragem final, os autores concluíram haver influência dos índices de autoeficácia na prática docente quando se trata de temas de FMC.

Na tentativa de uma articulação entre a Física e a Literatura, Lima e Ricardo (2019) implementaram uma sequência didática para 46 alunos do 3º ano de uma escola particular de São Paulo. A proposta foi aplicada em doze aulas de cinquenta minutos

cada. Os autores usaram capítulos dos seguintes livros: “Alice no País do Quantum” e “Feiticeiros e Aprendizizes - da Era dos Extremos de Hobsbawm”. Embasaram sua abordagem na teoria Interacionista de Vygotsky, de modo que, a partir do que foi explicado, pudessem transformar pseudoconceitos em conceitos concretos de FMC. O estudo finalizou evidenciando que a interface Literatura-Física é uma ferramenta relevante para o ensino de física.

Categoria III

Guerra et al. (2010) defenderam a introdução da teoria da relatividade restrita no ensino médio a partir de uma abordagem histórico-filosófica em detrimento de mera explanação matemática. Para tanto, discutiram o desenvolvimento dos conceitos da teoria da relatividade restrita e como o contexto sociocultural do final do século XIX influenciou esse processo.

Schappo (2010) propôs o estudo da estabilidade nuclear a partir do modelo da gota d'água e de um experimento simples com ímãs. Ele inicia discutindo as características gerais do núcleo atômico, sua estabilidade, assim como o experimento que mostra como seria os processos de repulsão e atração dos constituintes atômicos. Finaliza o estudo salientando que tal abordagem em sala de aula ajudaria os alunos a desenvolver habilidades de visualização, abstração e generalização.

Siqueira e Pietrocola (2010), por uma abordagem onde se utiliza modelos científicos como ferramenta de construção do conhecimento científico, aplicaram uma atividade experimental para o ensino do espalhamento de Rutherford numa sala do ensino médio. O aparato experimental consistia basicamente em formas geométricas fixadas no centro da parte de baixo de uma placa de madeira quadrada. Arremessando bolinhas esféricas por baixo da placa, os alunos puderam determinar a forma geométrica do objeto apenas analisando as trajetórias de reflexão das esferas.

Souza e Dantas (2010) propuseram a discussão da física nuclear no ensino médio por meio de uma abordagem conceitual. Para tanto, sugeriram tópicos a serem abordados e, à medida que vão tratando dos temas (decaimento, alfa, beta e gama, fissão e fusão nuclear, reatores nucleares), contextualizaram com possíveis aplicações desses conhecimentos em eventos e equipamentos tecnológicos do dia a dia dos alunos. A pesquisa também sugere o uso de recursos didáticos como animações e vídeos.

Marranghello e Pavani (2011) indicam o uso da câmera fotográfica digital como ferramenta experimental para distinção das cores e, conseqüentemente, das respectivas

temperaturas. Nesse sentido, conceitos de radiação de corpo negro e espectros atômicos, bem como noções de astronomia, são discutidos ao longo do texto. Os autores concluíram observando que, apesar de não ter sido aplicada, a proposta foi testada no que tange à viabilidade na obtenção das imagens.

Pereira (2011) apresentou um material de apoio ao professor de física do ensino médio com a temática LHC (Grande Colisor de Hádrons). Nesse material a autora apresenta os principais experimentos trabalhados e expõe acerca da física de partículas.

Silva e Assis (2012) aventaram o uso de uma atividade experimental com materiais de baixo custo sobre o efeito fotoelétrico. Por esse viés, concluíram que o experimento é viável para discussões conceituais sem processamento de dados.

Melhorato e Nicoli (2012) propuseram a construção de um experimento para viabilizar o ensino de quantização de energia, condução elétrica em sólidos e modelo corpuscular da luz no ensino médio. Os autores sugeriram que inicie a aplicação do experimento à luz da física clássica, nas aulas de eletricidade, e assim passe para os conteúdos de física moderna.

Nóbrega e Mackedanz (2013) apontaram um material de apoio para o professor que trata da física existente por trás da construção e funcionamento do LHC, incluindo conhecimentos de física clássica, moderna e contemporânea. Assim, apresentaram, por exemplo, o descobrimento de novas partículas, como a de Higgs e também discutiram buracos negros e os raios cósmicos.

Horvath (2013) sugeriu uma maneira de se trabalhar astronomia e astrofísica estelar no ensino médio. Para tal fim, questões como a medida da luminosidade ou potência irradiada são relacionadas com a temperatura da estrela (ou seja, tratam da teoria da radiação de Planck). No referido estudo, experiências e observações do céu são sugeridas para implementação. O autor destaca a possibilidade da aplicação, inclusive nos anos finais do ensino fundamental, se os cálculos forem omitidos.

Cavalcante et al. (2013) exploraram conceitos físicos envolvidos no processo de recepção de sinais infravermelhos emitidos por um controle remoto através do uso de uma câmera fotográfica digital (transformação em radiação visível), bem como do software Audacity (transformação em sinais elétricos). Na segunda parte do trabalho, o estudo analisa e interpreta as frases binárias advindas dos comandos no controle remoto. Para isso, discorre sobre sistemas numéricos e sobre o experimento que viabiliza tal detecção. A montagem é possibilitada pelo uso do micro controlador Arduino.

Erthal et al. (2014) descreveram a construção de um globo de plasma usando material de baixo custo. Discorreram sobre o que vem a ser o plasma, apresentaram as possibilidades de aplicação e, também, os materiais e o modo de construção do instrumento proposto. Concluíram observando que o globo de plasma seria um material complementar nas aulas de Física.

Fróes (2014) trouxe, inicialmente, um breve levantamento de pesquisas internacionais sobre o interesse preferencial dos alunos por temas como astronomia, astrofísica e cosmologia. Tratou de energia escura, matéria escura, e evolução do universo. Concluiu evidenciando não ser um material pedagógico, mas sim um aporte teórico para preparar o professor do ensino médio a tirar as dúvidas dos seus alunos sobre esses temas.

Parente et al. (2014) apresentaram uma pequena sequência didática para tratar do tema "O modelo atômico de Bohr". Nela os autores tomam como base a abordagem do ensino superior para lançar uma metodologia diferente de se trabalhar o assunto no ensino médio. Para tal, foi incorporado o uso de analogias como método facilitador do processo de ensino.

Souza e Neves (2016) discorreram sobre a física presente no livro "Alice no País do Quantum: A Física Quântica ao alcance de todos" e apresentaram a relação entre o plano literário e científico da obra. Ao final, sugeriram o uso de livros paradidáticos para o ensino de mecânica quântica no ensino médio por serem facilitadores de aprendizagem.

Silveira e Girardi (2017) contribuíram para a inserção da FMC através da construção e da descrição do funcionamento de um kit experimental para o ensino do efeito fotoelétrico. A justificativa foi a falta de materiais que viabilizem o ensino de conceitos de física moderna e contemporânea no ensino médio. Para isso, exploraram a presença, em muitas escolas, de laboratórios de informática subutilizados. O Arduíno foi a base de controle e conexão com o computador e com um pico-amperímetro. Essa interface facilitou o controle dos comandos e possibilitou a observação do que acontecia no experimento por meio de gráficos.

Eberhardt et al. (2017) propuseram um experimento para o ensino qualitativo do efeito fotoelétrico no ensino médio. Inicialmente esboçaram sobre um dos itens utilizados, a lâmpada NE2H (a qual ocorrerá o efeito fotoelétrico). Realizaram ainda um teste espectroscópico para determinar, dentre os elementos que a compõe, qual é o responsável pelo efeito mencionado. Posteriormente apresentaram os pormenores da

experiência, que pode ser uma alternativa a outras já propostas na literatura e, também, a experimentos muito caros.

Usando uma abordagem histórico-filosófica, Fernandes et al. (2017) sugeriram uma sequência didática para o ensino de conceitos de mecânica quântica interdisciplinarmente com a arte. A sequência foi dividida em quatro etapas, sendo necessária para cada etapa duas aulas de cinquenta minutos. Para facilitar o entendimento dos conceitos abstratos da mecânica quântica, quadros artísticos foram selecionados e o desenvolvimento metodológico das aulas foi explanado. Essa abordagem vem como solução a metodologias que dificultam a inserção de mecânica quântica no EM. Entretanto, a sequência didática não foi aplicada em sala.

Vendo a importância do ensino do modelo atômico de Bohr para o ensino médio, Tenfen e Tenfen (2017) apresentaram uma breve contextualização histórica e algumas limitações deste, principalmente no que concerne ao átomo de hélio. Além disso, propuseram a construção de um experimento de baixo custo, um espectrômetro. Salientaram que este trabalho é voltado para alunos de graduação e a professores da educação básica, cabendo a esses últimos, a devida transposição didática para o EM.

Lobo et al. (2018) trabalharam a ideia de teleporte a partir de conceitos de emaranhamento quântico. A matematização gravita em torno das equações de duas variáveis e os autores recorreram a algumas analogias para facilitar o entendimento. Os pesquisadores esperam que, por meio seu trabalho, a área de informação quântica possa ser mais divulgada devido sua relevância para as tecnologias atuais.

Reis et al. (2018) elaboraram uma proposta didática para o ensino da relatividade restrita aliada a arte no ensino médio. A sequência foi dividida em 8 encontros, nos quais trabalharam o cubismo - um movimento artístico inovador do início do século XX. Esse fato possibilitou aos autores a realização de uma abordagem interdisciplinar, pois os movimentos na ciência e na arte guardam características peculiares do momento histórico-cultural em que ocorreu. Para fundamentação da proposta didática, usaram a proposta de Angotti e Delizoicov com três momentos pedagógicos. Por fim, esperam que os alunos se motivem ao discutirem o tema proposto.

Souza et al. (2019) construíram um jogo de tabuleiro para ensinar física de partículas. Para isso recorreram um pouco sobre física nuclear e o bóson de Higgs e, posteriormente, explicaram o funcionamento do jogo. Ele foi aplicado em algumas intervenções em escolas públicas.

Categoria IV

Silva e Almeida (2011) fizeram um levantamento bibliográfico sobre a física quântica no ensino médio nas revistas de ensino de ciências e ensino de física entre os anos de 1997 e 2009. Classificaram os artigos em cinco categorias, a saber: revisão da literatura sobre o ensino de FQ/FMC, análise curricular, análise dos conteúdos em livros que abordam FQ/FMC, elaboração e/ou aplicação de propostas de ensino e concepções de professores sobre o ensino de FQ/FMC no EM. Uma das conclusões do estudo foi que são necessários mais trabalhos voltados a análise das concepções dos professores sobre o ensino de FMC no EM. Os autores também destacaram a necessidade de melhorar a formação inicial e continuada dos professores de física, possibilitando a abordagem de tal temática.

Dominguini (2012) fez uma análise dos livros didáticos do PNLD-EM (Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio) sobre a opinião dos autores no que tange a inserção de Física Moderna no ensino médio. Para tal fim, examinou a forma que o tema é apresentado nas obras, assim como o manual do professor e o catálogo do PNLEM. Dentre os 5 livros explorados, 2 compreenderam que FMC não é um conteúdo preciso para EM, servindo apenas como texto suplementar informativo e os outros 3 defenderam a inserção do referido conteúdo. Por fim, verificou-se um conflito de opiniões entre os autores dos livros, apesar dos documentos oficiais defenderem a abordagem de tais assuntos.

Jardim et al. (2015) investigaram o uso dos conceitos de "massa relativística" e "massa de repouso" presentes nos livros didáticos do PNLEM de 2015. A maioria ou quase a totalidade dos livros analisados apresentam equívocos com relação aos conceitos mencionados. Os autores expuseram um trecho de uma carta escrita por Einstein em que ele apresentava dúvidas sobre o uso do conceito de massa de um corpo em movimento. Então, averiguaram um total de 14 livros nos quais ainda se encontram as mesmas conceituações indevidas, apesar de passados dez anos do trabalho de Ostermann e Ricci.

Silva e Errobidart (2015) fizeram uma revisão de literatura sobre trabalhos relacionados ao ensino do efeito fotoelétrico. As buscas foram feitas em revistas nacionais e internacionais, sendo o período de delimitação entre 1987 e 2014, obtendo o número de 41 trabalhos selecionados. Cerca de 27% dos trabalhos propuseram a abordagem do tema por meio de simulações computacionais e 20%, sugeriram a construção de aparatos experimentais. Evidenciou-se que a maioria dos trabalhos usou a

relação entre ciência, tecnologia e sociedade nos seus constructos, e que houve um notável aumento no número de publicações voltadas ao ensino de FMC.

Lima et al. (2017) examinaram os livros didáticos aprovados no PNLDEM de 2015. Para tanto, recorreram à filosofia da linguagem de Mikhail Bakhtim sobre a forma que os autores abordam a mecânica quântica nas suas obras. Observaram que todos os autores usaram uma abordagem histórica, evidenciando os limites entre a física clássica e a moderna, ou seja, a abordagem da Escola Espanhola. Apenas um único livro apresentava uma discussão do tema mais amplamente no tempo. Concluíram enfatizando que os livros ainda se encontram distantes do que a literatura específica orienta acerca da FMC no EM.

Kopp e Almeida (2019) analisaram os livros didáticos aprovados no PNLD 2018 no que cabe o uso de analogias e metáforas nos capítulos de física moderna. A análise de conteúdo estabelecida por Bardin (2002) foi utilizada para a apuração dos dados. Foram explorados 12 livros, resultando num total de 84 analogias e 67 metáforas no decorrer de 710 páginas. Os pesquisadores concluíram que, de modo geral, as analogias são bem mais elaboradas do que as metáforas, e que o trabalho pode ajudar educadores na percepção das analogias e metáforas presentes nos capítulos de FMC dos livros didáticos.

Silva et al. (2019) realizaram um levantamento bibliográfico em periódicos e anais de eventos acerca do uso das artes no ensino de Física Moderna. A busca foi feita em 12 periódicos brasileiros de ensino de Física, nos anais do ENPEC, de 2011 a 2017 e nos anais do SNEF, de 2005 a 2015. Para tanto, os autores examinaram os artigos no que concerne ao tipo de arte utilizada e aos tópicos de FMC trabalhados interdisciplinarmente. Por essa via, o estudo constatou que o maior número de artigos com essa temática é voltado para o ensino médio e que a literatura e a pintura são as artes mais usadas.

Tonet e Leonel (2019) realizaram uma revisão bibliográfica nos trabalhos apresentados em três eventos nacionais de grande relevância, o SNEF, EPEF e ENPEC (entre os anos de 2008 a 2017). O tema foi Nanociência e Nanotecnologia, resultando em um total de 24 trabalhos selecionados. Esses estudos foram classificados em: proposta didática, potencialidade do tema, dificuldades e desafios, formação de professores e revisão de literatura. Os autores concluíram que dentre os problemas encontrados, o de maior destaque é a falta de abordagem dos temas (Nanociência e Nanotecnologia nos currículos de formação inicial de professores.

Após a leitura de todos os trabalhos, alguns pontos apareceram com maior frequência, dentre eles destaca-se o impedimento na implementação de conteúdos de FMC no EM, fato que motivou a produção do tópico seguinte.

As principais dificuldades na implementação

A implementação da FMC no EM é uma questão muito complexa e um tanto extensa, pois as problemáticas que gravitam em torno da aplicação desses tópicos em sala de aula possuem muitas variáveis, conforme se percebe nos trabalhos apresentados nessa pesquisa. Um dos principais problemas é a falta de tempo disponível na carga horária da disciplina de Física (OLIVEIRA et al., 2007; SIQUEIRA, 2012; FREITAS, 2017). Essa lacuna é ressaltada com frequência nos artigos de ensino de Física, não só nos que tratam de temas voltados à FMC, considerando não haver tempo nem para abordagem dos conteúdos clássicos.

Todavia, “não podemos nos esquecer de que o principal elo da corrente da inserção de tópicos de FMC no EM é o professor: apenas ele pode, de fato, efetivar movimentos nesse sentido” diz Silva e Almeida (2011, p. 646). Porém, os professores não se sentem preparados, pois suas formações não lhes deram autonomia suficiente para repassar conteúdos de FMC em sala (MONTEIRO, NARDI e FILHO, 2012; KIKUCHI et al., 2013; FREITAS, 2017).

No estudo de Batista e Siqueira (2017, p.887), eles relatam que não puderam realizar seu trabalho nas escolas de ensino médio (estaduais) pois “certas condições na formação dos professores’ consultados não lhes davam segurança (domínio do conteúdo) para trabalhar com a radioatividade em suas aulas”. Em consonância com essa realidade, Freitas diz que além de conteúdo programático muito extenso e falta de preparo profissional,

(...) poderíamos adicionar, por exemplo, a escassez de materiais específicos tanto para professores quanto para alunos, o alto nível de complexidade do conteúdo, cuja sistematização matemática e tratamento rigoroso podem torná-lo incompatível para alunos do Ensino Médio, e ainda o fato de que possivelmente não haveria tempo para trabalhar a FMC com aprofundamento tal que permitisse ao aluno relacionar tais conceitos com sua vida prática, como, por exemplo, compreender o funcionamento de artefatos tecnológicos (FREITAS, 2017, p. 3).

Em relação à escassez de material específico, hoje há uma vasta gama de informações disponíveis na internet para servir de base teórica para as aulas dos professores. No que se relaciona aos livros didáticos, na atualidade, todos trazem tópicos de FMC, mesmo que os autores atribuam pesos de importância diferentes ao tema. Apesar disso, a maioria desses livros didáticos ainda abordam os tópicos de FMC de um modo apenas informativo e como muitas vezes o livro didático é o único material disponível para docentes e discentes, essa tendência de meramente informar é concretizada (NETO et al., 2010; DOMINGUINI, 2012; LIMA et al., 2017). Apesar disso, no guia de livros didáticos do PNLD (2017) há diversas referências que, direta ou indiretamente, tocam o ensino de FMC no EM.

Por fim, outro obstáculo bastante apontado está relacionado à matemática envolvida nos tópicos de FMC. Já no PCN+ (2002) destacava-se a importância de uma Física menos matematizada. Entretanto, essa prática não ficou para trás. Trabalhos atuais ainda salientam sobre a dificuldade que os alunos têm em abstrair os elementos conceituais do formalismo matemático presentes nos tópicos de FMC como sendo uma das dificuldades enfrentadas na Física (SILVA et al., 2019; PINHEIRO et al., 2019). Há, todavia, soluções para enfrentar essa questão, como as apresentadas nos muitos artigos citados nessa pesquisa, que usam da história e filosofia, da arte, das experimentações, etc., abordando somente os conceitos envolvidos nos tópicos apresentados.

Portanto, o que Siqueira (2012) falou, de certo modo, ainda é uma necessidade bastante atual. De forma que é preciso focar no aprimoramento dos professores - no que se refere a processos pedagógico-metodológicos, disponibilizar materiais bem elaborados e reformulados, e reestruturar processos educacionais como, por exemplo, carga horária das disciplinas de ciências naturais e valorização de todos os profissionais da educação. Sobre esse último ponto, Ramos e Moreira (2020) relatam em seu trabalho que o salário dos professores do Brasil é um dos piores do mundo e que isso acaba por desfavorecer qualquer tentativa de mudança educacional, já que eles são um dos principais elementos nesse processo.

Considerações finais

Apesar de se passado mais ou menos três décadas do início dos debates sobre a necessidade de se lecionar tópicos de FMC no EM brasileiro, esse assunto ainda é

deveras atual. Não por falta de contribuição dos pesquisadores de ensino de Física, nem dos responsáveis pela pasta educacional do país - pelo menos no que tange aos documentos oficiais da educação. Como visto, desde a promulgação da carta magna da educação brasileira, a LDB de 96, muitos caminhos apontaram para a inserção do referido tema. A BNCC de 2018, por exemplo, propôs alguns conteúdos a serem trabalhados na disciplina de Física no EM, dentre eles pode-se destacar: estrutura da matéria, fusão e fissão nucleares, espectro eletromagnético e os efeitos biológicos das radiações ionizantes. A respeito das pesquisas acadêmicas, elas iniciaram antes da LDB/96, por volta de 1990. De lá para cá, um número exponencial de trabalhos (artigos, TCC, dissertações, teses) foram publicados visando o mesmo fim.

Diante do exposto, este artigo objetivou realizar um breve levantamento bibliográfico acerca do FMC no EM. Dessa forma, os resultados do levantamento mostraram, cabida as devidas proporções, uma constância percentual no número de trabalhos em cada categoria quando comparados com os resultados percentuais do artigo de levantamento bibliográfico de Pereira e Ostermann (2009). Além disso, no período de delimitação temporal estabelecido aqui, todos os anos houve publicações sobre o tema e, em pelo menos dois trabalhos, mostrou-se ser ainda um tema atual e importante.

Pôde-se perceber também que alguns dos trabalhos selecionados tratam a FMC de forma interdisciplinar com a arte, assim como alguns usam de abordagens histórico-filosóficas para ensinar tais tópicos, fugindo, portanto, das linhas tradicionais que, por sua vez, trazem experimentos ou simulações computacionais. Entende-se que esse é um dado satisfatório, visto que uma das principais dificuldades de se lecionar FMC no EM está relacionado ao formalismo matemático complicado.

Dito isso e sabendo das diferentes realidades do ensino no Brasil, da importância do ensino de FMC nas salas de aula - no sentido de embasar os discentes para a realidade contemporânea, isto é, de intenso contato com novas tecnologia- e dado esse leque de possibilidades de aplicação da FMC apresentado aqui, o docente de Física pode encontrar um trabalho que facilite a inserção de FMC e que se enquadre à realidade vivenciada em sua escola. Dessa forma, além de atender à legislação vigente, essa prática trará uma visão de mundo diferenciada aos seus alunos.

Referências

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 2002

BATISTA, C. A. DOS S.; SIQUEIRA, M. A inserção da Física Moderna e Contemporânea em ambientes reais de sala de aula: uma sequência de ensino-aprendizagem sobre a radioatividade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, p. 880–902, 8 dez. 2017.

BRASIL. **Lei nº 9.394/96, de 20 de dezembro de 1996**. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional Brasileira (LDB). Brasília, 1996.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN)**. Brasília, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/conaes-comissao-nacional-de-avaliacao-da-educacao-superior/195-secretarias-112877938/seb-educacao-basica-2007048997/12598-publicacoes-sp-265002211>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2021.

BRASIL. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+)**. Brasília, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/conaes-comissao-nacional-de-avaliacao-da-educacao-superior/195-secretarias-112877938/seb-educacao-basica-2007048997/12598-publicacoes-sp-265002211>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2021.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília, 2018. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/abril-2018-pdf/85121-bncc-ensino-medio/file>. Acesso em: 28 de fevereiro de 2021.

BRASIL. **PNLD 2018: física – guia de livros didáticos**. Brasília, Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica, 2017. Disponível em: file:///C:/Users/Windows/Downloads/Guia_PNLD_2018_Fisica.pdf. Acesso em: 28 de fevereiro de 2021.

CARDOSO, S. O. DE O.; DICKMAN, A. G. Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial, p. 891–934, 2012.

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

CAVALCANTE, M. A.; RODRIGUES, T. T. T.; BUENO, D. A. Controle Remoto : observando códigos com o Arduíno (parte 2 de 2). **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, p. 614–641, 2014.

CUNHA, A. R.; GOMES, G. G. Física moderna no Ensino Médio e sua necessidade de sincronização conceitual. **Física na Escola**, v. 13, n. 1, p. 8–9, 2012.

DOMINGUINI, L. Física moderna no Ensino Médio: Com a palavra os autores dos livros didáticos do PNLEM. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, p. 1–7, 2012.

- EBERHARDT, D. et al. Experimentação no ensino de Física Moderna: efeito fotoelétrico com lâmpada néon e LEDs. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, p. 928–950, 2017.
- ERTHAL, J. P. C.; PIROVANI, F. E. DA S.; CAMPOS, R. G. Globo de plasma: uma montagem simples com amplo potencial para discussões em sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, p. 666–676, 2014.
- FERNANDES, R. DE F. A. M. et al. Pinturas de Salvador Dalí para introduzir conceitos de Mecânica Quântica no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, p. 509–529, 2017.
- FREITAS, F. C.; OLIVEIRA, A. J. A. DE. O uso de vídeos curtos para ensinar tópicos de semicondutores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 3, p. 1–7, 2015.
- FREITAS, B. F. S. **Análise de um plano de ensino sobre física de partículas no ensino médio**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.
- FRÓES, A. L. D. Astronomia, astrofísica e cosmologia para o ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, p. 1–15, 2014.
- GUERRA, A.; REIS, J. C.; BRAGA, M. Tempo, espaço e simultaneidade: uma questão para os cientistas, artistas, engenheiros e matemáticos no século XIX. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 3, p. 568–583, 2010.
- HORVATH, J. E. Uma proposta para o ensino da astronomia e astrofísica estelares no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 4, p. 1–8, 2013.
- JARDIM, W. T.; OTOYA, V. J. V.; OLIVEIRA, C. G. S. A teoria da relatividade restrita e os livros didáticos do ensino médio: discordâncias sobre o conceito de massa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, p. 1–7, 2015.
- KIKUCHI, L. A.; ORTIZ, A. J.; BATISTA, I. L. Ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: uma análise do que se tem discutido a respeito do assunto. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC** Águas de Lindóia, SP – 10 a 14 de novembro de 2013.
- KOPP, F. A.; ALMEIDA, V. DE. Analogias e metáforas no ensino de Física Moderna apresentadas nos livros didáticos aprovados pelo PNLD 2018. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, p. 69–98, 2019.
- LEITE, I. S. et al. Uso do método cooperativo de aprendizagem Jigsaw adaptado ao ensino de nanociência e nanotecnologia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 4, p. 1–7, 2013.
- LIMA, L. G. DE; RICARDO, E. C. O Ensino da Mecânica Quântica no nível médio por meio da abstração científica presente na interface Física-Literatura. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, p. 8–54, 2019.
- LIMA, N. W.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. DE H. Física Quântica no

ensino médio: uma análise bakhtiniana de enunciados em livros didáticos de Física aprovados no PNLDEM2015. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, p. 435–459, 2017.

LOBO, M. P. et al. Teleporte de uma partícula: um protocolo no contexto do ensino médio. **Física na Escola**, v. 16, n. 2, p. 18–21, 2018.

MARRANGHELLO, G. F.; PAVANI, D. B. Utilizando a câmera fotográfica digital como ferramenta para distinguir as cores das estrelas. **Física na Escola**, v. 12, n. 1, p. 20–26, 2011.

MELHORATO, R. L.; NICOLI, G. T. Da física clássica à moderna: O simples toque de uma sirene. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, p. 1–4, 2012.

MONTEIRO, M. A.; NARDI, R.; FILHO, J. B. B. Física Moderna e Contemporânea no ensino médio e a formação de professores: desencontros com a ação comunicativa e a ação dialógica emancipatória. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2012.

MORAIS, 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. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, p. 1–9, 2013.

NETO, J. DA S.; OSTERMANN, F. Formação de técnicos na área de radiologia médica: desenvolvimento de uma página na internet como recurso didático. **Física na Escola**, v. 11, n. 1, p. 32–35, 2010.

NETO, J. DA S.; OSTERMANN, F.; PRADO, S. D. O tema da dualidade onda-partícula na educação profissional em radiologia médica a partir da simulação do interferômetro de Mach-Zehnde. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, p. 1–10, 2011.

NÓBREGA, F. K.; MACKEDANZ, L. F. O LHC (Large Hadron Collider) e a nossa física de cada dia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, p. 1–11, 2013.

OLIVEIRA, F. F.; VIANNA, D. M.; GERBASSI, R. S. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007.

OTERO, M. R.; ARLEGO, M.; PRODANOFF, F. Design, analysis and reformulation of a didactic sequence for teaching the special theory of relativity in high school. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 3, p. 1–10, 2015.

PARENTE, F. A. G.; DOS SANTOS, A. C. F.; TORT, A. C. O átomo de Bohr no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, p. 1–4, 2014.

PENTEADO, D. R.; FREIRE, L. I. F.; PEREIRA, A. L. Uma análise comparativa dos métodos na pesquisa em educação. **EDUCA - Revista Multidisciplinar em Educação**, v. 5, n. 12, p. 40-60, 2018.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino de física moderna e contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 3, p. 393–420, 2009.

PEREIRA, M. M. LHC: o que é, para que serve e como funciona. **Física na Escola**, v. 12, n. 1, p. 37–41, 2011.

PINHEIRO, H. DE S. et al. Produto educacional: “kit” de física moderna para aplicação experimental relacionada à constante de Planck para jovens e adultos do ensino médio. **Física na Escola**, v. 17, n. 1, p. 71–77, 2019.

RAMOS, C. V.; MOREIRA, J. A. S. Política de remuneração de professores e as recomendações da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). **EDUCA - Revista Multidisciplinar em Educação**, v. 7, n. 17, p. 1510-1526, 2020.

REIS, J.; SILVA, I.; ANDRADE-NETO, A. V. Teoria da relatividade restrita e cubismo no ensino médio: uma proposta didática de aproximação entre duas culturas. **Física na Escola**, v. 16, n. 1, p. 5–10, 2018.

ROCHA, D. M.; RICARDO, E. C. As crenças de autoeficácia de professores de Física: um instrumento para aferição das crenças de autoeficácia ligadas a Física Moderna e Contemporânea. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 2, p. 333–364, 2014.

ROCHA, D. M.; RICARDO, E. C. As crenças de autoeficácia e o ensino de Física Moderna e Contemporânea. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 1, p. 223–252, 2016.

RODRIGUES, C. M.; SAUERWEIN, I. P. S.; SAUERWEIN, R. A. Uma proposta de inserção da teoria da relatividade restrita no Ensino Médio via estudo do GPS. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, p. 1–7, 2014.

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

SANTOS, A. C. Abordagem histórica da física moderna e contemporânea no ensino médio. **Dissertação (mestrado em Ciências e Matemática)**. São Cristóvão, 2017.

SCHAPPO, M. G. Um modelo concreto para o estudo da estabilidade nuclear no Ensino Médio. **Física na Escola**, v. 11, n. 2, p. 22–26, 2010.

SILVA, A. DOS S.; REIS, J. C. DE O.; REGO, S. C. R. Publicações sobre o ensino de Física Moderna: relações construídas entre Artes e Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, p. 366–382, 2019.

SILVA, A. C. DA; ALMEIDA, M. J. P. M. DE. Física quântica no ensino médio: o que dizem as pesquisas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 624–652, 2011.

SILVA, L. F. DA; ASSIS, A. Física Moderna no Ensino Médio: um experimento para abordar o efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 313–324, 2012.

SILVA, R. S. DA; ERROBIDART, N. C. G. Sobre as pesquisas relacionadas ao ensino do efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 618–639, 2015.

SILVA, H. R. A.; MORAES, A. G. O estudo da espectroscopia no ensino médio através de uma abordagem histórico-filosófica: possibilidade de interseção entre as disciplinas de Química e Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, p. 378–406, 2015.

SILVEIRA, S.; GIRARDI, M. Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 4, p. 1–7, 2017.

SIQUEIRA, M.; PIETROCOLA, M. Espalhamento de Rutherford na sala de aula do Ensino Médio. **Física na Escola**, v. 11, n. 2, p. 9–11, 2010.

SIQUEIRA, M. R. P. Professores de física em contexto de inovação curricular: saberes docentes e superação de obstáculos didáticos no ensino de física moderna e contemporânea. **Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática)**. São Paulo, 2012.

SOARES, A. A.; MORAES, L. E.; OLIVEIRA, F. G. Ensino de matéria e radiação no ensino médio com o auxílio de simuladores interativos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 915–933, 2015.

SOUZA, A. R. DE; NEVES, L. A. DOS S. O livro paradidático no ensino de Física – uma análise fabular, científica e metafórica da obra Alice no País do Quantum: A Física Quântica ao alcance de todos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 1145–1160, 2016.

SOUZA, M. A. M. et al. Jogo de Física de partículas: descobrindo o bóson de Higgs. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 2–13, 2019.

SOUZA, M. A. M.; DANTAS, J. D. Fenomenologia Nuclear: uma Proposta conceitual para o ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 1, p. 136–158, 2010.

TENFEN, D. N.; TENFEN, W. O modelo atômico de Bohr e as suas limitações na interpretação do espectro do átomo de hélio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 217–235, 2017.

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**, v. 9, n. 3, p. 209-214, 1992.

TONET, M. D.; LEONEL, A. A. Nanociência e Nanotecnologia: uma revisão bibliográfica acerca das contribuições e desafios para o ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, p. 431–456, 2019.

Enviado em: 01/03/2021.

Aceito em: 01/12/2022.

Publicado em: 30/12/2022.