

O cenário das pesquisas sobre história e filosofia da física quântica no ensino de física

The scenery of research on History and Philosophy of Quantum Physics in Physics teaching

Iara Pereira de Queirós
Universidade Federal de Goiás
iarafis@gmail.com

Luiz Gonzaga Roversi Genovese
Universidade Federal de Goiás
luizgenovese@gmail.com

Wellington Pereira de Queirós
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul
Wellington.queiros@ufms.br

Resumo

O objetivo dessa pesquisa é realizar um levantamento bibliográfico para compreendermos como está o cenário das pesquisas de História e Filosofia da Física Quântica (FQ) no ensino de Física. Para isto, acessamos o catálogo de teses e dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) para selecionar trabalhos que tratam da abordagem histórico-filosófica da Física Quântica no ensino de física. Encontramos um total de 8 trabalhos, num recorte temporal que perfaz o ano de 2009 a 2021. Adotamos uma metodologia de pesquisa qualitativa sem intervenção do tipo análise documental. O quantitativo de teses e dissertações no delineamento dessa pesquisa é considerado incipiente, de acordo com os dados analisados. Encontramos apenas uma tese e uma dissertação que impactam diretamente a formação inicial de professores, os demais trabalhos foram dissertações, três das quais voltadas para o ensino médio e três trabalhos de pesquisa que apresentam implicações para o ensino.

Palavras chave: história e filosofia da ciência, física quântica, ensino de física

Abstract

The objective of this research is to carry out a bibliographic survey to understand how the research of History and Philosophy of Quantum Physics is in the teaching Physics. For this, we access the thesis and dissertations catalog of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) to select works that deal with the historical-philosophical approach of Quantum Physics in the Physics teaching. We found eight works in a time frame from 2009 to 2021. We adopted a qualitative research methodology without an intervention of

the documentary analysis type. The number of theses and dissertations in the design of this research is considered incipient, according to the data analyzed. We found only one thesis and one dissertation that directly affects the initial training of teachers, the other works were dissertations, three of which focused on high school and three research works that have implications for teaching.

Key words: history and philosophy of science, quantum physics, physics teaching

Introdução

O ensino de Física tem enfrentado dificuldades no âmbito de sua atualização e renovação, de acordo com as diretrizes legais de ensino, a saber, os fundamentos estéticos, políticos, éticos do ensino médio, a contextualização, a interdisciplinaridade, as competências e habilidades (RICARDO,2002). Essas dificuldades estão associadas aos objetivos dessa área de conhecimento. Para uma boa formação tanto no nível médio e superior, é necessário que a Física colabore para uma discussão a respeito da Ciência e Tecnologia, que permitem uma aproximação com os fenômenos físicos, bem como com os instrumentos tecnológicos que estão ao nosso alcance (REZENDE JÚNIOR; DE SOUZA CRUZ,2009). Temos o direito a um ensino capaz de nos preparar para intervir na sociedade com criticidade, capacitando-nos para uma intervenção mais efetiva.

Existe uma emergência teórico-metodológico nos currículos de educação (REZENDE JÚNIOR; DE SOUZA CRUZ, 2009; NOGUEIRA; SIMON; VICENTIN,2014), com a inclusão de temáticas que vão além dos conhecimentos clássicos abordados na escola. Nesse aspecto emergencial temos como foco a Física Moderna e Contemporânea (FMC), que aborda conteúdos de Física do século XX, a qual enquadra-se na aquisição de novos conhecimentos para uma formação adequada do indivíduo (NOGUEIRA; SIMON; VICENTIN,2014). Os aparatos tecnológicos inseridos em nosso cotidiano, tais como células fotoelétricas, lasers, dentre outros, são exemplos provenientes da FMC.

Dentre os tópicos associados à FMC, daremos destaque nesse trabalho para a Física Quântica (FQ), assunto na pauta de algumas revisões de literatura ao longo dos anos (MOREIRA; OSTERMANN,2000; HERCOVITZ; MOREIRA; PANTOJA,2011). Inclusive, Moreira e Ostermann (2000), listaram um conjunto de justificativas para a inserção de FMC no ensino médio. Dentre as justificativas, a defesa por parte dos Parâmetros Curriculares Nacionais(PCN) e a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), bem como um ensino contextualizado que possibilite ao educando um ensino mais humanizado. Em seus resultados, apresentam um outro dado importante, uma quantidade irrisória de pesquisas voltadas para concepções alternativas acerca de FMC, os autores Pereira e Ostermann (2009) em sua revisão, revelam o mesmo quadro.

Além dos resultados mencionados nas revisões de literatura supracitadas, algumas pesquisas (SCHITTLER; MOREIRA, 2016) mostram que a inserção de FQ no ensino médio possui uma gama de dificuldades que precisam ser superadas. Os autores apontam as principais dificuldades sob a ótica dos professores de Física do ensino médio. Dentre as dificuldades podemos destacar a carga horária muito curta, para um programa de conteúdo muito extenso. Isso nos leva a questionar sobre o que dizem as pesquisas sobre o ensino de FQ no curso superior. De acordo com Montenegro e Pessoa Júnior, (2002) a preocupação com uma linguagem excessivamente matemática nos cursos de graduação constituem um empecilho na interpretação e considerações acerca de FQ por parte dos estudantes na formação inicial de professores. Os autores sugerem

uma metodologia alternativa, mais conceitual na abordagem de FQ. Greca e Moreira (2001), e Almeida e Silva (2011), em suas revisões de literatura, salientam a necessidade de uma abordagem qualitativa, filosófica e cultural de tópicos de FQ no ensino superior.

Pesquisadores apontam que a abordagem em História e Filosofia da Ciência (HFC) é um recurso que facilita a aprendizagem do aluno no âmbito conceitual (EL-HANI, C; FREIRE JÚNIOR; TEIXEIRA, 2009; ALMEIDA; SILVA, 2011), conforme sugerem as revisões de literatura. Na verdade, ela pode ser capaz de fornecer informações que faça o aluno compreender a natureza da ciência e identificá-la como parte da cultura humana. Para que se garanta uma discussão de tópicos de FQ de acordo com a necessidade atual, com temáticas às quais estejam inseridas no cotidiano do aluno, a história e filosofia da ciência funciona como um eixo norteador. Pretende-se com essa ferramenta mostrar ao estudante que o conhecimento não é fragmentário, e que contribui para a compreensão de como ocorre o processo de produção da ciência, fator importante para o ensino de ciências (GUERRA; BRAGA; REIS, 2010). Diante das necessidades apontadas pelos autores com relação a abordagem acerca da FMC, propomos um estudo de revisão bibliográfica em teses e dissertações sobre o uso da História e filosofia de Física Quântica no ensino de Física.

Metodologia

Com o intuito de cumprir com o objetivo proposto, realizamos uma pesquisa do tipo análise documental qualitativa não empírica sem intervenção (SILVA ROSA, 2015). Trata-se de uma análise interpretativa do material coletado. Ela consiste em quatro etapas a saber, definição das palavras-chaves, definição do escopo, seleção do corpus e por último, a análise. Para a coleta, utilizamos as palavras-chave Física Quântica e História e Filosofia da Ciência, ensino de física em fontes secundárias, tais como teses e dissertações.

O escopo consistiu na busca no catálogo de teses e dissertações da CAPES a partir dos operadores Booleanos AND, OR e AND NOT. Incluímos um recorte temporal de 2009 a 2021, cuja temática abordada é a contribuição da História e filosofia da Ciência com vistas para a educação em ciências, com especificidade em ensino de física. Para a escolha e quantificação do corpus, realizamos leituras dos títulos e resumos. Quando estes não especificavam os objetivos, metodologias e resultados alcançados, avançamos para outras seções, como a metodologia e a discussão de resultados. Seguindo essas etapas, encontramos 12 trabalhos, sendo 8 dissertações e 4 teses. Porém, ao realizarmos a análise, em que se constrói uma ficha, contendo título da tese ou dissertação, autores e data de publicação, encontramos a necessidade de exclusão de alguns trabalhos. Isso se deveu ao fato de que durante uma leitura mais atenta do corpus, identificamos que alguns deles não eram pesquisas com objetivos na área de educação em ciências, com foco no ensino de Física Quântica. O quantitativo final ficou, 1 tese e 7 dissertações.

A análise documental é dividida em dois tipos de construção textual, síntese ou crônica (SILVA ROSA, 2015). O primeiro é caracterizado pela sintetização a partir de semelhanças e oposições encontrados nos diferentes trabalhos levantados. O segundo modo de construção textual, o qual foi utilizado nesse trabalho, é a crônica. A crônica consiste em descrever os objetivos propostos pelos pesquisadores, as metodologias e os resultados atingidos.

Resultados

A tabela 1 abaixo mostra os dados adquiridos através da análise do material selecionado para a pesquisa documental. Foram encontrados um total de 8 trabalhos, sendo 7 dissertações e somente uma tese de doutorado, os quais utilizam uma abordagem histórico-filosófica para a discussão de conteúdos de Física Quântica. Tendo em vista que não necessariamente esta é a abordagem mais efetiva e que de fato garante a aprendizagem do estudante, esperávamos mesmo assim, um quantitativo maior do que fora encontrado. Para um recorte temporal de 12 anos, temos um resultado incipiente, conforme mostra a tabela 1.

Levando em consideração a quantidade de universidades e centros tecnológicos de educação existentes em nosso país, alguns fatores foram verificados em nossa pesquisa, percebe-se um desinteresse das instituições de ensino superior (IES) por HFC como contribuição para a educação em ciências, com especificidade no ensino de Física. Apenas cinco IES desenvolveram pesquisas com essa temática. Um outro fator que nos chamou atenção, das cinco instituições, 3 se encontram na região sudeste. Nessa região o Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET) do Estado do Rio de Janeiro, é o que demonstrou maior interesse na abordagem histórico-filosófica. Na questão cronológica, encontramos 3 trabalhos concentrados no ano de 2013, em contrapartida, observamos um gap de 2017 a 2020.

Cabe a nós demonstrar uma grande insatisfação com a realidade encontrada. Precisamos compreender que os caminhos metodológicos tanto de ensino quanto de pesquisa precisam ser avaliados com mais atenção pelo ensino de física. O ensino de física tem por objetivo promover ao estudante uma formação sociocultural. Acreditamos que os professores formadores ainda estão preocupados com a resolução de problemas matemáticos, esquecendo que essa área de conhecimento precisa romper os limites impostos por uma educação tradicional. O estudante necessita de metodologias que sejam capazes de fazê-los compreender a natureza da ciência.

Para que a inserção de FQ no ensino médio seja uma realidade, é necessário que a mudança parta dos centros de formação de professores e das políticas públicas dos Estados. Os trabalhos relacionados na tabela 1 buscam inspirar professores do ensino superior e médio, com proposta inovadores e facilitar a aprendizagem nesses níveis de conhecimento. Encontramos sequências didáticas como jogos, teatro, questionários que foram elaborados numa perspectiva histórico-filosófica, muitas delas direcionadas para o ensino médio e outras que podemos utilizar para todos os níveis de conhecimento. Os professores formadores necessitam fazer uma leitura desse material encontrado, para que possam intervir de modo mais efetivo na sala de aula.

Tabela 1

Título	Tese/Dissertação	Autor	Ano	Instituição
William Whewell e Werner Heisenberg: Aproximações Epistemológicas	Dissertação	Rita de Cássia Foelker	2011	Universidade São Judas Tadeu
A Apropriação do Termo Quântico: De Que Forma a Física Moderna e Contemporânea é Divulgada Por Outras Áreas de Conhecimento	Dissertação	Thiago Tavares da Costa	2013	CEFET-RJ
“E o Elétron? É Onda ou Partícula?” Uma Proposta Para Promover a	Dissertação	Elcio de Souza Lopes	2013	Universidade de São Paulo



Ocorrência da
Alfabetização Científica
Moderna e Contemporânea
em Estudantes do Ensino
Médio

As contribuições da
História e Filosofia da
Ciência para o Ensino de
Física Quântica na
Educação Básica

Dissertação

Thiago Ungericht
Rocha

2013

Universidade
Federal do Paraná

O Efeito Fotoelétrico e a
Natureza da Luz Através
de um Enfoque Histórico-
Filosófico: Uma Proposta

Dissertação

Matheus Furtado
da Silva Netto

2015

CEFET-RJ

Bohr e o Princípio da
Complementaridade:
Subsídios Para Materiais
Educacionais Numa
Abordagem Histórica

Dissertação

Weiller Vilela
Rodrigues

2016

CEFET-RJ

Do Místico ao Quântico: O
emaranhamento de
cosmologias no
desenvolvimento da Física
Moderna e
Contemporânea.

Dissertação

Daniel Pigozzo

2021

Universidade do
Rio Grande do
Sul

A Natureza da Ciência na
Formação Inicial de
Professores de
Física: Contribuições do
Teatro Científico-
Experimental

Tese

Enery Gislayne
Sousa Melo

2016

Universidade
Federal Rural de
Pernambuco-PE

Na dissertação de Foelker (2011), esta buscou mostrar a aproximação epistemológica de William Whewell, filósofo inglês do século XIX, com o pensamento de Werner Heisenberg, filósofo e cientista do século XX. Para tanto, foi utilizada como metodologia a pesquisa exploratória bibliográfica.

Através desse recurso metodológico, realizou-se uma análise da epistemologia e da teoria da verdade e seu entendimento acerca do importante papel da intuição de William Whewell, demonstrando a partir disso, que suas ideias corroboram com Heisenberg. Heisenberg defende que o conhecimento se modifica com a história e o progresso inegável da ciência. Esse cientista afirma que grandes mudanças a respeito do pensamento científico, se deu com o desenvolvimento da teoria quântica. Essa vem para colaborar com uma ruptura na realidade objetiva provocada pela antiga concepção atomista, cedendo espaço para o conceito de uma realidade abstrata.

De qualquer modo, verificou-se que algumas ideias de William Whewell ainda são consideradas atuais, devido a quebra de paradigma com o surgimento da física moderna e que sustentaram a teoria da realidade de Heisenberg. Conhecer o pensamento de Heisenberg através de sua bibliografia contribui para que o estudante, seja do nível superior ou médio, compreenda que

no campo científico coexistem diferentes ideias. É interessante comentar que as proposições de Heisenberg sobre a constituição da matéria e da teoria quântica, encontram-se embasadas em sua filosofia. Ao contrário dos físicos considerados ortodoxos, que optaram por deixar de lado a filosofia, para adotarem uma postura mais pragmática, Heisenberg defende que a filosofia está entrelaçada à ciência. Portanto, as investigações científicas que permitem novas descobertas têm consequências para a filosofia, e o contrário também ocorre.

Costa (2013) faz uma análise qualitativa de como se dá a apropriação de uma linguagem científica por obras de outras áreas do conhecimento, através da pesquisa bibliográfica e tendo como referenciais metodológicos Bogdan e Biklen, para justificar essa análise. O autor investigou a coerência e a imagem que determinadas obras da literatura têm da ciência, utilizando para isso a abordagem Histórica e Filosófica da Física Quântica. O termo que é utilizado para essa análise é a palavra quântico. As obras que foram avaliadas são O Ser Quântico, de Danah Zohar e O Tao da Física cujo autor é Fritjof Capra. A escolha desses livros se deve ao fato da grande procura popular e porque discorrem sobre Física Quântica. Além disso, realizou-se uma análise do discurso através de Orlandi (2012). A organização dos dados retirados dos livros, foi realizada pela categorização proposta por Bardin (1977).

Após a análise dessas duas obras, algumas observações importantes foram pontuadas. No livro escrito por Fritjof Capra, aparece uma abrangência teórica acerca de conceitos de Física Quântica, especificamente na teoria relativística de campo. Porém, quando Capra justifica uma linguagem mística para FQ utilizando para isso os conceitos dessa teoria, Costa (2013), considera que há um enfraquecimento acadêmico de seu trabalho.

Em relação a obra de Danah Zohar, a estrutura do seu livro é semelhante ao adotado por Capra. Na publicação O ser Quântico, Zohar usa a teoria quântica como instrumento motivacional para as pessoas trabalharem seu interior e sua relação interpessoal. Os autores, de modo geral se apropriam da linguagem científica, em especial a FQ para justificar suas análises realizadas em outras áreas do conhecimento e para agregar valor às suas obras.

Pigozzo (2021) desenvolveu em uma dissertação a qual também aborda o fenômeno cultural do misticismo quântico. O autor destaca que o objetivo geral do trabalho consistiu em analisar o misticismo quântico e os vários conhecimentos imbricados a este fenômeno. Sob a sustentação teórica de Max Jammer, o autor em seus objetivos específicos aponta a necessidade em compreendermos a conduta dos acadêmicos acerca do misticismo quântico, quais definições apresentam, quais abordagens adotam, bem como as implicações para a educação em ciências. Para a análise das abordagens, o autor selecionou dois autores associados à temática misticismo quântico: Deepak Chopra e Fritjof Capra. O autor salienta em seus resultados a respeito do fenômeno cultural do misticismo quântico, a necessidade de uma concordância entre os pares acadêmicos a respeito de sua definição. Além de aprenderem a lidar com os discursos científicos que circulam na sociedade.

Durante a seleção dos trabalhos a serem analisados, que de alguma forma utilizam uma abordagem histórica e filosófica ou que tenha feito menção desta com fins para educação em ciência, encontramos uma tese que também faz um estudo sobre o que o autor denomina de apropriações indébitas da linguagem científica no contexto da educação científica (MACHADO,2017). Assim como Costa (2013), Machado (2017) categorizou algumas obras da literatura com o intuito de analisar o movimento denominado de misticismo quântico. O estudo da apropriação aconteceu em obras consideradas consagradas na literatura a saber, Amit Goswami, Deepak Chopra e Fritjof Capra, esse último também utilizado por Costa (2013). O

framing metafórico, o qual constitui a análise da pesquisa, consistiu no estudo de fragmentos das obras dos autores mencionados anteriormente.

Para o entendimento de como se dá a apropriação e uma ressignificação dos conceitos científicos, Bachelard foi o referencial teórico dessa tese, possibilitando a compreensão do mecanismo de obstáculos via uso abusivo de framings metafóricos. Outra observação que devemos citar é que ao longo das leituras realizadas nas obras estudadas, o uso de fatos da história e filosofia da ciência como framing metafórico foi encontrado. Isso significa que os autores de obras místico quânticos citam nomes de cientistas, frases e pensamentos soltos no meio do texto para legitimar a apropriação do termo científico. De acordo com o autor, a apropriação sempre fez parte da cultura de uma sociedade, porém, devemos ter os devidos cuidados para que ela não seja utilizada de modo abusivo. Portanto, a educação científica contribui para a tomada de decisão de como as apropriações devem ser conduzidas.

Ainda sobre misticismo quântico, Saito (2019) analisa como a teoria quântica foi apropriada e adquiriu novos significados e interpretações, ao circular no meio sociocultural e as suas possíveis contribuições para o Ensino de Ciências. Esse trabalho faz uma investigação da origem histórica e social, os mecanismos de divulgação da FQ e a gênese de sua relação com o misticismo. A circulação das diferentes interpretações da FQ num meio não-científico, são evidenciados colaborando também, para o contexto do misticismo quântico. A autora também cita como mecanismo de circulação e apropriação do conhecimento científico as obras mais importantes do movimento místico quântico e seus autores, tais como O tao da física de Fritjof Capra, A cura quântica de Deepack Chopra, e o universo autoconsciente de Amit Goswami. Para o estudo de como se deu a circulação de conhecimentos de FQ em meios não-científicos e a origem de sua relação com o misticismo, a autora adotou a epistemologia de Ludwick Fleck.

Assim, foi possível fazer as seguintes averiguações tidas como resultados dessa investigação, de que a circulação de conhecimentos ocorre como desenvolvimento da ciência. Além disso, a origem do misticismo ocorreu dentro do próprio coletivo de pensamento científico que fundamentaram a teoria quântica. Isso significa que, de acordo com a autora, não há um conhecimento científico fechado e paralisado, com a finalidade de protegê-lo de alguns males sociais.

Esses quatro trabalhos (COSTA, 2013; MACHADO, 2017; PIGOZZO, 2021; SAITO, 2019), sugestionam uma preocupação do meio acadêmico com o uso, muitas vezes considerado abusivo da ciência, partindo de pessoas de outros campos do conhecimento, como médicos, psicólogos dentre outros profissionais com a finalidade de dar crédito a seus trabalhos. Tal preocupação abre uma discussão filosófica a respeito da demarcação da ciência, e certamente teremos muitos debates acerca da temática misticismo quântico.

Uma proposta metodológica de ensino denominada sequência de ensino investigativo (SEI) foi utilizada por Souza Lopes (2013). Essa proposta tem como intuito levar ao estudante do ensino médio uma compreensão da dualidade onda-partícula. A sequência didática baseou-se na análise histórica dos artigos originais de JJ Thomsom (1897), GP Thomson (1923) e de A Tonomura et al (1989), a partir destes, foram elaboradas entrevistas fictícias. Além das entrevistas, também foram utilizados experimentos e dois tipos de jogos, o futebol de dedos e o futebol de ondas. A sequência de ensino investigativo realizada propiciou ao estudante elementos que contribuem para a argumentação e também para a sua alfabetização científica, é importante ressaltar que não foi mencionada a metodologia de pesquisa.

Rocha (2013) faz uma análise sobre os efeitos de uma abordagem histórico-filosófica da ciência para o ensino de Física Quântica na Educação Básica. A metodologia de pesquisa é o estudo de

caso. Para a obtenção de resultados, uma proposta didática de 12 aulas foi aplicada numa turma concluinte do ensino médio, cujo título é Física Quântica e a compreensão da estrutura da matéria. A proposta surgiu através das discussões sobre a necessidade de inserção da Física moderna no ensino básico, com assuntos associados à FQ. Da abordagem da História e Filosofia da ciência no ensino de ciências, bem como na análise dos livros de física aprovadas para o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2012. A análise nos livros aprovados se deu com o intuito de verificar se os autores de livros didáticos fizeram uma abordagem histórico-filosófica da ciência. Através de todas as etapas do trabalho em questão, o pesquisador detectou que o uso da abordagem HFC perturbou a visão deformada que os alunos têm de ciência. Ao contrário do que sugerem os autores dos livros aprovados no PNLD de 2012, a proposta didática que foi apresentada, com o objetivo de estudo dos fundamentos da Física Quântica, partiu da evolução dos modelos atômicos.

Silva Netto (2015) discorre acerca de uma sequência didática em torno do efeito fotoelétrico e a natureza da luz, numa abordagem histórico-filosófica da ciência para turmas de terceiro ano do ensino médio. A sequência didática foi desenvolvida através da experimentação, simulação computacional, e aulas expositivas. Na elaboração da sequência didática duas metodologias de ensino foram utilizadas: a narrativa histórica, que consistiu na leitura de um texto literário “Einstein e o céu azul”, e o gráfico do tempo, o qual condensa a apresentação dos slides referentes ao conteúdo histórico em uma única plataforma.

A metodologia de pesquisa utilizada consistiu na coleta de dados. Para a coleta dos dados, o autor utilizou como instrumentos, registros dos questionamentos levantados pelos alunos após a aplicação da narrativa histórica, proposição de resumos para serem executados acerca dos temas discutidos em sala de aula. Também, a resposta dos alunos ao questionário construído das questões levantadas a respeito da narrativa histórica e o registro das impressões que os pesquisadores tiveram no decorrer das aulas.

Como resultados, pode-se destacar que os estudantes compreenderam as discussões a respeito da natureza da luz, tendo em mente a existência de limitações e virtudes. Além disso, a sequência didática é capaz de fornecer subsídios para discussões acerca da natureza da ciência.

Rodrigues (2016), no intuito de problematizar visões ingênuas da ciência, tanto em meios formais e não formais e ainda ilustrar a complexidade e os diferentes fatores relacionados a construção do conhecimento científico propõe uma pesquisa bibliográfica. Essa pesquisa é fundamentada na História e Filosofia da Ciência. A análise utilizou o contexto sociocultural em que Niels Bohr trabalhou, afinal de contas, esse cientista é o precursor da complementaridade. Portanto, o autor faz um levantamento histórico através do contexto que Niels Bohr vivenciou em meados dos anos de 1920 a 1940. Todas as informações históricas contidas nesse trabalho têm o intuito de serem utilizadas para elaboração de material didático que poderão ser veiculados na TV, cinema, internet, revistas, livros, para a divulgação da complementaridade de Bohr. Assim, o material produzido possibilita minimizar as ideias ingênuas que o cidadão tem da ciência, e a compreensão de como ela evolui.

Sousa Melo (2016) apresenta uma forma de introduzir a Natureza da Ciência nos cursos de formação inicial de professores numa abordagem histórica de conteúdos de FQ. Os conteúdos selecionados foram o Princípio de Incerteza e o Princípio da Complementaridade. Para que tais conteúdos fossem ensinados, foi proposto o denominado Teatro Científico-Experimental (TCE). Para dar o suporte teórico no desenvolvimento desse teatro, a teoria de aprendizagem de George Kelly foi utilizada, juntamente com as características do teatro de Bertolt Brecht. As

características do teatro de Bertold Brecht são, ensaios em maior número de leituras, diálogo na terceira pessoa, tempo no passado e a interação com o público.

A metodologia de pesquisa utilizada é de dois tipos, exploratória e empírica. A etapa exploratória ocorreu durante a adaptação do TCE realizada pela professora doutora Heloisa Bastos, inclusive aplicada anteriormente no ensino fundamental. E a fase do empirismo se deu na aplicação desse modelo para oito alunos de um curso de licenciatura em Física. Os estudantes desenvolveram uma adaptação da peça escrita por Michael Frayn cujo título é “Copenhague”. Essa peça retrata um encontro de Niels Bohr e Werner Heisenberg em 1941.

Outro fator que devemos ressaltar nessa tese, é a discussão em torno do pluralismo metodológico defendido pelo Anarquismo Epistemológico de Paul Feyrebend. De acordo com Sousa Melo (2016), o processo utilizado para a coleta de dados, como o uso de vídeos gravados, entrevistas, fotos etc. constituem um pluralismo metodológico, porém essa afirmação é um tanto simplista. Segundo Chalmers (1993), encontramos a seguinte afirmação de Feyrebend a respeito do pluralismo metodológico,

A ideia de que a ciência pode e deve ser governada de acordo com regras fixas e universais é simultaneamente não-realista e perniciososa. E não realista, pois supõe uma visão por demais simples dos talentos do homem e das circunstâncias que encorajam ou causam seu desenvolvimento, E é perniciososa, pois a tentativa de fazer valer as regras aumentará forçosamente nossas qualificações profissionais à custa de nossa humanidade. Além disso, a ideia é prejudicial à ciência, pois negligencia as complexas condições físicas e históricas que influenciam a mudança científica. Ela torna a ciência menos adaptável e mais dogmática... (CHALMERS, 1993, 175)

Essa afirmação comprova a defesa de um pluralismo metodológico, porém, do ponto de vista metodológico, o uso de coleta de dados e outros recursos como a gravação das observações feitas, constituem um reducionismo das afirmações de Feyrebend. Quanto aos resultados referentes ao entendimento de aspectos da Natureza da Ciência, as seguintes constatações puderam ser observadas, a subjetividade científica, modelo/representação, o questionamento científico e o conhecimento científico sociocultural incorporados. Devido ao TCE aplicado, esse também promoveu a interação entre os estudantes e conseqüentemente ocorreu um despertar para a atividade proposta.

Considerações finais

A História e Filosofia da Ciência como abordagem para o ensino de Física Quântica firmou-se como uma ferramenta para o ensino de Física. Ressaltamos que o propósito dos autores investigados no uso da HFC, não foi somente como motivador para estudo de conteúdo, além disso, como recurso que capacite o estudante a promover mudanças na sua concepção da natureza da ciência. Salientamos que a ciência não se configura dentro de uma linearidade, sofre modificações, conforme mostra a história da ciência.

As metodologias de ensino facilitaram as discussões em torno de uma teoria, que é considerada por demais complexa por alunos e professores. Num contexto geral, as dissertações e teses abordaram tópicos da velha FQ, como o princípio de incerteza, a complementaridade de Bohr e o efeito fotoelétrico. Os estudantes ao longo do desenvolvimento das atividades propostas, conseguiram mergulhar no mundo da ciência, possibilitando a discussão e reflexão dos

conteúdos. Objetos de ensino a saber, o teatro, as narrativas históricas, jogos, dentre outros, são intervenções que desenvolveram o imaginário estudantil. O problema da natureza da ciência foi foco de alguns autores, (SILVA NETTO,2015; SOUSA MELO, 2016) que encontraram na HFC uma abordagem eficaz para tratar esse tema.

Três trabalhos utilizaram a sala de aula de nível médio para desenvolvimento de suas pesquisas (ROCHA, 2013; SILVA NETTO, 2015; SOUZA LOPES, 2013). Sousa Melo (2016) optou por investigar o ensino superior, e demais pesquisadores desenvolveram suas pesquisas em torno de FQ como aplicação para o ensino, (COSTA,2013; FOELKER,2011; PIGOZZO,2021; RODRIGUES,2016). Percebe-se uma demanda muito pequena, e que exige uma especial atenção de professores e pesquisadores. Essa escassez de trabalhos prejudica o andamento da inserção de temáticas de FQ no ensino médio e nos mostra que o ensino superior prefere formalismo matemático em excesso. Além dos aspectos matemáticos, outras abordagens também podem ser relevantes, entre elas a Histórico-filosófica da mecânica quântica (EL-HANI, C; FREIRE JÚNIOR; TEIXEIRA,2009; ALMEIDA; SILVA,2011)

Como perspectivas futuras, os autores apontam algumas necessidades, dentre elas, o estudo de FQ com ênfase em seus conceitos, em detrimento da formulação excessivamente matemática, porque consideram essa última um obstáculo ao aprendizado dos estudantes. Sugerem a inserção de tópicos atualizados de Física nos currículos, além da discussão de assuntos atuais de FQ, como a superposição, emaranhamento quântico, estado e autoestado nos cursos de formação inicial e continuada. Assim, a inserção de FQ no ensino básico encontrará menores dificuldades de ocorrência. Ainda pedem que suas pesquisas sejam utilizadas em sala de aula, além de novas abordagens para reverter o desinteresse por ciências.

O cenário geral, a respeito da abordagem Histórico-filosófica da mecânica quântica, aponta um número inexpressivo de trabalhos nessa perspectiva, mas é importante ressaltar que ao longo da última década ocorreu uma tentativa de atender as demandas levantadas nas revisões de literatura anteriores (MOREIRA; OSTERMANN,2000; HERCOVITZ; MOREIRA; PANTOJA,2011), entre elas o uso da abordagem da história e filosofia da ciência(HFC). No nosso quadro de dissertações e teses analisadas, verificamos que a abordagem histórico-filosófica da mecânica quântica propiciou aos estudantes a humanização dos conteúdos de FQ, bem como facilitou seu aprendizado. Outros pontos reivindicados pelos autores das revisões foi no tocante a compreensão do conceito de ciência, bem como sua visão não-linear. Grande parte dos trabalhos por nós analisados evidenciam que os estudantes assinalaram progresso intelectual na concepção do conceito de ciência e de sua natureza (RODRIGUES 2016; SOUSA MELO,2016). Esses fatores demonstram que as pesquisas anteriores foram assertivas em suas recomendações (GRECA; MOREIRA, 2001; ALMEIDA; SILVA,2011).

Referências

- ALMEIDA, M. J.; SILVA, A. C. Física Quântica no ensino médio: o que dizem as pesquisas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 624-652, 2011.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.
- CHALMERS, A.F. **O que é ciência afinal**, Editora Brasiliense,1993.
- COSTA, T. T. Da. **A apropriação do termo quântico: de que forma a física moderna e contemporânea é divulgada por outras áreas de conhecimento**. 2013. Dissertação (Mestrado em Educação). Centro Federal de Educação Tecnológica, Rio de Janeiro, 2013.

EL-HANI, C. N.; FREIRE JR. O.; TEIXEIRA, E.S. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da natureza da ciência de estudantes de física. **Ciência e Educação**, v.15, n.3, p.529-556,2009.

FOELKER, R. C. **William Whewell e Werner Heisenberg: aproximações epistemológicas**. 2011. Dissertação (Mestrado em Filosofia). Universidade São Judas Tadeu, São Paulo, 2011.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M.A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos ao ensino da mecânica quântica introdutória. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.6, n.1, p. 29-56. 2001.

GUERRA, A.; BRAGA, M. A. B.; REIS, J.C. 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. 568-581. 2010.

HERCOVITZ, V. E.; MOREIRA M. A.; PANTOJA, G. C. F. Uma revisão de literatura sobre a pesquisa em ensino de mecânica quântica no período de 1999 a 2009. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, v. 4, n. 3, p.1-34, 2011.

MACHADO, S. S. L. **Implicações culturais da teoria quântica: Caminhos Metafóricos e as Apropriações Indébitas**.2017. Tese (Doutorado em Educação) Universidade Federal de Santa Catarina, 2017.

MONTENEGRO, R. L; PESSOA JÚNIOR, O. Interpretações da Teoria Quântica e as concepções dos alunos de física. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.7, n.2, p.1-21, 2002.

MOREIRA, M. A.; OSTEMANN, F. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa ‘ Física Moderna E Contemporânea no ensino médio’’. **Investigações Em Ensino De Ciências**, v.5, n.2, p. 23-48, 2000.

NOGUEIRA, R. N.; SIMON, F. O.; VICENTIN, F. C. Avaliação de livros de divulgação científica acerca da Mecânica Quântica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, v.7, n.2, p.40-53, 2014.

ORLANDI, E. **Análise de discurso**. Campinas, São Paulo. Pontes Editores, 2012.

PIGOZZO, D. **Do místico ao quântico: O emaranhamento de cosmovisões no desenvolvimento da Física Moderna e Contemporânea**.2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física). Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

REZENDE JÚNIOR, M. F.; DE SOUZA CRUZ, F. F. Física Moderna e Contemporânea na formação de licenciando em física: necessidades, conflitos e perspectivas. **Ciência e Educação**, v.15, n.2, p.305-21,2009.

RICARDO, E. C. As ciências no Ensino Médio e os Parâmetros Curriculares Nacionais: da proposta à prática. Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação. **Ciência e Educação**, v.10, n.35, p.141-60, 2002.

ROCHA, T. U. **As contribuições da história e filosofia da ciência para o ensino de Física Quântica na educação básica**.2013. Dissertação (Mestrado em Educação em ciências e matemática). Universidade Federal do Paraná, 2013.

RODRIGUES, W. V. **Bohr e o princípio da complementaridade: subsídios para materiais educacionais numa abordagem histórica**.2016. Dissertação (Mestrado em Educação) Centro Federal de Educação Tecnológica, Rio de Janeiro, 2016.

SAITO, M. T. **A gênese e o desenvolvimento da relação entre física quântica e misticismo e suas e suas contribuições para o ensino de ciências.**2019. Tese (Doutorado em Educação). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2019.

SCHITTLER, D.; MOREIRA M. A. Física Moderna e Contemporânea no primeiro ano de ensino médio: laser de rubi, um exemplo de unidade de ensino potencialmente significativa. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia.** v. 9, n.3, p.1- 24, 2016.

SILVA NETTO, M. F. DA. **O efeito fotoelétrico e a natureza da luz através de um enfoque histórico-filosófico: uma proposta.**2015. Dissertação (mestrado em ensino de ciências e matemática). Centro Federal de Educação Tecnológica, Rio de Janeiro, 2015.

SILVA ROSA, P. R. DA. **Uma introdução à pesquisa qualitativa em ensino de ciências.** Universidade Federal de Mato Grosso do Sul,2015.

SOUSA MELO, E. G. DE. **A natureza da ciência na formação inicial de professores de física: contribuições do teatro científico-experimental.**2016. Tese (Doutorado em ensino das ciências). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.

SOUZA LOPES, E. DE. **“E o elétron? É onda ou partícula?”. uma proposta para promover a ocorrência da Alfabetização Científica Moderna e Contemporânea em estudantes do Ensino Médio.**2013.Dissertação (mestrado em educação). Universidade de São Paulo, 2013.

THOMSOM, J. J. Cathode rays. **Philosophical Magazine**, v.44, série 5, p. 293, 1897.

THOMSON, G. P. Experiments on the diffraction of cathode rays, **Physical Review**, v.22, p. 243, 1923.

TONOMURA, A.; ENDO, J. MATSUDA; T. KAWASAKI, T.; EZAWA, H. Demonstration of single-electron buildup of na interference pattern. **American Journal of Physics**, v.57 n.2, 1989.