

## História, Filosofia e Sociologia da Física Quântica nas Pesquisas sobre Formação de Professores

### History, Philosophy and Sociology of Quantum Physics in Teacher Education Research

### Historia, Filosofía y Sociología de la Física Cuántica en la investigación sobre la formación del profesorado

1

Iara Pereira de Queirós<sup>1</sup>  
Luiz Gonzaga Roversi Genovese<sup>2</sup>  
Wellington Pereira de Queirós<sup>3</sup>

**Resumo:** O presente estudo teve como objetivo apresentar o cenário das pesquisas de História, Filosofia e Sociologia da Física Quântica (FQ), na formação inicial de professores de Física. Para tanto, acessamos o catálogo de teses e dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e encontramos um total de 6 trabalhos. Adotamos uma metodologia de pesquisa do tipo análise documental: síntese e crônica; e, como referencial teórico de análise, os modelos formativos de professores especialista técnico, reflexivo e intelectual crítico, apresentados por Contreras. Assim, como resultados, percebemos que a maioria dos estudos apresentam, de forma implícita, os modelos formativos de professores, com a preponderância do modelo formativo reflexivo, com traços do especialista técnico. Apontamos como demandas, a elaboração de pesquisas no modelo formativo crítico e o incremento dessa discussão nas práticas pedagógicas dos cursos de formação inicial e continuada de professores de Física.

**Palavras-chave:** História, Filosofia e Sociologia da Ciência. Física Quântica. Ensino de Física. Formação Inicial de Professores.

**Abstract:** The aim of this study was to present the research scenario for the History, Philosophy and Sociology of Quantum Physics (QP) in the initial training of physics teachers. To this end, we accessed the theses and dissertations catalog of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) and found a total of 6 papers. We adopted a research methodology of documentary analysis: synthesis and chronicle. We used Contreras' models of teacher training - technical specialist, reflective and critical intellectual - as the theoretical framework for analysis. As a result, we found that most of the studies implicitly present the teacher training models, with a preponderance of the reflective teacher training model with traits of the technical specialist. We point to the need for more research into the critical training model and an increase in this discussion in the pedagogical practices of initial and continuing training courses for physics teachers.

**Keywords:** History, Philosophy and Sociology of Science. Quantum Physics. Teaching Physics. Initial Teacher Training.

<sup>1</sup>Mestre em Física e Doutoranda em Educação em Ciências e Matemática. Universidade Federal de Goiás. <https://orcid.org/0009-0002-6068-3694>. E-mail: iarafis@discente.ufg.br

<sup>2</sup> Doutor em Educação para a Ciência. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal de Goiás. <https://orcid.org/0000-0002-7259-0119>. E-mail: luizgenovese@gmail.com

<sup>3</sup> Doutorado em Educação para a Ciência. Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da Universidade Federal de Goiás. <https://orcid.org/0000-0002-9734-7136>. E-mail: wellington.queiros@ufms.br



**Resumen:** El objetivo de este estudio fue presentar el escenario de investigación de la Historia, Filosofía y Sociología de la Física Cuántica (FC) en la formación inicial de profesores de Física. Para ello, accedimos al catálogo de tesis y tesinas de la Coordinación para el Perfeccionamiento del Personal de Enseñanza Superior (CAPES). Encontramos un total de 6 trabajos. Adoptamos una metodología de investigación del tipo análisis documental: síntesis y crónica. Utilizamos los modelos de formación docente de Contreras -técnico especialista, reflexivo e intelectual crítico- como marco teórico de análisis. Como resultado, encontramos que la mayoría de los estudios presentan implícitamente los modelos de formación docente, con preponderancia del modelo de formación docente reflexivo con rasgos del especialista técnico. Señalamos la necesidad de más investigaciones sobre el modelo de formación crítica y un aumento de esta discusión en las prácticas pedagógicas de los cursos de formación inicial y continua de profesores de Física.

**Palabras-clave:** Historia, Filosofía and Sociología de la Ciencia. Física Cuántica. Enseñanza de la Física. Formación Inicial del Profesorado.

**Submetido 20/06/2024**

**Aceito 10/11/2024**

**Publicado 27/11/2024**

## Introdução

A Física Quântica (FQ) tem recebido especial atenção da Educação em Ciência, nas duas décadas dos anos 2000 (Greca; Moreira, 2001; Mozena; Ostermann, 2016; Rocha; Herscovitz; Moreira, 2018). São muitos os fatores que colaboram para essa realidade, dentre os quais, citamos as inúmeras aplicações tecnológicas no campo da saúde, como os equipamentos de ressonância magnética e tomografia, o alcance no campo da informação e comunicação, além de sua contribuição para as discussões epistemológicas. Devido a sua evidente importância, a inserção de FQ no ensino médio tem sido pauta dos pesquisadores do ensino de Física (Greca; Moreira, 2001; Oliveira; Vianna; Gerbassi, 2007).

No entanto, Schittler e Moreira (2016) apontam algumas dificuldades que permeiam a inserção da FQ, sob a ótica dos professores de Física do ensino médio, uma vez que questionam, de modo geral, a carga horária muito curta, o livro didático, que não oferece o suporte teórico adequado, já que aborda os assuntos de modo superficial, e, por último, confirmam que não se sentem preparados para ensinar os conteúdos de FQ. Esta última afirmação é constatada nas várias revisões de literatura das últimas duas décadas, que abordaram a formação inicial de professores de Física (Greca; Moreira, 2001; Pereira; Ostermann, 2009; Pantoja; Moreira; Herscovitz, 2011; Rocha; Herscovitz; Moreira, 2018; Souza *et al.*, 2020a). Os autores, ao analisarem as concepções dos graduandos acerca dos conteúdos de FQ, detectaram dificuldades conceituais em vários assuntos, dentre as quais, destacamos a função de onda, o princípio de incerteza, o princípio de superposição de estados quânticos e a complementaridade de Bohr.

Diante das dificuldades enfrentadas pelos estudantes da formação inicial de professores de Física, haja vista que os futuros docentes serão os responsáveis em dar cumprimento às determinações do currículo do ensino médio, esta pesquisa terá como foco a graduação em Física (Souza *et al.*, 2020b; Silva; Almeida; Hallack, 2015). Outras pesquisas (Silva; Almeida; Hallack, 2015; Mozena; Ostermann, 2016) complementam que as aulas para graduandos são conduzidas através de uma excessiva matematização e resolução de listas de exercícios, resvalando-se em uma aprendizagem mecânica dos conteúdos. Destarte, os cursos de graduação em Física estão sendo encaminhados pelo ensino por transmissão, fundamentados pela racionalidade técnica.

Compreendemos diante desse quadro que é necessário propostas de aprendizagem mais contextualizadas, humanas, epistemológicas e de natureza conceitual no estudo da teoria quântica. Neste intuito, vários pesquisadores (Matthews,1995; Martins, 2015; Souza *et al.*, 2021; Guerra; Braga; Reis, 2010) defendem propostas pedagógicas pautadas na História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFSC).

De acordo com as pesquisas (Matthews,1995; Martins, 2015; Souza *et al.*, 2021; Guerra; Braga; Reis, 2010), a HFSC é um caminho que consegue extrair do contexto histórico os conteúdos, para então acomodá-los dentro dos processos de produção da ciência. Além disso, contribui para mitigar as distorções exaustivamente apontadas em estudos de concepção acerca da natureza da ciência, bem como do fazer científico.

Nesse sentido, há evidências de que a formação inicial de professores necessita passar por uma reestruturação urgente. Não é possível que estudantes de ensino médio identifiquem a teoria quântica como parte de uma cultura, se nem mesmo os futuros professores do ensino médio adquirem esta visão nos cursos de formação. Para isso, é necessário compreender o atual quadro da formação inicial de professores e, caso necessário, propor modelos formativos críticos que permitam aos estudantes a compreensão de conteúdos, em sua dimensão histórica, política e econômica, no processo educativo.

Diante do exposto, compreendemos que é necessário um investimento em pesquisas que envolvam a temática FQ, nos processos formativos de professores. Neste sentido, para entendermos as demandas de pesquisas, o presente estudo tem como proposta analisar os conteúdos, as metodologias, os resultados de pesquisa e os modelos formativos de professores com a temática FQ e HFSC, na formação inicial de professores de Física, presentes no banco de teses e dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes).

## **Fundamentação teórica**

Para subsidiar a pesquisa sobre o uso da HFC como abordagem para o estudo de conceitos de FQ, na formação inicial de professores, faremos uso da síntese construída por Contreras (2012). Este autor formulou quatro categorias de formação de professores, a saber: o especialista técnico, o profissional reflexivo, o intelectual crítico que se subdivide em professor

intelectual crítico reflexivo e professor intelectual crítico transformador, e, por último, o professor pesquisador.

## **Professor como especialista técnico**

De acordo com Contreras (2012), o modelo formativo do professor especialista técnico, tem seu fundamento na racionalidade técnica, que consiste na solução de problemas de maneira instrumental, ou seja, a aplicação de técnicas para produzir os resultados que se espera. O racionalismo justifica-se pelo fato de que as profissões necessitam de meios técnicos, por intermédio de um conhecimento científico, para alcançar resultados.

Essas características nos levam a um modelo de formação de professores pautado na instrumentalização do conhecimento e na rigidez pedagógica que impedem o docente de criar ações, mantendo-o restrito ao reprodutivismo intelectual. De modo sucinto, Contreras (2012) afirma que o professor se torna um mero aplicador de conhecimentos, que não foram elaborados por ele, a fim de resolver um problema bem determinado e delimitado, catalogado na literatura especializada. A cartilha da racionalidade técnica lhe diz como resolver os problemas, a partir de um planejamento. No entanto, a sala de aula é um reduto que, normalmente, professores e alunos precisam lidar com situações inesperadas, já que estamos sob o jugo das relações humanas, que estão expostas a situações conflituosas, como indisciplina e o desinteresse pelo conhecimento intelectual, que se encontram no âmbito moral.

Para lidar com as incertezas na prática pedagógica, com questões de ordem moral, não é suficiente para o docente um modelo de formação, que seja regido por procedimentos fixos, no intuito de alcançar resultados desejados. As soluções construídas pela racionalidade técnica para os problemas que giram em torno do ambiente escolar são produtos acabados, os quais são impostos aos professores como instrumentos para dirigir suas ações em sala de aula que, muitas vezes, não condizem com as situações inesperadas e vividas por professores e alunos. Dentro destas colocações, Contreras (2012) aponta, em sua síntese, outros caminhos que conduzam o professor a uma dimensão pedagógica social, já que não seguirá nenhuma prescrição e demonstra conhecimento ao dar encaminhamento a tais situações. Destarte, devemos fazer referência a outros modelos de formação de professores que possibilitem adentrarmos em outras

questões que não sejam somente os conteúdos e resultados, mas propostas que coadunem com uma educação construtivista e crítica.

## O docente como profissional reflexivo

Conforme vimos, a atividade de ensinar está vinculada às relações humanas, por isso, temos diante de nós situações permeadas de conflitos de toda ordem, carecendo de intervenções que ultrapassem as limitações impostas pela racionalidade técnica. Esta última, por razões já discutidas, não oferece o suporte necessário às incertezas que acompanham a atividade docente. Daí a necessidade de discussão sobre o modelo reflexivo de Schön (1992), que busca resgatar a reflexão na prática docente e assume a missão de tentar libertar o professor das amarras impostas pela racionalidade técnica, garantindo-lhe o aspecto criativo da atividade pedagógica e uma atmosfera moral.

Inicialmente, Schön (1992) apresenta, em sua abordagem formativa, a diferença entre conhecimento na ação e reflexão na ação. Para ele, o conhecimento na ação se refere àquilo que é tácito na prática pedagógica, quando se faz algo bem, sem declarar como e o porquê se faz. Neste caso, o conhecimento não se aplica à ação, mas se encontra tacitamente na própria ação, é de natureza intuitiva, tácita. Isto é possível, por se tratar de conhecimentos não declarativos, que são adquiridos através das experiências profissionais. No entanto, geralmente somos surpreendidos por situações novas e quando isso ocorre, é necessário que pensemos enquanto estas acontecem, - esta é a reflexão na ação - que, por sua vez, cria um repertório de experiências, o conhecimento prático. Há, contudo, situações que extrapolam o imediato e exigem não só tempo de reflexão, mas a articulação com conhecimentos sistematizados que, por sua vez, propiciam a reflexão sobre a reflexão na ação (Pimenta, 2002).

Nesse sentido, Schön afirma que para o profissional reflexivo é importante a observação da própria prática, bem como dos problemas a serem enfrentados. Em relação a prática, é importante enfatizar que esta rompe com os limites de aplicação de uma teoria e, tem por base, transformar dada situação em algo que esteja localizado na zona de conforto do professor, dentro dos limites de sua experiência. Logo, entende-se a prática pedagógica enquanto pesquisa no tocante às atividades elaboradas para contornar ocorrências inesperadas. Neste ínterim, o professor atua como agente de reflexão da própria prática na sala de aula, em um contexto

plural, no que tange ao ensino. Ele preza pelo diálogo e tem clareza na conexão entre o conhecimento e a ação, em vez de uma racionalização das decisões, conforme as concepções positivistas (Contreras, 2012).

Embora o modelo reflexivo seja um contraponto à racionalidade técnica, para Contreras (2012) este modelo de formação possui alguns fatores limitantes, como a preocupação centrada em conteúdo, bem como nas ocorrências em sala de aula. Contreras (2012) justifica essa afirmação quando ressalta que o modelo reflexivo não possibilita ao professor intervir em questões que remontam às injustiças e desigualdades sociais, quicá ter a capacidade de lutar para transformar a realidade da comunidade que o cerca. Este mesmo autor nos lembra que temos outra proposta formativa, conforme veremos a seguir, que amplia o papel do professor, dando-lhe o caráter político e social na prática pedagógica.

## **Professor intelectual crítico**

Para ampliar o sentido da prática pedagógica, Giroux (1997) trouxe-nos o modelo do professor intelectual crítico, inspirado no intelectual orgânico de Gramsci. O professor intelectual crítico é capaz de problematizar a atividade pedagógica, bem como mostrar ao professor a que interesses, seja político ou econômico, este está a serviço. Para seguir com a discussão, vamos dividir o modelo intelectual crítico em intelectual crítico reflexivo (ICR) e intelectual crítico transformador (ICT).

A reflexão crítica possibilitada pelo ICR amplia a reflexão de Schön. O modelo reflexivo de Schön está preocupado, prioritariamente, com a reflexão e ação sobre a prática pedagógica, ou seja, com os elementos cognitivos dos processos de ensino-aprendizagem. Para além disso, o modelo ICR preocupa-se com reflexões no âmbito social, econômico e político. Acrescenta-se a estes fatores, as instituições vinculadas aos processos de ensino-aprendizagem e da prática docente. O viés crítico entende que tais instituições comprometem as atividades do professor, até mesmo em seus interesses pessoais. A visão ampla do contexto institucional ligado ao ensino contribui para a tomada de decisão com relação à racionalidade técnica, que não nos auxilia no referido contexto. A reflexão crítica compreende que o contexto institucional é de natureza histórica e social, que nos permite explorar o sistema educacional e as instituições

que o rege, e ainda, devassar a relação entre o que pensamos e a prática educativa (Contreras,2012).

O fundamento histórico e social da educação permite-nos detectar as contradições que permeiam as instituições vinculadas ao ensino, principalmente, no que tange aos interesses que entram em conflito com os objetivos da prática educacional. Neste cenário, tomamos conhecimento do nosso comprometimento com as distorções ideológicas às quais nos submetemos, já que confirma o papel libertador da reflexão crítica, que contribui para o exercício profissional crítico do professor, portanto, emancipatório que expõe a dimensão coercitiva e de dominação por parte do poder público. Assim, a aquisição do conhecimento da realidade que nos cerca abre possibilidades para que possamos superar os obstáculos ofertados pelas contradições institucionais as quais nos submetemos (Contreras, 2012).

Toda esta discussão no tocante ao ICR nos ampara na compreensão do modelo ICT de Giroux (1997). Para o autor, o professor precisa se ver e ser visto como um intelectual, que leva para sua prática questões que permeiam o cotidiano, disposto ao exercício de uma pedagogia crítica. Enquanto intelectual crítico transformador, ele sabe que necessita trazer para junto de si o aluno, para em comunhão, encontrar saídas para os problemas, através de ações na comunidade a que pertence, visando a transformação social.

Entretanto, Giroux (1997) ressalta que para cumprir com tamanha missão, o professor precisa ter claros dois aspectos na sua vida: o primeiro é o posicionamento político; o segundo, saber que seu trabalho também pertence à instância moral. Com base nesta argumentação, percebemos que o modelo reflexivo não consegue atender a esses anseios, tampouco o especialista que é pautado na racionalidade técnica, que vê o ensino como instrumento de dominação das massas. No entanto, para o docente ter seu pensamento político bem-posto, precisa de liberdade para colocar suas ideias, assim exercitar sua autoridade emancipatória, cujo fundamento encontra-se tutelado na liberdade, igualdade e na democracia, aspectos que andam na contramão do professor especialista técnico.

Nessa perspectiva, os critérios político, moral e emancipatório do docente levam-no ao patamar de aquisição de melhores condições de trabalho e a prática de uma pedagogia crítica. No entanto, Giroux (1997) enfatiza que não são somente esses aspectos que constituem as atribuições do professor. É preciso que o docente saiba inserir sua prática nos movimentos de

contestação popular, porque somente a comunidade tem o aval para a democracia. Os professores precisam se articular com pais, mães e alunos para que, em conjunto, possam promover a transformação social, através do combate às instituições políticas e econômicas que são obstáculos ao verdadeiro processo educativo.

Por último, deixamos o modelo de Professor Pesquisador de Stenhouse. Esta escolha ocorreu, devido ao fato de que alguns modelos de formação têm em suas atribuições o papel do pesquisador. Mas não significa que todos os modelos, quer seja o técnico, o reflexivo, o crítico reflexivo e o intelectual crítico transformador sejam categorizados como pesquisadores.

Para Stenhouse (1985), o professor pesquisador é o que faz da própria prática um objeto de pesquisa. Outro ponto a ser acrescentado é que possui traços do professor reflexivo, mas em nossa visão, nada impede que possua características do modelo intelectual crítico. Essa aproximação ocorre quando Stenhouse (1985) afirma que a atividade investigativa deve ser pautada no exame crítico que o docente faz da própria prática. Neste sentido, em vez de ficar preocupado com os resultados desejados, conforme orienta o modelo do professor técnico, o professor pesquisador deve fazer uma análise de sua atuação com vistas a melhorar sua prática. O docente precisa ter em mente que o processo de aperfeiçoamento profissional não acontece somente por meio de transmissão de teorias, mas através de questionamentos acerca das habilidades e recursos que refletem as capacidades pessoais com respeito à prática de ensino, aos conhecimentos adquiridos e as intenções enquanto professor.

Nesse sentido, o professor pesquisador é aquele que a partir da experimentação de uma proposta, pode modificá-la conforme as necessidades em seu entorno. Para Stenhouse, são as múltiplas possibilidades práticas diante dos problemas que surgem no cotidiano escolar, que funcionam como motor propulsor para a reflexão.

## **Procedimento metodológico**

No intuito de dar cumprimento ao objetivo proposto, realizamos uma pesquisa do tipo análise documental qualitativa não empírica, sem intervenção (Rosa, 2015). Trata-se de uma análise interpretativa do material coletado, que consiste em quatro etapas, a saber: definição das palavras-chaves, definição do escopo, seleção do corpus e por último, a análise. Quanto ao escopo, este consistiu na busca no catálogo de teses e dissertações da Coordenação de

Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a partir dos operadores Booleanos AND, OR e AND NOT. Para garantir trabalhos que de fato abordassem as contribuições da História, Filosofia e Sociologia da Ciência, com vistas para a Educação em Ciências na formação inicial de professores de Física, escolhemos as palavras-chave Física Quântica, História, Filosofia e Sociologia da Ciência, Ensino de Física e Formação Inicial de Professores. Salientamos que não fizemos uso de recorte temporal.

Para a escolha e quantificação do corpus, realizamos leitura dos títulos e resumos. Quando estes não especificavam os objetivos, metodologias e resultados alcançados, avançávamos para outras seções, como a metodologia e a discussão de resultados. Seguindo estas etapas, encontramos 19 trabalhos, sendo 12 dissertações e 7 teses. No entanto, a partir de uma leitura mais atenta do corpus, identificamos que a maioria dos trabalhos seguia uma abordagem HFSC, com enfoque na FQ, mas não era voltado para a formação inicial de professores, e sim, para o ensino médio. Encontramos uma tese, que enfocava a formação inicial de professores, porém não tinha uma abordagem em HFSC. Assim, o quantitativo selecionado para análise encontra-se limitado a 4 dissertações e 2 teses.

A análise dos documentos consistiu no enquadramento dos trabalhos de pós-graduação, nos modelos formativos de professores sintetizados por Contreras (2012). Este autor organizou os modelos do seguinte modo, a saber: Profissional Especialista Técnico, Profissional Reflexivo e o Intelectual Crítico. Este último, subdividimos em duas categorias, o Intelectual Crítico Reflexivo (ICR) e o Intelectual Crítico Transformador (ICT), conforme descrevemos na seção do referencial teórico.

## **Discussão e análise dos resultados**

Conforme anteriormente mencionado, encontramos 4 dissertações e 2 duas teses no banco de teses e dissertações da CAPES (ver tabela 1). Os trabalhos descritos a seguir contemplam os objetivos desta pesquisa, que se propôs descrever e analisar os conteúdos, as metodologias, os resultados, bem como os modelos de formação de professores de Física que estão inseridos na abordagem histórica e filosófica da ciência no ensino de FQ.

**Tabela1:** Quantidade de dissertações e teses

Título dos trabalhos	Autores	Dissertação/Tese
A solução de Planck para o problema da radiação do corpo negro (PRCN) e o ensino da física quântica	Mozena, E. R (2003)	Dissertação
Bohr e o princípio da complementaridade: subsídios para materiais educacionais numa abordagem histórica	Rodrigues, W. V. (2016)	Dissertação
Movimento surrealista e física quântica: uma possível aproximação para um ensino de física como processo cultural	Silva, A. S. (2019)	Dissertação
Uma abordagem histórico-conceitual para o ensino de introdução a física quântica na formação inicial de professores de física	Cardoso, F.(2021)	Dissertação
A natureza da ciência na formação inicial de professores-contribuições do teatro científico-experimental	Melo,E.G.S (2016)	Tese
Análise de uma proposta didática para o ensino de mecânica quântica por meio de contextualização histórica na formação de professores de física	Souza, R. S (2020)	Tese

**Fonte:** autoria própria (2024)

No trabalho de Mozena (2003), propõe-se, na dissertação, caminhos alternativos para o estudo do problema da radiação de corpo negro (PRCN), de Planck, cujo conteúdo de Física é muito importante para introduzir o estudo de FQ. No entanto, a autora encontrou problemas na abordagem do assunto, durante sua participação na disciplina de introdução à FQ, que foi ministrada nos moldes da racionalidade técnica. Este cenário serviu de inspiração para que realizasse, em sua dissertação, um estudo acerca das dificuldades que estudantes da formação inicial de professores de Física podem encontrar durante o desenrolar de um curso introdutório de FQ.

Para tanto, a autora desenvolveu algumas atividades no intuito de colaborar com a aprendizagem de estudantes dos cursos de Física. Inicialmente, realizou um estudo a respeito do PRCN em textos históricos originais, ou seja, fez uso da abordagem histórica e filosófica, e a partir disso, produziu um material que difere da abordagem, tradicionalmente, ofertada no livro didático, usado nos cursos de formação de professores. Ela comenta que, embora o estudo

não seja o mais profundo possível, ainda assim acredita que o produto de sua pesquisa possa servir de apoio a estudantes da formação inicial de professores. Posteriormente, embasada na epistemologia de Thomas Kuhn, analisou dois livros didáticos que são utilizados nos cursos de formação de professores de Física, com vistas a detectar possíveis influências negativas no processo de ensino-aprendizagem dos alunos, com respeito à radiação de corpo negro.

A partir disto, a autora obteve condições de levantar certos problemas, bem como apontar caminhos para contorná-los. Dentre eles, a autora enfatizou as distorções históricas e de conteúdo de Física cometidas nos respectivos livros didáticos, como o fenômeno da quantização ser apresentado a partir da própria FQ como justificativa, o que é impróprio, já que esta é a fase introdutória do assunto. O outro ponto diz respeito à apresentação de um corpo negro sendo equivalente a uma cavidade.

Quanto aos elementos históricos que evidenciam certas distorções, podemos verificar na citação dos livros sobre a importância do trabalho de Planck, acerca da radiação de corpo negro, que se encontra na quantização da energia, quando na verdade os historiadores da ciência apontam para a constante  $h$ , denominada constante de Planck. Outra distorção apresentada pelos livros didáticos é a afirmação de que Planck se utiliza da teoria da equipartição da energia para justificar seu trabalho, porém, em 1900 esta teoria ainda não havia se consolidado. Acrescenta-se a estes problemas, a situação em que os livros didáticos deturpam o processo de construção da ciência, exaltando os cientistas, como se estes atingissem determinados resultados sozinhos e de modo repentino.

Em relação às distorções que ocorrem na história da ciência, a autora sugere que elas sejam o reflexo do desconhecimento deste assunto por parte dos autores de livros didáticos. Ela propõe como solução para tais distorções: que se limitem a somente descrever os conceitos de Física, além de basearem suas discussões acerca do problema da radiação de corpo negro, a partir da estatística de fótons. E, para encerrar, a autora enfatiza a necessidade de cursos de formação de professores, que possibilitem a autonomia, a crítica e a reflexão como elementos centrais na atividade pedagógica.

O foco do trabalho de Rodrigues (2016) está no processo de construção da ciência, para ilustrar a complexidade e os diferentes fatores relacionados à construção do conhecimento científico, através de uma pesquisa bibliográfica. Para isso, o autor optou por elaborar um

material didático com uma abordagem histórico-filosófica da ciência, a partir de Forato, Pietrocola e Martins, com recorte temporal entre os anos 20 e 40, período que ressalta o contexto histórico que Niels Bohr viveu, o pai da teoria da complementaridade.

A abordagem escolhida ocorreu devido ao fato de que o autor acredita que a elaboração de um material didático histórico-filosófico, pode contribuir para diminuir visões distorcidas de conteúdos e da natureza da ciência. O autor enfatiza que todo material elaborado serve como recurso didático para ser utilizado na TV, cinema, internet, revistas, livros, salas de aula dos cursos de formação de professores, bem como em escolas.

O trabalho de Silva (2019) apresentou-nos um interessante problema de pesquisa: a aproximação entre arte e ciência. Para resolvê-lo, a autora realizou, numa primeira etapa, um levantamento bibliográfico, no intuito de compreender como tal aproximação tem sido desenvolvida. A partir desta investigação, percebeu que a arte é utilizada, de modo geral, como uma ferramenta facilitadora da aprendizagem. No entanto, a autora realizou uma pesquisa bibliográfica, na qual propõe que o diálogo entre arte e ciência possa ir além de um recurso facilitador de aprendizagem. Ela desenvolveu a ideia de que é possível relacionar arte e ciência como forma de levar o estudante, seja dos cursos de formação inicial de professores ou de ensino médio, bem como a formação continuada de professores, a adquirir uma visão da FQ como uma manifestação cultural.

Para esse empreendimento, a autora analisou a relação entre a teoria da complementaridade de Bohr e o surrealismo, sendo este último a manifestação cultural predominante, em meados do início do século XX. Nesta etapa, a autora trabalhou com recortes históricos, com auxílio teórico de Forato, Pietrocola e Martins. Ela estudou os fatos históricos ocorridos entre o final do século XIX até meados do século XX, para compreender o vínculo entre o surrealismo e a complementaridade de Bohr. Com os elementos históricos encontrados, construiu textos de natureza pedagógica para auxiliar estudantes do ensino médio e superior no aprendizado da complementaridade. Ela não quis propor uma sequência didática por entender que a realidade das salas de aula oferece muitos obstáculos que não permitiriam uma maior flexibilização, por isso apenas sugeriu como o referido material pedagógico poderia ser aplicado.

É importante ressaltar que através da construção textual, a autora acredita que os estudantes são capazes de compreender que o desenvolvimento da FQ, além de ser uma manifestação científica, também se enquadra em um contexto cultural que acompanha o movimento surrealista.

Cardoso (2021) inicia seu trabalho investigativo de natureza qualitativo em Bogdan e Biklen, impulsionada por dúvidas que sofreu na graduação em Física, na disciplina de introdução à FQ. Dentre os vários conceitos tratados nesta disciplina, a autora destaca a natureza dos números quânticos. Diante disso, propôs, no seu trabalho de mestrado, o uso desse conceito para construir uma abordagem didática em um enfoque histórico-conceitual de Batista, que articula a História e Filosofia da Ciência e a formação inicial de professores, a partir de um conteúdo que é pouco discutido em trabalhos acadêmicos. Ressaltamos que essa abordagem foi embasada no modelo formativo de professor reflexivo de Schön (1992).

No intuito de compreender as necessidades conceituais dos estudantes acerca dos números quânticos e tornar a abordagem didática eficiente, a autora elaborou um questionário, que focou na concepção que estudantes da formação inicial dos professores têm desse conteúdo. Para a construção da proposta didática, a autora fundamentou-se em referenciais da aprendizagem significativa de David Ausubel e das unidades didáticas de Zabala. Quanto a interpretação das respostas obtidas através do questionário, a mesma utilizou a análise de conteúdo de Bardin.

Acerca dos resultados da análise, a autora percebeu que os estudantes, embora já aprovados na disciplina, apresentaram concepções alternativas acerca dos números quânticos. Acrescenta-se a isso elementos que demonstram um entendimento distorcido acerca da natureza da ciência, dentre os quais, visão rígida da construção do conhecimento científico, concepção empírico-indutivista e verificacionista da ciência. A autora atribui as distorções no conteúdo e na visão sobre a natureza da ciência ao ensino tradicional, ou seja, um ensino cuja base se assenta na racionalidade técnica.

No intuito de apresentar uma abordagem mais humana e conceitual de conteúdos de FQ, salientando a compreensão da natureza da ciência, Melo (2016) em sua tese, construiu, para uma turma de graduação em Física, uma proposta pedagógica fundamentada na HFSC. Não explicita o modelo formativo, mas justifica seu trabalho para uma formação reflexiva de

professores. Os temas escolhidos pela autora foram o princípio de incerteza e o princípio da complementaridade, que escolheu um caminho um tanto interessante: a aproximação entre a arte e a ciência. Para isso, ela propôs o Teatro Científico-Experimental (TCE) com suporte do teatro de Bertold Brecht, da teoria de aprendizagem de George Kelly e de Paul Feyerabend.

A metodologia de pesquisa utilizada é de dois tipos: exploratória baseada em Bogdan e Biklen, bem como uma etapa empírica. A etapa exploratória ocorreu durante a adaptação do TCE realizada pela professora Doutora Heloisa Bastos, inclusive aplicada, anteriormente, no ensino fundamental. A fase empírica ocorreu na aplicação desse modelo para oito alunos de um curso de licenciatura, em Física. Os estudantes desenvolveram uma adaptação da peça “Copenhage”, escrita por Michael Frayn, que retrata um encontro de Niels Bohr e Werner Heisenberg, em 1941.

Quanto aos aspectos que permeiam a natureza da ciência, as seguintes constatações puderam ser observadas no aprendizado dos estudantes de Física, a saber: a natureza subjetiva, os questionamentos que são feitos e o reconhecimento da ciência como uma manifestação sociocultural. O TCE também promoveu uma grande interação entre os estudantes, despertando um maior interesse pelo assunto e a atividade proposta.

A tese elaborada por Souza (2020) consistiu no desenvolvimento de uma proposta didática pautada na contextualização histórica do rompimento do determinismo com o realismo clássico, tendo como público-alvo a formação inicial de professores. Para a autora, há uma excessiva matematização no estudo de FQ, e, com este trabalho buscou uma abordagem mais humana para discutir o argumento EPR, o teorema de Bell, os experimentos de Aspect e o princípio de superposição, com aulas inovadoras em detrimento de um ensino tradicional. A autora utilizou como modelo a proposta didática apresentada por Souza *et al* (2020), além de optar pelos referenciais de aprendizagem, a saber, a Zona de Desenvolvimento Proximal de Vygotsky e a Transposição Didática de Chevallard.

Os dados obtidos foram analisados através da Taxonomia de Bloom Revisada (TBR) e do conceito de reflexão sobre a ação, proposto por Schön (1992). A proposta didática partiu de uma revisão de literatura a respeito do ensino de FQ, nos cursos de formação inicial de professores de Física, que contribuiu para a construção de uma Matriz de Referência, em que fundamenta a proposta didática da autora.

Em relação ao uso de metodologias de pesquisa, o trabalho foi desenvolvido através do estudo documental de Creswell e a engenharia didática de Artigue, encerrando com uma intervenção empírica. Em seus resultados, a autora destaca que o ensino de conteúdos de FQ, embasado numa narrativa histórica, propicia um ambiente motivador e reflexivo aos estudantes, mas ressalta, também, a necessidade de uma discussão prévia de conceitos, que o professor interprete como estruturais para a compreensão de novos conteúdos a serem estudados.

Com base nas descrições dos trabalhos realizadas nesta seção, é possível fazermos alguns importantes apontamentos, que podem contribuir para as pesquisas em Educação em Ciências com vistas a formação inicial de professores de Física. Em nossa análise, percebemos que todos os sujeitos de pesquisa propuseram estratégias de ensino pautados na abordagem HFSC, porém somente duas foram implementadas em sala de aula (Melo,2016; Souza,2020). Eles, ao fazerem uso desta abordagem, contribuem com uma demanda que exaustivamente é mencionada na literatura (Matthews,1995; Martins,2015), no tocante ao ensino de Física Moderna e Contemporânea. O interesse dos pesquisadores nesta abordagem é que ela representa uma alternativa à proposta de ensino tradicional articulado na racionalidade técnica.

Para nós, portanto, não é surpresa que os trabalhos de mestrado e doutorado descritos tenham optado pela vertente HFSC, haja vista seu uso em abordagens que visam a uma aprendizagem mais humana e conceitual, contribuindo com o aspecto interdisciplinar. Outro aspecto importante em relação aos referidos trabalhos é que todos em suas estratégias de ensino, propuseram a construção de textos através de estudos de documentos originais da história da ciência. A metade dos autores escolheu a complementaridade de Bohr em suas narrativas históricas (Melo,2016; Rodrigues,2016; Silva,2019), sendo que Melo (2016) também fez uso do princípio de Incerteza de Heisenberg. Acreditamos que por ser um dos fundamentos mais importantes da FQ, a complementaridade tenha se destacado entre os sujeitos de pesquisa. Souza (2020) optou por discutir o princípio de superposição de estados quânticos, bem como o argumento EPR, o teorema de Bell e os experimentos de Aspect.

Cardoso, (2021), discorreu acerca dos números quânticos e Mozena,(2003), sobre radiação de corpo negro. As respectivas autoras salientam em seus trabalhos que a escolha desses conteúdos ocorreu ao fato de que para elas, enquanto alunas de graduação em Física, tais temáticas não foram abordadas de modo coerente, por seguirem nos moldes da racionalidade



técnica, ou seja, os problemas apresentados na FQ estavam bem delineados e com soluções plausíveis à espreita, típica de uma visão de ciência linear e cumulativa. Por causa desta abordagem, temos uma formação de professores com várias distorções no conteúdo e no tocante à natureza da ciência. Inclusive, dos três trabalhos que mencionam preocupação nas concepções dos estudantes de graduação acerca dos conceitos de FQ, dois pertencem àquelas autoras, o outro é de Rodrigues (2016).

Outro ponto que chamou a nossa atenção, foi a falta de referenciais de ensino-aprendizagem em alguns trabalhos (Mozena,2003; Rodrigues, 2016; Silva,2019). Além disso, Rodrigues (2016) e Mozena (2003) não manifestaram claramente um referencial teórico de pesquisa (Tabela 2).

**Tabela 2:** Descrição dos referenciais teórico-metodológicos

<b>Autores</b>	<b>Referencial teórico</b>	<b>Metodologia de pesquisa</b>	<b>Metodologia de ensino</b>	<b>Temática de pesquisa</b>
Mozena (2003)	Thomas Kuhn	não apresenta	não apresenta	radiação de corpo negro
Rodrigues (2016)	Forato, Pietrocola, Martins-HFC	Pesquisa bibliográfica	não apresenta	complementarida de de Bohr
Silva (2019)	Forato, Pietrocola, Martins-HFC	Pesquisa bibliográfica, Gil	não apresenta	complementarida de de Bohr
Cardoso (2021)	Schön(1992), Bardin, Batista-HFC	Pesquisa qualitativa de Bogdan e Biklen	David Ausubel e Zabala	número quântico
Melo (2016)	TCP de George Kelly, Paul Feyerabend	Qualitativa de Bogdan e Biklen	Ciclo de experiência Kellyana	princípio de incerteza e complementarida de de Bhr
Souza (2020)	Schön(1992), Taxonomia de Bloom, Martins-HFC	Creswell, engenharia didática de Artigue	Transposição didática de Chevallard e Vygotsky	o argumento EPR, o teorema de Bell, os experimentos de Aspect e o princípio de superposição de estados quânticos

**Fonte:** autoria própria (2024)

Ainda, com relação a aspectos metodológicos em trabalhos de pesquisa, Santos e Sánchez (2000) afirmam que o pesquisador precisa ter claro que é o processo de pesquisa que dá qualidade às técnicas e instrumentos para a construção do conhecimento científico. Acrescenta também que o uso de ambas depende dos caminhos que as investigações devem percorrer para atingirem suas intenções. Estes apontamentos reforçam a importância de o pesquisador adquirir conhecimento sobre as propostas metodológicas disponíveis na literatura científica.

Quanto aos modelos formativos de professor (Tabela 3), o modelo reflexivo de Schön destaca-se nos trabalhos analisados. Dos seis trabalhos selecionados para esta pesquisa, quatro se enquadram no modelo reflexivo, porém, com traços do especialista técnico (Mozena, 2003; Rodrigues, 2016; Cardoso, 2021; Souza, 2020). Dentre os trabalhos, somente Cardoso (2021) e Souza (2020) fundamentaram explicitamente as investigações no modelo reflexivo. Os quatro trabalhos também se enquadram no modelo especialista técnico por compreendermos que, embora as propostas didáticas tenham sido elaboradas pelos autores, os mesmos ressaltam que suas produções são para implementação em sala de aula, ou seja, produto acabado para distribuição nas instituições de ensino.

Os trabalhos de Mozena, (2003), Rodrigues (2016) e Melo (2016) foram categorizados como reflexivos, a partir de algumas considerações mostradas nos respectivos trabalhos. Os sujeitos de pesquisa conduziram as pesquisas pautados na reflexão dos problemas acerca dos conteúdos e do ensino tradicional dos cursos de graduação. Elaboraram estratégias de ensino pautados na abordagem HFSC, com vistas a um aprendizado conceitual dos conteúdos de FQ pelos graduandos, na tentativa de fazer frente ao ensino tradicional ofertado nos cursos de formação. Notamos que os trabalhos limitaram a abordagem HFSC, preocupando-se somente com a aprendizagem dos conteúdos.

Também observamos que as intervenções, embora sejam consideradas para os sujeitos de pesquisa propostas inovadoras, ficaram restritas às salas de aula ou a material de apoio para outros professores. Tais propostas não possibilitaram a visão dos estudantes para outros aspectos que corroboram a prática educacional, como questões políticas, econômicas, culturais e sociais, acompanhadas de ações para a transformação social.

Além disso, interpretamos que houve unanimidade do modelo formativo de professor pesquisador nos trabalhos levantados. Embora os sujeitos de pesquisa em nenhum momento tenham feito referência a esta perspectiva de formação, compreendemos que em todos os trabalhos encontramos traços deste modelo. No encaminhamento de todas as investigações, os autores realizaram estudos de base histórica, alguns analisaram com olhar crítico a prática de outros professores, e, a partir de então, construíram suas investigações.

Inclusive Mozena (2003) e Cardoso (2021) evidenciam que o motor propulsor de seus trabalhos de mestrado foram os erros pedagógicos que encontraram na atividade docente, dos cursos de formação de professores, que frequentaram. Mozena (2003) mostra sua atitude de professora pesquisadora, quando se propôs a analisar os livros didáticos e, a partir desta iniciativa, pode expor os erros nos conteúdos e na história da ciência, conforme já mencionamos anteriormente. Estes erros são gravíssimos, e, lamentavelmente, continuam ocorrendo no seio acadêmico, o que compromete os cursos de formação em Física e o ensino básico.

Encontramos apenas um trabalho que se enquadra no modelo de professor crítico reflexivo, mas com traços do professor especialista técnico, falamos de Silva (2019). Assim como Melo (2016), aquela autora faz uma aproximação entre a arte e a ciência. Enquanto Melo (2016) usa o teatro na narrativa histórica para esta aproximação, Silva (2019) enveredou pela articulação teórica, centralizando-a no movimento surrealista e na complementaridade de Bohr. De acordo com nossa análise, o trabalho de Silva (2019) incorpora-se ao modelo crítico reflexivo, por considerarmos que ele evidencia a FQ como um movimento cultural, assim como o surrealismo é visto pelo mundo. Enfatizamos ainda que este trabalho possibilita discussões sobre questões econômicas e políticas, no entanto, a autora não apresentou intenção em torná-lo passível de promover ações para a transformação social, apenas oportunizando diálogos restritos a sala de aula.

De modo geral, a abordagem da HFSC cumpre seu papel nos processos científicos, ou seja, contribui na compreensão de como o conhecimento científico é produzido (Nardi; Gatti, 2016). No entanto, para outras questões emergentes, como a democracia, a liberdade, a igualdade, cidadania, direitos humanos, política e as relações entre a Ciência e a Sociedade, compreendemos que a HFSC tem seu limite. Além dos processos que afetam o mecanismo de produção do conhecimento científico, é importante que estes processos também se

comprometam com as visões de ciência na sociedade, pois podem fazer a diferença na prática educativa (Vilela; Selles, 2020).

Diante dos apontamentos realizados, dos avanços e retrocessos na formação de professores de Física, compreendemos o porquê de em nenhum dos trabalhos encontrarmos o modelo de formação de professores, pautado no intelectual crítico transformador. Este resultado nos força a apontar um outro caminho, que acreditamos ser um eficiente suporte teórico para os modelos formativos crítico reflexivos e intelectual crítico transformador, estamos falando das relações entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS). As relações CTS é um movimento que pode possibilitar o desenvolvimento de um processo educativo pautado no contexto social e político, para promover a democracia, a emancipação da atividade docente, bem como a transformação da sociedade. Acrescenta-se a estes aspectos, tornar tangíveis as relações de poder que alimentam as injustiças sociais (Teixeira, 2003).

O movimento CTS, em detrimento de perspectivas construtivistas, considera relevantes os aspectos sociais e os problemas que permeiam o desenvolvimento da ciência e tecnologia e suas consequências nas políticas públicas, que podem impactar negativamente na utilização dos produtos científicos. Nos tempos hodiernos, a FQ é um destes produtos, que tem sido indebitamente apropriada pelo mercado de consumo, através da venda dos conhecidos produtos quânticos (Pigozzo, 2021). Diante de todos os problemas levantados, legitimados pelo poder público, defendemos, como perspectiva futura, o avanço do movimento CTS como caminho teórico para apoiar a formação de professores na discussão de problemas como os supracitados, tendo este referencial teórico como suporte nos modelos formativos crítico reflexivo e crítico transformador, conforme mencionamos anteriormente.



**Tabela 3:** Classificação dos trabalhos nos respectivos modelos de formação de professores

<b>Título</b>	<b>Modelo formativo de professores</b>	<b>Modelo Formativo implícito/explicito</b>
A solução de Planck para o problema da radiação do corpo negro (PRCN) e o ensino da física quântica	reflexivo/técnico/pesquisador	implícito
Bohr e o princípio da complementaridade: subsídios para materiais educacionais numa abordagem histórica	reflexivo/técnico/pesquisador	implícito
Movimento surrealista e física quântica: uma possível aproximação para um ensino de física como processo cultural	crítico reflexivo/técnico/pesquisador	implícito
Uma abordagem histórico-conceitual para o ensino de introdução a física quântica na formação inicial de professores de física	reflexivo/técnico/pesquisador	explícito
A natureza da ciência na formação inicial de professores-contribuições do teatro científico-experimental	reflexivo/pesquisador	implícito
Análise de uma proposta didática para o ensino de mecânica quântica por meio de contextualização histórica na formação de professores de física	reflexivo/técnico/pesquisador	explícito

Fonte: autoria própria (2024)

### Considerações finais

O quadro geral apresentado pelos sujeitos de pesquisa é que os cursos de formação de professores ainda são pautados na perspectiva de professor especialista técnico, fundamentado na racionalidade técnica, onde a aula acontece através do ensino por transmissão e a aplicação de avaliações é, apenas, em busca de resultados. Acrescenta-se a estas características, uma marcada preocupação com os conteúdos (Mozena; Ostermann, 2016).

Este quadro também acompanhou os sujeitos de pesquisa, e por esta razão, alguns iniciaram as investigações partindo de suas experiências nos cursos de graduação (Mozena 2003; Cardoso, 2021). Assim como essas autoras, os demais pesquisadores também demonstraram preocupação com os traços da racionalidade na formação de futuros professores de Física. Com isso, todos os trabalhos propuseram pesquisas numa abordagem histórico filosófica e sociológica da ciência, uma vez que segue na contramão do tecnicismo e possibilita o fomento de outros modelos formativos.

Assim, detectamos que os seis trabalhos, todos, de acordo com nossa interpretação, encontram-se na perspectiva de professor pesquisador. Cinco utilizaram o modelo reflexivo (Mozena, 2003; Rodrigues, 2016; Cardoso, 2021; Melo, 2016; Souza, 2020) e entre eles, apenas dois fundamentaram seus trabalhos neste modelo (Cardoso, 2021; Souza, 2020) e somente um, interpretamos, como professor crítico reflexivo (Silva, 2019). Porém, em cinco trabalhos encontramos traços do professor especialista técnico. Não encontramos nenhum produto de investigação no modelo de professor intelectual crítico transformador, o qual possibilita ações que estimulem a mudança de atitude frente aos problemas políticos, socioculturais e econômicos no âmbito da prática educativa. Salientamos que nosso desejo era encontrar um quantitativo muito superior de trabalhos dedicados à formação inicial, até porque não consideramos um recorte temporal.

Apesar disso, consideramos válidas tais pesquisas, já que evidenciaram a preocupação com as distorções no tocante aos conteúdos de FQ, a natureza da ciência, e ao fazer científico, bem como a realidade de uma graduação em Física conduzida pelo ensino tradicional. Consideramos o uso da abordagem HFSC uma tentativa para contornar tais problemas. Embora compreendamos que o caráter cognitivo em Educação em Ciência seja importante, outras demandas, também merecem especial atenção. Conforme discutimos anteriormente, a literatura aponta que aspectos de natureza social são necessários no cenário da prática educativa (Teixeira, 2003).

Teixeira (2003) compreende que o movimento CTS seja um caminho teórico que possibilita lidar com as necessidades supracitadas, elevando a educação científica a um patamar político. Destarte, o ensino de FQ ser um objeto de pesquisa em ensino-aprendizagem, devido as dificuldades já comentadas nesta pesquisa, faz-se necessário dedicarmos mais investigações

no âmbito social, que além de colaborar com a demanda interdisciplinar, pode contribuir na discussão acerca das consequências da FQ como produto científico, político, econômico e social. Diante deste panorama, insistimos que uma formação de professores nos moldes crítico reflexivo e crítico transformador embasados neste movimento teórico pode contribuir para tal empreendimento.

Ainda nessa perspectiva social, pesquisas que disseminem os benefícios, bem como os usos inapropriados da FQ, têm sido reivindicadas por estudiosos do ensino de Física. Por isso, há uma emergência do estabelecimento da área de divulgação científica (DC), já que pode ser um elemento norteador das práticas educativas e um parâmetro para a formação de professores, numa perspectiva crítica (Souza, 2024).

## Agradecimentos

Agradeço ao Fundo de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG).

## Referências

CARDOSO, F. **Uma abordagem histórico-conceitual para o ensino de introdução a física quântica na formação inicial de professores de física.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática). Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

CONTRERAS, J. **A autonomia de professores.** 2.ed. São Paulo: Cortez, 2012.

GIROUX, H.A. **Os professores como intelectuais: rumo a uma pedagogia crítica da aprendizagem.** Porto Alegre: Artmed, 1997.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M.A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos ao ensino da mecânica quântica introdutória. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.6, n.1, p. 29-56, março, 2001. Disponível em:  
<https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/585> Acesso em 16 de julho de 2024.

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**, Florianópolis, v. 27, n.3, dezembro, 2010. Disponível em:  
<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/issue/view/1563> Acesso em 20 de julho de 2024.

MARTINS, A. F. P. Natureza da Ciência no ensino de ciências: Uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 32, n. 3, p. 703-737, dezembro, 2015.

MATTHEWS, M. História, filosofia e ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3: p. 164-214, dez. 1995. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7084> Acesso em 19 de julho de 2024.

MELO, E. G. S. **A natureza da ciência na formação inicial de professores-contribuições do teatro científico-experimental**. Tese (Doutorado em Ensino das Ciências). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2016.

MOZENA, E. R.; OSTERMANN, F. Sobre a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e o ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 33, n. 2, p. 327-332, agosto, 2016.  
Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2016v33n2p327> Acesso em 18 de julho de 2024.

MOZENA, E. R. **A solução de Planck para o problema da radiação do corpo negro (PRCN) e o ensino da física quântica**. Dissertação (Mestrado em Ensino de ciência). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

NARDI, R.; GATTI, S. R. T. **A História e a Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências**. Série Educação para Ciência. São Paulo: Escrituras, 2016.

OLIVEIRA, F. F.; VIANNA, D. M.; GERBASSI, R. S. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 447-454, Abril, 2007 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172007000300016> Acesso em: 13 de julho de 2024.

OSTERMANN, F.; RICCI, T.F. Conceitos de Física Quântica na formação de professores: relato de uma experiência didática centrada no uso de experimentos virtuais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.22, n.1, p.9-35, abril, 2005. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6392/5917> Acesso em 19 de julho de 2024.

PANTOJA, G. C. F.; MOREIRA M. A.; HERCOVITZ, V. E. 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**, Ponta Grossa, v. 4, n. 3, p.1-34, dezembro 2011.  
Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/976> Acesso em 16 de Julho de 2024.

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

<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/976> Acesso em 16 de julho de 2024.

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

PIMENTA, S. Professor reflexivo: construindo uma crítica. In: PIMENTA, S.; GHEDIN, E. (Orgs.). **Professor reflexivo no Brasil**. São Paulo: Editora Cortez, 2002.

ROCHA, C. R.; HERSCOVITZ, V.E.; MOREIRA, M.A. Uma revisão da literatura em publicações de 2010 a 2016 sobre o ensino de conceitos fundamentais de Mecânica Quântica. **Latin-American Journal of Physics Education**, Cidade do México, v.12, n.1, p.1-20, março, 2018. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6556285> Acesso em 18 de julho de 2024.

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

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

SANTOS, F. O. J.; SÁNCHEZ, G.S. **Pesquisa educacional: Quantidade-qualidade**. São Paulo: Cortez, 2000.

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**, Ponta Grossa, v. 9, n.3, p.1- 24, maio/agosto, 2016. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect> Acesso em 13 de Julho de 2024.

SCHON, D. A. **La formación de profesionales reflexivos**. Hacia um nuevo diseño de la enseñanza y El aprendizaje em las profesiones. Barcelona: Paidós,1992.

SILVA, A. C.; ALMEIDA, M. J. P. M.; HALLACK, M. L. Fragmentos do paradoxo EPR em um trecho de divulgação científica: uma pesquisa de cunho exploratório com ingressantes na universidade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 32, n. 1, p. 53-75, abril, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2015v32n1p53> Acesso em 18 de julho de 2024.

SILVA, Aline dos Santos. **Movimento surrealista e física quântica: uma possível aproximação para um ensino de física como processo cultural.** Dissertação (Mestrado em Ciência, tecnologia e Educação). Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2019.

SOUZA, R. S.; GRECA, I. M.; SILVA, I; TEIXEIRA, E. S. Reflexões sobre o ensino de Mecânica Quântica no cursos de graduação em Física a partir de uma revisão sistemática. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Rio de Janeiro, v.20, p.1363-1391, janeiro/dezembro, 2020 a. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/issue/view/1010> Acesso em 18 de julho de 2024.

SOUZA, R. S.; GRECA, I. M.; SILVA, I; TEIXEIRA, E. S. Contributos ao ensino de mecânica quântica a partir da análise da Complexidade de questões presentes no ENADE à luz da Taxonomia de Bloom revisada. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.42, e20190004, 2020b. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0004> Acesso em: 18 de julho de 2024.

SOUZA, R. S.; GRECA, I. M.; SILVA, I; TEIXEIRA, E. S. Ensino de Mecânica na licenciatura em física por meio da história e filosofia da ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 38, n.2, p.914-944, agosto de 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/74157> Acesso em: 20 de julho de 2024.

SOUZA, R. S.; REIS, G. A J.; HORA, G.M.B. O estado da arte das pesquisas relacionadas à divulgação científica sobre a física quântica entre os anos 2010 e 2022. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 46, e20240052,2024 Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2024-0052> Acesso em: 10 de agosto de 2024.

SOUZA, R. S. **Análise de uma proposta didática para o ensino de mecânica quântica por meio de contextualização histórica na formação de professores de física.** Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências). Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2020.

STENHOUSE, L. El professor como tema de investigación y desarrollo. **Revista de Educación**, Madrid, v.277,n.1,p.43-53, maio/agosto, 1985. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=18486> Acesso em 20 de julho de 2024.

TEIXEIRA, E.S., FREIRE JR. O., EL-HANI, C. N. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da natureza da ciência de estudantes de física. **Ciência e Educação**, Bauru, v.15, n, 3, p.529-556, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132009000300006> Acesso em 20 de julho de 2024.

TEIXEIRA, P. M. A. A educação científica sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica e do movimento CTS no ensino de ciências. **Ciência e Educação**, Bauru v.9, n.2, p.177-190, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132003000200003> Acesso em: 22 de julho de 2024.

VILELA, M. L; SELLES, S. E. É possível uma Educação em Ciências críticas em tempos de negacionismo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.37, n.3, p.1722-1747, Dezembro, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/74999> Acesso em: 22 de julho de 2024.