

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA

CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

LUCAS BRUSTOLIN BEZERRA

**A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: análise da  
produção em revistas da área de Ensino de Ciências**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2021

LUCAS BRUSTOLIN BEZERRA

**A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: análise da produção em revistas da área de Ensino de Ciências.**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de TCC 2, do curso de Licenciatura em Física do Departamento Acadêmico de Física (DAFIS) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) como requisito para aprovação na disciplina.

Orientador: Prof. Dr. Álvaro Emílio Leite.

Coorientador: Prof. Me Matheus Lincoln Borges dos Santos

CURITIBA

2021



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CAMPUS CURITIBA

DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE FÍSICA – DAFIS

## TERMO DE APROVAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Título: A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: análise da produção em revistas da área de Ensino de Ciências.

Autor: Lucas Brustolin Bezerra

Orientador: Prof. Dr. Álvaro Emílio Leite

Coorientador: Prof. Me. Matheus Lincoln Borges dos Santos

Este trabalho foi apresentado às 09 horas, do dia 18/05/2021, como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2 (TCC2), do curso de Licenciatura em Física, do Departamento Acadêmico de Física (DAFIS), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Câmpus Curitiba. A comissão examinadora considerou o trabalho \_\_\_\_\_.

Comissão examinadora:

---

Prof. Dr. Álvaro Emílio Leite (Presidente)

---

Prof. Dr. Cristóvão Renato Morais Rincoski

---

Prof.Dr. Silmara Alessi Guebur Roehrig

---

Prof. Dra. Noemi Sutil  
Professora Responsável pelas  
Atividades de Trabalho de  
Conclusão de Curso/ Curso de  
Licenciatura em Física.  
(DAFIS/UTFPR)

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais que sempre me oportunizaram uma realidade na qual eu só pude estudar e ser o primeiro da família a ter uma formação a nível superior.

Agradeço e da maneira mais humilde possível digo, muito obrigado, Prof. Dr. Álvaro Emílio Leite por toda a atenção que dedicou, pelas palavras de sabedoria, pelas reuniões que marcamos, por todas as dúvidas que me sanou.

Agradeço ao Prof. Me. Matheus Lincoln Borges dos Santos, que foi extremamente solícito no início do meu TCC e contribuiu com várias ideias.

## **LISTA DE TABELAS**

TABELA 1: QUANTIDADE DE ARTIGOS ENCONTRADOS EM CADA REVISTA PESQUISADA.

## RESUMO

BRUSTOLIN, Lucas. A produção de artigos em revistas A1 e A2 de Ensino de Ciências sobre a inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento Acadêmico de Física, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2021.

O trabalho se constitui em uma revisão de literatura nas revistas classificadas nos estratos A1 e A2 da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) sobre o tema inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio. Como critério para a seleção dos artigos, estabeleceu-se a presença da palavra-chave “Física Moderna” nos títulos dos artigos. O marco temporal inicial foi o ano de 2010 e o final o ano de 2019. Foram selecionados 40 artigos. A análise permitiu a criação de cinco categorias (i) Artigos que discutem a inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, (ii) Artigos sobre a Física Moderna no Ensino Superior, (iii) Artigos relacionados à Física Moderna e Contemporânea e a formação de professores, (iv) Revisões de literatura ou mapeamentos sobre o tema Física Moderna e Contemporânea e (v) Outros. A partir da revisão integrativa evidenciou-se que, apesar dos tópicos referentes a FMC estarem presente na Base Nacional Curricular Comum, a existência de algumas variáveis dificulta a abordagem da FMC no ensino médio – como por exemplo, a falta de tempo, preparação do professor e até mesmo a realidade escolar. Assim, a revisão permitiu perceber que embora as tentativas de inserir a FMC não seja uma novidade, ainda é preciso buscar soluções para que a sua inserção no Ensino Médio de fato aconteça.

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

## ABSTRACT

BRUSTOLIN, Lucas. A produção de artigos em revistas A1 e A2 de Ensino de Ciências sobre a inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso – Departamento Acadêmico de Física, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2021.

## ABSTRACT

This work is a literature review of journals classified in the A1 and A2 levels of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel on the theme insertion of Modern and Contemporary Physics in high school. The criterion for the selection of articles was the presence of the keyword "Modern Physics" in the titles of the articles. The initial time frame was 2010 and the final one was 2019. Forty (40) articles were selected. The analysis allowed the creation of five categories (i) Articles that discuss the insertion of Modern and Contemporary Physics in High School, (ii) Articles about Modern Physics in Higher Education, (iii) Articles related to Modern and Contemporary Physics and teacher training, (iv) Literature reviews or mappings about the theme Modern and Contemporary Physics and (v) Others. From the integrative review it was evident that, although the topics related to CMF are present in the Common National Curricular Base, the existence of some variables hinders the approach of modern physics in high school - such as, for example, the lack of time, teacher preparation and even the school reality. Thus, the review allowed us to realize that although the attempts to insert modern and contemporary physics are not new, it is still necessary to seek solutions for its insertion in high school to actually happen.

**Keywords:** Modern Physics. Modern and Contemporary Physics. Modern Physics in High School.

## SUMÁRIO

1. Introdução .....	9
1.1. Justificativa pessoal .....	9
1.2. Justificativa embasada na literatura .....	10
1.3. Objetivos .....	11
3. METODOLOGIA .....	17
4. Resultados .....	19
4.1. Artigos sobre a Inserção da Física Moderna no Ensino Médio.....	21
4.2. Artigos sobre a Inserção da Física Moderna no Ensino Superior .....	29
4.3. Artigos sobre a formação de professores para trabalhar com a Física Moderna e Contemporânea .....	32
4.4. Artigos de revisão de literatura sobre a Física Moderna e Contemporânea .	34
4.5. Outros artigos sobre a Física Moderna e Contemporânea .....	38
Considerações Finais.....	39
Referências .....	40



## 1. Introdução

### 1.1. Justificativa pessoal

Durante os anos que cursei o ensino médio posso dizer com segurança que nunca fui um aluno de destaque e tampouco me caracterizei como sendo um péssimo aluno – sempre me mantive na média, quer fosse nas notas, quer fosse nas relações interpessoais com colegas e professores.

No entanto, quando iniciei o terceiro ano do ensino médio, sob forte influência da família para fazer um curso superior, comecei a estudar em um cursinho preparatório para o Enem e Vestibular. O cursinho fazia parte de uma ONG. Hoje vejo esta ONG com muita admiração e percebo o quão bom ela foi para mim.

No decorrer daquele ano senti pela primeira vez que comecei a estudar de verdade e a ser mais crítico em relação as notícias, fosse em uma revista ou na televisão. Comecei até mesmo a questionar certas afirmações, como por exemplo, um ser superior realmente fez a vida e todos os planetas? A partir de curiosidades que vieram a florescer desenvolvi o forte interesse pela Astronomia, e hoje atribuo os créditos desse sentimento ao divulgador científico Carl Sagan e para alguns professores das disciplinas de Física e Biologia que tive ao longo da minha escolarização. Me tornei alguém totalmente diferente – no começo eu apenas existia e depois de começar a estudar, comecei a viver de verdade.

Indagações foram surgindo, não somente relacionadas com um conteúdo em específico, mas também sobre os motivos que levam certos conteúdos serem abordados somente no cursinho e não no Ensino Médio. Por que não tinha vistos aqueles conteúdos no meu Ensino Médio regular?

Hoje entendo que essa problemática é muito mais abrangente – e as respostas para as perguntas que criei lá atrás na minha educação básica ainda são desconhecidas. O caminho que estou seguindo na minha pesquisa de conclusão de curso coincide com as indagações dessa natureza, especificamente gostaria de entender os motivos que levam a Física Moderna e Contemporânea não ser trabalhada no Ensino Médio.

A principal motivação para investigar os artigos sobre Física Moderna e Contemporânea presentes nas revistas da área de Ensino de Física e Ciências do país, classificadas como A1 e A2 nos estratos da CAPES, surgiu da necessidade/objetivo de entender melhor e me aprofundar sobre como esse tema está sendo tratado no Ensino Médio.

Penso que inserir e desenvolver temas da FMC no Ensino Médio não deve ser apenas no sentido de acrescentar um novo tópico, leis e fenômenos a extensa lista de

conteúdos já existentes, mas de dar plenas condições ao aluno de compreender o que está estudando e participar de forma consciente do seu aprendizado, se posicionando de forma crítica sobre questões trabalhadas em sala de aula e sendo capaz de relacioná-las com as tecnologias e fenômenos que estão presente no seu cotidiano.

## **1.2. Justificativa embasada na literatura**

A possibilidade de inserir a Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM) não é uma discussão recente. Pelo contrário, esse tema tem ocupado o papel central nos debates e análises em diferentes esferas: em fóruns de discussões e apresentação de trabalhos, simpósios, nas pesquisas em ensino de física e nos parâmetros educacionais (VALENTE, 2009).

Com a mesma percepção sobre a necessidade da inserção da FMC, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) apresentam várias motivações para acrescentar os tópicos da FMC ao currículo já existente. O documento afirma que existe uma forte relação entre o desenvolvimento tecnológico, científico e físico – e que é importante o aluno compreender e enxergar quais são os objetivos traçados quando desenvolvemos a física na sala de aula.

Desta forma, entender o funcionamento de certas tecnologias implica em compreender que os conceitos físicos (principalmente aqueles pertencentes a FMC) possuem relevância, pois podem impactar diretamente as nossas vidas, como por exemplo, o acidente que aconteceu na cidade de Goiânia com o isótopo radioativo Césio-137, em 1987.

Para conseguir concretizar a inserção da física moderna e contemporânea no ensino médio é de fundamental importância considerar a realidade escolar existente no país e os principais desafios – como exemplos, aqueles relacionados com a precariedade estrutural das escolas, até mesmo as problemáticas envolvendo a falta de tempo para desenvolver o atual currículo disciplinar, bem como aqueles relacionados à formação docente, à falta de experiência, problemas interpessoais dentro do âmbito escolar. (PCN+, 2020, p. 3)

Embora a discussão sobre a necessidade de introduzir a FMC esteja estabelecida, são poucas as propostas estruturadas nesta direção que tenha um foco específico para a sala de aula. Deve-se levar em consideração a realidade pertencente a cada disciplina – existe um grau de impossibilidade para abordar todos os conteúdos de uma disciplina desenvolvidos ao longo da história da humanidade. Nesse sentido, reflete-se sobre quais conteúdos devem ser abordados no currículo escolar, e, percebe-se, no caso da Física, que

essa reflexão parece não ter efeito no sentido de fazer com que realmente a Física Moderna e Contemporânea seja inserida no Ensino Médio.

Embora existam alguns conteúdos pertinentes a FMC nos livros didáticos, isso não significa que eles serão abordados em sala. É compreensível o fato de que não existe uma receita completamente eficaz para ter sucesso na inserção de novos tópicos e, antes de procurar uma maneira de como introduzi-los, vem uma indagação mais pontual: quais tópicos devem ser inseridos e em que momento?

Por um lado, há alguns notáveis pesquisadores, como Terrazzan (1994), que defendem que os tópicos de FMC devem ser integrados às demais unidades já existentes, servindo como uma complementação para cada unidade já tratada; Mecânica, Ótica, Eletricidade etc. Por outro, há posicionamentos, como por exemplo dos PCN+, que defende que os tópicos da FMC devem ser introduzidos na construção curricular como uma unidade temática, tratando a física moderna a partir de estudos sobre a matéria e a radiação.

De forma generalizada, independente da estratégia, são nítidos os esforços e as intenções para introduzir a FMC no Ensino Médio.

Mesmo sabendo que existem desafios a serem superados, uma reflexão contínua deve permanecer em debate para encontrar elementos norteadores que permitam a inserção da FMC nas práticas escolares – podendo começar na formação do professor ainda na condição de acadêmico.

### **1.3. Objetivos**

O presente trabalho tem como objetivo investigar a partir de fontes pré-selecionadas, como e com que frequência artigos sobre a Física Moderna e Contemporânea (FMC) aparecem nas revistas nacionais da área de Ensino de Ciências, classificadas nos estratos A1, A2 da CAPES e que estão disponíveis na internet. É importante destacar que estão sendo considerados relevantes todos os artigos que de alguma forma se referem a FMC, independente do grau de afinidade com a mesma – desde artigos que são propostas pedagógicas até aqueles que são apenas intenções ou que de alguma forma contribuem de maneira significativa para a introdução da FMC no ensino médio.

## 1.4. Objetivos Específicos

- Identificar artigos relacionados com a Física Moderna e Contemporânea.
- Categorizar os artigos selecionados.

## 2. Aspectos históricos da Física Moderna

A fim de contextualizar o tema Física Moderna e Contemporânea, apresenta-se inicialmente um breve relato histórico sobre as duas teorias que majoritariamente compõe esse ramo da Física.

### 2.1. A Mecânica Quântica

Não é exagero pensarmos na teoria quântica como uma das realizações intelectuais mais incríveis do século XX e o seu desenvolvimento como a representação de uma verdadeira revolução em nossa compreensão sobre a física (POLKINGHORNE, 2011). O início da revolução quântica surgiu em 1885 a partir da contribuição de importantes cientistas da época que deram uma nova perspectiva e interpretação para a radiação eletromagnética emitida de corpos aquecidos (PESSOA JR, 2010). Renomados cientistas debruçaram-se em cima do problema para encontrar uma explicação lógica e coerente com a física da época.

A partir do Bolômetro, dispositivo criado pelo astrônomo Samuel Pierpont Langley, físicos estavam tentando explicar e interpretar o que era o espectro de radiação emitido por um corpo negro. As primeiras tentativas de explicar essa radiação se deu a partir dos estudos de Johann Jakob Balmer, o qual conseguiu obter resultados satisfatórios acerca átomo de hidrogênio, isto é, do conjunto de linhas coloridas separadas que se encontram quando a luz do gás incandescente é dividida ao passar por um prisma. Mas a priori, por mais interessante que se demonstrasse a experiência de Balmer, ele não conseguiu chegar a conclusões promissoras<sup>1</sup>. Outros cientistas, como o Lorde Rayleigh e Sir James Jeans, também encontraram dificuldades para explicar o comportamento da radiação que é emitida e absorvida por um corpo negro. O problema ficou conhecido como o desastre do ultravioleta, visto que as conclusões se mostravam bastante incoerentes, consequência da utilização de uma teoria que não dava conta de fornecer explicações sobre o fenômeno observado.

Mesmo com a Física Clássica possuindo alicerces bem enraizados e fortes, Max Karl Ernst Ludwig Planck, físico alemão, optou em tomar um caminho diferente para interpretar

---

<sup>1</sup> Começam aqui os primeiros sinais da inconsistência da física clássica para explicar a radiação de corpo negro.

alguns conceitos e explicar a radiação de corpo negro (considerava ele que a radiação vertia continuamente para dentro e para fora do corpo negro, semelhante à como a água pode verter de uma esponja). Mesmo sem saber naquela época, Planck fez uma descoberta no mesmo grau de grandiosidade que Isaac Newton fizera anteriormente. Para explicar e solucionar o desastre do ultravioleta ele propôs que a luz era emitida e absorvida de tempos em tempos em pacotes de energia de tamanho definido – hoje sabemos que foi uma grande descoberta de Planck, mas em sua época foi difícil concluir o quão importante e como isso modificaria a física.

Qual o grau de seriedade que poderia ser atribuído aos quanta? Eles eram uma qualidade pertencente as propriedades da radiação ou apenas um efeito de quando a mesma interage com o corpo negro? Imagine um conta gotas liberando gotículas de água a cada intervalo de tempo dentro de um recipiente. Enquanto as gotas estão caindo uma a uma, podemos diferenciar e identificar cada gotícula, mas depois que a mesma interage com as demais gotas do recipiente, perdem a sua identidade. De forma análoga podemos pensar nos quanta.

O próximo avanço foi feito por um jovem suíço que trabalhava como especialista técnico de terceira classe no escritório de patentes em Berna, seu nome era Albert Einstein. Muito se questiona sobre o seu quociente de inteligência e do seu comportamento enquanto aluno. Antes de se tornar o superstar que é mundialmente conhecido, Einstein teve a reputação um pouco duvidosa, sendo considerado um péssimo exemplo de aluno.

Einstein foi responsável pelo grande desdobramento da física moderna, pois de forma análoga as ideias de Planck sobre a existência dos quanta, ele fez uma análise quântica do efeito fotoelétrico e, a partir disso, deu uma nova interpretação para este efeito, que consiste de elétrons sendo ejetados de uma superfície metálica quando submetidos a interferência de um feixe de radiação, que dependendo da frequência, pode existir ou não a emissão de elétrons da placa metálica.

Para explicar o efeito fotoelétrico, Einstein trouxe à tona uma discussão um pouco polêmica que estava adormecida há muito tempo e que em outro momento já tinha sido discutida até de forma calorosa: a luz se comporta como onda ou como partícula? Para explicar o efeito fotoelétrico Einstein precisou supor que a radiação emitida se comportava como uma partícula, ou seja, como se a radiação tomasse a forma de uma bola de bilhar e quando interagisse com a superfície metálica, e tendo a energia suficiente, seria capaz de transferir toda a sua energia para o elétron da superfície, fazendo-o se deslocar.

Iniciou-se então uma grave crise em relação aos alicerces da Física Clássica. Como todas as brilhantes percepções do século XIX sobre a natureza ondulatória da luz poderiam

ser conciliadas com essas novas ideias? Como entender o simples comportamento de um elétron que, dependendo do ponto de vista, ao passar por duas fendas pode demonstrar dois efeitos distintos: Os elétrons que passam por uma fenda apresentam um comportamento corpuscular, mas o padrão coletivo dos elétrons quando atingem uma tela de detecção é de um comportamento ondulatório<sup>2</sup>.

Experimentos conduzidos por Davisson e Germer<sup>3</sup> e por George Thomson puderam demonstrar padrões de interferência quando um feixe de elétrons interagia com uma estrutura cristalina, confirmando experimentalmente que os elétrons manifestavam o comportamento ondulatório.

Mais adiante com as novas concepções a respeito dos átomos, novas teorias foram desenvolvidas, como por exemplo, o modelo atômico planetário proposto pelo Lorde Ernest Rutherford, que permitiu entender melhor o núcleo atômico. A consequência dessa descoberta foi mais uma crise estabelecida na física clássica. Isso porque pela teoria clássica, um elétron orbitando o núcleo do átomo, tal como um planeta orbita o sol, deveria emitir radiação e perder energia, o que faria com que ele espiralasse em torno do núcleo e em frações de segundos colapsasse com o mesmo. E para terminar com a estrutura do edifício da física clássica, Niels Bohr, a pedido do Lorde Ernest Rutherford, propôs um novo modelo atômico.<sup>4</sup>

Assim como Planck aplicou a ideia de quanta para explicar a radiação de corpo negro, Bohr aplicou essa noção conceitual para explicar seu modelo atômico. Enquanto na física clássica seria suposto que os elétrons circundando um núcleo poderia fazer isso em órbitas cujos raios conseguiriam assumir qualquer valor, Bohr propôs a substituição dessa possibilidade contínua pela exigência de que os raios pudessem assumir somente uma série de valores discretos que fosse possível enumerar.

Na esteira do desenvolvimento do átomo de Bohr, Werner Heisenberg realizou uma enorme contribuição para a mecânica, propondo a mecânica matricial para a investigação dos espectros atômicos. Dotado de um pensamento análogo, Erwin Schrödinger, foi responsável por desenvolver a mecânica ondulatória: os métodos matemáticos de Schrödinger eram menos complexos que a mecânica matricial proposta por Heisenberg.

A equação de Schrödinger é a equação dinâmica fundamental da teoria quântica. Essa equação é do tipo parcial diferencial, ou seja, naquela época os físicos já tinham uma

---

<sup>2</sup> Importante destacarmos que existem outras interpretações para a dualidade onda-partícula.

<sup>3</sup> Os físicos americanos Clinton Davisson e Lester Germer, em 1927, confirmam experimental a hipótese de Louis de Broglie.

<sup>4</sup> Bohr não criou um novo modelo atômico, mas sim interpretou o modelo planetário de Rutherford a partir das ideias de Planck sobre a quantização da energia em pacotes bem definidos.

grande afinidade na resolução das equações parciais, possibilitando a aplicação em uma variedade de problemas físicos.

A teoria quântica surgiu da necessidade de fugir do mundo claro e determinista que era a física clássica. Ela permitiu a mistura de estados que classicamente seriam impossíveis e excludentes entre si. É essa possibilidade contra intuitiva de adição de estados que distingue o mundo quântico do mundo cotidiano da física clássica.

## **2.2. A teoria da Relatividade**

O universo compreendido a partir da física newtoniana, isto é, os conceitos desenvolvidos por Newton e que explicam o movimento dos corpos e as suas causas e efeitos, é facilmente compreendido do ponto de vista lógico da maneira como as coisas parecem acontecer, da perspectiva do ser humano enquanto observador, ou seja, tudo parece igual para todas as pessoas no universo, independentemente de sua localização e velocidade. De imediato isso soa coerente e intuitivo, pois convivemos diariamente com essa percepção.

Einstein formulou a teoria da relatividade para tentar sanar inconsistências que existiam no eletromagnetismo clássico (MARTINS, 2005). Ele conseguiu combinar muitas ideias diferentes com uma ideia própria e, com isso, mudar completamente a leitura do mundo. É importante destacar que apesar de Einstein receber todo o reconhecimento da teoria da relatividade, na época outras<sup>5</sup> pessoas já estavam trabalhando em cima desses assuntos. A “Teoria da Relatividade e Transformação de Lorentz”, foi publicado pela primeira vez por Joseph Larmor em 1897, proposto por Hendrik Lorentz em 1895 e posteriormente modificado por Henri Poincaré em 1905, mas credenciado a Lorentz por Poincaré.

Para poder desenvolver toda a teoria da relatividade Einstein formulou dois postulados que serviram como pilares:

- (i) as leis físicas devem ser as mesmas para quaisquer referenciais inerciais, ou seja, se dois observadores diferentes ou se referências diferentes observam certo fenômeno físico e ambos os referenciais não sofrem nenhuma aceleração, então eles devem ser capazes de descrever a mesma física.
- (ii) (ii) A velocidade da luz é uma constante, ela será a mesma para todos os referenciais inerciais. A imutabilidade da velocidade da luz é de extrema importância pois ela molda todo o caráter da relatividade.

---

<sup>5</sup> É importante entendermos que a Física é uma construção que acontece a partir de várias contribuições. Einstein teve um papel ímpar no seu tempo, mas não foi o único grande cientista da sua época.

Os físicos de forma geral estão acostumados em toda a descrição da física a conceber um espaço tridimensional, afinal nós conseguimos visualizar esse espaço tridimensional. Mas há outra grandeza que não conseguimos observar diretamente: o tempo. O tempo é uma variável adicional, um parâmetro extra ao nosso cotidiano e não é inerente ao mesmo, de forma que o tempo normalmente tratado como uma variável passiva é igual para qualquer referencial e qualquer sistema.

Hermann Minkowski foi um ilustre matemático alemão da sua época e desenvolveu prestigiosos trabalhos na área da geometria dos números e fez consideráveis contribuições para com a teoria da relatividade. Em um dos seus trabalhos concluiu que o espaço e o tempo não são independentes, mas se unem em um contínuo quadridimensional de métrica pseudo-euclidana, descoberta sem a qual a teoria da relatividade geral não poderia se desenvolver.

Quando Einstein considera como um dos pilares a imutabilidade da velocidade da luz, não se pode deixar de notar que a velocidade é uma grandeza que diz respeito tanto a distância quanto ao tempo. Sabemos da mecânica que conseguimos fazer composições de movimento, então se a velocidade da luz é constante em todo o referencial, sugere que ao mudar de um referencial para o outro ela não vai mudar de valor – significa então que deverá acontecer alguma “coisa diferente” e é exatamente aí que Einstein considerou o que nenhum outro tinha feito anteriormente: o tempo não é uma variável passiva. Ele muda de um referencial para outro. Ou seja, o tempo que um observador registra em um referencial pode não ser necessariamente o mesmo que outro observador registra em um segundo referencial. O tempo se transforma de referencial para referencial assim como as coordenadas espaciais.

É importante entender que surgiram algumas consequências de considerar o espaço como quadridimensional:

- (i) o tempo passa mais devagar para corpos em movimento, ou seja, quanto maior a velocidade do corpo mais devagar vai passar o tempo. Essa noção não é nada intuitiva e era até considerada ilógica para os físicos da época. Como poderia o tempo passar diferente de um referencial para outro? O tempo dilata.
- (ii) outra consequência que surge é que toda vez que um corpo estiver se movimentando em uma certa direção (por exemplo na horizontal), o comprimento do corpo nessa direção sofrerá uma contração.



A contração dos comprimentos e a dilatação do tempo não são impressões que alguém acha que acontece como se fosse uma ilusão de ótica. Essas características são fenômenos físicos que existem e já foram investigados de forma experimental (como, por exemplo, a detecção de múon que são produzidos na atmosfera). O tempo realmente muda de referencial para referencial e de fato os comprimentos contraem. A velocidade com que a vida passa é tão lenta que só na história recente fomos capazes de detectar as diferenças. Newton via o espaço-tempo como plano e imutável, mas esse não é o caso no mundo de Einstein. Para Einstein, o espaço-tempo é muito dinâmico, variando de acordo com a gravidade e a velocidade.

### **3. METODOLOGIA**

A escolha por revista A1 e A2 se deu porque, acredita-se, que os trabalhos de maior relevância normalmente são publicados nessas revistas. O estrato A1 é o mais alto grau de pontuação (100 pontos) que um veículo de distribuição de informação pode atingir dentro dos parâmetros avaliativos pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), A2 é a segunda maior nota.

Foi feita uma revisão integrativa sobre a inserção da física moderna e contemporânea no ensino médio. A revisão integrativa corresponde a uma revisão sistemática, isto é, a partir de um sistema foi feito todo o levantamento dos artigos que estão sendo publicados sobre um assunto específico. É válido destacar que revisão integrativa é diferente de revisão sistemática: a revisão sistemática tem como foco abordar várias revisões sobre o mesmo assunto, objetivando assim comparar todas essas revisões, a fim de encontrar a solução de um problema – enquanto que a revisão integrativa não compara trabalhos iguais.

Uma revisão de literatura não se resume a uma leitura aleatória e sem objetivos – uma revisão busca aprofundar as ideias centrais do trabalho a outros propósitos, sendo um deles, ajudar o pesquisador a encontrar problemas específicos e de como relacioná-los com problemas mais gerais. Ou seja, a partir de uma revisão de literatura é possível construir um escopo bem delineado e definido de um “todo” a partir de partes menores que pertençam a realidade do seu problema de pesquisa. Com a revisão da literatura é possível identificar as principais tendências de pesquisa na área de interesse, as eventuais lacunas e os conceitos importantes que estão sendo usados (MOREIRA, 2006). Desta maneira, é

possível construir um arcabouço teórico, possibilitando assim, buscar na literatura comparações entre o que você encontrou como resultado, e de que modo a literatura apresenta o mesmo assunto. Buscando assim, similitudes ou divergências. Sendo assim, a partir da revisão de literatura construímos uma conversa entre nós e outros autores e constatamos aquilo que já foi dito e aquilo que já foi encontrado.

O principal parâmetro para iniciar a seleção dos artigos foi a palavra-chave “Física Moderna”. Os artigos que apresentaram esta palavra-chave em seu título ou resumo, na maioria das vezes, também apresentaram logo em seguida a palavra “Contemporânea”. O contrário não é verdadeiro, ou seja, não há artigos que se refiram somente à “Física Contemporânea”. Assim, utilizando-se a palavra-chave “Física Moderna” garante-se que sejam selecionados tantos os artigos que se referem ao tema por “Física Moderna” quanto os que se referem por “Física Moderna e Contemporânea”.

O marco temporal inicial foi o ano de 2010 e o final 2019. Acredita-se que o intervalo de tempo de dez anos seja suficiente para entender os rumos que as pesquisas tomaram até então e quais são as principais contribuições e dificuldades apresentadas nos artigos sobre a inserção da FMC no Ensino Médio.

Da leitura dos artigos foram estabelecidas cinco categorias:

- 1) Artigos que discutem a inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio (FMC no EM).
- 2) Artigos sobre a Física Moderna no Ensino Superior (FMC no ES).
- 3) Artigos relacionados à Física Moderna e Contemporânea e a formação de professores (FMC na formação de professores).
- 4) Revisões de literatura ou mapeamentos sobre o tema Física Moderna e Contemporânea. (Revisões sobre FMC)
- 5) Outros.

Na categoria 1 foi possível criar duas subcategorias: a1) artigos que relatam aplicações diretas em sala de aula da FMC, ou seja, além de uma ideia, apresenta-se também a aplicação em um ambiente real de sala de aula – o que indica a real inserção da FMC no ensino médio; b1) artigos que apresentam apenas ideias de como inserir a FMC no Ensino Médio.

Da mesma forma, os artigos da categoria 2 (Artigos sobre a Física Moderna no Ensino Superior) foram subcategorizados em: a2) relatos de abordagens que foram realizadas sobre FMC em sala de aula; b2) discussões sobre formas de abordar a FMC no ensino superior.

Na categoria 3 somente foram encontrados artigos que tratam da FMC na formação continuada de professores.

Na quarta categoria estão todos os artigos que, assim como este, se propõe a analisar as produções e tendências sobre o tema FMC.

Por fim, os artigos que têm pouca relação com a FMC, mas que mesmo assim foram selecionados aplicando-se o critério de busca, foram agrupados na categoria “outros”.

#### 4. Resultados

A Tabela 1 apresenta o apanhado geral de todos os artigos obtidos que fizeram parte da revisão. A partir da escolha dos principais periódicos referentes a divulgação científica do país e considerando a classificação da CAPES, foram encontrados o total de 40 artigos, os quais estão relacionadas com a Física Moderna e Contemporânea em diferentes níveis de profundidade com a educação.

Tabela 1: Quantidade de artigos encontrados em cada revista pesquisada

Revistas	Artigos
Ciência e Educação	0
Ensaio Pesquisa em Educação em Ciência	0
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	21
Revista Brasileira de Ensino de Física	1
Acta Scientiae	1
Investigações em Ensino de Ciências	6
REnCiMa	1
Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia	5
Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia	0
Amazônia Revista de Educação em Ciências e Matemática	1
Dynamis	0
Areté - Revista Amazônica de Ensino de Ciências	0
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação e Ciências	4
Revista de Educação, Ciências e Matemática	0

Fonte: o autor

Conforme previsto, a maior variedade e quantidade de artigos sobre o tema está concentrada nos periódicos destinados a divulgação científica e física – e esta constatação é facilmente visualizada quando observamos a quantidade de artigos encontrados no

Caderno Brasileiro de Ensino de Física, o qual detém 52,5 % do total de artigos encontrados em todas as revistas.

Os artigos presentes na primeira categoria, “Artigos que discutem a inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”, são os que mais apresentam uma contribuição do ponto de vista pedagógico (metodologias e práticas) de como inserir a FMC no ensino médio ou práticas que se aproximam disso, como, por exemplo, ideias de como trabalhar determinado tópico: radiação, efeito fotoelétrico, relatividade.

As publicações classificadas na Categoria 2 são os artigos que relacionam a Inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Superior e classificam-se em duas subcategorias: a2 – aplicações diretas para alunos do Ensino Superior; b2 – sugestões de como trabalhar determinado tópico pertence a FMC com alunos do ES. O total de publicações que se enquadram nesse critério de classificação foram seis (6).

As produções que se enquadram na Categoria 3 correspondem aos artigos que possuem relação com a formação continuada de professores. De forma indireta essas publicações representam a descrição de “oficinas” ou mini cursos para que os professores (a maioria que trabalha com alunos do ensino médio) compartilhem experiências e elaborem estratégias para abordar os conteúdos pertencentes a Física Moderna e Contemporânea. Foram encontradas apenas duas publicações que atendem os pré-requisitos dessa categoria.

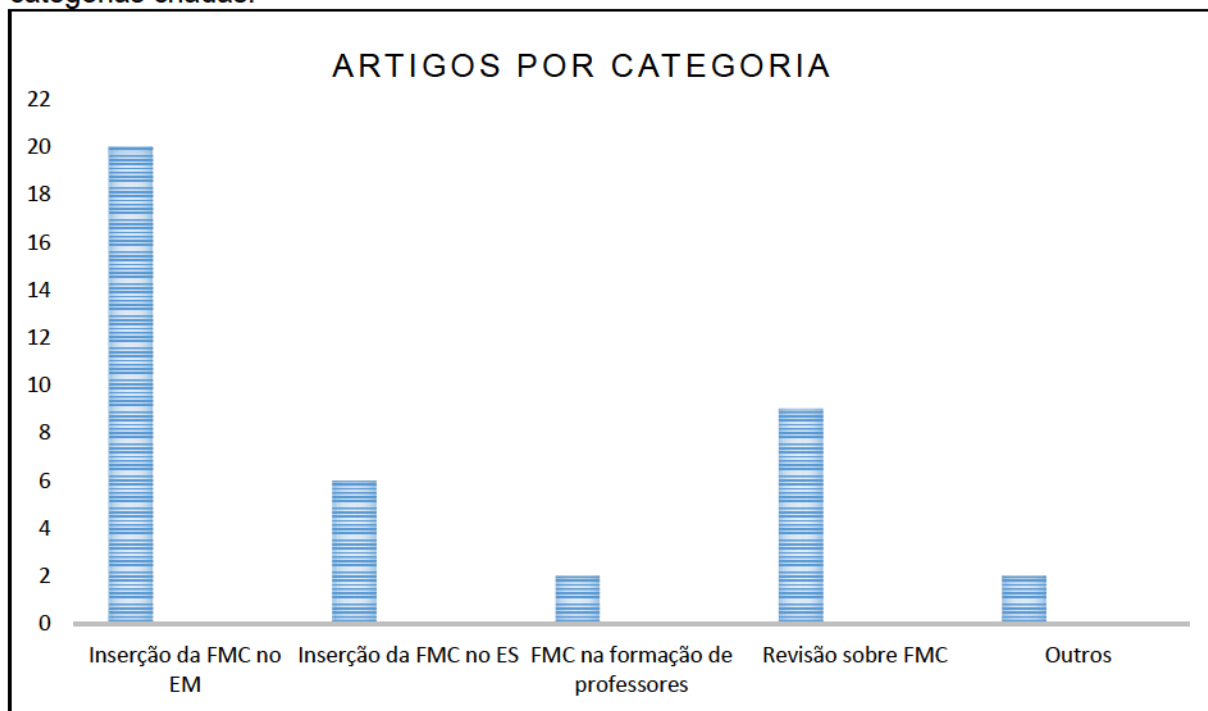
Os trabalhos pertencentes a Categoria 4 são aqueles que caracterizam Revisões de literatura ou mapeamentos sobre o tema Física Moderna e Contemporânea. Nesse conjunto foram encontrados o total de nove (9) artigos – todos eles correspondem a revisões de literatura, diferenciando somente nos objetivos. Alguns artigos focam na revisão de livros didáticos do ensino médio, outros em práticas experimentais para o ensino de Física Moderna, e outros mais específicos, trabalham em cima de como certos tópicos como a Teoria da Relatividade Geral ou Nanotecnologia é trabalhada no ensino médio.

Por último, os artigos enquadrados como “outros” são aqueles que possuem pouca relação com a Física Moderna. Isso significa dizer que essas publicações apareceram nos resultados de busca dos periódicos e, após fazer uma leitura flutuante em cada uma delas, foi possível concluir a palavra “Física Moderna e Contemporânea” não estava presente no título ou resumo, somente em alguma referência ou trecho da publicação – ou seja, o foco desses artigos não é a FMC.

É importante destacar que, antes de realizar a leitura flutuante, havia outros 35 artigos previamente selecionados a partir da palavra-chave utilizada. Com a finalidade de

deixar a presente revisão de literatura atendendo melhor os objetivos criados, foi tomado a decisão de deixar esses artigos de fora.

Figura 1 – Apresenta todos os artigos classificados de acordo com os critérios das categorias criadas.



Fonte: o autor

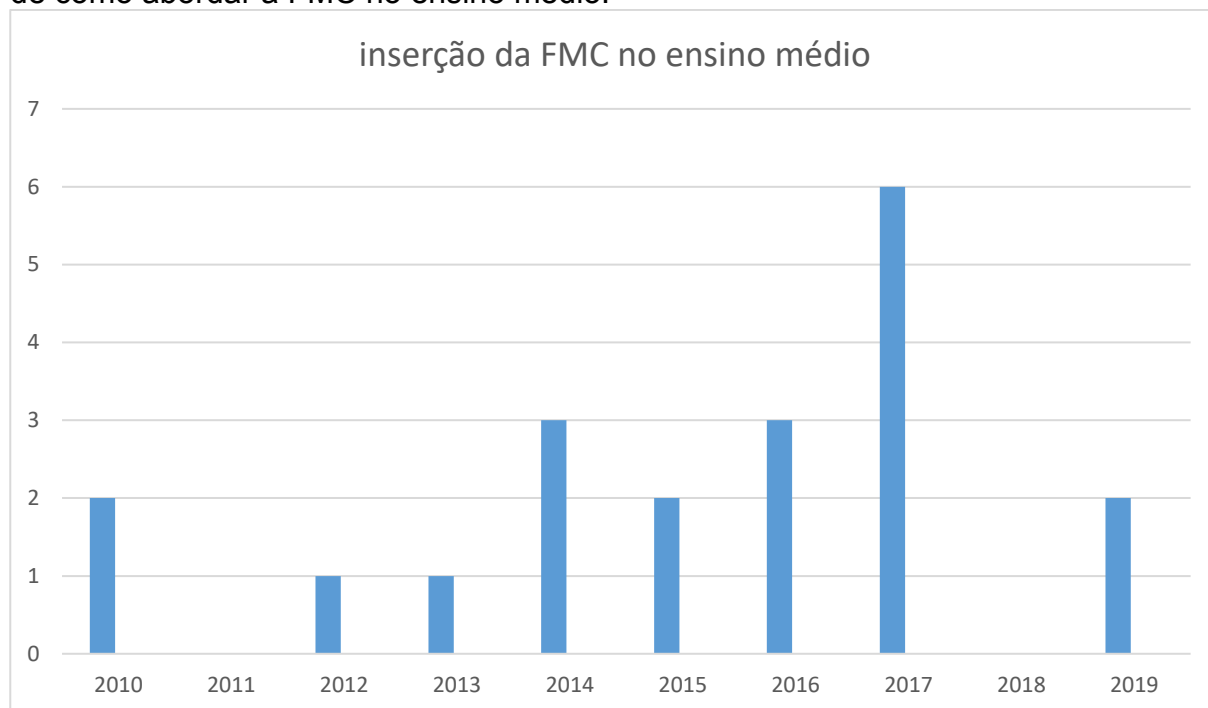
Ao observar o gráfico da Figura 1, verifica-se que a maior quantidade de publicações se concentra na Categoria 1 – Artigos que discutem a inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, totalizando 20 artigos. Seguindo a ordem decrescente de publicações, temos: Inserção da FMC no ES com 6 publicações, Revisões sobre FMC com 9 publicações, e com a mesma quantidade de publicações (2) temos as categorias: FMC na formação de professores e “Outros” – artigos que possuem pouca relação com a FMC.

#### 4.1. Artigos sobre a Inserção da Física Moderna no Ensino Médio

A categoria 1 reflete como está ocorrendo as intenções e os reais desenvolvimentos da FMC no âmbito escolar. A partir do número de publicações e estudos dedicados exclusivamente para a FMC no Ensino Médio é possível indagar algumas questões, tais como: qual o propósito de ensinar o efeito fotoelétrico para o aluno da periferia que tem o sonho de ser cantor ou jogador de futebol ou até mesmo para o filho que vai tomar conta e dar continuidade na empresa da família? Será que até os professores, mesmo os da nova geração, pensam se compensa abordar a FMC levando em consideração as diversas problemáticas do percurso e o que isso gera de resultado final? Pode ser que esse

pensamento seja cultivado há muito tempo, e por este motivo a física moderna e contemporânea é ainda um ambiente tão hostil para muitos professores.

Figura 2 – Publicações por ano dos artigos enquadrados na categoria 1 que diz respeito as publicações relacionadas com a inserção direta ou ideias pedagógicas de como abordar a FMC no ensino médio.



Fonte: o autor

Os 20 artigos que integram a categoria 1 serão apresentados seguindo primeiramente subcategorização e depois a ordem cronológica.

#### 4.1.1. Artigos que relatam aplicações diretas em sala de aula da FMC

Na subcategoria a1 - artigos que relatam aplicações diretas em sala de aula da FMC - estão os artigos de Rosa, Borges (2010), Barcellos, Krey (2014), Gabriel Dias (2015), Ribeiro, Pietrocola (2016), Pessanha, Pietrocola (2016), Bartolomeu, José. (2017) e Vicente, Raabi (2019).

Geide Rosa (2010) em parceria com Oto Borges investigaram o entendimento dos estudantes sobre a natureza da luz em currículo recursivo destinado ao terceiro ano do ensino médio. do ensino médio. Objetivando avaliar o entendimento dos estudantes sobre a Natureza da Luz. Utilizaram como ferramenta de coleta de dados um instrumento qualitativo e um sistema categórico hierarquizado. O instrumento qualitativo foi aplicado em forma de uma questão na qual os alunos deveriam explicar a natureza da luz. Além disso, a mesma forma de coleta de dados foi aplicada 10 meses depois para fazer um comparativo entre o início e o fim do módulo. Os autores concluíram que os resultados obtidos se

mostraram satisfatórios, e além disso, evidenciou outras qualidades dos alunos, como por exemplo, o conhecimento prévio que a maioria dos alunos demonstraram ter.

Barcellos e Krey (2014) relatam os resultados e análises da aplicação e avaliação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) em uma turma do terceiro ano do ensino médio em uma escola pública. Os resultados são parte de uma pesquisa de mestrado em Educação em Ciências que trata da inserção de tópicos de Física de Partículas integradas aos conteúdos tradicionais do terceiro ano do Ensino Médio. Sendo assim, as autoras propõem a inserção de tópicos de física de partículas integradas ao conceito de carga elétrica por meio de uma UEPS. Sendo assim, concluem que a sequência didática baseada em uma UEPS se mostrou satisfatória na abordagem dos conteúdos de modelos atômicos, quantização das cargas, processos de eletrização e principalmente: a intenção de despertar o interesse dos alunos sobre temas referentes à Física Moderna e Contemporânea.

Gabriel Dias (2015) a partir do conceito de Esquema (em Jean Piaget e Vergnaud) realiza a inserção da física moderna e contemporânea no ensino médio. Os tópicos abordados estão inseridos em uma sequência didática sobre a transição da Mecânica Clássica e a Teoria da Relatividade. As atividades de pesquisa duraram 16 horas-aulas em uma escola de terceira série do ensino médio e foram bastante diversificadas. Dias concluiu, a partir dos dados coletados, que pode ocorrer uma assimilação recíproca entre os esquemas dos conceitos de tempo e de movimento.

Ribeiro e Pietrocola (2016) investigam os Saberes Docentes Desenvolvidos por Professores do Ensino Médio: Um estudo de caso com a inserção da Física Moderna. Evidencia-se que o principal objetivo é entender como que os saberes docentes podem facilitar na inserção de tópicos pertencentes a FMC. Utilizando como base conceitual as literaturas de Maurice Tardif, os autores realizam uma pesquisa de campo acompanhando como que dois docentes abordam a Dualidade Onda-Partícula com turmas do Terceiro Ano do ensino médio. Concluíram que a experiência profissional e implementação de ideias novas, desde simples improvisações, são o caminho para que se possa trabalhar tópicos diversificados, evidenciando claramente que o “conhecimento” é diferente do “saber”.

Centrando as ideias em uma pesquisa baseada em design, o ensino da estrutura da matéria e aceleradores de partículas é analisado por Pessanha e Pietrocola (2016). O design é fase onde se tenta estabelecer o tipo de intervenção que atenda ao tipo de problema focado pela pesquisa. Pessanha e Pietrocola apresentam o desenvolvimento de uma sequência didática (curso) sobre a estrutura da matéria e aceleradores de partículas em uma única sessão de 4 horas de duração. A sequência didática utilizou como

fundamentação teórica diferentes princípios epistemológicos e de design. O mesmo curso foi aplicado em regiões completamente diferentes: em uma escola do Catalã e outra em São Paulo. Foram feitas as devidas comparações considerando certos critérios. O uso de ambientes virtuais (simuladores) foi explorado em diferentes momentos da unidade didática – possibilitando assim um maior envolvimento dos alunos. Os autores concluem que a metodologia DBR (Design-Based Research) e os estudos envolvendo as sequências de ensino-aprendizagem (Teaching-Learning Sequences – TLS) são abordagens potenciais que podem trazer elementos importantes e contribuir para uma melhor consolidação de conhecimentos específicos.

Bartolomeu e José (2017) apresentam os resultados de uma sequência didática sobre a Espectroscopia e modelos atômicos: uma proposta para a discussão de conceitos da Física Moderna no ensino médio. O ponto de partida utilizado para a pesquisa foi induzir o aluno a se questionar “como o homem sabe do que o Sol é feito se ele nunca esteve lá?” A sequência desenvolvida se ancorou no uso de atividades experimentais, simulações, vídeos e na elaboração de textos e questões por parte dos estudantes - direcionado principalmente para a compreensão do modelo atômico de Bohr e as quantizações de energia e radiações. Os autores fizeram a aplicação da sequência didática nas turmas do Segundo Ano do ensino médio – Para isso dividiram a unidade didática em dois momentos totalizando 13 aulas. No primeiro momento foi abordada a espectroscopia desenvolvida no século XIX, e o segundo momento destinou-se a abordagem dos modelos atômicos. Concluindo assim que mais da metade dos alunos apresentaram resultados satisfatórios, embora ainda tenha sido perceptível uma dificuldade em assimilar as transições eletrônicas com a formação dos espectros.

A pesquisa de Vicente e Raabi (2019) investiga a proposta da alfabetização científica em dois ambientes completamente diferentes. A primeira proposta é entender e identificar como que os livros didáticos atribuem significação para o ensino de Física Moderna e Contemporânea para alunos do terceiro ano do ensino médio. A segunda proposta consiste na aplicação de uma sequência didática para alunos de licenciatura em física. O principal embasamento das comparações consiste no fato de que a qualidade da alfabetização científica e da compreensão dos tópicos pertencentes a FMC no ensino médio, dependem dos livros didáticos, mas principalmente do domínio do professor sobre as temáticas. Concluem, então, que os professores normalmente trabalham os tópicos de física de maneira mecânica, voltada quase que exclusivamente no formato que atenda os padrões de vestibular e o ENEM – embora exista muitos argumentos para deixar a física mais “humanizada” e próxima da realidade do aluno. Além disso, é nitidamente claro que os



professores (a maioria dos investigados) não utiliza o livro didático ou não o faz da forma correta. Concluíram também que a formação individual está diretamente relacionada com a capacidade de abordar temas pertencentes a FMC de maneira didatizada a nível ensino médio.

No contexto das pretensões de tornarem possível a inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM), percebemos que, embora todas as publicações apresentem importantes argumentações e fundamentações teóricas, são poucas as que de fato apresentam aplicações que resultem em dados qualitativos e quantitativos. E observa-se que mesmo existindo a diferenciação dos artigos por categorias, eles possuem em comum o fato de não levarem em consideração algumas variáveis<sup>6</sup> mais pertencentes a realidade escolar, mesmo que reconhecendo-as.

Por outro lado, é importante destacar que às 7 publicações que representam a subcategoria a1 concluíram, sem exceção, que a partir da aplicação de uma unidade didática bem planejada e organizada, é possível trabalhar a FMC.

#### **4.1.2. Artigos que apresentam ideias de como inserir a FMC no Ensino Médio**

Na subcategoria b1: Guerra et al. (2010), Fernanda, Assis (2012), Almeida et al. (2013), Almeida et al. (2014), Casaro et al. (2014), Lisiane Araujo Pinheiro (2015), Cardoso, Pereira (2016), Eberhardt et al. (2017), Fátima et al. (2017), Kelly et al. (2017), Lemes et al. (2017), Silveira, Girardi (2017), Cardoso, Pereira (2019).

Andreia Guerra et al. (2010) propõe uma estratégia para possibilitar ao aluno ser capaz de compreender o mundo em que vive a partir de contextualizações específicas para abordar a Teoria da Relatividade Geral e Restrita em sala de aula. Acredita-se fortemente que o trabalho em sala de aula deve seguir uma abordagem histórico-filosófica, pois a contextualização desse conhecimento possibilitará aos alunos o estudo de um conteúdo que traz questões bem diferentes daquelas por eles aprendidas com o senso comum. Conclui então que a inserção da FMC no ensino médio não precisa necessariamente partir de uma abordagem mais matematizada. A partir da interdisciplinaridade e contextualizações históricas é possível criar um ambiente favorável para tópicos vistos quase que unicamente complexos do ponto de vista teórico e matemático.

Luciane Fernanda e Aline Assis (2012) propõe uma atividade experimental para inserir a FMC no ensino médio (EM). A proposta experimental "Física Moderna no Ensino

---

<sup>6</sup> Alunos desinteressados, escola em região de risco, falta de tempo, falta de preparo ou domínio sobre o tema.

Médio: Um experimento para abordar o efeito fotoelétrico" apoia-se principalmente em buscar a utilização de materiais de baixo custo. Essa atividade pode ser utilizada de forma contextualizada, articulando esse fenômeno com algumas aplicações tecnológicas vivenciadas pelos alunos no seu cotidiano, o professor consegue ter autonomia e flexibilidade na aplicação da abordagem experimental, uma vez que a mesma permite o uso de diferentes ferramentas para a coleta de dados. Conclui-se então que a atividade experimental pode ser uma maneira eficaz de despertar no aluno a curiosidade sobre o tema e principalmente criar uma motivação – além de tornar menos abstratos alguns conceitos pertinentes a FMC.

Almeida et. al (2013) a partir da utilização do microcontrolador Arduino apresentam uma proposta experimental para abordar a FMC no Ensino Médio. Para isso é desenvolvida uma sequência didática que tem como ponto de partida a exploração da funcionalidade dos controles remotos. Pretende, assim, explorar os conceitos de física a partir da aplicação em instrumentos tecnológicos que estão presentes no cotidiano do aluno. O trabalho foi dividido em dois módulos: O primeiro tem por objetivo explicar características mais gerais da compreensão do infravermelho e de como ocorre a transmissão, recepção e interpretação dos comandos. O segundo módulo está focalizado em entender como ocorre a recepção binária e de como associar diferentes comandos. Em 2014, os mesmos autores desenvolveram a segunda parte do trabalho, o qual explica como ocorre a recepção binária e de como associar diferentes comandos – para realizar essa tarefa, utilizaram Arduino como plataforma de prototipagem que irá interpretar os diferentes sinais eletromagnéticos.

João Paulo em colaboração com Filipe Eduardo e Ramón Giostri (2014), relatam em seu projeto uma abordagem experimental para tratar a Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. Seguindo a linha de tendência do que dizem os Parâmetros Curriculares Nacionais, descrevem a confecção e montagem de um globo de plasma a partir de materiais de baixo custo. Concluem que a abordagem experimental possibilidade trabalhar a interdisciplinaridade entre Física e Química e devido a simplicidade de montagem, pode ser facilmente criado pelos professores e alunos.

Lisiane Araújo (2015) apresenta em seu artigo o passo a passo da construção de uma Câmara de Nuvens<sup>7</sup> inicialmente criada pelo físico Charles Wilson, em 1911. A construção deste aparato experimental tem por objetivo inserir a Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio – seguindo a tendência da confecção a partir da utilização

---

<sup>7</sup> É um aparato experimental que permite visualizar o rastro de partículas e radiação ionizante. Em outras palavras, a Câmara de Nuvens desempenha o papel de um detector de radiação.

de materiais de baixo custo. A atividade experimental além de ser facilmente desenvolvida, permite a integração da Física Clássica e da Física Moderna.

Cardoso e Pereira (2016) descrevem todos os passos necessários para desenvolver uma prática experimental que tem por objetivo abordar o experimento da dupla fenda a partir de simulações, possibilitando assim, a inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. O experimento virtual da dupla fenda a nível de EM é dividido em dois momentos. O primeiro tratará da análise clássica do comportamento corpuscular e ondulatório. O segundo momento abordará o comportamento quântico da luz (os fótons).

Dario Eberhardt et. al (2017) apresentam uma prática experimental sobre o Efeito Fotoelétrico com lâmpada néon e LEDs. O artigo mostra todos os passos necessários para confeccionar um aparato experimental de baixo custo e visa instrumentalizar o professor ou servir como uma inspiração para a proposição de atividades didáticas. A experimentação descrita se fundamenta na exposição de uma lâmpada néon às luzes de diferentes comprimentos de onda emitidas por LEDs variados. Mede-se a corrente fotoelétrica entre os eletrodos da lâmpada néon, verificando-se que esta possui sentido definido; que o efeito ocorre quando o comprimento de onda da luz aplicada é menor que determinado limite, e que a intensidade da corrente elétrica depende da intensidade e frequência da luz aplicada. Além da baixa complexidade e valor para confecção, a prática experimental descrita permite trabalhar a FMC com uma menor abstração.

Eduardo Lemes et al (2017) descreve em seu artigo uma prática experimental de baixo custo direcionada para alunos com transtornos específicos de aprendizagem em Física Moderna e Contemporânea. A atividade experimental tem por objetivo trabalhar o efeito fotoelétrico e possibilitar que os alunos que possuem dislexia tenham condições de acompanhar e explicar todos os processos envolvidos. Outros fatores amplamente defendidos residem no fato de que o aluno poderá, a partir de um fenômeno real, entender aquilo que muitas vezes se restringe à teoria.

Kelly (2017) propõe no artigo em cooperação com outros professores do departamento de física do Piauí, uma abordagem prática para possibilitar a inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio (EM). O modelo experimental trabalha a Espectroscopia para o EM utilizando a placa de Arduino. Se baseando na premissa de que a FMC é escassamente trabalhada e que exige uma atenção maior para soluções em como fazê-la existir de forma mais presente no EM, propõe-se uma abordagem experimental de baixo custo. É importante destacar que a escolha do tema partiu da consequência de que o ano de 2015 foi escolhido pela Organização das Nações Unidas como o ano internacional da luz. Sendo assim, um dos objetivos do artigo é mostrar,

também, a importância da luz e dos instrumentos ópticos e de como eles podem proporcionar um desenvolvimento sustentável e fornecer soluções para problemas a nível mundial.

Fátima et. al (2017) relata a construção de uma unidade didática sobre a mecânica quântica a partir das pinturas de Salvador Dalí, as quais podem auxiliar nos conceitos introdutórios da Mecânica Quântica (modelos atômicos, dualidade onda-partícula, princípio de incerteza de Heisenberg) no Ensino Médio? A proposta da construção de uma unidade didática teve início a partir das aulas de uma disciplina de prática pedagógica de física da Universidade Federal de São Paulo – centralizando como foco da pesquisa a ser desenvolvida a relação entre física e a arte, além de realçar formas para a construção de pontes entre as duas culturas. Conclui-se então que a proposta de desenvolver a FMC no ensino médio a partir da relação com a arte se mostra viável, embora algumas problemáticas já podem ser apontadas com antecedência, como por exemplo: apenas a utilização de elementos artísticos para a abordagem de temas de FMC de maneira fundamentalmente conceitual possa levar a deformações sobre a essência da própria física, uma vez que a matematização se constitui como um de seus estruturantes.

Silveira e Girardi (2017) descrevem a construção e funcionamento de um aparato experimental para abordar o efeito fotoelétrico. Para isso, utilizaram o Arduino como interface e um pico-amperímetro com amplificador de alto ganho de impedância – denominando o aparato experimental como Kit FOTODUINO. Além da possibilidade em explicar experimentalmente o efeito fotoelétrico, o kit permite aplicações para as propriedades elétricas do plasma. Devido à grande sensibilidade a variações do campo elétrico, é possível utilizar o kit FOTODUINO para trabalhar demonstrações envolvendo a eletrostática.

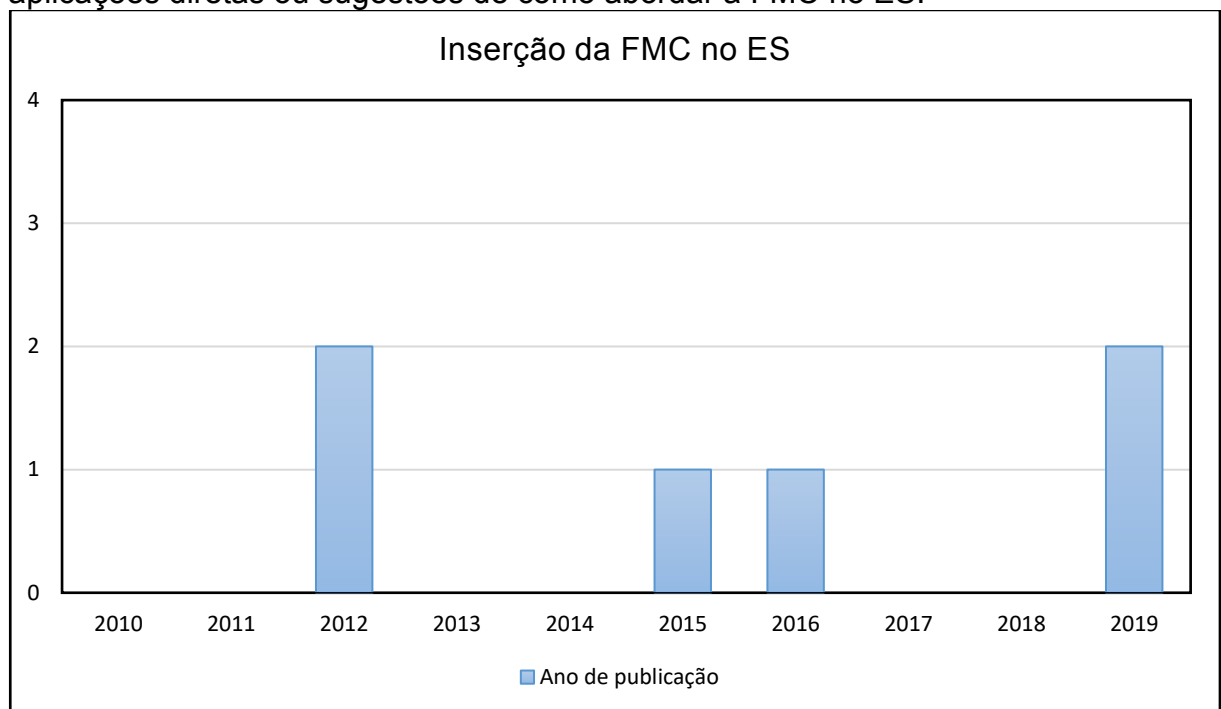
Cardoso em parceria com Pereira (2019) desenvolvem o experimento virtual da dupla fenda ao nível do ensino médio que tem por objetivo fazer uma análise quântica do comportamento corpuscular e ondulatório da luz de uma proposta experimental a partir dos efeitos observáveis da dupla fenda. Os autores dividem a pesquisa em dois artigos: o primeiro artigo (já publicado) busca abordar a ondulatória a partir da interpretação da física clássica, enquanto que o presente trabalho aborda o comportamento quântico da luz (fótons) – para isso, fez-se o uso de simuladores. Com a finalidade de inserir a FMC e tornar palpável essa compreensão, os autores utilizaram a notação de brackets proposta por Paul Dirac para representar os vetores de estado e traduziram para uma linguagem mais acessível.

No enquadramento das publicações que representam as ideias e metodologias de inserir a FMC, percebemos que 65% dos artigos estão agregados nesta subcategoria – e com isso podemos observar um possível caminho a ser seguido: atividades práticas de baixo custo como estratégia para inserir a FMC. E esta “nova” prática relaciona-se com as iniciativas de uma educação não tradicional, a qual pode ser uma atraente abordagem para quebrar certos vícios e metodologias que podem ser substituídas por novas práticas.

#### 4.2. Artigos sobre a Inserção da Física Moderna no Ensino Superior

A figura 3 apresenta a quantificação do número de artigos que tem como foco a inserção da FMC no Ensino Superior (ES) publicados nos 10 anos que delimitam a pesquisa. Da mesma forma que foi feita na categoria, os artigos desta categoria foram subdivididos em duas categorias: (i) aplicações em sala da FMC no ES, (ii) Possibilidades para abordar a FMC no ES.

Figura 3 – Publicações por ano dos artigos direcionados para o ensino superior (ES): aplicações diretas ou sugestões de como abordar a FMC no ES.



Fonte: o autor

Os 6 artigos que integram esta categoria serão apresentados dentro de cada subcategoria obedecendo a ordem cronológica: As produções de Nelson Canzian (2012), Silva et al. (2015), Coelho, José (2019), Giacomelli et al. (2019) apresentam focos que se enquadram na subcategoria a2. Já os artigos de Pereira et al. (2012) e Nelson Canzian (2016) foram enquadrados na categoria b2.

#### 4.2.1. Aplicações em sala da FMC no ES

No contexto da inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Superior, Nelson Canzian (2012), descreve em seu trabalho a construção e aplicação de uma unidade didática para duas turmas de licenciandos em Física da Universidade Federal de Santa Catarina. A prática experimental investiga a partir de uma simulação computacional um sistema de detecção de radiação ionizante. Além disso, o autor possibilita a aproximação dos alunos com laboratórios introdutórios de física, permitindo que o aluno desenvolva a prática, habilidades e análise da experimentação.

O artigo de Netto et. al (2015) apresentam os resultados parciais de uma pesquisa de doutorado na qual são investigadas as estratégias adotadas por professores em formação na compreensão de alguns conceitos fundamentais da física quântica. Mais especificadamente, essas atividades didáticas abordaram a interpretação de Copenhagen, dualidade onda-partícula e fenômenos relacionados a interferência quântica. Para isso foi utilizado o software Interferômetro Virtual de Mach-Zehnder. A situação didática e estratégia elaborada pelos autores foi aplicada para dois alunos do Doutorado. Concluem então, que a partir dessas situações, estudos futuros podem ser propostos para que outras situações didáticas e estratégias sejam concebidas para potencializar processos que ocorram na Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) dos alunos.

Giacomelli et. al (2019) sob o argumento de que diversos artigos apontam para a inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, apresentam a construção de uma unidade didática para professores de física em formação. A unidade didática tem por objetivo abordar a Teoria da Relatividade Restrita, a Teoria da Relatividade Geral no ensino médio, investigar as contribuições dessa proposta didática como favorecedora da aprendizagem e conjecturar se ela é capaz de estimular os acadêmicos a adotá-la no exercício profissional futuro. Os resultados obtidos a partir da aplicação da sequência didática evidenciou que os alunos em formação demonstraram maior confiança em falar sobre os tópicos da FMC – uma vez que se sentem mais capacitados e dominantes do conteúdo.

A pesquisa de Coelho e José (2019) descreve os resultados obtidos a partir das respostas de licenciandos em física sobre aspectos relacionados aos exames de diagnóstico médico por imagem. Objetivando desenvolver uma unidade didática para explorar a FMC no Ensino Superior – André e Maria José, utilizam como ponto de partida os aspectos do

funcionamento de artefatos tecnológicos contemporâneos e como esses equipamentos podem construir algum sentido para a compreensão do aluno. Além disso, buscam responder duas indagações: (i) como licenciandos em física produzem sentidos a partir de uma unidade de ensino sobre aparelhos e exames de diagnóstico médico por imagem? (ii) como o desenvolvimento de uma unidade de ensino sobre aparelhos e exames de diagnóstico médico por imagem pode contribuir para as representações de licenciandos em física sobre alguns conceitos e noções associados à Física Moderna e Contemporânea? Os autores consideram que a construção e aplicação da unidade didática referente a FMC auxiliou os alunos a criarem sentidos sobre a explicação física dos fenômenos e a aplicação tecnológica nos aparatos.

Em síntese, notamos a partir das publicações uma certa necessidade de tornar menos abstratos os conteúdos pertencentes a FMC no ensino superior. Embora o aluno da graduação possua uma maior maturidade cognitiva, não são todos que gozam de uma bagagem matemática ou que possuem facilidade em entender essa linguagem. De maneira análoga às conclusões sobre a FMC no EM os autores das publicações pertencentes a inserção da FMC no ES, concluem que a aplicação das estratégias metodológicas a partir de práticas experimentais se mostraram satisfatórias e de certa forma foram mais inclusivas do que as abordagens puramente matemáticas.

#### **4.2.2. Discussões sobre formas de abordar a FMC no ensino superior**

Alexsandro et. al (2012) apresentam a discussão de uma abordagem conceitual e fenomenológica dos postulados da Física Quântica para alunos do nível superior. Neste trabalho, uma abordagem educacional para o ensino da FQ foi delineada, baseada na reformulação dos postulados da física quântica, cuja abordagem matematizada foi substituída pela abordagem operacional. Os autores concluem que a partir desta abordagem é possível contornar as problemáticas decorrentes do formalismo matemático, existindo uma margem para expandir e fazer uma transposição para o ensino médio.

Nelson Canzian (2016) com a intenção de explorar conteúdos pertinentes a Física Moderna e Contemporânea, desenvolveu a construção de uma modelagem computacional que permite "visualizar" o átomo de hidrogênio, além disso, se ampara em outro objetivo fundamental que é mostrar ao leitor como técnicas básicas de modelagem e visualização de dados são efetivamente implementadas utilizando um tema de interesse. Canzian utiliza a programação em HTML, CSS e JavaScript para auxiliar na visualização da distribuição de probabilidades associadas a funções de ondas do elétron no átomo de hidrogênio.

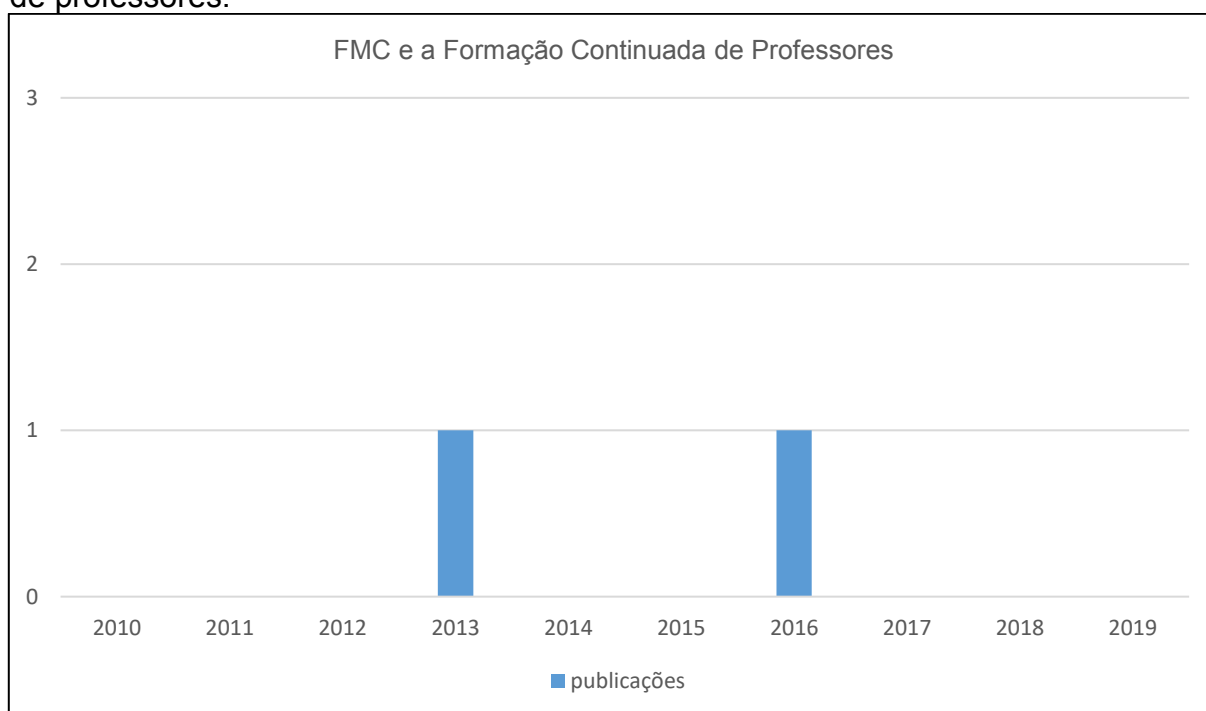
Embora o tema escolhido pertença a FMC, Canzian conclui que as ferramentas computacionais são bem abrangentes e podem ser utilizadas em outros ramos da física.

Em contraste com a categoria 1 (inserção da física moderna e contemporânea no ensino médio), mais especificadamente com a subcategoria b1, podemos notar que existem uma quantidade superior de publicações direcionadas para uma aplicação direta em sala de aula a nível Ensino Superior do que os artigos que representam apenas ideias de como trabalhar a FMC. Levando em consideração alguns fatores como idade, capacidade de aprendizado e nível de escolaridade – desenvolver a FMC a nível superior é feita com uma maior facilidade em graus de comparação com o EM. Notamos que Canzian (2016) segue uma forte tendência em usar um ferramental tecnológico para inserir a física moderna, seja a nível superior ou médio. Característica que vai diretamente com o que os Parâmetros Curriculares Nacionais argumentam em sua documentação.

### 4.3. Artigos sobre a formação de professores para trabalhar com a Física Moderna e Contemporânea

Na categoria Artigos relacionados à Física Moderna e Contemporânea e a formação de professores foram incluídos os artigos que apresentam discussões sobre propostas de formação continuada destinadas somente para os professores. Os dois artigos que se encontram nessa categoria são: Neves et al. (2013) e Marcelli, Carlos (2016).

Figura 4 – Publicações por ano dos artigos direcionados a área da formação continuada de professores.



Fonte: o autor



Com a proposta de avaliar a autoeficácia e o Ensino de Física Moderna e Contemporânea, Marcell e Carlos (2016) desenvolveram uma prática pedagógica voltada para professores. A partir da coleta de dados foi possível separar os professores participantes (78) em dois grupos conforme o nível de autoeficácia pessoal <sup>8</sup>(CAEP). Foram selecionados 10 professores com a pontuação mais alta para compor o grupo 1 e os 10 professores com a pontuação mais baixa para compor o grupo 2. Esses dez professores foram convidados para participar da segunda fase do curso – fase que teve por objetivo avaliar o grau de aproximação que os professores têm em abordar conteúdos ligados a Física Moderna e Contemporânea. Concluíram então que, os diversos instrumentos utilizados nesta pesquisa possibilitaram não somente mensurar os níveis de crenças de autoeficácia dos indivíduos participantes do estudo, mas também observar os diversos fatores que influenciaram o fortalecimento ou o enfraquecimento de suas crenças de autoeficácia.

Neves et al. (2013) descrevem os processos de interações entre professores de física que tinham o objetivo de debater como que a Física Moderna e Contemporânea pode ser inserida no Ensino Médio. Os encontros fizeram parte da formação continuada de professores de física, e a partir das proposições de Bakhtin sobre as potencialidades do discurso, foi possível identificar argumentos cada vez mais propensos a construir uma base para os debates a respeito da FMC. Concluíram que os grupos de estudos envolvendo professores podem surtir efeitos bastante significativos quando há diferentes experiências a serem compartilhadas.

Embora a quantidade dos artigos pertencentes a esta categoria sejam poucos do ponto de vista quantitativo, eles carregam muitas informações que podem apontar para um caminho que possibilite a inserção da FMC de maneira concreta: as trocas de experiências entre os professores que já estão atuando na sala de aula e os novos professores que estão iniciando a carreira. Não existe uma “receita” metodológica de como desenvolver determinado tópico pertencente a uma das áreas da física, pois existem muitas variáveis no meio do processo, sendo uma delas, as diferentes turmas e, conseqüentemente, alunos – o que implica em diferentes formas de assimilação. Mas justamente por não existir uma “fórmula” mágica é que as trocas de experiências se mostram convincentes caminhos a serem adotados.

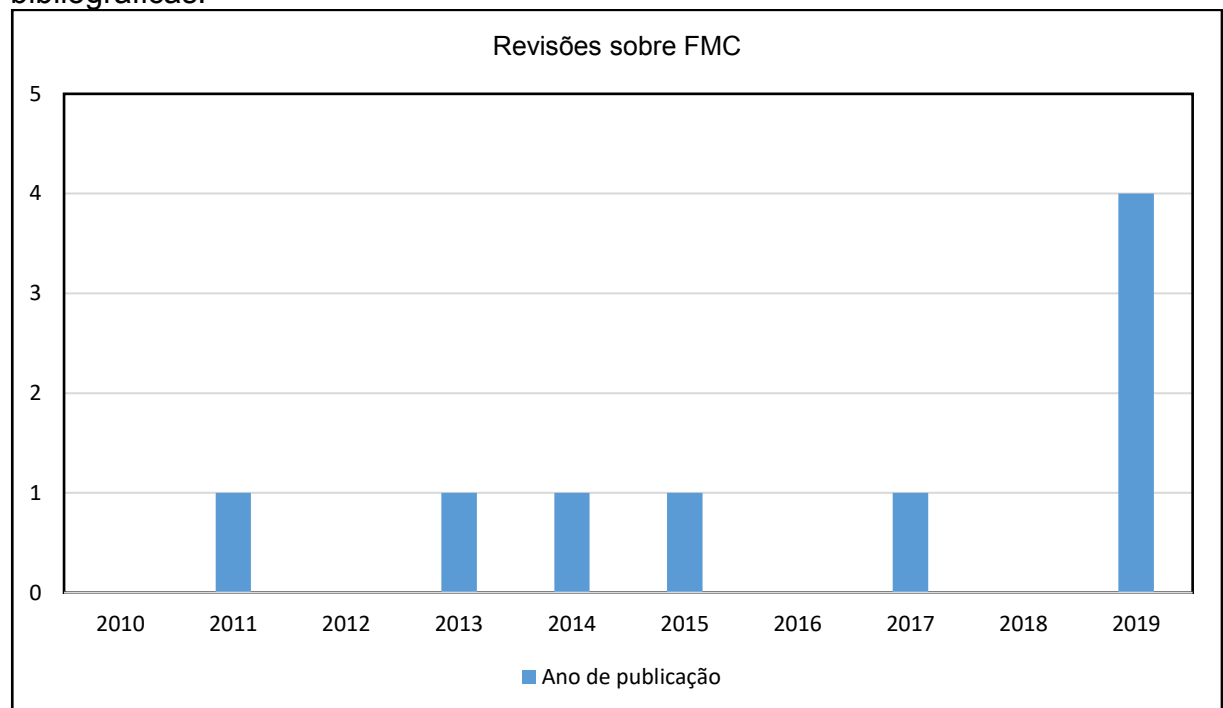
---

<sup>8</sup> Autoeficácia está relacionada com a convicção que uma pessoa possui em ser capaz de realizar determinada atividade.

#### 4.4. Artigos de revisão de literatura sobre a Física Moderna e Contemporânea

As nove publicações que correspondem a Figura 5 são aquelas que se propõe a analisar as produções e tendências sobre o tema FMC. A seguir estão todos os artigos classificados nas quatorze revistas pesquisadas. Os trabalhos serão apresentados seguindo uma ordem cronológica: Cohen (2011), Neves, Eduardo (2013), Oliveira et al. (2014), Casaro et al (2015), Aurora, Serrano (2017), Augusto, Almeida (2019), Duarte, Ary (2019), Santos et al (2019), André Coelho Silva (2019).

Figura 5 – Artigos classificados como propostas de revisões ou análises bibliográficas.



Fonte: o autor.

A proposta do trabalho de Cohen et. al (2011), foi apresentar os resultados de uma revisão de literatura sobre a pesquisa em Ensino de Mecânica Quântica - delimitando o período entre 1999 e 2009. Para formar a composição dos artigos, pesquisas foram feitas em vinte e um periódicos, nos quais os resultados obtidos totalizaram sessenta artigos de interesse. Sendo que a maioria deles foram encontrados nas categorias de “propostas didáticas” e “implementação de propostas didáticas”. Além de quantificar as publicações na área de interesse, os autores, discutiram como que a Mecânica Quântica aparece nas matrizes curriculares das universidades públicas e particulares – constatando que nas 177 instituições de ensino superior, apenas 54 disponibilizaram um ementário. Existe uma forte inclinação para a inserção da Mecânica Quântica no Ensino Superior, mas quando feita, normalmente relacionada com elementos da física clássica.

Neves e Eduardo (2013) apresentam em seu trabalho uma revisão bibliográfica das pesquisas acadêmicas que se propõem a investigar a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio em busca de suas justificativas. Para a seleção do material foi delimitado o intervalo de dez anos, realizando buscas no portal de dissertações e teses da CAPES que apresentassem as palavra-chave “Física Moderna e Contemporânea”, “Inserção de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”, “Ensino de Física Moderna e Contemporânea”. Após feita a classificação dos artigos, o principal objetivo foi procurar por justificativas e argumentos que validassem a inserção da FMC no EM. Ao todo foram selecionadas 4 teses e 25 dissertações, totalizando 29 trabalhos analisados. Concluem que as justificativas mais comuns são aquelas baseadas no que dizem os Parâmetros Curriculares Nacionais sobre a necessidade de o aluno entender as tecnologias que modificam o seu cotidiano.

Oliveira et. al (2014) realizam o desenvolvimento de uma revisão sobre livros de divulgação científica acerca da Mecânica Quântica (MQ). Partem do problemática de que normalmente a MQ é inserida nos cursos universitários de engenharia de forma muito abstrata e direta, o que pode ser um grande problema para os alunos que possuem pouca bagagem matemática. O levantamento dos artigos levou em consideração aqueles com uma abordagem mais qualitativa, isto é, sem envolver cálculos matemáticos mais sofisticados. Após analisarem os livros didáticos, concluem que, apesar da MQ estar cada vez mais presentes nos cursos de graduação, ela é sempre feita através de uma abordagem mais matemática.

Casaro et. al (2015), analisam e caracterizam as questões das provas da Olimpíada Brasileira de Física aplicadas no Ensino Médio. O principal objetivo da investigação recaí sobre os conteúdos exigidos e a forma que são abordados – considerando o intervalo do início de 1999 até o fim de 2013. Os conteúdos analisados foram separados em 6 categorias: mecânica, ondulatória, termodinâmica, eletromagnetismo, óptica geométrica e física moderna. A partir das análises, constatou-se que as questões sobre a mecânica estão presentes em todas as edições e representam mais de 62% dos desafios. Além disso, mais de 80% das questões são exclusivamente focadas em resoluções matemáticas. Os resultados mostram uma evolução no perfil da prova, que atualmente possui uma abordagem mais contextualizada e interdisciplinar.

Aurora e Serrano (2017) realizaram uma pesquisa bibliográfica com o objetivo de compor o estado da arte sobre o conceito, historicidade e contexto em pesquisas sobre o efeito fotoelétrico. Um dos pontos de partida foi tentar responder a partir dos artigos filtrados

em diferentes portais a questão “como as pesquisas para ensino de Ciências têm associado historicidade, construção de conceito e contexto ao tratar da produção e transformação da luz em efeito fotoelétrico?”. Para formar a estruturação dos artigos a serem analisados, utilizaram a palavra-chave "efeito fotoelétrico", "natureza da luz", "quântica", "quantum". A partir da busca foram encontrados 73 artigos (setenta e três) que foram analisados a partir da proposta de análise documental e caracterizados em três categorias: historicidade, construção de conceito de efeito fotoelétrico e uso de materiais didáticos. Maria Aurora e Agostinho concluem que a celebração de eventos históricos da Ciência pode engajar educadores e investigadores da área para pesquisar dificuldades de aprendizagens e gerar uma heurística positiva de avanços em pesquisas didáticas específicas.

Augusto e Almeida (2019), apresentam os resultados das analogias e metáforas em capítulos de Física Moderna nos livros didáticos do PNLD 2018. Os autores defendem que as analogias são diferentes das metáforas e ambas, quando bem inseridas no contexto, tem o poder de auxiliar na construção de um aprendizado mais significativo referente aos tópicos da FMC. Doze diferentes livros de Física foram analisados em diferentes aspectos: quantidades de páginas, estrutura, formato de apresentação, nível de enriquecimento. Em cada categoria foram quantificadas as metáforas e analogias. Concluem que os dados qualitativos mostram que tanto as analogias quanto as metáforas são utilizadas quando os autores pretendem aproximar informações familiares ou conhecimentos já estudados pelo aluno de informações novas.

Duarte e Ary (2019) realizaram uma revisão bibliográfica de modo a analisar as principais contribuições e desafios atribuídos à abordagem do tema “Nanociência e Nanotecnologia” no ensino de Física. A obtenção dos artigos levou em consideração os principais eventos nacionais em Ensino de Física: Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF), e Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciência (ENPEC). Embora a Nanociência e Nanotecnologia tenham ganhado uma certa relevância em muitos sentidos, principalmente do ponto de vista tecnológico e em várias áreas do conhecimento, as autoras concluem que os artigos mostram que, embora constata-se que está ocorrendo um desenvolvimento do cenário, ainda é bem precário o ensino do tema.

A pesquisa bibliográfica realizada por Santos et. al (2019), busca verificar como que a Arte e a Física se relacionam quando objetiva-se abordar os tópicos pertencentes a Física Moderna e Contemporânea no ensino médio. Para compor a pesquisa, foi realizada a busca por publicações em diferentes periódicos - aqueles pertencentes entre o QUALIS A1 e B2. Além disso, foram utilizados como fonte de dados, os anais do Encontro Nacional de

Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) (entre 2011 e 2017) e do Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF). Para realizar a análise das publicações foram criadas as categorias: contexto de aplicação, Relação sujeito x Produção artística e Nível de ensino. Concluem que os temas mais discutidos sobre a FMC são aqueles pertencentes a Teoria da Relatividade, e normalmente inserido a partir da literatura e imagens – modalidades que permitem um maior grau de interpretação.

André Coelho Silva (2019) em sua pesquisa apresenta, a partir das noções de Análise de Discurso, de que maneira os livros didáticos aprovados no PNLD-2018 abordam a temática das radiações na Medicina, e se ocorrem e como ocorrem as inter-relações entre Sociedade, Ciência e Tecnologia. Foram analisadas oito diferentes coleções de livros e evidenciou-se que as obras dedicam em média menos de duas páginas para abordar as radiações na medicina e que em alguns casos foi possível verificar uma rasa contextualização ou trechos que poderiam ser melhor trabalhados.

Nesta sessão observamos que as publicações a respeito das revisões de literatura ou mapeamentos sobre a Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, possuem em comum o mesmo padrão de metodologia: intervalo de 10 anos e utilizando como fonte de informação os diferentes portais/revistas pertencentes ao QUALIS A1 ou inferior, assim como os simpósios e outros eventos relacionados a divulgação científica (ENPEC e SNEF).

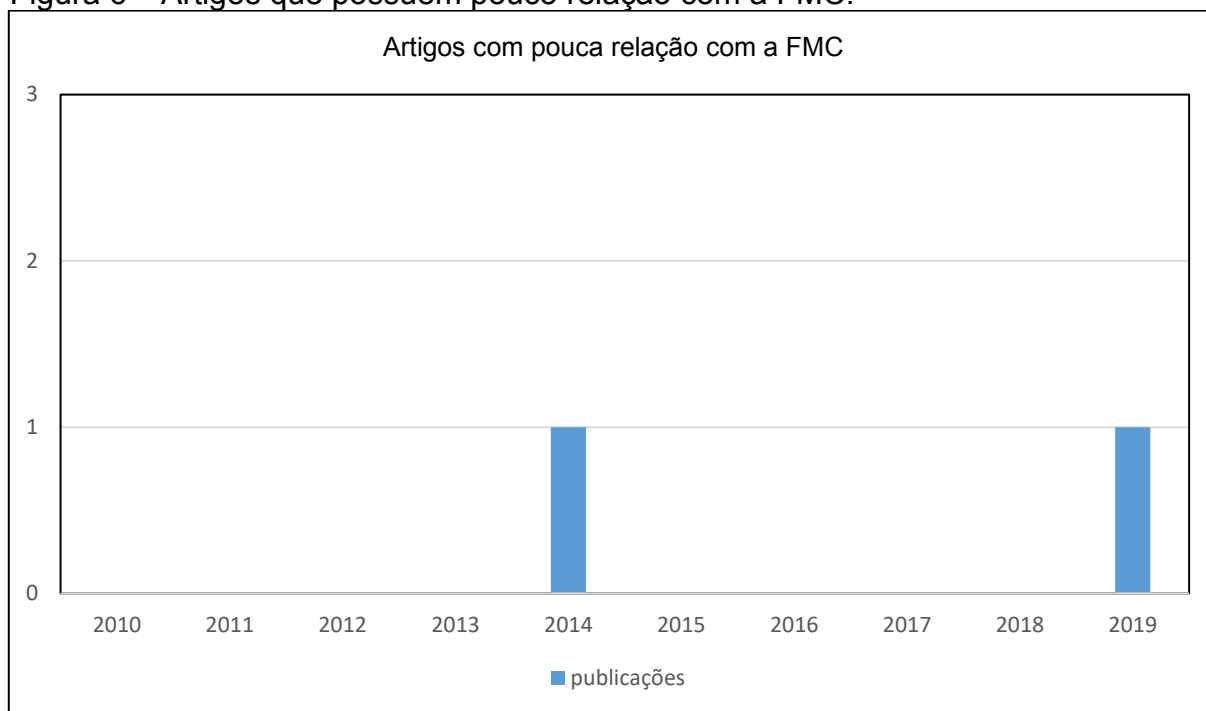
Apesar de notar uma preocupação em explorar como que a FMC está sendo abordada em diferentes níveis e formas, observa-se também uma breve tentativa de analisar como que a FMC é trabalhada no Ensino Superior (ES). Desta maneira foi possível criar duas subcategorias: (i) revisões sobre a FMC no EM, (ii) revisões sobre a FMC no ES.

As revisões de literatura pautadas no ensino médio apresentam os seguintes tópicos de investigação: Revisão sobre a FMC no EM, ou seja, como e com que esse tópico da física está sendo trabalhado; Efeito Fotoelétrico, Nanociência e Nanotecnologia, Análise de livros do PNLD, Olimpíadas Brasileira de Física – como que as questões aparecem nas provas e por último, Física e Arte. Por fim, somente duas publicações realizam uma revisão de literatura sobre a FMC no ES. E nelas observamos dois vieses: (i) análise de livros a nível superior que tratam sobre a FMC, (ii) a partir de que momento a Mecânica Quântica passou a ser inserida no meio Universitário?

#### 4.5. Outros artigos sobre a Física Moderna e Contemporânea

Na figura 6 estão classificados os artigos que mesmo após aplicados os critérios de busca, a palavra-chave – Física Moderna e Contemporânea, apareceram na composição dos resultados. Após a leitura desses artigos foi possível concluir que os mesmos possuem pouca relação com a FMC dentro do contexto esperado: inserção da FMC no ensino médio.

Figura 6 – Artigos que possuem pouca relação com a FMC.



Fonte: o autor

Foram classificados nesta categoria o total de dois artigos: Filardo, Caruso (2014) Willig (2019).

Filardo e Caruso (2014), apresentam em sua "Resenha" as intenções em parceria com outros pesquisadores amplamente reconhecidos pela comunidade de físicos brasileiros e no exterior, de dar continuidade a um projeto que visa preencher uma lacuna na bibliografia do Físico Wolfgang Pauli. A resenha é feita de forma breve, totalizando três páginas, nas quais é feita de forma sintetizada os comentários sobre os dez capítulos que compõe o livro sobre a vida de Pauli.

Willig em parceria com grandes nomes do Departamento de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), apresenta uma discussão sobre a Teoria do Enunciado Concreto de Bakhtin - principalmente a visão de mundo de Bakhtin e como que ele é influenciado pela Física Moderna. Essas discussões possuem um direcionamento para possíveis reflexões metodológicas para os Estudos das Ciências e para a Pesquisa em Educação em Ciências.

## **Considerações Finais**

Levando em consideração todos os artigos que fizeram parte da revisão apresentada neste trabalho, entende-se que a necessidade de inserir tópicos pertencentes a Física Moderna Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM) não é um desejo atual. Valente (2009) já apresenta um panorama sobre a inserção da FMC e suas expectativas e enumera diferentes motivações para introduzir a FMC, como por exemplo: capacitar o aluno para que o mesmo seja capaz de entender as tecnologias que dão forma e modificam a sua vida diariamente.

Embora exista um movimento que visa tornar a inserção da FMC mais acessível no âmbito escolar, percebemos a partir dos resultados obtidos nos diferentes periódicos, que sobram justificativas e faltam ações mais concretas para tornar realidade a inserção da FMC no EM, principalmente dentro da realidade escolar existente no país.

A partir das categorias é possível constatar que existem uma certa quantidade de artigos que descrevem reais inserções na sala de aula, mas das vinte publicações presentes na Categoria 1, somente 7 são descrições de práticas pedagógicas aplicadas diretamente. Percebe-se, também, que os tópicos mais discutidos são a respeito da Teoria da Relatividade, Efeito Fotoelétrico e Partículas – e isso induz a outro questionamento: quais os conteúdos pertencentes a FMC devem ser inseridos na extensa lista já existente?

Por todos esses aspectos, acredita-se que um dos possíveis caminhos para se tomar, a fim de melhorar a inserção da FMC no EM é capacitar e dar plenas condições para que os professores em formação consigam trabalhar os tópicos da física moderna a partir de uma espontaneidade que possui como base, o domínio sobre os tópicos da FMC. Pois de maneira indireta eles aplicam e reproduzem as metodologias que assimilam na Universidade, ambiente no qual, normalmente os conteúdos pertencentes a FMC são tratados puramente de forma matemática – o que reflete no domínio e desenvoltura do futuro professor que tende a manter as aulas puramente tradicionais.

Em vista dos argumentos apresentados, verifica-se uma necessidade de criar grupos de reflexão para que seja possível pensar em práticas pedagógicas que se aproximem cada vez mais de uma real inserção da FMC. A partir de reuniões e grupos de estudos formados por alunos da graduação e professores em formação contínua, é possível investigar alternativas para desenvolver as práticas pedagógicas referentes a Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. A troca de experiência e interesses mútuos pode se tornar um caminho a ser seguido.

## Referências

BRASIL. PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: MEC; SEMTEC, 2008.

CALHEIRO, Lisiane Barcellos; GARCIA, Isabel Krey. Proposta de inserção de tópicos de física de partículas integradas ao conceito de carga elétrica por meio de unidade de ensino potencialmente significativa. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 19, n. 1, p. 177-192, 2016.

CAPÍTULO, I.; QUÂNTICA, Velha Teoria. HISTÓRIA DA TEORIA QUÂNTICA.

CARVALHO, Anna Maria. Reformas nas licenciaturas: a necessidade de uma mudança de paradigma mais do que de mudança curricular. **Em Aberto**, v. 12, n. 54, 1992.

CAVALCANTE, Marisa Almeida; RODRIGUES, Thais Tokashiki Tavares; BUENO, Darlene Andrea. 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.

CAVALCANTE, Marisa Almeida; RODRIGUES, Thais Tokashiki Tavares; BUENO, Darlene Andrea. Controle remoto: princípio de funcionamento (parte 1 de 2). **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, p. 554-565, 2013.

COELHO, Geide Rosa; BORGES, Oto. O entendimento dos estudantes sobre a natureza da luz em um currículo recursivo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 1, p. 63-87, 2010.

DA SILVA, André Coelho. AS RADIAÇÕES NA MEDICINA: O QUE DIZEM LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA DO ENSINO MÉDIO? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 3, p. 222-243, 2019.

DA SILVA NETTO, Jader; DE HOLANDA CAVALCANTI, Cláudio José; OSTERMANN, Fernanda. Dificuldades e estratégias para compreensão do conceito de emaranhamento quântico: um estudo na formação inicial de professores de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1-36, 2019.

DA SILVA, João Ricardo Neves et al. O grupo de estudos e discussão como subsídio ao desenvolvimento de interações discursivas auto-organizadas entre professores de física sobre a temática teoria da relatividade. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 1, p. 9-25, 2013.

DA SILVA, João Ricardo Neves; ARENGHI, Luis Eduardo Birello; LINO, Alex. Porque inserir física moderna e contemporânea no ensino médio? Uma revisão das justificativas dos trabalhos acadêmicos. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 6, n. 1, 2013.



DA SILVA, Jonas Jorge. A estrutura erigida para a relatividade de Einstein: o espaço-tempo de Minkowski. *Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada*. Ponta Grossa, v. 4, n. 2, p. 62-75, dez. 2017.

DA SILVA, Nelson Canzian. Física Moderna e técnicas computacionais: como ver o átomo de Hidrogênio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, p. 667-696, 2016.

DA SILVA, Nelson Canzian. Laboratório virtual de física moderna: atenuação da radiação pela matéria. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 1206-1231, 2012.

DE CARVALHO, Gabriel Junior Dias. O esquema de movimento como organizador da ação em mecânica clássica e relativística. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 20, n. 3, p. 205-235, 2015.

DOS SANTOS SILVA, Aline; REIS, José Claudio; REGO, Sheila Cristina Ribeiro. 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.

EBERHARDT, Dario et al. Experimentação no ensino de Física Moderna: efeito fotoelétrico com lâmpada néon e LEDs. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 2017.

ERTHAL, João Paulo Casaro; DA SILVA PIROVANI, Filipe Eduardo; CAMPOS, Ramón Giotri. 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.

ERTHAL, João Paulo Casaro et al. Análise e caracterização das questões das provas da Olimpíada Brasileira de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 1, p. 142-156, 2015.

FERNANDES, Rúbia de Fátima Antunes Martins 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.

FERREIRA, Danilo Cardoso; DE SOUZA FILHO, Moacir Pereira. O experimento virtual da dupla fenda ao nível de ensino médio (Parte I): uma análise clássica do comportamento corpuscular e ondulatório e o desenvolvimento de um software computacional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, p. 697-716, 2016.

FERREIRA, Danilo Cardoso; DE SOUZA FILHO, Moacir Pereira. O experimento virtual da dupla fenda ao nível do ensino médio (Parte II): uma análise quântica do comportamento corpuscular e ondulatório da luz. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, p. 302-329, 2019.

FILARDO, M. Pauli. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 31, n. 3, p. 739-741, dez. 2014.

GIACOMELLI, Alisson Cristian; PEREZ, Carlos Ariel Samudio; DA ROSA, Cleci Teresinha Werner. Discussão sobre a inserção de tópicos de relatividade no ensino médio: análise na

voz de professores de Física em formação. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 15, n. 34, p. 130-150, 2019.

GUERRA, Andreia; REIS, José Claudio; BRAGA, Marco Antonio Barbosa. 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.

KELLY, G. Espectroscopia para o ensino médio utilizando a placa arduino. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**. Ponta Grossa, v. 10, n. 2, p. 1-17, mai./ago. 2017.

KOPP, Felipe Augusto; DE ALMEIDA, Voltaire. 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.

LEMES, E. Atividade experimental como recurso para interação de alunos com transtornos específicos de aprendizagem em Física Moderna e Contemporânea. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**. Ponta Grossa, v. 10, n. 1, p. 1-15, jan./abr. 2017.

LIMA, Nathan Willig et al. A teoria do enunciado concreto e a interpretação metalinguística: bases filosóficas, reflexões metodológicas e aplicações para os estudos das ciências e para a pesquisa em educação em ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 24, n. 3, 2019.

LOBATO, Teresa. Análise da inserção de conteúdos de teoria quântica nos currículos de física do ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 119-132, 2005.

LORENTZ, H. A.; EINSTEIN, A.; MINKOWSKI, H. Textos Fundamentais da Física Moderna, I volume-O Princípio da Relatividade (3ª edição). **Editora da Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa**, 1958.

MARTINS, Roberto de Andrade. Física e história. *Ciência e Cultura*, v. 57, n. 3, p. 25-29, 2005.

MOREIRA, Herivelto; CALEFFE, Luiz Gonzaga. **Metodologia da pesquisa para o professor pesquisador**. DP & A, 2006.

NETTO, Jader da Silva; CAVALCANTI, Claudio Jose de Holanda; OSTERMANN, Fernanda. Estratégias discursivas adotadas por professores em formação na compreensão do fenômeno da complementaridade em atividades didáticas mediadas pelo interferômetro virtual de Mach-Zehnder. **Revista brasileira de pesquisa em educação em ciências. Porto Alegre. Vol. 15, n. 2 (2015), p. 293-320**, 2015.

OSTERMANN, Fernanda; DOS SF RICCI, Trieste. Construindo uma unidade didática conceitual sobre Mecânica Quântica: um estudo na formação de professores de Física. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 2, p. 235-257, 2004.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antonio. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. **Investigações em ensino de ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2016.

PANTOJA, Glauco Cohen Ferreira; MOREIRA, Marco Antonio; HERSCOVITZ, Victoria Elnecave. Uma revisão da literatura sobre a pesquisa em ensino de Mecânica Quântica no período de 1999 a 2009. **Revista brasileira de ensino de ciência e tecnologia. Ponta Grossa. Vol. 4, no. 3 (set./dez. 2011), p. 1-34**, 2011.

PEREIRA, Alexsandro et al. Uma abordagem conceitual e fenomenológica dos postulados da física quântica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, p. 831-863, 2012.

PESSANHA, Márlon. Obstáculos cognitivo-epistemológicos e modelos explicativos no estudo sobre a estrutura da matéria nas aulas de física. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 2, 2018.

PESSANHA, Márlon; PIETROCOLA, Maurício. O ensino de estrutura da matéria e aceleradores de partículas: uma pesquisa baseada em design. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n. 2, p. 361-388, 2016.

PESSOA JR., Osvaldo. História da teoria quântica. Disponível em: <http://opessoa.fflch.usp.br/sites/opessoa.fflch.usp.br/files/Hist-MQ-2.pdf> acessado em: 23/05/2021

PINHEIRO, Lisiane Araujo. A câmara de nuvens: uma abordagem integrada entre a Física Clássica e a Física Moderna. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, p. 517-528, 2015.

POLKINGHORNE, John. Teoria quântica. **Porto Alegre: L&PM**, 2011.

REIS, Mari Aurora Favero; SERRANO, Agostinho. Pesquisa Bibliográfica em Historicidade, Conceitos e Contextos na Produção e Transformação da Luz por meio da Teoria Quântica. **Acta Scientiae**, v. 19, n. 3, 2017.

ROCHA, Diego Marcell; RICARDO, Elio Carlos. 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.

SABINO, Aline Ribeiro; PIETROCOLA, Maurício. Saberes docentes desenvolvidos por professores do ensino médio: um estudo de caso com a inserção da física moderna. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 21, n. 2, p. 200-216, 2016.

SAGAN, Carl. O mundo assombrado pelos demônios: a ciência vista como uma vela no escuro. Editora Companhia das Letras, 2006.

SANTANA, Fábio Bartolomeu; DOS SANTOS, Paulo José Sena. 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.

SILVA, Luciene Fernanda da; ASSIS, Alice. Física Moderna no Ensino Médio: um experimento para abordar o efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, p. 313-324, 2012.

SILVA, André Coelho; ALMEIDA, Maria José PM. Respostas de licenciandos em Física sobre aspectos relacionados aos exames de diagnóstico médico por imagem. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, p. 769-794, 2019.

SILVEIRA, Sérgio; GIRARDI, Mauricio. 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, 2017.

SIMON, Fernanda Oliveira; NOGUEIRA, Renata Nascimento; VICENTIN, Flávio César. Avaliação de livros de divulgação científica acerca da Mecânica Quântica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 7, n. 2, 2014.

TERRAZZAN, Eduardo A. **Perspectivas para a inserção da Física Moderna na escola média. 1994.** 1994. Tese de Doutorado. Tese de Doutorado—Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, São Paulo.

TONET, Michele Duarte; LEONEL, André Ary. 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.

VALENTE, Ligia. **A Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: caminhos para a sala de aula.** 2009. Tese de Doutorado.

VICENTE, T. Alfabetização científica e acadêmica: um olhar sobre o ensino de física moderna e contemporânea na educação básica. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**. v. 10, n.3, p. 01-17, 2019.