



PRÁTICAS ESCOLARES DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO: UM ESTUDO DE DISSERTAÇÕES E TESES BRASILEIRAS (1972-2020)

School Practices of Modern and Contemporary Physics in High School: A Study of Brazilian Theses and Dissertations (1972-2020)

Carla Nayelli Terra [carla.nayelli@gmail.com]

Programa de Pós-Graduação Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática – PECIM
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP
Cidade Universitária "Zeferino Vaz", Campinas, SP, Brasil

Jorge Megid Neto [jmegid@gmail.com]

Faculdade de Educação
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP
Cidade Universitária "Zeferino Vaz", Campinas, SP, Brasil

Resumo

A Física Moderna e Contemporânea (FMC) está presente em nosso dia a dia, a partir de aparatos tecnológicos, notícias de jornais, exames médicos, localização por satélite, *internet* e tantos outros meios e recursos tecnológicos. Trata-se de temática do nosso cotidiano relevante para a educação escolar básica, em especial, no ensino de Física. Assim, esta pesquisa tem por objetivo identificar e analisar as dissertações e teses defendidas no período de 1972 a 2020 e que trataram de práticas pedagógicas sobre ensino de FMC no Ensino Médio (EM). O trabalho busca ressaltar as inovações e práticas pedagógicas tratadas pelas pesquisas acadêmicas selecionadas e os avanços e obstáculos enfrentados ao se abordar FMC no EM, tendo o seguinte problema de pesquisa: Quais as características e tendências teórico-pedagógicas das práticas de Física Moderna e Contemporânea propostas em dissertações e teses voltadas para o ensino de Física no nível médio? Caracteriza-se como uma pesquisa de estado da arte sobre a produção acadêmica brasileira relativa ao tema proposto. Localizamos 405 pesquisas a partir do Banco de Teses e Dissertações do Centro de Documentação em Ensino de Ciências da Faculdade de Educação da Unicamp, que abordavam a temática FMC; e selecionamos 162 trabalhos que tratavam especificamente da implementação de práticas pedagógicas no EM. A partir da leitura dos respectivos textos integrais, classificamos e analisamos os documentos de acordo com os seguintes descritores de Práticas Pedagógicas: Série Escolar, Temas de FMC, Conteúdos de FMC, Métodos e Estratégias de Ensino, Recursos e Materiais Didáticos, Referencial Teórico, Modelo Pedagógico. Dentre as 162 pesquisas, identificamos que a maioria implementou práticas na 3ª série do EM, tendo por temas mais abordados Física Quântica e Física Nuclear e, em menor quantidade, Física do Estado Sólido. Em relação aos métodos e estratégias de ensino, identificamos com maior frequência: utilização de aula expositiva, trabalho em grupo e levantamento e uso de conhecimentos prévios. Os recursos e materiais didáticos mais utilizados foram: *internet*, computador, apresentações eletrônicas e questionários e exercícios de fixação. Quanto aos modelos pedagógicos que fundamentaram as práticas, predominaram os modelos (Socio) construtivista (44%) e Ciência-Tecnologia-Sociedade (38%), embora tenhamos encontrado práticas condizentes com os modelos Tradicional, Redescoberta e Tecnicista, ressaltando que muitas pesquisas envolveram dois ou mais modelos pedagógicos nas práticas implementadas. Os resultados obtidos revelam a possibilidade de inserção da temática FMC no EM, evidenciando, inclusive, a variedade de opções teórico-metodológicas para a implementação de práticas sobre a temática.

Palavras-Chave: Física Moderna e Contemporânea; Ensino Médio; Estado da Arte; Ensino de Física; Práticas Pedagógicas.

Abstract

Modern and Contemporary Physics (MCP) is present in our daily lives through technological apparatuses, newspaper reports, medical examinations, satellite, the internet and many other means and technological resources, being, therefore, a direct contact in our daily life and essential in basic school education, particularly

in physics teaching. Thus, this research aims to identify and analyze the dissertations and theses defended in the period between 1972 and 2020 which dealt with pedagogical practices about the teaching of MCP in High School (HS). The work seeks to highlight the innovations and pedagogical practices developed in the selected academic researches and the advances and obstacles faced when approaching MCP in HS, having the following research problem: what are the characteristics and theoretical-pedagogical tendencies of Modern and Contemporary Physics practices proposed in dissertations and theses aimed at Physics Teaching in high school? It is characterized as a state-of-the-art research on Brazilian academic production related to the proposed theme. 405 researches which approached the MCP theme were located from the Bank of Theses and Dissertations from the Documentation Center in Science Education in the School of Education of The University of Campinas (Unicamp). Of these, 162 papers which dealt specifically with the implementation of pedagogical practices in HS were selected. From the reading of the full texts of the 162 researches on pedagogical practices, we classified and analyzed the documents according to the following descriptors of Pedagogical practices, (School years, MCP Themes, MCP Content, Pedagogical Methods and Strategies, Teaching Materials, Theoretical Framework, Pedagogical Model). Among the 162 researches, we have identified that most of them have implemented practices in the 3rd year of HS, with the most covered topics being Quantum Physics and Nuclear Physics and, to a lesser extent, Solid State Physics. In relation to teaching methods and strategies, we identified: lectures, group work and prior knowledge elicitation more frequently. The most used Teaching Resources and Materials were the use of Internet/Computer/Digital Resources, Electronic Presentations, and Questionnaires/Exercises. As for the pedagogical models that supported the practices, the (Socio)Constructivist (44%) and Science-Technology-Society (38%) models prevailed, although we found practices consistent with the Traditional, Rediscover and Technician models; furthermore, many studies involved two or more pedagogical models in the practices implemented. The results confirm the possibility of inserting MCP theme into HS, also evidencing the variety of theoretical and methodological options for the implementation of practices on the subject.

Keywords: Modern and Contemporary Physics; High School; State of the Art; Physics Teaching; Pedagogical Practices.

INTRODUÇÃO

Grande parte dos temas e conteúdos vinculados à Física Moderna e Contemporânea (FMC) permitem melhor conhecimento de fenômenos cotidianos e do funcionamento de artefatos tecnológicos amplamente utilizados na atualidade, como celulares, micro-ondas, aparelhos de TV de plasma e LED, microcomputadores, tomografia, fotossensores, supercondutividade, GPS, energia nuclear, lixo atômico, viagens interplanetárias, buracos negros entre outros.

Essa temática vem sendo apontada em diversos documentos curriculares brasileiros, principalmente após a incorporação do Ensino Médio (EM) como etapa final na Educação Básica, estabelecido pela Lei nº 9.394, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, publicada em 1996 (Lei n. 9.394, 1996). No início da década de 2000, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) já alertavam para a inserção de temas contemporâneos nas disciplinas ofertadas no EM, o que possibilitaria ao aluno “[...] condições para desenvolver uma visão de mundo atualizada, o que inclui uma compreensão mínima das técnicas e dos princípios científicos em que se baseiam” (MEC, 1999, p. 8). Os PCNEM também defendiam que a Física do EM deveria possibilitar ao aluno a compreensão e interpretação de notícias e situações do mundo contemporâneo.

Já no final da década de 2010, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento que passou a nortear a educação básica brasileira, aponta que a área de Ciências da Natureza, na qual o componente curricular Física está inserido, precisa trabalhar conceitos que auxiliem os estudantes a terem uma visão crítica do mundo que os cerca e, nesse sentido, sendo importante considerar a contemporaneidade a partir das temáticas trabalhadas nesse nível escolar (MEC, 2017).

A BNCC também estimula a abordagem integrada de temas de diferentes áreas das Ciências da Natureza e, em muitas situações, notamos a presença importante da FMC. Por exemplo, ao tratar das temáticas Vida e Evolução e Terra e Universo de maneira unificada, o documento aponta que essa abordagem “*Implica, ainda, considerar modelos mais abrangentes ao explorar algumas aplicações das reações nucleares, a fim de explicar, por exemplo, processos estelares, datações geológicas e formação da matéria e da vida*” (MEC, 2017, p. 538). Em outro momento, ao abordar as competências a serem desenvolvidas pelos estudantes no EM, a BNCC sugere estudos que tratam de temas da FMC, como fissão e fusão nuclear e armamento nuclear. O documento ressalta, ainda, a necessidade de os estudantes refletirem criticamente

acerca das tecnologias e seus meios de produção, seu papel na sociedade e possibilidades de desenvolvimento tecnológico (MEC, 2017).

Enfim, é possível relacionar os objetivos propostos pelos documentos curriculares oficiais direcionados ao Ensino Médio com a inserção da temática FMC, pois muitos de seus conteúdos possibilitam a compreensão do funcionamento, meios de produção e respectivos impactos de variados aparatos tecnológicos da sociedade contemporânea.

Notamos, então, que a inserção de FMC no EM é importante para, além de outros motivos, dar subsídios aos alunos para que se tornem aptos a atuar no mundo em que vivem, possibilitando que estes compreendam e opinem, de modo crítico e fundamentado, sobre diversas situações cotidianas que envolvem a ciência atualmente. Além dos documentos curriculares, a literatura específica da área também defende a inserção da temática FMC no EM. Valente e Kawamura (2017), por exemplo, mostram que a temática “Ensino de FMC” já havia sido instaurada nas pesquisas acadêmicas até 2011 de modo expressivo, tendo em vista a quantidade de trabalhos científicos publicados sobre o tema.

Segundo Brockington, Siqueira e Pietrocola (2017), o crescimento das pesquisas sobre essa temática traz defesas em prol de sua inserção, que vão “[...] desde o reconhecimento da Física como construção humana, passando pelo interesse de atrair jovens para a carreira científica, até a contribuição para uma mudança na ‘visão de mundo’ deles” (p. 7). Embora os documentos curriculares e a literatura da área defendam a inclusão de temas relacionados à FMC no EM, alguns autores destacam obstáculos referentes a essa inserção, tais como: baixo número de aulas para o componente curricular Física ao longo da semana, em contraponto à vasta quantidade de conteúdos a serem abordados; professores sem a formação inicial em Física que acabam atuando nas salas de aula; cursos de formação inicial que não abordam FMC de maneira adequada; insegurança dos professores ao abordar tal temática, denotando uma carência de embasamento teórico sobre ela; os processos seletivos para ingresso nas universidades que não solicitam conteúdos de FMC de maneira ampla (Ostermann & Moreira, 2001; D’Agostin, 2008). Em suma, embora ainda existam dificuldades para se inserir tópicos de FMC no EM, o crescente número de pesquisas acadêmicas sobre essa temática poderá contribuir para a superação destes obstáculos, uma vez que estas pesquisas podem trazer inovações e atualização no que diz respeito aos conteúdos, métodos e estratégias de ensino e aprendizagem.

Em vista dessa problemática, esta pesquisa teve por objetivo identificar e analisar as dissertações e teses defendidas no período de 1972 a 2020, que trataram práticas pedagógicas sobre ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. O trabalho buscou ressaltar as inovações e práticas desenvolvidas nas pesquisas acadêmicas selecionadas e os avanços e obstáculos enfrentados ao se abordar FMC no EM, tendo o seguinte problema de investigação: Quais as características e tendências teórico-pedagógicas das práticas de Física Moderna e Contemporânea propostas em dissertações e teses voltadas para o ensino de Física no nível médio?

REFERENCIAL

Segundo Ostermann e Ricci (2002), a preocupação com a inserção da FMC no currículo escolar brasileiro se intensificou na década de 1980, dando origem, inclusive, a uma nova linha de pesquisa na área de Ensino de Física. A expansão desse movimento ocorre a partir da publicação da Lei de Diretrizes e Bases (LDB) de 1996, ao recomendar a implementação de conteúdos mais atuais nos currículos (Ostermann & Ricci, 2002).

Para Aubrecht (1986, citado por Ostermann & Moreira, 2000), em nível internacional, a preocupação com o ensino de FMC começou com a “Conferência sobre o Ensino de Física Moderna”, ocorrida em abril de 1986 nos Estados Unidos. Essa conferência possibilitou que professores interagissem com físicos, a fim de promoverem a abordagem de temas de FMC no ensino médio e em cursos introdutórios de graduação.

Discutindo a inserção de FMC na educação básica, podemos ressaltar que ela trará, aos estudantes, a proximidade da ciência com aquilo que é desenvolvido e utilizado atualmente. Vários autores têm tratado dessa inserção e de sua relevância. Terrazzan (1992), por exemplo, aponta que a compreensão do funcionamento de aparelhos, artefatos atuais e diversos fenômenos cotidianos se dá através de conceitos atribuídos à FMC. Para Carvalho e Zanetic (2004, p. 2), a introdução da Física Moderna no EM permite “[...] que os alunos dialoguem com os fenômenos físicos que estão por trás do funcionamento de aparelhos, que, atualmente, são utilizados de forma corriqueira no dia-a-dia da maioria das pessoas [...]”. Segundo Oliveira,

Vianna e Gerbassi (2007), a área de Física contribuiu para os avanços científicos e tecnológicos dos últimos tempos de modo significativo e esses avanços têm gerado interesse dos jovens em relação à ciência.

Cabe a compreensão, portanto, de que este assunto se mostra de grande relevância para a formação do estudante na educação básica, tanto para trazer ao aluno uma proximidade às pesquisas que estão sendo feitas no campo da Física na atualidade, quanto pela motivação gerada nos alunos ao se tratar desse assunto, ou ainda pela possibilidade de melhor compreensão de fenômenos e artefatos tecno-científicos atuais.

Por outro lado, devemos ressaltar que as aulas de Física no EM são carregadas de fórmulas, equações e resolução algébrica de exercícios. Há um excesso de formalismo matemático em detrimento da discussão fenomenológica, conceitual e histórica dos temas abordados. Em seu texto, Terrazzan (1992) defende que a inserção de FMC para o nível médio deve ser feita com pouca exigência de cálculos matemáticos. Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007, p. 448), por sua vez, enfatizam que esta abordagem matematizada exclui “[...] o papel histórico, cultural e social que a física desempenha”.

Para uma atuação consciente e crítica na sociedade, os estudantes não precisam ser sobrecarregados de conceitos complexos e formalismos matemáticos desassociados de seu papel no cotidiano. Contudo, precisam compreender temas da atualidade, interpretar manuais de aparelhos, avaliar riscos e benefícios da utilização de diferentes radiações, compreender os recursos de diagnóstico médico, acompanhar discussões sobre os problemas relacionados à utilização da energia nuclear, compreender a importância dos novos materiais e processos utilizados para o desenvolvimento da informática entre tantos outros temas.

Portanto, a inserção de FMC no EM poderá trazer, aos estudantes, uma leitura do mundo atual em que estão inseridos; a compreensão da natureza da ciência; a compreensão de tecnologias e artefatos tecnológicos atuais; além de favorecer aspectos motivacionais, uma vez que os estudantes poderão estar aptos a discutir e compreender fenômenos de seu cotidiano. Conforme Kawamura e Houssome (2003, p. 23), *“para uma formação mais completa de jovens preparados para a cidadania, os temas atuais do mundo contemporâneo deverão necessariamente estar presentes”*.

Muito do que motiva os alunos no ensino escolar está relacionado à ciência atual e, portanto, inserido na temática FMC entre outras temáticas. O processo de ensino e aprendizagem deve favorecer o interesse dos alunos em acompanhar as notícias científicas, contribuindo para que se inteirem dos avanços científico-tecnológicos da atualidade de modo que possam interpretar tais informações de maneira crítica e fundamentada.

Compreendemos, então, que a disciplina escolar Física deve estimular o desenvolvimento da autonomia dos estudantes, para que possam exercer ativamente sua cidadania, bem como atestar a veracidade ou não de diversas informações a que são submetidos diariamente. É necessária, também, a avaliação de riscos/benefícios a que possam ser submetidos, como o uso de radiações por exemplo. Contudo, essa inserção não deve ser pensada somente em sua importância utilitária, mas pelo subsídio à visão de mundo atualizada que devemos proporcionar aos estudantes.

Para que o processo de ensino e aprendizagem faça sentido, é necessário que o contexto dos estudantes seja levado em conta, a partir daquilo que conhecem e/ou já tiveram contato previamente, possibilitado pela mediação e interação entre professor e alunos. Assim, a maneira como a Física é comumente tratada, com ênfase na resolução de problemas algébricos e uso excessivo da linguagem matemática, não atende aos anseios da formação no EM. É preciso superar essas estratégias tradicionais e pensar a Física através de outras linguagens que favoreçam a abordagem de novos e atuais conteúdos.

Por outro lado, Menezes (2000) já destacava os obstáculos a serem encontrados nessa inserção:

“É claro que precisa ser cautelosa a sinalização para a inclusão desses novos conteúdos, seja pelos desafios didáticos que implica, encontrando professores despreparados e textos escolares desguarnecidos, seja porque as próprias universidades, ainda por algum tempo, continuarão a solicitar os velhos conteúdos em seus vestibulares. Será preciso algum tempo para que a mensagem seja primeiro compreendida e, mais tarde, aceita (Menezes, 2000, p. 8).”

Com respeito à formação de professores, desde as Diretrizes Nacionais Curriculares para os Cursos de Física, editadas em 2001, o profissional de Física deve ter, em suas competências e habilidades, conhecimento das áreas modernas da Física e saber explicar processos e equipamentos tecnológicos. Além

disso, FMC encontra-se como disciplina do núcleo comum dos cursos de Física nessas diretrizes, ou seja, mantém-se como uma disciplina obrigatória dos cursos de graduação em Física (MEC, 2001).

Apesar de apontarmos a inserção de disciplinas voltadas à temática FMC em cursos de Física, estas constituem uma parcela pequena em comparação às disciplinas dedicadas a conteúdos da Física Clássica. Além disso, existem outros fatores que envolvem a formação de professores e suas dificuldades em inserirem a temática em sala de aula, como já citado anteriormente. Portanto, o despreparo nem sempre é de responsabilidade dos próprios professores; em alguns casos, as aulas são lecionadas por profissionais que não são licenciados em Física (matemáticos, químicos, engenheiros entre outros). Deve-se considerar, também, que há muitos profissionais formados em Física em faculdades isoladas e privadas ou em cursos à distância, cuja formação, geralmente mais precária que cursos universitários presenciais, pode não ter possibilitado reflexão e socialização sobre a importância da temática FMC na educação básica. No entanto, mantemo-nos otimistas e destacamos que, se os professores forem formados com base num currículo que se preocupe em tratar temáticas relevantes e atuais, com o passar dos anos poderemos caminhar para uma superação das dificuldades supracitadas, conforme Menezes (2000).

METODOLOGIA

Esta investigação configura-se como uma “Pesquisa de Estado da Arte”, consistindo em um estudo de descrição, interpretação e avaliação da produção acadêmica em determinado campo de conhecimento (Ensino de Física), visando contribuir para uma maior e mais adequada divulgação dessa produção, além de nortear futuros pesquisadores e professores em relação às tendências, avanços, lacunas e contribuições do campo investigado (Megid Neto & Carvalho, 2018). As pesquisas de Estado da Arte, segundo Teixeira (2023), “são trabalhos dedicados a identificar, mapear, descrever e analisar – sobre múltiplas dimensões e aspectos, conforme o interesse da investigação –, o conjunto das pesquisas desenvolvidas em determinada área de conhecimento”. Além da descrição e análise de determinado conjunto da produção científica, André e colaboradoras (1999, p. 308) ressaltam que “os estudos do tipo estado da arte, estado do conhecimento ou ‘reconciliação integrativa’ consistem num balanço do conhecimento, baseado na análise comparativa de vários trabalhos, sobre uma determinada temática”.

Iniciamos nossa pesquisa com o levantamento da produção acadêmica (teses e dissertações) sobre o Ensino de FMC, no período de 1972 a 2020, centrando em trabalhos para o EM. Esta etapa consiste, para Bardin (2011), como uma pré-análise, tendo como uma de suas metas, a seleção dos trabalhos a serem analisados.

A busca dos documentos foi realizada junto ao Banco de Teses e Dissertações do Centro de Documentação em Ensino de Ciências (CEDOC), da Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). O levantamento foi realizado diretamente no sítio digital desse banco (www.cedoc.fe.unicamp.br/teses) ou em planilhas eletrônicas do *Excel* disponibilizadas pela coordenação do CEDOC. Os termos de busca foram: Física Moderna; Física Contemporânea; FMC; Física Nuclear; Física Atômica; Física Quântica; Relatividade; Astrofísica; Cosmologia; Física de Partículas; Modelo Atômico; Efeito Fotoelétrico.

De um universo de aproximadamente 4 mil dissertações e teses em Ensino de Física, defendidas no Brasil entre 1972 e 2020, e cujas referências constavam no banco e planilhas do CEDOC, identificamos 405 trabalhos sobre FMC. Após a leitura dos respectivos títulos e resumos para selecionar quais trabalhos desenvolveram práticas escolares no EM, identificamos 191 trabalhos. Por fim, buscamos recuperar os textos integrais dessas 191 dissertações e teses em formato digital ou impresso, pois a maioria das informações necessárias para as análises pretendidas não são possíveis de serem realizadas apenas pela leitura do título e resumo. Não conseguimos obter o texto integral de 29 trabalhos. Assim, nosso *corpus* documental constituiu-se por 162 dissertações e teses, que desenvolveram e implementaram práticas de ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio e foram defendidas entre 1972 e 2020¹.

Para a classificação e análise das práticas pedagógicas propostas e implementadas nas pesquisas, tomamos por base os estudos de Dias (2015), Fernandes (2015) e Nogueira (2016), que desenvolveram pesquisas de estado da arte sobre práticas pedagógicas presentes em dissertações e teses, respectivamente, no campo da Educação Ambiental em áreas protegidas, no campo do ensino de Ciências nos Anos Iniciais

¹ As primeiras teses ou dissertações brasileiras em Ensino de Física, constantes do Banco do CEDOC, foram defendidas em 1972 e, na ocasião em que fizemos o levantamento dos trabalhos para esta pesquisa, estavam disponíveis informações e classificações dos trabalhos defendidos até 2020.

do Ensino Fundamental e no campo das práticas interdisciplinares em Educação Ambiental na educação básica. Foi necessário incorporar mais alguns descritores, conforme as necessidades e particularidades desta pesquisa. Assim, configuramos o seguinte conjunto de Descritores de Práticas Pedagógicas:

- **Série Escolar** em que foram desenvolvidas as práticas.
- **Temas de FMC:** visa classificar os documentos quanto a temas de FMC, proporcionando um panorama dos temas de interesse da produção acadêmica brasileira sobre o Ensino de FMC. Neste caso, tomamos por base os temas propostos por Valente e Kawamura (2017), sendo adaptados ou ampliados, quando necessário, de acordo com os interesses deste trabalho: Astrofísica e Cosmologia; Física das Partículas; Física do Estado Sólido; Física Nuclear; Física Quântica; Relatividade.
- **Conteúdos de FMC:** os conteúdos específicos a respeito de FMC tratados nas pesquisas.
- **Métodos e Estratégias de Ensino:** projetos, solução de problemas, estudo do meio, experimentação, leitura de textos, debates, simulações, vídeos, exposições etc.
- **Recursos e Materiais Didáticos:** livro didático; apostilas; textos; *internet*, projetor multimídia, computador; materiais de laboratório etc.
- **Referencial Teórico:** o que os autores utilizaram para os orientar nas práticas pedagógicas desenvolvidas nos trabalhos.
- **Modelo Pedagógico:** utilizamos, para este descritor, os trabalhos de Fernandes (2015) e Fernandes e Megid Neto (2012), que propõem os seguintes modelos pedagógicos no ensino de Ciências da Natureza no Brasil: Tradicional, Redescoberta, Tecnicista, (Socio)Construtivista, Ciência-Tecnologia-Sociedade e Sociocultural.

Com os dados dispostos em planilhas eletrônicas do Excel, produzimos tabelas de frequência, que nos permitiram sistematizações e cruzamentos de descritores, bem como a construção de gráficos, a fim de realizarmos a análise dos dados e obter um panorama analítico-compreensivo do *corpus* documental. Destacaremos as características e tendências da produção, em especial quanto às práticas pedagógicas escolares propostas e implementadas.

ANÁLISE DAS PRÁTICAS PEDAGÓGICAS NAS PESQUISAS SOBRE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO

A primeira pesquisa, no âmbito da pós-graduação *stricto sensu*, que investigou práticas escolares no EM sobre temas de FMC, foi defendida apenas no ano de 2000, lembrando que as primeiras dissertações e teses em Ensino de Física defendidas no Brasil datam de 1972. As pesquisas defendidas anteriormente ao ano 2000 e referentes à temática FMC estiveram relacionadas à Educação Superior e não ao Ensino Médio, interesse específico deste trabalho, ou não lidaram com práticas pedagógicas no EM, por exemplo, envolvendo processos formativos com professores ou estudos teóricos a respeito do tema FMC no Ensino de Física. A partir do ano 2000, houve um expressivo crescimento de pesquisas que buscaram implementar e avaliar práticas pedagógicas sobre FMC no EM, acompanhando o crescimento das produções sobre a temática, conforme detalhado no Gráfico 1.

Notamos, pelo Gráfico 1, que no intervalo de 2005 a 2014, há um percentual variável entre 30% e 47% de trabalhos sobre práticas escolares de FMC no EM, em relação aos trabalhos sobre ensino de FMC sem essa demarcação. O ano de 2015 traz um pico de trabalhos envolvendo práticas escolares, correspondente a 18 trabalhos (78%) defendidos neste ano. Entre 2016 e 2020, houve uma variação de 46% a 57% das pesquisas que implementaram práticas escolares de FMC no EM, em relação a todos os trabalhos que abordaram a temática.

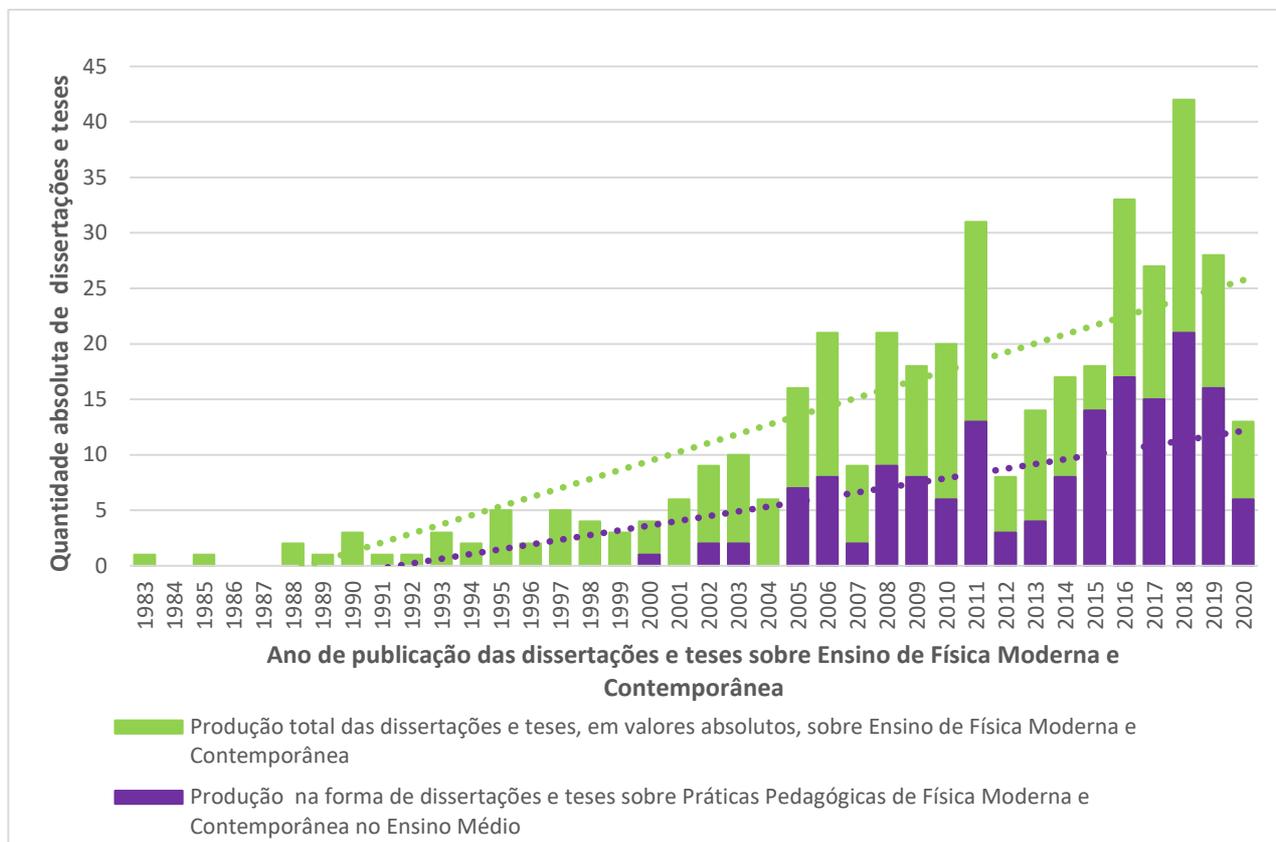


Gráfico 1 – Distribuição Anual, em valores absolutos, das 162 Dissertações e Teses sobre Práticas Pedagógicas de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio comparativamente à produção total referente ao ensino de FMC – 405 trabalhos (Elaborado pela primeira autora deste artigo).

As flutuações do total de defesas em determinados anos, representadas por “picos” ou “vales” no gráfico, são comuns em Pesquisas de Estado da Arte e podem estar associadas a represamento de defesas em alguns anos e posterior ampliação do número de defesas em anos imediatamente posteriores. Portanto, devemos observar, na distribuição gráfica, o movimento mais geral do total de defesas por ano, no sentido de uma “curva média”, destacada no gráfico pela linha pontilhada em verde, que indica a linha de tendência da produção total das dissertações e teses sobre Ensino de FMC, e, em roxo, a linha de tendência da produção na forma de dissertações e teses sobre Práticas Pedagógicas de FMC no EM. Podemos observar uma ampliação do interesse pela temática FMC nas pesquisas em Ensino de Física a partir do ano 2000, bem como uma expansão da parcela destas pesquisas que envolveu práticas pedagógicas com estudantes do EM.

Quanto à **Série Escolar** abrangida pelas pesquisas, 104 trabalhos (64% do total de 162 documentos) optaram por realizar práticas com a 3ª série do EM. Em seguida, encontramos a 2ª série do EM, com 54 trabalhos (33%), e a 1ª série, com 25 trabalhos (15%). A quase totalidade das pesquisas (150 trabalhos, 93%) investigou turmas de EM regular, mas identificamos 7 pesquisas (4%) que desenvolveram práticas em curso técnico, 5 pesquisas (3%) que aplicaram práticas na Educação de Jovens e Adultos (EJA) e 2 pesquisas (1%) desenvolvidas no âmbito do Curso de Magistério.

Algumas pesquisas optaram por desenvolver as práticas não com uma única série, mas duas ou três; isso justifica a somatória das classificações, neste descritor, ser superior a 162 trabalhos que compõem nosso *corpus* documental. Encontramos 10 pesquisas que aplicaram práticas na 2ª e 3ª séries; outros 9 trabalhos que abrangeram a 1ª, 2ª e 3ª série do EM; 1 trabalho envolveu a 1ª série e a 3ª série; 1 trabalho desenvolveu a prática com a 1ª e 2ª série do EM; e 1 trabalho lidou com as três séries do EM regular e, também, a EJA. No total, 22 trabalhos (14%) desenvolveram práticas em mais de uma série escolar.

Os **Temas de FMC** abordados em nosso *corpus* documental e respectivas quantidades de trabalhos foram: Física Quântica (80 trabalhos, 49%); Física Nuclear (35 trabalhos, 22%); Relatividade (31 trabalhos,

19%); Física de Partículas (25 trabalhos, 15%); Astrofísica e Cosmologia (24 trabalhos, 15%); Física do Estado Sólido (12 trabalhos, 7%).

Estes resultados corroboram com o que foi encontrado por Valente e Kawamura (2017), quando dizem ter encontrado a maioria das dissertações e teses sobre FMC no EM voltada a temas de Física Quântica. Destacamos, também, a baixa expressividade de trabalhos voltados a Astrofísica e Cosmologia, Física de Partículas e Física do Estado Sólido. Em cada tema de FMC, são trabalhados alguns conteúdos específicos. O Quadro 1 sistematiza a relação de conteúdos correspondentes aos Temas de FMC.

Quadro 1 – Temas e Conteúdos de Física Moderna e Contemporânea abordados em teses e dissertações (Elaborado pela primeira autora deste artigo).

Temas de FMC	Conteúdos
Astrofísica e Cosmologia	Teoria do <i>Big Bang</i> , Origem do Universo, Composição Estelar, <i>Redshift</i> e <i>Blueshift</i> , Matéria Escura, Lei de Hubble, Constante Cosmológica, Radiação Cósmica de Fundo; Evolução Estelar; Expansão do Universo
Física de Partículas	Partículas Elementares; Modelo Padrão
Física do Estado Sólido	Laser, Supercondutividade, Novos materiais: macromoléculas e Nanociência/nanotecnologia, Efeito Meissner, Levitação Magnética, Pares de Cooper, Efeito Colchão
Física Nuclear	Radioatividade, Efeitos Biológicos e Radiações Ionizantes, acidentes de Goiânia e Chernobyl, Fissão e Fusão Nuclear, Estabilidade Atômica, Desintegração Radioativa; Decaimento Radioativo; Usinas Nucleares, Aplicações da Radiação
Física Quântica	Radiação do corpo negro, Catástrofe Ultravioleta; Lei de Planck, Efeito Fotoelétrico, Raios X, Interferômetro Mach-Zender, Dualidade onda-partícula, Refração Negativa; Quantização de Energia, Espectroscopia, Princípio da Incerteza, Princípio da Complementaridade, Efeito Compton, Modelo Atômico de Bohr
Relatividade	Energia Relativística, Relatividade Geral e Restrita, Equivalência massa-energia, Dilatação Temporal, Contração do Comprimento, Simultaneidade, Paradoxo dos Gêmeos, Experimento de Michelson-Morley; Ondas gravitacionais; geodésica; buracos de minhoca

Em consonância ao tema mais frequente, Física Quântica, os conteúdos específicos mais presentes nas práticas retratadas nas teses e dissertações também foram os relacionados a este tema. Dentre os conteúdos tratados no tema Física Quântica, identificamos Efeito Fotoelétrico (54 trabalhos, 33%) e Dualidade Onda-Partícula (46 trabalhos, 28%) com maior expressividade quantitativa.

Quanto aos **Métodos e Estratégias de Ensino** mais presentes nas 162 dissertações e teses, encontramos: Aula Expositiva, Trabalho em grupo, Levantamento e Uso de Conhecimentos Prévios e Assistência de Vídeos, conforme descrito na Tabela 1, a seguir.

As **Aulas Expositivas** estiveram presentes na grande maioria das 162 dissertações e teses (128 trabalhos, 79%). Segundo nossa compreensão, podemos subdividir as aulas expositivas em três tipos nas pesquisas analisadas: aulas expositivas centradas no professor, aquelas baseadas apenas na transmissão de conhecimento, sem a participação efetiva dos alunos, exceto para tirar dúvidas (49 trabalhos, 38% dos 128 trabalhos); aulas expositivas dialogadas, aquelas em que, além da exposição dos conteúdos, os alunos têm um papel mais participativo, sendo motivados constantemente pelo professor a contribuir com a explicação, a refletir sobre o que está sendo exposto (72 pesquisas, 56%); aulas expositivas participativas, aquelas em que há maior participação do aluno no desenvolvimento da aula, o qual é participante ativo em relação ao rumo da explicação dos conteúdos dada pelo professor (7 trabalhos, 6%).

Tabela 1 – Métodos e Estratégias de Ensino utilizados nas práticas pedagógicas presentes nas 162 teses e dissertações sobre Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio (Elaborado pela primeira autora deste artigo).

Métodos e Estratégias de Ensino	Total de pesquisas	Métodos e Estratégias de Ensino	Total de pesquisas
Aula expositiva	128 (79%)	Resolução de Exercícios	40 (25%)
Trabalho em Grupo	102 (63%)	Observação de Imagens (Desenho, Quadro, Pintura etc.)	35 (22%)
Levantamento e Uso de Conhecimentos Prévios	91 (56%)	Resolução de Questões Conceituais	43 (27%)
Assistência de Vídeos	90 (56%)	Análise e Produção de Mapa Conceitual/Modelo Mental	35 (22%)
Leitura e Discussão de Textos	85 (52%)	Seminário / Exposição de trabalhos	31 (19%)
Experimentação / Construção de Protótipos	78 (48%)	Discussão de Analogias e Metáforas	25 (15%)
Uso de Simulação / Animação	70 (43%)	Jogos	21 (13%)
Produção de Texto e Outras Mídias	59 (36%)	Debate / Juri Simulado	18 (11%)
Consulta Bibliográfica ou na Internet	56 (35%)	Outros	38 (23%)

Nota: O total de classificações supera o total de trabalhos (162 dissertações e teses), pois grande parte das pesquisas apresentaram dois ou mais tipos de Métodos/Estratégias de Ensino.

O segundo tipo de método ou estratégia de ensino mais frequente foram os **Trabalhos em Grupo** (102 pesquisas, 63% do total de 162 documentos), em que os estudantes atuam em parceria com os colegas de classe, em pequenos grupos, podendo isso ocorrer em atividades de apresentação de seminários, levantamentos bibliográficos (“pesquisa” bibliográfica), experimentos entre outros tipos. Estimula-se, assim, a interação dos estudantes, as ações coletivas e solidárias e a construção coletiva de conhecimentos, além de atitudes como reflexão, diálogo, debate, respeito à diversidade de opiniões e coordenação de pontos de vista distintos.

Em **Levantamento e Uso de Conhecimentos Prévios** (91 trabalhos, 56%), geralmente foram aplicados questionários ou feitos questionamentos orais pelo professor, visando que os alunos tomassem consciência de seus conhecimentos prévios sobre o assunto tratado. Em seguida, o professor promovia discussões coletivas ou realizava atividades complementares, estimulando a construção de conhecimentos pelos próprios alunos.

A estratégia **Assistência de Vídeos** (90 trabalhos, 56%) envolveu atividades em que videoaulas, filmes, documentários ou reportagens foram assistidos pelos estudantes, seguindo-se explicações e comentários do professor ou discussões com toda a turma.

Uma das categorias de Métodos/Estratégias utilizados em cerca de metade das dissertações e teses analisadas é a **Leitura e discussão de textos** (85 trabalhos, 52%), que envolve atividades em que o professor utiliza textos que tratam a temática ou conteúdo trabalhado a fim de auxiliar no aprendizado. Essa leitura é acompanhada de interpretação e discussão dos assuntos e informações contidos no texto, com intuito de sanar dificuldades de interpretação do texto, dirimir dúvidas, bem como fomentar discussões sobre a temática, visando a reflexão e educação crítica dos estudantes.

Experimentação/Construção de protótipos foi outro método de ensino bastante frequente no conjunto das pesquisas (78 trabalhos, 48%). Aqui, reunimos trabalhos em que foram propostos experimentos

físicos ou experimentos mentais ou, ainda, construídos protótipos experimentais para auxiliar no aprendizado dos estudantes.

Outra estratégia de ensino frequente nas práticas escolares das 162 dissertações e teses foi o **Uso de Simulação/Animação**, aparecendo em 70 trabalhos (43%). Neste grupo, reunimos simulações de cunho demonstrativo feitas pelo professor em sala, utilizando projetor multimídia, ou simulações realizadas pelos próprios alunos, com uso de computadores com acesso à *internet*. **Produção de Texto e Outras Mídias** também foram um método/estratégia de ensino bem utilizado nas pesquisas, empregado em 59 trabalhos (36%), em que reunimos variadas estratégias, que procuraram estimular a elaboração de produtos por parte dos alunos e a comunicação dos conhecimentos trabalhados em aula, tais como a produção de relatórios, textos-síntese, histórias em quadrinhos, jornal, folder, pôster, teatro, maquete. Em **Consultas Bibliográficas ou na Internet** (56 trabalhos, 35%), agrupamos pesquisas que incentivaram atividades de levantamento de informações na *internet* e, com menor frequência, em livros diversos; geralmente, tais práticas são denominadas pelos professores de “pesquisas” bibliográficas.

Na sequência, encontramos a **Resolução de Questões Conceituais** (43 trabalhos, 27%), cujas atividades práticas se preocuparam em destacar os conhecimentos conceituais dos alunos a partir de questões abertas, geralmente relacionadas a algum tipo de fenômeno do âmbito da FMC e sem uso de formalismo matemático. Em **Resolução de Exercícios** (40 trabalhos, 25%), alocamos as atividades em que os professores propuseram exercícios de resolução mais centrada no tratamento matemático e com muito simbolismo matemático envolvido nos enunciados e resoluções. Na estratégia **Observação de Imagens** (35 trabalhos, 22%), reunimos atividades em que os professores apresentaram aos estudantes algum tipo de imagem, como desenho, quadro, pintura entre outros. Por fim, encontramos práticas de **Análise e Produção de Mapas Conceituais/Modelos Mentais** (35 trabalhos, 22%), em que reunimos as situações nas quais os alunos produziram mapas conceituais ou foram estimulados a formular e explicitar seus modelos mentais, produzidos de maneira aberta pelos estudantes, sem uma sistematização rígida, bem como trabalhos em que os mapas conceituais foram apresentados pelo professor e discutidos com natureza expositivo-demonstrativa.

Agora, trazemos os métodos e estratégias que estiveram presentes com menor frequência no conjunto de 162 teses e dissertações, com incidência abaixo de 20% do total de trabalhos. **Seminários/Exposição de Trabalhos** (31 trabalhos, 19%), que foram atividades em que os alunos prepararam e desenvolveram a comunicação a todos os colegas de algum trabalho ou “pesquisa” de informações realizada por eles. **Discussão de Analogias e Metáforas** (25 trabalhos, 15%), estratégia na qual os professores lançaram mão de analogias e/ou metáforas a fim de promover discussões coletivas e aproximar algumas explicações do imaginário do estudante. Em **Jogos**, classificamos 21 trabalhos (13%), que utilizaram jogos de tabuleiro, RPG, jogo de cartas, palavras cruzadas ou *quiz* nas práticas implementadas. Em **Debate/júri simulado**, alocamos 18 trabalhos (11%) que propuseram debates envolvendo toda a turma, ou júri simulado em que a turma foi dividida em três grupos simulando promotoria, defesa e júri. Também identificamos outros métodos e estratégias de ensino citados nos trabalhos analisados, com pouca expressão quantitativa, sendo eles: dedução de equação, excursão/visita/aula de campo, palestra, videoconferência, análise de música, teatro, portfólio, minicongresso realizado pelos alunos e trabalho livre.

Ainda em relação aos Métodos e Estratégias de Ensino utilizados nas práticas escolares, ressaltamos a tendência da quase totalidade dos trabalhos em utilizar diversificados métodos/estratégias nas atividades implementadas.

O próximo descritor de práticas pedagógicas que configuramos foi **Recursos e Materiais Didáticos**², que está diretamente relacionado aos métodos e estratégias de ensino. Como a distribuição destes recursos e materiais se mostrou também numerosa nas 162 dissertações e teses, sistematizamos os dados de classificação, formando agrupamentos conforme indicado no Gráfico 2.

O recurso mais utilizado foi o uso de **Internet / Computador / Recursos Digitais**, tais como *softwares*, aplicativos, simuladores, *sítes* entre outros dispositivos, localizados em 133 pesquisas (82%). Em seguida, encontramos as **Apresentações Eletrônicas / Transparências**, encontradas em 103 trabalhos (64%), sobretudo por darem base às aulas expositivas ou às apresentações de trabalhos realizados pelos estudantes. Na sequência, encontramos o recurso **Questionários/Exercícios** com uma significativa expressividade, sendo usado nas práticas implementadas por 95 trabalhos (59%).

² O total de classificações supera o total de trabalhos (162 dissertações e teses) pois grande parte das pesquisas apresentou dois ou mais tipos de Recursos e Materiais Didáticos.

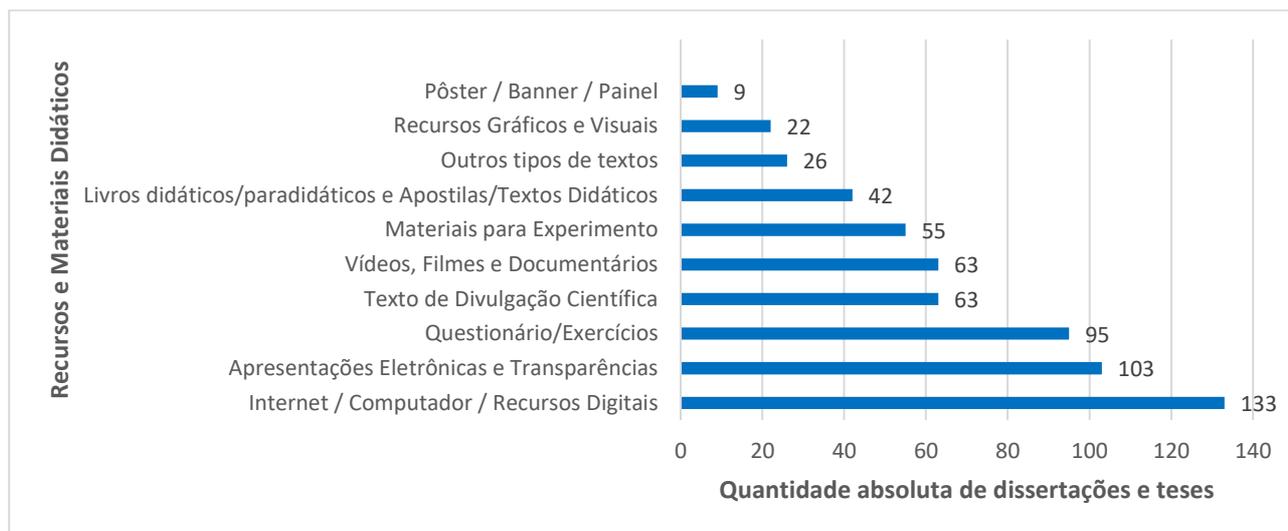


Gráfico 2 – Recursos e Materiais Didáticos utilizados nas práticas pedagógicas presentes nas 162 teses e dissertações sobre Física Moderna e Contemporânea (Elaborado pela primeira autora deste artigo).

Nota: O total de classificações supera o total de trabalhos (162 dissertações e teses), pois grande parte das pesquisas apresentou dois ou mais tipos de Recursos e Materiais Didáticos.

O próximo recurso/material didático bastante utilizado foi **Textos de Divulgação Científica**, presentes em 63 trabalhos (39%), oriundos de periódicos científicos ou revistas como Física na Escola e Revista Brasileira de Ensino de Física. Geralmente, foram utilizados em leituras complementares às exposições do professor ou às atividades realizadas pelos estudantes ou, ainda, como atividade inicial para discussão dos assuntos. **Vídeos, Filmes e Documentários** estiveram presentes em 63 trabalhos (39%), a fim de auxiliar na apresentação e discussão de assuntos relacionados com FMC. Em alguns casos, esses documentários foram obtidos a partir de canais televisivos como BBC, *National Geographic*, *History Channel*, *Discovery Channel*, *TV Ontario*, bem como vídeos obtidos a partir da plataforma *Youtube* contendo explicações dos conteúdos e, em alguns casos, mostrando experimentos; também foram utilizados filmes de ficção científica, como por exemplo o filme *Jornada nas Estrelas*. Esse recurso foi utilizado em sala, sendo os vídeos/filmes/documentários reproduzidos pelo professor em horário de aula.

O uso de **Material para Experimentos** esteve presente em 55 trabalhos (34%), como apoio a atividades práticas realizadas pelos alunos, tanto materiais produzidos para laboratório didático, apresentados na forma de *kits* pré-fabricados, contendo conjuntos de peças sobre temas específicos, como também materiais de baixo custo, que consistem em recursos educacionais alternativos e financeiramente acessíveis, podendo incluir materiais recicláveis e reutilizáveis.

Os **Livros Didáticos/Paradidáticos ou Apostilas/Textos Didáticos** foram recursos/materiais utilizados em 42 trabalhos (26%). Chamamos a atenção para a utilização de Livros Didáticos em apenas 12 trabalhos dentre os 162 analisados, menos de 10% das pesquisas que implementaram práticas escolares sobre FMC no Ensino Médio. Consideramos um uso bem aquém do desejado pelas seguintes razões: a) livros didáticos de Física são distribuídos gratuitamente pelo Ministério da Educação (MEC), desde 2009, para as escolas públicas; b) esses livros são avaliados por equipes de especialistas do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), sendo um dos itens de avaliação a abordagem de FMC; c) as avaliações sucessivas do PNLD pressionaram as editoras e respectivos autores a darem maior atenção a temas e conteúdos de FMC nas coleções didáticas de Física ao longo dos três volumes da coleção didática, alterando tendência de décadas anteriores a 2009, quando esse assunto era tratado de modo bastante superficial e exíguo apenas no terceiro volume de cada coleção, ou algumas delas nem traziam tais conteúdos; e) nos anos mais recentes, as coleções já trazem de modo significativo conteúdos de FMC no terceiro volume da coleção e, algumas delas, até mesmo no primeiro e segundo volumes. Por ser um material didático presente em praticamente todas as escolas públicas do país, causou-nos estranheza o fato de as pesquisas acadêmicas analisadas não terem feito uso desse recurso com maior intensidade. Destacamos, por fim, que um trabalho utilizou livro

didático de nível superior, o que consideramos não ser adequado para aplicação a alunos de Ensino Médio, tanto pela profundidade de conteúdo quanto pela linguagem utilizada.

Valeria a pena explorar, em estudos futuros, esse aspecto do porquê as coleções didáticas de Física aprovadas pelo PNLD não são utilizadas com maior frequência nas teses e dissertações que implementam práticas pedagógicas sobre FMC no Ensino Médio? Além disso, será que isto também ocorre com as pesquisas que propõem práticas escolares sobre outros temas e conteúdos da Física? Assim, novos estudos poderiam iluminar a resposta a essa aparente contradição que emerge deste resultado: se as coleções didáticas têm procurado incorporar avanços da pesquisa educacional, por pressão dos editais do PNLD e pela avaliação das equipes de especialistas, por que mestrandos e doutorandos e seus respectivos orientadores/as, ao proporem e implementarem práticas escolares em suas pesquisas de pós-graduação, não fazem uso dessas coleções didáticas?

Prosseguindo com a análise dos recursos/materiais didáticos, temos um grupo de recursos e materiais com menor expressividade quantitativa no conjunto das 162 teses e dissertações, alcançando menos de 20% dos trabalhos. Foram **Outros tipos de textos**, como literário, biográfico, linha do tempo, dissertação, música etc.; **Recursos Gráficos e Visuais**, como tabelas, gráficos, radiografias; visitas a **Equipamentos Públicos**, como laboratórios científicos, centros aceleradores de partículas, estúdio fotográfico, hospitais; **Pôster, Banner e Pannel**, utilizados pelo professor ou pelos estudantes para exposição de algum assunto.

Assim como o descritor anterior (Métodos e Estratégias de Ensino), também notamos que as pesquisas utilizaram diversificados Recursos e Materiais Didáticos em uma mesma prática ou sequência de ensino.

O próximo descritor específico, configurado para descrever e analisar as práticas pedagógicas desenvolvidas nas pesquisas, é o **Referencial Teórico**³, utilizado pelos autores para fundamentação das práticas pedagógicas implementadas, descrito a partir da Tabela 2.

Neste descritor, o autor mais destacado foi Ausubel, sendo referenciado por 51 pesquisas (31%), seguido por Vygotsky em 36 pesquisas (22%). Além destes autores, encontramos outros com menor frequência no conjunto de trabalhos, tais como Piaget, Freire, Demo, Rogers, Chevallard e Orlandi, todos do campo da Educação/Ciências Humanas. Também observamos autores do campo da Educação em Ciências, tais como Moreira, Carvalho, Delizoicov, Angotti e Aikenhead, além de vários autores vinculados ao movimento CTS. Ressaltamos ainda que, em alguns trabalhos, não foi possível identificar o referencial teórico das práticas, sendo identificados, nesses casos, apenas os referenciais teóricos da pesquisa e não propriamente das práticas pedagógicas.

O último descritor analítico que configuramos foi o **Modelo Pedagógico** depreendido da análise das práticas implementadas e que, de certa forma, decorre e sintetiza o conjunto de descritores específicos até aqui tratados. Tendo como referencial os modelos pedagógicos no Ensino de Ciências propostos por Fernandes (2015) e Fernandes e Megid Neto (2012), classificamos as práticas realizadas nas pesquisas segundo os modelos: Tradicional, Redescoberta, Tecnicista, (Socio)Construtivista, Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) e Sociocultural.

Nas 162 teses e dissertações que compõem nosso *corpus* documental, só não localizamos práticas fundamentadas no Modelo Sociocultural, conforme indica o Gráfico 3.

³ O total de classificações supera o total de trabalhos (162 dissertações e teses) pois algumas pesquisas utilizou dois ou mais Referenciais Teóricos.

Tabela 2 – Referencial Teórico utilizado para fundamentar as práticas pedagógicas presentes nas 162 teses e dissertações sobre Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio (Elaborado pela primeira autora deste artigo).

Métodos e Estratégias de Ensino	Total de pesquisas	Métodos e Estratégias de Ensino	Total de pesquisas
Ausubel	51	Chateau	2
Vygotsky	36	Feyerabend	2
Moreira	15	Mazur	2
Novak	10	Mortimer	2
Chevallard	9	Orlandi	2
Piaget	7	Autores presentes em apenas 1 trabalho (Aikenhead; Aronson; Astolfi; Bender; BertrandBertrand; Brougere; Buiegon; Conant; Demo; Devries; Dewey; Engle; Ennis; Gennari; Greca; Hadji; Hanesian; Huizinga; Kami; Kelly; Lijnse; Papert; Rogers; Shulman; Tarouco; Valente; Valois; Wallon; Wertsch; Zaballa)	30
Carvalho	5		
Delizoicov	5		
Angotti	3		
Bachelard	3		
Freire	3		
Vergnaud	3		
Brosseau	2	Não Identificado	26

Nota: O total de classificações supera o total de trabalhos (162 dissertações e teses), pois grande parte das pesquisas apresentou dois ou mais Referenciais Teóricos.

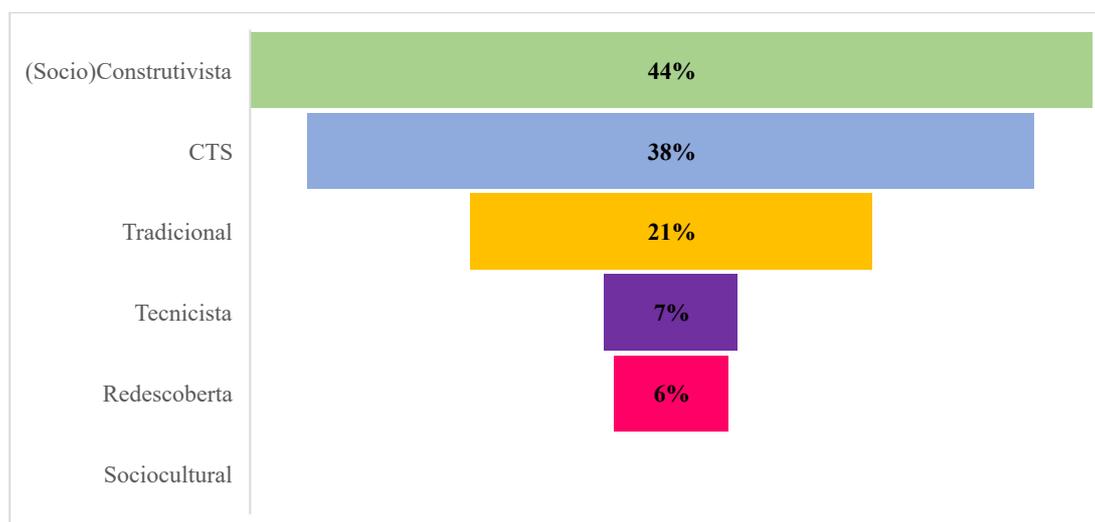


Gráfico 3 – Modelos Pedagógicos inferidos das práticas escolares implementadas nas 162 teses e dissertações sobre Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio (Elaborado pela primeira autora deste artigo). **Nota:** O número total de classificações é superior ao número de 162 dissertações e teses, pois muitos trabalhos foram categorizados em mais de um modelo pedagógico nas práticas desenvolvidas.

Classificamos os modelos pedagógicos a partir das práticas descritas pelos professores/pesquisadores do conjunto de trabalhos analisados para esta pesquisa e nem sempre levamos em consideração o referencial teórico apresentado pelo autor da dissertação ou tese. Isto porque, embora uma parte dos trabalhos tenha utilizado referenciais teóricos inovadores para a época da pesquisa, geralmente alinhados aos modelos Construtivista, Socioconstrutivista, CTS, as práticas desenvolvidas não eram consistentes com tais referenciais, tratando-se de práticas tradicionais ou de redescoberta. Desta forma, há uma discrepância entre alguns resultados relacionados aos referenciais teóricos e aos modelos pedagógicos, pois parte das pesquisas não apresentaram coerência entre referenciais teóricos utilizados e práticas propostas e implementadas

Do conjunto de 162 teses e dissertações, 71 trabalhos (44%) implementaram práticas baseadas no **Modelo (Socio)Construtivista** de ensino e aprendizagem. Este modelo leva em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes e organiza as atividades de ensino e aprendizagem de modo que eles possam confrontar suas concepções com os conhecimentos científicos e construir novos conhecimentos a partir disso (Fernandes & Megid Neto, 2012).

Classificamos no **Modelo Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS)** 62 pesquisas (38%). As práticas no Modelo CTS visam a alfabetização científica e tecnológica dos estudantes e os conteúdos devem ser tratados com o objetivo de confrontá-los com as realidades sociais, com a compreensão de que estes não são abstratos, mas indissociáveis dessas realidades. Nesse confronto, os conteúdos são contextualizados histórica e socialmente, sendo estimuladas discussões de natureza política, econômica, ambiental, ideológica, além da epistemológica e cognitiva (Fernandes & Megid Neto, 2012).

Encontramos também duas outras vertentes de trabalhos dentro do Modelo CTS, uma que focalizou a História e Filosofia da Ciência – HFC (15 trabalhos), e outra que enfatizou a Explicação de Aparatos Tecnológicos (15 trabalhos). Houve, portanto, predomínio das discussões sociocientíficas com base na leitura e discussão de textos e debates, sem articulação com questões de HFC ou de aparatos tecnológicos, havendo, a nosso ver, necessidade de maior número de estudos buscando articular essas três vertentes.

Esta última vertente do modelo CTS, de se lidar no ensino-aprendizagem de FMC com o funcionamento de aparatos tecnológicos e os fenômenos nele envolvidos, pode ser articulada às outras vertentes aqui mencionadas, tornando bem mais completa a abordagem na perspectiva CTS. Nas palavras de Silva e Almeida (2015, p. 431), “[...] explicitar utilidades práticas e/ou aspectos da cotidianidade associados à Física pode mobilizar os estudantes do Ensino Médio pelo estudo dessa disciplina”.

O próximo modelo pedagógico que identificamos no conjunto de 162 dissertações e teses foi o **Modelo Tradicional** (ou Modelo de Transmissão Cultural), presente em 34 pesquisas (21%). Para Fernandes e Megid Neto (2012), este modelo tem como objetivo de ensino transmitir aos estudantes os conhecimentos historicamente acumulados pela humanidade numa perspectiva comportamentalista, ou seja, considera-se que os estudantes não possuem concepções e experiências prévias a respeito dos assuntos abordados e que podem incorporar, memoristicamente, os conhecimentos científicos da maneira exata como foram transmitidos pelo professor.

No **Modelo Tecnista**, classificamos 11 trabalhos (7%). Esse modelo tem características muito similares ao modelo tradicional do ponto de vista metodológico. “A metodologia é baseada na tecnologia educacional principalmente por meio da instrução programada ou de “estudo dirigido” (Fernandes & Megid Neto, 2012, p. 643). Além disso, no modelo tecnista, os materiais de ensino e aprendizagem são variados e o planejamento de seu uso é controlado excessivamente, quase um passo-a-passo tanto para as ações do professor, quanto para as ações dos alunos. Ou seja, o modelo prevê um controle rigoroso das ações do professor e de seus alunos.

Por fim, classificamos 10 pesquisas (6%) cujas práticas se identificam com o **Modelo da Redescoberta**. Fernandes e Megid Neto (2012) afirmam que este modelo surgiu na década de 1950 no âmbito do Ensino de Ciências e se difundiu no Brasil nas duas décadas seguintes, como uma tentativa de substituir o modelo tradicional de ensino. No modelo da redescoberta, enfatiza-se o ensino-aprendizagem segundo o método científico empírico-indutivo; a experimentação ganha papel central de maneira roteirizada passo-a-passo. Embora seja um modelo pouco presente no conjunto de nosso *corpus* documental, o que é algo positivo a nosso ver, trata-se de um modelo bastante presente nas atividades experimentais trazidas pelos livros didáticos da atualidade ou desenvolvidas por professores da educação básica.

A distribuição anual dos modelos pedagógicos identificados em nosso *corpus* documental mostra-nos que há uma grande variação em relação aos modelos condizentes às práticas. Os trabalhos, que desenvolveram práticas condizentes ao modelo (Socio)Construtivista e modelo CTS, estão presentes desde

2002, com maior concentração na década de 2010-2020. Práticas com base no modelo tradicional tiveram maior presença nos anos iniciais do nosso levantamento, caindo entre 2010 e 2015. Entre 2016 e 2020, as práticas condizentes com o modelo tradicional voltaram a aparecer, no entanto, associadas a outros modelos pedagógicos considerados antagônicos ao tradicional. A dupla classificação, nesses casos, foi considerada devido à expressividade de métodos e estratégias, recursos didáticos e condução das práticas coerentes com mais de um modelo. Por outro lado, o modelo da Redescoberta, considerado uma grande inovação educacional nas décadas de 1960 e 1970, mas superado posteriormente pelos modelos (Socio)Construtivista e CTS, ainda teve presença nos anos de 2011 e entre 2016 e 2020 em nosso *corpus* documental, assim como o modelo Tecnicista, que também aparece em pesquisas recentes, concentrando-se em 2008, 2011 e entre 2015 e 2020.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através desta pesquisa, buscamos conhecer a produção brasileira referente ao ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM) por meio das dissertações e teses que propuseram e implementaram práticas pedagógicas no âmbito escolar. Para isso, lançamos mão da modalidade de pesquisa “Estado da Arte”, a fim de identificar, descrever e analisar tais pesquisas.

Em relação ao nosso *corpus* documental, as 162 dissertações e teses selecionadas indicam a possibilidade de implementação de práticas voltadas ao ensino de FMC em todas as séries do EM, e não apenas na última série, apesar da maioria das práticas aqui analisadas ainda serem destinadas à 3ª série do EM. Ressaltamos que uma parcela significativa das coleções didáticas atuais de Física para o Ensino Médio concentra a abordagem dos temas e conteúdos de FMC no terceiro volume, embora existam algumas coleções que fazem abordagem desses conteúdos nos três volumes.

Corroborando ao obtido por Valente e Kawamura (2017), em sua análise relativa a teses e dissertações sobre FMC defendidas de 1972 a 2011, identificamos, como tema mais abordado pelas pesquisas de nosso *corpus* documental, a Física Quântica (80 trabalhos, 49%). Percebemos que a ampliação dos dados obtidos pelas autoras, alcançando toda a década de 2010, nos indicou, como segundo tema mais abordado, a Física Nuclear (35 trabalhos, 22%), o qual na pesquisa das autoras está como terceiro tema mais abordado e com apenas 9 pesquisas por abranger pesquisas defendidas até 2011. Ou seja, Física Nuclear parece ter-se tornado uma preocupação maior dos pesquisadores em ensino de temas de FMC na última década de nosso levantamento.

Referente à implementação das práticas em sala de aula, ressaltamos a tendência de utilização de diversificados métodos e estratégias de ensino, bem como de variados recursos e materiais didáticos, denotando a preocupação dos pesquisadores em diversificar o modo como os conteúdos serão trabalhados com os estudantes.

Em nossa classificação, também procuramos identificar os modelos pedagógicos que fundamentaram as práticas escolares. As propostas por nós caracterizadas como inseridas nos Modelos (Socio)Construtivista e CTS correspondem à maioria das pesquisas e implicam inovações nas práticas desenvolvidas, deixando de lado a metodologia mais tradicional, caracterizada pela transmissão de conhecimento e a expressiva quantidade de simbologia matemática. Sobre os trabalhos que implementaram práticas sob o modelo CTS, destacamos um maior enfoque em relação à contextualização dos conteúdos ao cotidiano dos alunos, referente aos temas abordados nas sequências didáticas/unidades de ensino implementadas.

A partir disso, compreendemos como um avanço na área de Ensino de Física, em especial no que se refere à temática de FMC, essa preocupação em aproximar os conteúdos e temas abordados nas práticas escolares à vivência dos alunos, estimulando em muitos casos discussões sociocientíficas polêmicas e controversas, tratando-as de modo reflexivo e dialógico, bem como estimulando o desenvolvimento do pensamento crítico e da autonomia dos estudantes.

Também houve pesquisas que apresentaram práticas com características do Modelo Tradicional (34 pesquisas), Modelo Tecnicista (11 pesquisas) e Modelo da Redescoberta (10 pesquisas), totalizando 44% do nosso *corpus* documental, modelos estes que já deveriam ter sido superados pelas pesquisas na área de Ensino de Física. Valeria a pena investigar as causas desta manutenção – ainda nas décadas de 2000 e 2010 – de práticas já ultrapassadas no seio da comunidade de pesquisadores em Ensino de Física e Educação em Ciências. Tais práticas se mostraram importantes para o desenvolvimento dessas áreas de ensino e pesquisa nas décadas de 1960 e 1970, mas foram substituídas por modelos pedagógicos mais inovadores nas décadas de 1980 e 1990, como os modelos (Socio)Construtivista, CTS e Sociocultural.

Através de nossas análises, pudemos compreender se os professores-pesquisadores proporcionavam, por meio de suas práticas, uma abordagem que convergisse com as justificativas curriculares e acadêmicas quanto à inclusão do tema FMC no nível médio de escolarização. O que nos impressionou, nesse contexto, foi a presença de métodos e estratégias relacionados a um ensino de caráter expositivo-transmissivo, bem como práticas condizentes aos modelos tradicional, redescoberta e tecnicista. As práticas propostas e implementadas pelas pesquisas, por nós classificadas num desses três modelos, representam cerca de 1/3 de nosso *corpus* documental e foram produzidas a partir de 2000, ano de defesa do primeiro trabalho relativo a práticas escolares em FMC. Tais modelos deveriam ter sido superados pelos avanços da pesquisa no campo do Ensino de Física/Educação em Ciências, estabelecidos a partir da década de 1980, mas se mostram resistentes até final da década de 2010, ao menos no conjunto de dissertações e teses aqui analisadas. Também não esperávamos identificar um número significativo de pesquisas fazendo uso de métodos e estratégias de ensino condizentes com o ensino expositivo e memorístico.

Sobre os modelos pedagógicos encontrados nas teses e dissertações, identificamos que os professores-pesquisadores, por muitas vezes, desenvolvem atividades que podem ser consideradas vinculadas a mais de um modelo, ou seja, consciente ou inconscientemente, os pesquisadores estão propondo práticas e sequências didáticas com características de pelo menos dois modelos pedagógicos, denotando certo ecletismo dos referenciais teóricos das práticas escolares propostas pelos pesquisadores.

Dos trabalhos analisados, poucos foram os que envolveram a comunidade externa à escola. Embora tenhamos encontrado alguns trabalhos em que os alunos tiveram contato com público externo, a partir de palestras, visitas a equipamentos públicos e o envolvimento da comunidade em eventos escolares, estes trabalhos não abordaram a perspectiva integradora e colaborativa da comunidade para a construção e implementação da prática escolar. Portanto, a produção de trabalhos com este caráter integrador em relação à comunidade, pode trazer contribuições ao processo de ensino e aprendizagem, pois ainda não foram bem explorados nas pesquisas acadêmicas. Ressaltamos, ainda, que não localizamos nenhuma prática de FMC que se fundamentou nos princípios do Modelo Sociocultural, alicerçado na pedagogia freiriana. Nesse modelo o envolvimento da comunidade é essencial, bem como a busca de soluções para problemas identificados nessa e por essa comunidade.

Por fim, com esta Pesquisa de Estado da Arte, concluímos que há inúmeras possibilidades para se implementar o ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, a partir de referenciais teóricos inovadores, em consonância com as orientações curriculares oficiais, utilizando estratégias de ensino e recursos didáticos diversificados e ao alcance das escolas da educação básica. Os trabalhos aqui analisados trazem contribuições importantes para a formação inicial e continuada de professores e para o estímulo à inserção da Física Moderna e Contemporânea em todos os anos escolares do Ensino Médio.

Agradecimentos

Agradecemos à CAPES (Processo nº 1698332), que permitiu a realização dessa pesquisa por meio de bolsa de estudos para a primeira autora deste artigo.

REFERÊNCIAS

André, M., Simões, R. H. S., Carvalho, J. M., & Brzezinski, I. (1999). Estado da arte da formação de professores no Brasil. *Educação & Sociedade*, 20(68),301-309. Recuperado de <https://www.scielo.br/j/es/a/TJLC6dqDhsWxMMmYs8pkJJy/?format=pdf&lang=pt>.

Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo* (Trad. A. Pinheiro & L. A. Reto). São Paulo, SP: Edições 70.

Brockington, G., Siqueira, M., & Pietrocola, M. (2017). *A realidade escondida: a inserção de conceitos de Física Quântica e de Física de Partículas no ensino médio*. São Paulo, SP: Livraria da Física.

Carvalho, S. H. M., & Zanetic, J. (2004). Ciência e Arte, Razão e Imaginação: Complementos necessários à compreensão da Física Moderna. In *Anais do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física*. Jaboticatubas, Minas Gerais, MG. Recuperado de <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/ix/sys/resumos/T0094-1.pdf>

- D'Agostin, A. (2008). *Física Moderna e Contemporânea: com a palavra professores do ensino médio*. (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-graduação em Educação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. Recuperado de <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/bitstream/handle/1884/18256/Dissertacao%20final%2020090314.pdf>
- Dias, C. M. (2015). *Práticas pedagógicas de Educação Ambiental em Áreas Protegidas: um estudo a partir de dissertações e teses (1981-2009)*. (Tese de doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2015.956458>
- Fernandes, R. C. A. (2015). *Inovações pedagógicas no ensino de Ciências dos anos iniciais: um estudo a partir de pesquisas acadêmicas brasileiras (1972-2012)*. (Tese de doutorado). Programa de Pós-Graduação em Educação. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2015.957771>
- Fernandes, R. C.A. & Megid Neto, J. (2012). Modelos educacionais em 30 pesquisas sobre práticas pedagógicas no ensino de ciências nos anos iniciais da escolarização. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(3), 641-662. Recuperado de <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/175>
- Kawamura, M. R. G., & Hosoume, Y. (2003). A contribuição da Física para um novo Ensino Médio. *Física na Escola*, 4(2), 22-27. Recuperado de <https://www.sbfisica.org.br/fne/Vol4/Num2/v4n2a09.pdf>
- Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. (1996, 23 de dezembro). *Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional*, Diário Oficial de União. Brasília, DF: Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm
- MEC - Ministério da Educação e do Desporto (1999). *Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio*. Brasília, DF: MEC/SEF. Recuperado de <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>
- MEC - Ministério da Educação (2001). *Diretrizes Nacionais Curriculares para os Cursos de Física*. Brasília, DF: MEC/CNE. Recuperado de <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1304.pdf>
- MEC - Ministério da Educação (2017). *Base nacional comum curricular*. Brasília. Recuperado de: <http://portal.mec.gov.br/docman/abril-2018-pdf/85121-bncc-ensino-medio/file>
- Megid Neto, J., & Carvalho, L. M. (2018). Pesquisas de estado da arte: fundamentos, características e percursos metodológicos. In G. M. L. Eschenhagen, G. Vélez-Cuartas, C. Maldonado, G.G. Pino (Eds.). *Construcción de problemas de investigación: diálogos entre el interior y el exterior* (pp. 97-113). Medellín, Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana / Universidad de Antioquia.
- Menezes, L. C. (2000). Uma Física para o novo Ensino Médio. *Física na Escola*, 1(1), 6-8. Recuperado de <https://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol01-Num1/artigo21.pdf>
- Nogueira, M. L. S. L. S. (2016). *Práticas interdisciplinares em Educação Ambiental na educação básica: o que nos revelam as pesquisas acadêmicas brasileiras (1981-2012)*. (Tese de doutorado), Programa de Pós-Graduação em Educação. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP. <https://doi.org/10.47749/T/UNICAMP.2016.979777>
- Oliveira, F. F., Vianna, D. M., & Gerbassi, R. S. (2007) Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 29(3), 447-454. <https://doi.org/10.1590/S1806-1172007000300016>
- Ostermann, F., & Moreira, M. A. (2000). Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". *Investigações em Ensino de Ciências*, 5(1), 23-48. Recuperado de <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/600/390>
- Ostermann, F., & Moreira, M. A. (2001). Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 18(2), 135-181. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6676/6144>

- Ostermann, F., & Ricci, T. F. (2002). Relatividade Restrita no Ensino Médio: contração de Lorentz-Fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(2), 176-190. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6620/6118>
- Silva, A. C., & Almeida, M. J. P. M. (2015). A noção de mobilização na associação da Física a objetos tecnológicos contemporâneos. *Ciência e Educação (Bauru)*, 21(2), 417-434. <https://doi.org/10.1590/1516-731320150020010>
- Teixeira, P. M. M. (2023). Estados da Arte: aparando arestas na compreensão dessa modalidade de pesquisa. *Ciência & Educação*, 29(e23034), 1-15. <https://doi.org/10.1590/1516-731320230034>
- Terrazzan, E. A. (1992). A inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino de Física na escola de 2º grau. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 9(3), 209-214. Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7392/6785>
- Valente, L., & Kawamura, M. R. D. (2017). A Física Moderna e Contemporânea nas pesquisas em ensino de Física. In *Anais do XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física*, São Carlos, São Paula, SP. Recuperado de <https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0783-1.pdf>

Recebido em: 23.05.2024

Aceito em: 16.12.2024