



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE
FÍSICA
MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE FÍSICA



**Uma análise de produtos educacionais para o ensino de
Física Quântica desenvolvidos no âmbito de um
Mestrado Profissional em Ensino de Física**

Dissertação de Mestrado

André Diestel

Porto alegre

Março de 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE FÍSICA

**Uma análise de produtos educacionais para o ensino de
Física Quântica desenvolvidos no âmbito de um
Mestrado Profissional em Ensino de Física**

André Diestel

Dissertação de Mestrado formulado por André Diestel para o Programa de Pós-Graduação em Física do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sob a orientação dos professores Dra. Fernanda Ostermann e Dr. Cláudio Cavalcanti.

Porto alegre

Março de 2017

“eu não preciso dessa hipótese.”

Pierre Simon, Marques de Laplace

Dedico este trabalho a meus pais, pelo apoio incondicional e a meu filho Diego Diestel, sem o qual nada disso teria sentido.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meus pais por tudo que me proporcionaram. O trabalho hoje apresentado é o resultado de um grande esforço e investimento na minha educação. Foi o suporte ofertado por eles que me fez concluir esta pós-graduação.

Aos meus orientadores Fernanda Ostermann e Cláudio Cavalcanti, que com uma paciência tibetana conduziram-me pelos tortuosos caminhos do saber, dando-me segurança e incentivo para que esta tarefa fosse concluída.

Aos meus colegas de mestrado, Matheus Nascimento pelo apoio e colocações esclarecedoras, Tobias Espinosa pelo companheirismo constante nos almoços e pelo meu ex-aluno e hoje doutorando Lucas Telichevesky.

Isadora M. Miranda a quem sempre pude contar e recorrer nos bons e nos conturbados momentos.

Zeli Mariante sem a qual jamais administraria satisfatoriamente meu exíguo tempo para a conclusão deste trabalho e pelo incessante estímulo.

Ao meu colega e amigo Ricieri, por toda ajuda, incentivo e troca de ideias.

Por fim um agradecimento especial a professora Dra. Victoria Elnecave Herscovitz, por mostrar-me que existe vida após a Mecânica Quântica.

RESUMO

Observa-se uma expressiva expansão de mestrados profissionais (MP) na área de Ensino desde a homologação pela Capes, em 2001. Esta dissertação de mestrado analisa trabalhos e produtos educacionais criados no âmbito dos Mestrados Profissionais em Ensino de Física, na área do Ensino de Mecânica Quântica, em uma específica universidade federal. A pesquisa apoia-se em uma análise do discurso, tratando o Trabalho de Conclusão (dissertação+produto educacional) como um enunciado no sentido Bakhtiniano. A partir desta análise, destacamos uma série de inconsistências que permeiam desde o referencial teórico, em muitos casos usado apenas de forma a cumprir exigências sem que seja articulado significativamente à proposta metodológica, até referências que aparecem apenas para contemplar determinados grupos onde o autor está inserido. Por fim destacamos a pouca relevância dos Produtos Educacionais produzidos, não atendendo às demandas escolares e, em muitos casos, trilhando um sentido oposto às pesquisas na área de Ensino de Física.

Palavras-chave: Mestrado Profissional em ensino, produto educacional, física quântica.

ABSTRACT

A significant expansion of professional master's degree (PM) in the field of Science Education is observed, since its approval in 2001. This dissertation analyses works and educational products created in the scope of professional master's degree in Physics Teaching, focusing the topic of Quantum Physics Teaching, developed in a federal university. The research relies on a bakhtinian analysis, treating the conclusion work (dissertation + educational product) as an utterance, according to Bakhtin's theory. From this analysis, it is possible to emphasize a series of inconsistencies that permeate the theoretical framework, in many cases used as a way of fulfilling demands, not significantly articulated to the methodological proposal, also including references that arise only to contemplate certain groups in which the author is inserted. Finally, it is highlighted the low relevance of educational products produced, which do not meet the schools' demands, and, in many cases, follow an opposite way if compared to researches in the area of Physics Education.

Keywords: Professional Master's degree, educational product, quantum physics.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	JUSTIFICATIVA E OBJETIVO	10
2.1	JUSTIFICATIVA.....	10
2.2	OBJETIVO	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO.....	17
3.1	O ENUNCIADO	18
3.2	TEORIA DO ENUNCIADO CONCRETO	19
3.3	O GÊNERO DO DISCURSO	23
3.4	UM DISPOSITIVO ANALÍTICO	24
4	REVISÃO DA LITERATURA	26
4.1	CONTEÚDOS DE FÍSICA QUÂNTICA EM LIVROS DIDÁTICOS	27
4.2	EXPERIMENTOS, SIMULAÇÕES E PROPOSTAS DIDÁTICAS DE INTRODUÇÃO À FÍSICA QUÂNTICA	33
4.3	HISTÓRIA, FILOSOFIA E EPISTEMOLOGIA DA FÍSICA QUÂNTICA.....	40
4.4	CONSIDERAÇÕES SOBRE A REVISÃO DA LITERATURA	46
5	UM OLHAR SOBRE OS TRABALHOS DE CONCLUSÃO EM FÍSICA QUÂNTICA.....	49
5.1	ANÁLISE DO TC A.....	50
5.2	ANÁLISE DO TC B.....	57
5.3	ANÁLISE DO TC C.....	61
5.4	ANÁLISE DO TC D	66
6	CONCLUSÃO	75
	REFERÊNCIAS	78

1 INTRODUÇÃO

Considerado um dos maiores autores de ficção científica do mundo, Arthur C. Clarke, deixou uma série de romances que podem ser caracterizados por uma cuidadosa precisão científica ligada a uma extrapolação conceitual. Pode ser visto nestas obras um potencial didático de grande relevância no ensino das ciências, na medida em que inserem o leitor em uma teia de conceitos científicos e extrapolações plausíveis. A pesquisa sobre a centralidade da linguagem no processo de compreensão desses conceitos, bem como suas interpretações, apontam para um caminho diferente ao que apontam as tradicionais abordagens cognitivistas, que por décadas fundamentaram pesquisas acadêmicas em Ensino. Neste sentido, a utilização de referenciais socioculturais na pesquisa em Ensino de Ciências vem avançando de forma significativa, este avanço aponta em sentido contrário às abordagens cognitivas que permearam por anos as pesquisas em Ensino. O ato de considerar as pesquisas no Ensino das Ciências e a educação em Ciências como uma atividade social humana, segundo Lemke (2001), estão ligadas a situações institucionais e culturais.

Neste trabalho, a filosofia da linguagem proposta por Mikhail Mikhailovich Bakhtin (1895-1975) é encarada como uma possível expansão aos referenciais socioculturais. A análise de discurso (AD) não pode se centrar apenas externa nem, tampouco, apenas internamente, pois, segundo Brait (2006),

Excluir um dos polos é destruir o ponto de vista dialógico, proposto e explicitado pela teoria e pela análise, e dado como constitutivo da linguagem. É a bivocalidade de 'diálogo', situado no objeto e na maneira de enfrentá-lo, que caracteriza a novidade da Metalinguística. (p. 13)

Dessa forma, a abordagem de estudo bakhtiniana de linguagem, sua AD, considera as particularidades discursivas que apontam para contextos mais amplos, para um extralinguístico incluído no linguístico. Assim, segundo Brait (2006), o trabalho metodológico, analítico e interpretativo ocorre por meio da herança advinda da linguística de

(...) esmiuçar campos semânticos, descrever e analisar micro e macroorganizações sintáticas, reconhecer, recuperar e interpretar marcas e articulações enunciativas que caracterizam o(s) discurso(s) e indicam sua heterogeneidade constitutiva, assim como a dos sujeitos aí instalados. E mais ainda: ultrapassando a necessária análise dessa 'materialidade linguística',

reconhecer o gênero a que pertencem os textos e os gêneros que nele se articulam, descobrir a tradição das atividades em que esses discursos se inserem e, a partir desse diálogo com o objeto de análise, chegar ao inusitado de sua forma de ser discursivamente, à sua maneira de participar ativamente de esferas de produção, circulação e recepção, encontrando sua identidade nas relações dialógicas estabelecidas com outros discursos, com outros sujeitos. (p. 13)

Nesta perspectiva, a linguagem tem uma substancial importância como elemento de análise, pois a partir dela é possível estabelecermos relações sociais entre indivíduos, entre outras coisas. Uma característica marcante em sua obra é a análise da linguagem dentro de um processo interativo, a qual se dá a partir de uma unidade fundamental que Bakhtin e seus adeptos chamam de enunciado. Este trabalho objetiva analisar os trabalhos de conclusão (TC) elaborados pelos estudantes do Mestrado Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Este TC é composto por um texto de dissertação e de um produto educacional e este conjunto pode se constituir em um único enunciado, segundo a definição de Bakhtin e Volochinov (2014). Ainda segundo Bakhtin (2011), o enunciado é composto por uma parte verbal e uma parte extraverbal, de forma que a falta de um destes elementos torna a compreensão impossível. Com este suporte iremos analisar os trabalhos de Mestrado Profissional, desenvolvidos na UFRGS na área de Mecânica Quântica (MQ) no período de 2004 a 2014.

2 JUSTIFICATIVA E OBJETIVO

2.1 Justificativa

Existe um consenso a respeito da necessidade e da importância de investir esforços na introdução de tópicos de FMC no Ensino Médio (OSTERMANN E MOREIRA, 2000). Como ressalta Terrazzan (1992,1994), a tendência de se atualizar o currículo de Física justifica-se pela influência crescente dos conteúdos contemporâneos para a compreensão do mundo atual, bem como a necessidade de formar um cidadão consciente e participativo que atue nesse mesmo mundo.

Na III Conferência Interamericana sobre Educação em Física (BAROJAS, 1988), foi organizado um grupo de trabalho para discutir o ensino de Física Moderna. Na discussão, foram levantadas inúmeras razões para a introdução de tópicos contemporâneos na Escola. Dentre elas destacam-se:

- Ensinar tópicos novos é mais divertido para o professor. O entusiasmo pelo ensino deriva do entusiasmo em relação ao material didático utilizado e de mudanças estimulantes no conteúdo do curso. É importante, portanto, não desprezar os efeitos do entusiasmo sobre o ensino;
- Despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano também têm importância, pois a deixa mais próxima deles;
- Reconhecer a dificuldade e a abstração conceitual da Física Moderna. No entanto, resultados de pesquisa no ensino de Física mostram que, além de tais impedimentos, os estudantes apresentam pouca bagagem de conteúdos para compreendê-la.

Observa-se, com muita frequência, que, no que se refere ao ensino de Ciências e de Física, em particular, os assuntos que despertam a curiosidade nas crianças não são temas ligados à Física Clássica. O que se observa é o interesse por assuntos atuais. No trabalho de Stannard (1990), que teve como objetivo preparar um livro introdutório sobre relatividade geral, foram entrevistadas 250 crianças de cerca de 12 anos para saber o que elas conheciam sobre tópicos relevantes ao assunto. Surpreendentemente, encontrou que um terço já havia ouvido falar em buracos negros e tinha uma vaga ideia do que se tratava. Um número razoável relacionava Big Bang com origem do universo. Elas mostraram-se interessadas por estes tópicos e desejavam saber mais a respeito. O que sabiam, haviam aprendido pela televisão e por meio de filmes de ficção científica (e não sabiam que tais ideias interessantes vêm “sob o rótulo” de Física). Torre (1998) também apresenta várias justificativas para explorar o tema FMC no ensino básico. Entre elas, citam-se as seguintes:

- a possibilidade de conectar o estudante com sua própria história;
- a importância de proporcionar aos alunos a localização correta do ser humano na escala temporal e espacial da natureza;
- a potencialidade da FMC em suas múltiplas e evidentes consequências tecnológicas;
- a beleza e o prazer do conhecimento, parte inseparável da cultura, pois o saber nos faz livres e valoriza a humanidade.

Por fim, Torre (1998) apresenta um paradoxo proposto por dois físicos da Universidade de Maryland:

... se um físico do século XIX fosse solicitado a ensinar física em um nível introdutório usando um texto atual, ele o faria sem grandes dificuldades. Mas se este mesmo físico tentasse ler **Physical Review Letters** ou **Physical Review** ou falar sobre pesquisas atuais de Física, isto seria impossível para ele (TORRE, 1998a, p. 70 - 71).

Entendendo que a necessidade e a importância de um ensino consistente de FMC encontram-se há tempo justificadas na literatura, a presente investigação será pautada por uma análise dos produtos educacionais desenvolvidos no Mestrado Profissional em Ensino de Física e confrontadas com resultados oriundos dessa literatura.

2.2 Objetivo

Em que pese a relevância dos cursos de Mestrado em Ensino de Física na contínua formação do profissional de ensino de Física e do vultoso investimento das agências de fomento, é limitado o número de trabalhos que se preocupam em avaliar o impacto deste ensino na sociedade brasileira, de acordo com Ostermann e Rezende (2009). Um importante critério de avaliação do mestrado, considerado pela CAPES, principal agência de fomento, é a aplicabilidade do produto gerado no sistema educativo, ou seja, o produto educativo (PE) final deve ser aplicado no ambiente educacional como forma de ampliar e modernizar o ensino de Física. O objetivo deste trabalho é caracterizar e analisar os produtos educacionais e sua respectiva dissertação, produzidos pelo Mestrado em Ensino de Física. Nesta pesquisa, serão analisados os trabalhos realizados em Mecânica Quântica entre 2004 e 2014. Resultando em um total de quatro (04) dissertações, três (03) textos de apoio ao professor e uma (01) hipermídia (site para consulta de alunos e professores).

A partir deste recorte, esta dissertação pretende responder às seguintes questões de pesquisa:

- Em que medida os produtos educacionais direcionados ao ensino da Mecânica Quântica dialogam com pesquisas nesta área; como respondem a demandas das

escolas; e de que forma se relacionam com obras didáticas e materiais disponíveis para consulta no site do programa de pós-graduação?

- Qual a situação atual dos produtos gerados como requisitos para conclusão do Mestrado Profissional em Ensino de Física na área de Mecânica Quântica? Tendo em vista que, uma vez identificadas as fontes (por exemplo, da internet), o que hoje está disponível (naquele site) era o que estava lá há alguns anos atrás? A exigência de aplicabilidade e transferência dos produtos estão sendo cumpridas ou eles são demasiadamente datados para cumprirem com tal exigência da CAPES?

Os conceitos difundidos pelo hoje chamado Círculo de Bakhtin apresentam uma perspectiva dialógica da linguagem na Teoria do Enunciado Concreto (TEC), e nossa pesquisa se fundamentará nesta perspectiva. Os conceitos abordados pela TEC, tais como direcionalidade, responsividade, expressividade e entonação darão base à nossa análise em saber se os produtos educacionais (PE) estão levando em consideração as questões e necessidades relevantes da escola e se estes materiais realmente se justificam confrontando-os com a literatura da área de Ensino de Física (seria esperado esta ser parte essencial do contexto extraverbal de toda essa produção). Pretendemos apontar, além da relevância, se os PE não se restringem a meras reproduções dos textos compreendidos nos manuais de Ensino Superior, como visto em alguns livros didáticos utilizados no Ensino Médio atual.

Apontamos que a expressividade desta pesquisa repousa na percepção do aumento do número de polos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino Médio de Física (MNPEF) que possuem como referência, em sua estrutura curricular o MPEF. Convém salientar que a presente pesquisa se insere em um projeto de âmbito nacional denominado Impacto dos Mestrados Profissionais em Ensino de Ciências na qualidade da Educação Científica, realizado por meio do Edital do Observatório da Educação 2012 (OBEDUC 2012) da CAPES/INEP. Como objetivo geral do projeto, avalia-se o impacto dos cursos de MP em Ensino sobre a qualidade da educação científica, considerando-se a diversidade regional e cultural dos contextos educacionais de formação e atuação, tomando como referência a avaliação oficial medida pelo IDEB e ENEM.

Os resultados apresentados até o encerramento desta pesquisa, mostram claramente a atividade complementar e colaborativa entre as pesquisas realizadas até este

momento. Nestes três anos de pesquisa, relevantes resultados foram apontados. Schäffer (2013), partindo de entrevistas realizadas com ex-alunos do MPEF, concluiu que a estrutura do curso não abala o modelo de formação docente impregnado da concepção do racionalismo técnico.

A análise dos resultados mostra que os professores, em geral, apresentam dificuldades para a transposição dos saberes oriundos da formação obtida. Nesse sentido, entende-se que o nível de aprofundamento e a fragmentação das disciplinas representam fatores que podem influenciar nas dificuldades apresentadas pelos APs, em relação à transposição dos conteúdos (físicos), mas também na identificação e aplicação dos saberes da formação profissional na prática, como as fundamentações teóricas e as visões contemporâneas sobre a natureza da ciência. (SCHÄFFER, 2013, p. 211)

A partir de análise de enunciados de Alunos-Professores (AP's), esse trabalho mostra que é forte a presença preponderante de uma voz originadas no contexto escolar. Esta voz evidencia o poder da escola (como instituição e impregnada de ideologia) em estabelecer a forma de atuação professor-aluno.

A análise dos resultados evidencia que a escola e o livro didático apresentam forte influência sobre a prática docente. Dessa forma, entende-se que os saberes disciplinares, oriundos da formação profissional, são subjugados às determinações escolares, em diferentes níveis. (SCHÄFFER, 2013, p. 211)

Souza (2015), utilizando a análise bakhtiniana, pondera sobre a proposta inicial do curso de MPEF e seu currículo. A autora conclui, entre outros pontos, que o currículo do MPEF também parasse alinhado a uma perspectiva de formação no modelo especialista técnico.

Ao analisarmos três trabalhos produzidos nesse curso concluímos que a elaboração e implementação do produto educacional pelos professores-alunos está totalmente de acordo com o contexto extraverbal, considerado prioritariamente como a proposta do MPEF, que privilegia o modelo de formação do especialista técnico. Esse modelo desconsidera qualquer aspecto sócio-histórico cultural relacionado com a realidade escolar, concentrando-se na prática para

obtenção de objetivos fixos pré-estabelecidos. Dentro deste contexto, também o fato de o MPEF exigir a elaboração de um produto educacional e uma dissertação com regras pré-definidas obriga os professores-alunos a estabelecerem forte relação de direcionalidade discursiva ao meio acadêmico do programa.

(SOUZA, 2015, p. 96)

A pesquisa aponta também que, na análise de alguns trabalhos, a responsividade está voltada para testes nacionais, a academia ou ainda a políticas educacionais, deixando à margem necessidades da escola ou questões próprias da sala de aula.

O importante, para que houvesse uma mudança real, seria buscar na escola os problemas vigentes e moldar os referenciais, teóricos e metodológicos de acordo com a real necessidade do docente e não o contrário, como vimos na análise realizada. Na realidade, a própria necessidade de ter um produto educacional elaborado e implementado como instituído pelo MPEF, poderia ser repensada. (SOUZA, 2015, p. 97)

A preocupação de responder a anseios de conforme descritos acima, abandonando à própria sorte o ensino básico, é apresentada pela autora como um problema na estrutura formal dos MPEF. O resultado mais recente é a pesquisa de Nascimento (2016), que analisa, à luz dos preceitos bakhtinianos, os TC ligados à mecânica clássica, abarcando um período de 2004 a 2014 dos TC da UFRGS. Deste trabalho, destacam-se importantes conclusões em grande acordo com os trabalhos acima citados. Ao observar que mais de 80% dos PE analisados diz respeito a textos de apoio e hipermídias, Nascimento (2016) aponta que tal estilo é escolhido não pela necessidade ou melhoria no ensino básico, mas sim pela possibilidade de publicação em meios fornecidos pela própria instituição de ensino.

Quando analisamos discursivamente os textos de apoio percebemos que alguns autores já afirmam que vão publicar seu material didático ainda na introdução do trabalho, o que reforça a ideia de que é a possibilidade de publicação que define a natureza de alguns produtos. (NASCIMENTO, 2016, p. 118)

Um segundo ponto de destaque diz respeito ao referencial teórico que, em tese, deveria sustentar e fundamentar metodologias de ensino e orientar a escolha dos conteúdos, além de estabelecer novas formas de avaliação, ou seja, sustentar toda a elaboração do produto educacional, conforme apontam Ostermann e Rezende (2009). Observa-se nas análises que o referencial teórico aparece, em geral, meramente como formalidade para preencher uma exigência acadêmica e que raramente está vinculado às atividades propostas pelo autor do TC. Neste sentido, Nascimento (2016) verifica que:

... a partir da análise quantitativa e, posteriormente, pela análise discursiva que o papel do referencial teórico está muito distante dessa concepção. A utilização de referenciais simpáticos aos orientadores reforça a significação social e hierárquica do contexto extraverbal dos enunciados. Ou seja, a escolha desses aportes teóricos serve de manobra verbal para estreitar a relação entre o professor-aluno, o professor orientador e os avaliadores. A partir da análise discursiva ficou muito evidente que os autores utilizam os referenciais apenas porque é uma exigência do curso. (NASCIMENTO, 2016, p. 119)

A necessidade de um “produto final” com aplicação em sala de aula, exigido no MPE, ou seja, gerar um produto educacional sem a devida fundamentação teórica ou sem refletir minimamente sobre sua necessidade em um contexto escolar (geral ou específico), pode levar, em alguns casos, a “vestir o novo com roupas velhas”, conforme defendem Ostermann e Rezende (2009):

[...]investir em produtos que não apenas contemplam a eficiência de um método de ensinar dado conteúdo, mas que envolvam uma reflexão sobre um problema educacional vivido pelo professor em uma dada realidade escolar e que levaria ao desenvolvimento de atividades curriculares alternativas [...], que exigissem a reflexão sobre as finalidades e o significado da educação em ciências na contemporaneidade. (OSTERMANN e REZENDE, 2009, p. 71)

Ostermann e Rezende (2009, p. 69) sugerem ainda que é necessária “[...] uma reflexão aprofundada sobre a natureza dos cursos de MPE e sobre o possível impacto na sociedade brasileira [...]”, pois ainda é uma questão ausente na produção acadêmica das áreas de Educação e Educação em Ciências. É neste sentido que a presente dissertação

pretende dar sua contribuição na medida em que se propõe a caracterizar produtos educacionais desenvolvidos para o ensino de FMC, em especial a Mecânica Quântica (MQ), levantados no período de 2004 – ano no qual foi apresentada a primeira dissertação de MPE – a 2014, a fim de investigar seu potencial de transposição e aplicabilidade na escola.

3 REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

Nas últimas décadas, com o desenvolvimento de pesquisas e com a adoção de políticas educacionais que visam a melhoria da educação básica no país a partir de uma perspectiva social, algumas obras e alguns autores ganharam grande destaque.

No Brasil, um dos autores que mais tem influenciado os estudos nessa área é Mikhail Mikhailovich Bakhtin. Tendo concluído sua formação acadêmica em São Petersburgo, onde cursou estudos clássicos na Faculdade Filológico-Histórica, o pensador russo é considerado um dos maiores filósofos da linguagem de todos os tempos. Conceitos como enunciado, autor, autoria, estilo, significação, polifonia, dialogismo e gêneros do discurso destacam-se em sua produção.

Uma característica marcante de sua obra é a análise da linguagem como produção social e histórica. Em seus trabalhos a observação da língua sempre ocorre sob a ótica da relação dialética indivíduo/sociedade, em um universo em que se interpenetram o individual e o social.

Desde a década de 1980, período em que a obra de Bakhtin começou a ganhar espaço em nosso país, até os dias atuais, podemos notar que as concepções do autor ampliaram sua área de influência na produção intelectual brasileira. Souza (2015) cita Bakhtin afirmando que a linguagem é a forma com que o homem se expressa e se legitima. Afirma também que, esta expressão pode se dar de diversas formas transcendendo a fala e chegando a representações gráficas, como por exemplo a escrita.

3.1 O enunciado

Ao definir o enunciado como unidade fundamental de análise das interações discursivas, Bakhtin (2011) o define como um elo na cadeia de comunicação verbal, o que confere a cada enunciação um sentido único e bem definido.

O conteúdo (temático), o estilo verbal e a construção composicional, formam, para Bakhtin (2010), elementos fundamentais de um enunciado. O ato da fala, ou seja, o enunciado é de natureza social para Bakhtin (2002). Não podendo ser considerado um ato individual, tal ação não pode ser formulada sem um aporte ideológico social. Esta concepção diferencia-se em muitos aspectos das duas principais correntes linguísticas de sua época: as teses do Subjetivismo Idealista, defendido por autores como Humboldt e Potebniá, e o Objetivismo Abstrato, sendo Saussure o mais proeminente adepto dessa linha. Com este entendimento, Bakhtin e seus partidários propõem uma terceira maneira filosófica de interpretar a linguagem. As proposições abaixo mostram a proposta do autor (BAKHTIN, 2014, p. 131 - 132):

- A língua como sistema estável de formas normativamente idênticas é apenas uma abstração científica que só pode servir a certos fins teóricos e práticos particulares. Essa abstração não dá conta de maneira adequada da realidade concreta da língua.

- A língua constitui um processo de evolução ininterrupto, que se realiza através da interação verbal social dos locutores.

- As leis da evolução linguística não são de maneira alguma as leis da psicologia individual, mas também não podem ser divorciadas da atividade dos falantes. As leis da evolução linguística são essencialmente leis sociológicas.

- A criatividade da língua não coincide com a criatividade artística nem com qualquer outra forma de criatividade ideológica específica. Mas, ao mesmo tempo, a criatividade da língua não pode ser compreendida independentemente dos conteúdos e valores ideológicos que a ela se ligam. A evolução da língua, como toda evolução histórica, pode ser percebida como uma necessidade cega de tipo mecanicista, mas também pode tornar-se “uma necessidade de funcionamento livre”, uma vez que alcançou a posição de uma necessidade consciente e desejada.

- A estrutura da enunciação é uma estrutura puramente social. A enunciação como tal só se torna efetiva entre falantes. O ato de fala individual (no sentido estrito do termo “individual”) é uma *contradictio in adjecto*.

A criatividade linguística passa a ser um empreendimento humano, carregado de influências sociais e dialógicas, não podendo ser desvinculado de seu contexto histórico/social. Como comentado anteriormente Bakhtin (1981, p. 182) substitui o termo discurso, objeto pertencente tanto à linguística quanto à translinguística, como assinala Brait (2006, p. 12), por “relações dialógicas”.

Uma importante característica do enunciado, segundo Souza (2015), é a intencionalidade da fala, ou seja, quando o autor profere um enunciado ele está sempre vinculado a um suposto destinatário, podendo ou não este estar presente (porém, este destinatário sempre será bem definido no espaço e no tempo). O conteúdo do discurso sempre será escolhido de acordo com um destinatário suposto para o qual o locutor pretende direcionar seu enunciado. Por exemplo, o vendedor de uma loja, ao comentar sobre o preço de uma mercadoria, formulará um enunciado sensivelmente diferente ao proferi-lo para um cliente ou para o gerente dessa loja. Esta alternância dá-se, em boa parte, pela diferença hierárquica existente entre o gerente e vendedor e entre vendedor e cliente. Trata-se da chamada manobra verbal (estratégia discursiva) que tem como intuito aproximar o locutor de seu destinatário.

3.2 Teoria do Enunciado Concreto

De acordo com Bakhtin (2011), “Todo trabalho de investigação de um material linguístico concreto opera inevitavelmente com enunciados concretos (escritos e orais) relacionados a diferentes campos da atividade humana e da comunicação.” Por isso, o estudo da natureza do enunciado e da diversidade de gêneros do discurso é tão relevante, uma vez que:

O desconhecimento da natureza do enunciado e a relação diferente com as peculiaridades das diversidades de gênero do discurso em qualquer campo da investigação linguística redundam em formalismo e em uma abstração exagerada, deformam a historicidade da investigação, debilitam as relações da língua com a vida. [...] O enunciado é um núcleo problemático de importância excepcional. (BAKHTIN, 2011, p. 264-265)

Como salienta Brait (2005), o filósofo russo procurou a definição de noções, categorias e conceitos de análise da linguagem com base em discursos cotidianos, filosóficos, artísticos, institucionais e científicos. Esses inúmeros campos da atividade humana e essas diversas esferas sociais estão intimamente relacionados com o uso da língua.

Na visão de Bakhtin as palavras, orações e frases não formam a real unidade de comunicação. Essa é formada por enunciados concretos e únicos, fundamentados nas relações sociais.

Um conceito central da obra de Bakhtin é o dialogismo e refere-se a três formas de entender as relações dialógicas. O primeiro conceito diz respeito à concepção básica do funcionamento real da linguagem. Dessa forma, todo o enunciado é direcionado e se constitui a partir de outros, ou seja, o dialogismo diz respeito às relações entre os enunciados. O segundo conceito (concepção estreita ou composicional) trata da incorporação da voz (ou vozes) de outro(s), pelo enunciador, no enunciado. O terceiro refere-se ao princípio geral do agir. Nesse caso, é a partir do dialogismo que o sujeito se constitui e age em relação ao outro (FIORIN, 2006, p. 144).

O enunciado concreto será dialógico e único, uma vez que é intensamente influenciado pelas relações sociais próprias, jamais se repete. Uma característica importante para delimitá-lo reside na alternância de sujeitos falantes. Este revezamento gera uma segunda característica destacada por Bakhtin (2014): a conclusibilidade. Sobre essa alternância, Bakhtin comenta:

O diálogo - troca de palavras - é a forma mais natural da linguagem. Mais que isso: os enunciados, ainda que emanados de um interlocutor único (como, por exemplo, o discurso de um orador, a aula de um professor, o monólogo de um ator, os pensamentos em voz alta de um homem sozinho) são monológicos em razão da sua forma exterior, mas, dada a sua estrutura semântica e estilística, eles são, na realidade, essencialmente dialógicos (BAKHTIN, 1981, p. 4).

A conclusibilidade está relacionada à responsividade, ou seja, a possibilidade de responder ao enunciado. Um bom exemplo desta possibilidade é encontrado nos enunciados de ordem, ou ainda, dado uma ordem, temos ou não a possibilidade de obedecê-la, e é nesta expectativa que o enunciado adquire sua conclusibilidade. Bakhtin (2014) destaca, ainda o conceito de incerteza, que garante a possibilidade de resposta do

enunciado e essa é determinado por três elementos. Segundo Souza (2002) o acabamento específico do enunciado possui:

- 1) o tratamento exaustivo do tema;
- 2) o intuito, o querer-dizer do locutor;
- 3) as formas típicas de estruturação do gênero do acabamento.

A possibilidade de responder garante ao enunciado concreto um acabamento específico. Em uma obra científica, por exemplo, podemos apresentar uma abordagem mais restrita, a fim de delimitarmos nosso problema visando atingir nossos objetivos, ou seja, desde o início haverá um fator limitador fazendo com que nosso objeto permaneça dentro de limites que permite sua conclusão. Aponta-se que em determinadas situações cotidianas, tais limites não são necessários; por exemplo, no caso de ordens ou comandos diretos, do tipo “*faça isso*” ou “*faça aquilo*”, ou seja, em campos nos quais a criação é quase inexistente.

Como segundo elemento de incerteza, visando a conclusão, temos o intuito ou “o querer-dizer” do locutor. Neste elemento aparece o elemento subjetivo do enunciado, ponto vultoso do trabalho de Bakhtin. Nesse momento vinculamos o enunciado à situação concreta, tornando-o único e impossibilitando sua repetição e observando uma influência determinante do contexto externo na construção do enunciado. Os vínculos formados entre objeto-objetivo, não podem ser dissociados, sendo que esta união molda o enunciado oportunizando, assim, uma possibilidade de inferir sobre sua conclusibilidade.

Completando estas características, temos a escolha do gênero do acabamento que se constitui numa forma típica de estruturação que é o gênero do discurso. O gênero do discurso, sendo um tipo relativamente estável de enunciado Bakhtin (2011), está vinculado à função específica de um certo campo da comunicação verbal, do objeto de sentido e dos possíveis ouvintes futuros. Bakhtin (2014) afirma que esta escolha é tão fundamental que, na maioria dos casos, nem suspeitamos que elas existem. Esta alternância de gêneros é tão orgânica que o intuito discursivo do locutor se ajusta ou se adapta ao gênero escolhido. Este procedimento de mudança de gênero pode ser observado em uma conversa formal, na qual nossa fala ou escrita tende a ser mais precisa e concreta, muitas vezes padronizada e estereotipada; porém, em conversas ou escritas informais, podemos ser mais maleáveis, criativos e espontâneos.

A relação entre o enunciado concreto e seu locutor, bem como os outros parceiros da comunicação verbal, determina a escolha dos recursos linguísticos e o gênero do discurso. Essa escolha é pensada pelo locutor tendo em vista a atitude responsiva do destinatário, que terá a possibilidade de posicionar-se frente ao enunciado proferido. Essa atitude responsiva tem seu início quando o ouvinte (receptor) começa a interpretar o enunciado do locutor, ao respondê-lo ou intencionar uma resposta, sendo que o locutor pode ser capaz de prever uma futura resposta. Nessa dinamicidade percebemos que cada enunciado é uma resposta a um enunciado anterior, portanto, a responsividade retrata a relação do locutor com algum enunciado pretérito, ou ainda, todo o enunciado responde a uma demanda anterior.

Para Bakhtin (2014) ter um destinatário, dirigir-se a alguém é condição de existência do próprio enunciado. Através da diversidade de destinatários é que observamos a diversidade dos gêneros do discurso. Não havendo essa direcionalidade, não seria possível e nem faria sentido compreender o gênero do discurso e o estilo discursivo.

A tabela abaixo mostra a estrutura básica do enunciado concreto, através da qual podemos diferenciá-lo de outras estruturas da linguagem:

1)	Delimitação do enunciado	Alternância de sujeitos falantes.
2)	Conclusibilidade	A possibilidade de responder ao enunciado.
3)	Responsividade	Relação entre o enunciado concreto e seu locutor, bem como entre outros parceiros.

Para realizar a análise dos enunciados presentes nos trabalhos de conclusão MPEF, elencamos outros conceitos pertencentes à obra de Bakhtin. São eles: gênero do discurso, tema, estilo e entonação. A descrição de cada um desses conceitos é feita a seguir.

3.3 O gênero do discurso

Bakhtin (2011) define *gênero de discurso* como sendo “*tipos relativamente estáveis de enunciados*”. O pensador russo argumenta que a língua se efetua na forma de enunciados concretos, como já comentado, e argumenta que estes enunciados refletem as finalidades e condições únicas da atividade humana em cada campo. Refletem não só o conteúdo e o estilo da linguagem, ou seja, pela escolha de recursos lexicais, fraseológicos e gramaticais, mas a construção composicional. Ainda segundo Bakhtin (2011) estes três elementos estão intimamente vinculados à plenitude do enunciado, sendo determinados pela especificidade de um determinado campo da comunicação.

O tema é uma propriedade de cada enunciado, transmitindo a ideia ou convicção do autor. É carregado de ideologia e possui um índice de valor em relação ao público a quem o autor se dirige (auditório). Ele expressa as circunstâncias concretas que deu origem ao enunciado. O tema pode ser compreendido na passagem abaixo.

Um sentido definido e único, uma significação unitária, é uma propriedade que pertence a cada enunciação *como um todo*. Vamos chamar o sentido da enunciação completa o seu *tema*. O tema deve ser único. Caso contrário, não teríamos nenhuma base para definir a enunciação (BAKHTIN, 2014, p. 133).

Cada enunciado estabelece uma relação direta entre seu locutor e seus destinatários. Essa relação se forma a partir de interações dialógicas, sociológicas e ideológicas respeitando a hierarquia e o grau de proximidade entre os locutores. A esta característica do enunciado concreto chamaremos de estilo linguístico, ou simplesmente estilo. Souza (2002) destaca que o estilo, como constituinte do enunciado concreto, partilha com ele as mesmas características: natureza social; orientação ao ouvinte e orientação ao objeto do enunciado, ou seja, é a relação entre locutor e o ouvinte em uma dada situação da comunicação social que determina a entonação do enunciado.

A entonação forma uma característica do enunciado concreto bastante significativa em nossa pretensão de análises. A entonação é a parte viva da palavra e Bakhtin (2011) considera esta individualidade do enunciado pelo seu sentido único e não repetível. É uma constituinte da palavra e tem por finalidade expressar a atitude de valor do indivíduo em direção ao objeto. Através da entonação pode-se transcender o limite verbal da palavra, podendo estar na interface do verbal e não-verbal. Por fim, lembra-nos

Fiorin (2006) que “o locutor (eu) e o outro (ouvinte) constituem dois universos de valores ativos, que são constitutivos de todos os nossos atos. As ações concretas realizam-se na contraposição de valores.” Em outras palavras, o “eu” é sempre constituído na sua relação com os outros e com o meio. E essas relações ideológicas são influenciadas pelas ações verbais e não verbais durante a composição dos enunciados.

3.4 Um dispositivo analítico

Veneu, Ferraz e Rezende (2015) apresentam um dispositivo analítico que será de grande uso para as análises propostas neste trabalho. Sua utilização terá como intenção a sistematização das interpretações dos enunciados propostos para esta dissertação.

O dispositivo proposto é esquematizado na figura 1 e descrito na sequência.

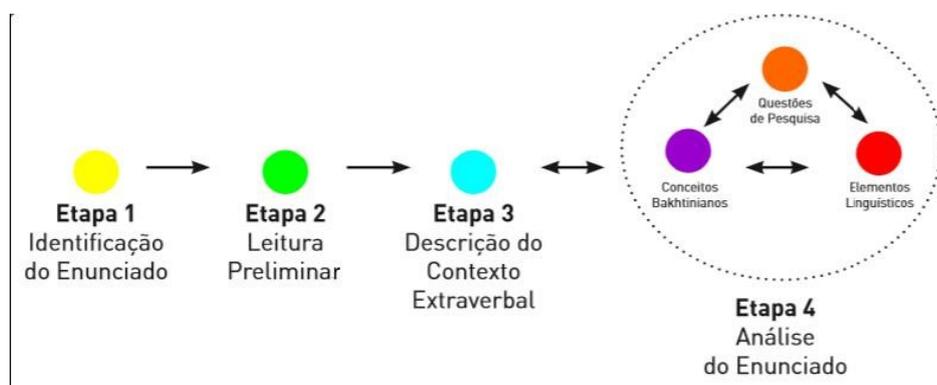


Figura 1 – Fonte: Veneu, Ferraz e Rezende (2015)

1 - Identificação do enunciado:

O conceito de enunciado permite concluir que a própria alternância entre os sujeitos falantes já é suficiente para identificá-lo, ou seja, o enunciado inicia-se no momento em que o falante toma a palavra para si e finaliza-se no momento em que este termina o que gostaria de dizer, permitindo que o outro também fale.

2 - Leitura preliminar do enunciado:

O objetivo desta etapa é o primeiro contato com os enunciados no sentido de: identificar preliminarmente seus elementos linguísticos (estilo, construção composicional, unidade temática, relação com o falante/outros participantes, conclusibilidade) e fazer uma articulação prévia entre o material linguístico, as questões de pesquisa e os conceitos bakhtinianos.

3 - Descrição do contexto extraverbal:

A partir da leitura preliminar e da articulação prévia das questões de pesquisa aos conceitos bakhtinianos é realizada uma investigação do contexto extraverbal para identificar, dentre os vários elementos, aqueles que mais contribuirão para a análise. Esses elementos são, então, descritos e articulados com vistas a estabelecer o horizonte espacial e temporal comum dos interlocutores, seu conhecimento e compreensão da situação, sua avaliação comum dessa situação, o momento social e histórico em que ocorre, a rede de enunciados a que se relaciona, etc.

4 - Análise do enunciado:

Consiste em articular os elementos linguísticos (estilo, construção composicional, conteúdo temático, relação com o falante/outros participantes, conclusibilidade), o contexto extraverbal e os conceitos bakhtinianos envolvidos nos objetivos do estudo.

4 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, será descrita uma breve revisão da literatura sobre ensino de Mecânica Quântica no Ensino Médio. Esta verificação envolveu a consulta em periódicos e revistas nacionais da área de Ensino de Ciências e Matemática, classificada no Programa Qualis da Capes. A não utilização de revistas estrangeiras, nesta revisão, justificou-se pela quase total inexistência destes periódicos nas referências das dissertações que são analisadas neste trabalho. Das mais de 400 referências citadas nas quatro dissertações e produtos analisados, apenas um trabalho citou uma revista estrangeira uma única vez e um segundo trabalho citou quatro vezes duas revistas estrangeiras. Dado o número muito baixo de citações, optamos por não abordar, nesta revisão, os referidos periódicos. Outro argumento para este abandono, reside na intenção de confrontar os TC's com a literatura existente na época das redações. Além disso, analisar a influência deste contexto extraverbal nos argumentos contidos nas dissertações e produtos.

O levantamento desse universo ocorreu durante o ano de 2015 e resultou em um total de 1108 artigos das revistas e periódicos com Qualis A1, A2 e B1. A consulta resultou em uma amostra de 24 artigos, publicados nas revistas expostas na tabela 1, que não somente abordam o ensino de Mecânica Quântica, como também têm sua publicação em revista de alto valor acadêmico. Os artigos selecionados perfazem o intervalo de 2012 a 2015. A escolha deste intervalo de análise, além de estar em acordo com as pretensões desta dissertação, também possibilita uma continuação às revisões de Ostermann e Moreira (2000), Pereira e Ostermann (2009) e a revisão feita na dissertação de mestrado de Telichevesky (2015).

Para a análise da produção acadêmica relativa ao ensino de Física Quântica, utilizou-se a seguinte metodologia: i) o levantamento do universo de trabalhos sobre o ensino de Física Quântica posteriores à revisão de Ostermann e Moreira (2000), Pereira e Ostermann (2009) e Telichevesky (2015); ii) definição dos temas presentes nos artigos revisados; e iii) categorização dos temas em (a) conteúdos de física quântica em livros didáticos, (b) experimentos, simulações e propostas didáticas de introdução a física quântica e (c) história, filosofia e epistemologia da Ciência.

A definição das categorias foi feita a partir da análise de dissertações do MPEF. Desde o início da pesquisa, procurou-se verificar os objetivos dos autores e organizar seus trabalhos, quanto à relevância e à diversidade dos temas abordados, em categorias que

fossem mais abrangentes, conferindo maior clareza tanto de leitura quanto de compreensão a esta revisão.

A tabela abaixo relaciona as revistas selecionadas, suas siglas, que serão utilizadas neste trabalho para identificá-las e os respectivos endereços eletrônicos. A metodologia utilizada nesta revisão foi a consulta direta no site de cada instituição, selecionando a opção *edições anteriores* e selecionando os artigos de interesse para esta revisão.

Tabela 1. Revistas selecionadas para análise.

	Revista	Sigla	Endereço eletrônico
1	Caderno Brasileiro de Ensino de Física	CBEF	https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/index
2	Revista Brasileira de Ensino de Física	RBEF	http://www.sbfisica.org.br/rbef/
3	Revista Ciência & Educação	RCE	http://www.fc.unesp.br/#!/ciedu
4	Investigações em Ensino de Ciências	IEC	http://www.if.ufrgs.br/ienci/
5	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	RBPEC	http://revistas.if.usp.br/rbpec
6	Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia	RECT	https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/index

4.1 Conteúdos de Física Quântica em livros didáticos

Os conceitos de Física Quântica presentes em grande parte dos livros de Ensino Médio, relatam a quantização incompleta da radiação eletromagnética proposta por Planck, utilizam o Efeito Fotoelétrico, descrito por L. Conrad, como uma prova da quantização, reforçando a ideia de Planck, sendo raríssimo mencionarem o nome A. Einstein e suas contribuições a formação da Mecânica Quântica, em especial o conceito de Fóton e por fim partindo para o modelo atômico de N. Bohr, publicado em novembro de 1911. A este conjunto de conteúdos chamaremos de *velha Mecânica Quântica*, onde claramente não são abordados temas como dualidade, emaranhamento, não-localidade e probabilidade, este último conjunto, entendemos hoje, como fundamentos da estrutura quântica de um sistema ou Fundamentos da Mecânica Quântica.

O ensino de Fundamentos de Física Quântica é bastante recente no Ensino Médio. Transpor esse tópico para a sala exige levar em conta percepções de mundo de nossos estudantes. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (1997), uma forma de desenvolver essa percepção é por meio de materiais didáticos atrativos e diversificados. Salientam ainda a importância do uso do livro didático por parte dos professores e estudantes. De acordo com Pimentel (2006), o livro didático deve ser encarado como um importante instrumental de apoio ao professor e aos alunos, porém não deve ser utilizado como uma fonte que contém a verdade absoluta.

Os materiais didáticos, em especial o livro didático, têm sido tema de investigações desenvolvidas em artigos e revistas especializadas. A tabela abaixo mostra um apanhado de diversas publicações.

Tabela 2. Publicações sobre o livro didático.

Revista	Título, Autor(es) e Ano	Conclusões relevantes
RBEF	<i>FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO: COM A PALAVRA OS AUTORES DOS LIVROS DIDÁTICOS DO PNLEM</i> LUCAS DOMINGUINI PUBLICADO EM 2012	Neste artigo são analisados os textos de Física Moderna e Contemporânea apresentadas as obras selecionadas pelo PNLEN. Todas as obras cumprem a exigência da existência de textos sobre o referido tema, no entanto é destacado que nem sempre com o mesmo nível de importância. Destaca-se a importância que muitos livros dão a assuntos com mais de 150 anos e, de certa forma relegam a um segundo plano assuntos mais atuais. O autor segue afirmando que a escolha do livro didático é de responsabilidade do professor e que o artigo apenas levanta algumas questões para esta escolha.
RBEF	<i>CONSEQUÊNCIAS DAS DESCONTEXTUALIZAÇÕES EM UM LIVRO DIDÁTICO: UMA ANÁLISE DO TEMA RADIOATIVIDADE</i> CORDEIRO, MARINÊS DOMINGUES PEDUZZI, LUIZ O. Q. PUBLICADO EM 2013	Abordando como referência a obra de Eisberg e Resnick, os autores questionam a fraca contextualização histórica dos conteúdos abordados. Ressaltam que mesmo em formação de bacharéis, em um ensino voltado para pesquisa, estes físicos invariavelmente envolver-se-ão em atividades de ensino, e portanto, é necessário que possuam subsídios para tais incursões. Para os casos de licenciatura, faz-se importante a alteração das ementas, de tal modo que contemplassem um maior tratamento histórico da física.

Continuação tabela 2

<p>RBPEC</p>	<p><i>OS RECURSOS VISUAIS UTILIZADOS NA ABORDAGEM DOS MODELOS ATÔMICOS: UMA ANÁLISE NOS LIVROS DIDÁTICOS DE QUÍMICA</i></p> <p>GIOVANNA STEFANELLO SILVA</p> <p>MARA ELISA FORTES BRAIBANTE</p> <p>MAURÍCIUS SELVERO PAZINATO PROGRAMA</p> <p>PUBLICADO EM 2013</p>	<p>Os autores reafirmam a relevante importância de recursos visuais, imagens, como ponto de auxílio para a compreensão de conceitos com alto nível de abstração. Afirmam que estes recursos não atendem satisfatoriamente seus objetivos, pois segundo os autores, nos livros do PNLD analisados, as imagens apresentam baixa qualidade, não havendo muito cuidado nem critérios para a apresentação destes recursos. Por fim alertam que deve haver um maior debate sobre este tema, pois a melhora nos recursos visuais contribuiria em muito para a compreensão do tema modelos atômicos no livro didáticos.</p>
<p>RBPEC</p>	<p><i>RECURSOS E RESTRIÇÕES NAS EXPLICAÇÕES DE FUTUROS PROFESSORES DE FÍSICA SOBRE MECÂNICA QUÂNTICA</i></p> <p>ALEXSANDRO PEREIRA DE PEREIRA</p> <p>FERNANDA OSTERMANN</p> <p>PUBLICADO EM 2012</p>	<p>Os autores apontam que em muitas ocasiões no estudo e compreensão da ciência não se há acesso direto às “entidades inobserváveis” que as teorias postulam, mas apenas a certas elucidações dessas entidades. O artigo apresenta um estudo sobre o papel da mediação textual no ensino. Por meio da análise das respostas fornecidas por professores/alunos sobre o tema Física Moderna, os autores concluem que, primeiramente os estudantes apoiam-se em uma dicotomia determinismo-probabilismo e não apresentam, em alguns casos, domínio de textos explicativos da mecânica ondulatória e, mesmo assim, foram capazes de manipular, com algum nível de satisfação, explicações textuais da mecânica Quântica.</p>

<p>CBEF</p>	<p><i>SOBRE AS PESQUISAS RELACIONADAS AO ENSINO DO EFEITO FOTOELÉTRICO</i></p> <p>RONIVAN SOUSA DA SILVA NÁDIA CRISTINA GUIMARÃES ERROBIDART</p> <p>PUBLICADO EM 2015</p>	<p>O artigo refere-se a uma revisão da literatura existente no período de 2000 a 2014, totalizando 41 artigos acerca do tema Efeito Fotoelétrico. Os autores justificam este período pois tinham a pretensão de ir além da revisão de Pereira e Ostermann (2009). As revistas selecionadas foram: Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF); Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF); A Física na Escola (FNE); História da Ciência e do Ensino (HCE); Physics Education (PE) Science & Education (SE) American Journal of Physics (AJP) American Institute of Physics (AIP). Para análise dos artigos utilizaram as seguintes classificações: Fundamentação teórica ou conceitual do efeito fotoelétrico; Descrição de analogias e situações de contextualização do efeito fotoelétrico; Aspectos de HFC com relação ao efeito fotoelétrico; Propostas ou relatos do ensino do efeito fotoelétrico mediados por simulação computacional; Propostas ou relatos do ensino do efeito fotoelétrico mediados por HFC; Propostas ou relatos do ensino do efeito fotoelétrico mediados por experimentação; Análise de livros didáticos ou manuais com relação à abordagem do efeito fotoelétrico. Por fim aos autores concluem sobre a extrema utilização de simulações computacionais para o trato do efeito fotoelétrico e apontam dificuldades presentes nos alunos de nível médio descritas da seguinte forma: (i) a falta de diferenciação dos conceitos de intensidade e frequência de luz; (ii) a falta de compreensão do conceito de função trabalho de uma superfície metálica; (iii) a falta conhecimentos básicos dos estudantes acerca do modelo ondulatório da luz, com os quais o experimento do efeito fotoelétrico é contrastado e (iv) a falta de domínio de operações básicas de matemática para resolução de problemas.</p>
-------------	---	--

Observa-se nos textos abordados que, embora muitos esforços sejam feitos para melhora do livro didático, alguns problemas dificultam o trabalho do professor e a compreensão dos tópicos pelos estudantes. Entre esses problemas, destaca-se a não atualização dos tópicos, como é citado em Domingui (2012). É dada ênfase a tópicos com mais de 150 anos, deixando em segundo plano os mais atuais, como Peduzzi et al. (2013) ressaltam a importância cronológica dos temas abordados, em muitos casos ignorado pelos autores. Nota-se que o problema da não concepção histórica do desenvolvimento da ciência transcende os livros didáticos e permeia a academia, pois o número de horas dedicadas a esta formação, segundo os autores, ainda é muito pequena. Silva et al. (2013) alertam para

a baixa qualidade visual dos livros selecionados para o PNLD, enquanto que Cássio *et al.* (2012) afirmam que a qualidade visual é essencial para transições entre diferentes níveis de representação, como por exemplo, do macroscópico para o microscópico. A não observação desta qualidade e rigor gráfico gera, segundo o autor, obstáculos à aprendizagem. Ainda, segundo o autor, pode-se afirmar que independente do aprofundamento do estudo, seja no ensino fundamental ou no médio, é necessário que os estudantes sejam capazes de transitar entre esses níveis para que tenham embasamento teórico para o entendimento da natureza e a interpretação de seus fenômenos.

A inserção de temas ligados à Física Moderna nos livros didáticos se faz de forma precária ou quase inexistente (OSTERMANN e MOREIRA, 2009). Observa-se que, em muitos casos, os referidos temas são apresentados como meras formalidades apenas para cumprir exigências governamentais, não se preocupando, em momento algum, com sequências, abordagens e com o rigor que estes temas exigem. As simplificações matemáticas e a exaustiva utilização de comparações com a física clássica constituem um obstáculo ao aprendizado.

Como exposto, o livro didático pode ser um excelente instrumento para a aprendizagem. Porém, determinados aspectos devem ser observados para a melhoria e maior eficiência neste processo. Não obstante, os livros didáticos podem, em alguns casos, determinar o ritmo e o tipo de aula ministrada. Em especial para livros que se dispõem a preparar o aluno para concursos de admissão ao ensino superior, observa-se a total ausência tanto de problemas quanto de exercícios. Esta principal característica advém da necessidade de cumprir extensos programas e lidar com turmas de exagerado número de alunos, não havendo possibilidade de um debate aprofundado sobre os temas abordados, limitando-se a aplicação de meros exercícios e de rotinas de resolução por repetição e automatizadas, sem que o aluno saiba discernir o sentido do que está fazendo e, por conseguinte, sem que possa transferi-lo ou generalizá-lo de forma autônoma a situações novas, sejam cotidianas ou escolares. Como destacam Echeverría e Pozo (1998), resolver um exercício de física, como calcular o retrocesso de uma arma após o disparo, requer do aluno a aplicação de ferramentas físico-matemáticas, que, se bem-feita, podem levar a uma solução correta, mesmo que o aluno não compreenda o funcionamento físico de uma arma. Assim, com esse tipo de livro, o aluno pode até conseguir resolver exercícios, mas isso ocorre independentemente de compreender ou não o significado da Física aí presente.

Por fim, Choppin (2004) e Valls (2008) afirmam que os livros didáticos devem corresponder a transformações que só poderão ser avaliadas ao longo do tempo. Neste sentido justificam-se pesquisas nesta área e ainda segundo Johnsen (2001) e Fernández (2005) além dos livros, devem ser avaliados o uso que professores e estudantes fazem dele.

4.2 Experimentos, Simulações e propostas didáticas de introdução à Física Quântica

A utilização de experimentos e demonstrações dos fenômenos físicos é parte da tradição no ensino da ciência, segundo Azevedo, Monteiro Jr., Santos, Carlos e Tancredo (2009) constituem-se numa das mais importantes ferramentas didáticas no ensino das ciências e, em particular, no ensino da física. A introdução de conceitos ligados aos fundamentos da mecânica quântica, também é de grande interesse nesta revisão, neste sentido foram destacados e analisados doze artigos de relevância para a proposta desta dissertação.

Tabela 3. Publicações sobre experimentos, simulações e propostas didáticas.

Revista	Título, Autor(es) e Ano	Conclusões relevantes
RBEF	<p><i>DA FÍSICA CLÁSSICA À MODERNA: O SIMPLES TOQUE DE UMA SIRENE</i></p> <p>RODRIGO LIMA MELHORATO E GUSTAVO TOSTA NICOLI</p> <p>PUBLICADO EM 2012</p>	Os autores propõem a utilização de um equipamento de baixo custo, consistindo em uma sirene que pode ser acionada pela incidência de laser em um LDR (Light Dependent Resistor). O LDR (Light Dependent Resistor), que tem seu valor resistivo alterado em função da incidência de luz. Afirmam, os autores, que tal demonstração serve de centro para discussões sobre a natureza dual da luz e suas consequências.
RBEF	<p><i>AS CONTRIBUIÇÕES DE JOHN CLAUSER PARA O PRIMEIRO TESTE EXPERIMENTAL DO TEOREMA DE BELL: UMA ANÁLISE DAS TÉCNICAS E DA CULTURA MATERIAL</i></p> <p>WILSON FÁBIO DE OLIVEIRA BISPO, DENIS FRANCIS GILBERT DAVID, OLIVAL FREIRE JR.</p> <p>PUBLICADO EM 2013</p>	Poucos são os livros, em especial os livros didáticos de introdução ou apresentação da Mecânica Quântica que reproduzem textos comentando sobre o Teorema de Bell. Ciente da importância de tal demonstração o artigo trata o tema de maneira detalhada e levantando questões do tipo: o experimento poderia ter sido feito antes? O avanço tecnológico foi fator decisivo na realização do experimento? Estas perguntas são respondidas e argumentadas, solidamente, a partir de uma descrição biográfica do autor do experimento, John Clauser, e de uma descrição histórica do desenvolvimento do próprio Teorema. Os autores afirmam que os avanços tecnológicos foram decisivos para a realização do experimento citando, inclusive, Clauser como um pioneiro tanto experimental quanto teórico no campo do emaranhamento quântico.

Continuação tabela 3

RBEF	<p><i>O LHC (LARGE HADRON COLLIDER) E A NOSSA FÍSICA DE CADA DIA</i></p> <p>FÁBIO KOPP NÓBREGA, LUIZ FERNANDO MACKEDANZ</p> <p>PUBLICADO EM 2013</p>	<p>Partindo de um dos maiores empreendimentos humanos, o LHC, os autores sustentam a introdução de conceitos sobre Física de Partículas no nível de Ensino Médio. Argumentam que os experimentos realizados nos grandes aceleradores podem ser descritos, com boa aproximação, valendo-se do eletromagnetismo secundarista. A utilização de notícias veiculadas na mídia não especializada, atualmente muito comuns, podem servir de ponto de partida para introdução de temas atuais da física de partículas, como a criação de buracos negros e os raios cósmicos.</p>
CBEF	<p><i>DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA CONSTANTE DE PLANCK PELA OBSERVAÇÃO DA CORRENTE DE DESCARGA DE UM CAPACITOR</i></p> <p>ERICK SANTANA DOS SANTOS</p> <p>ROBERTO DOS SANTOS MENEZES JR.</p> <p>VICTOR MANCIR DA SILVA SANTANA</p> <p>PUBLICADO EM 2015</p>	<p>Utilizando um princípio fundamental oriundo do efeito fotoelétrico os autores propõem a determinação do valor da constante de Planck por meio da medição da tensão de corte de lâmpadas do tipo LED. Os materiais empregados estão dentro das possibilidades da maioria das escolas, não apresentando assim empecilhos financeiros. Os resultados descritos no artigo estão dentro dos limites apresentados pela literatura do eletromagnetismo, segundo os autores, justificando o investimento.</p>
CBEF	<p><i>A CÂMARA DE NUVENS: UMA ABORDAGEM INTEGRADA ENTRE A FÍSICA CLÁSSICA E A FÍSICA MODERNA</i></p> <p>LISIANE ARAUJO PINHEIRO</p> <p>PUBLICADO EM 2015</p>	<p>Os aspectos complementares e a dicotomia Física Moderna/Física Clássica são abordados pela autora do artigo, propondo uma construção de custo compatível com escolas públicas e privadas. A confecção de uma câmara de nuvens, segundo a autora, possibilita uma abordagem da Física Clássica e da Física Moderna, trazendo a discussão para sala de aula. Ainda segundo a autora, o tema pode instigar o questionamento sobre diversos temas, desde a constituição elementar da matéria até Cosmologia.</p>

<p>RBPEC</p>	<p><i>ESTRATÉGIAS DISCURSIVAS ADOTADAS POR PROFESSORES EM FORMAÇÃO NA COMPREENSÃO DO FENÔMENO DA COMPLEMENTARIDADE EM ATIVIDADES DIDÁTICAS MEDIADAS PELO INTERFERÔMETRO VIRTUAL DE MACH-ZEHNDER</i></p> <p>JADER DA SILVA NETTO</p> <p>CLÁUDIO JOSÉ DE HOLANDA CAVALCANTI</p> <p>FERNANDA OSTERMANN</p> <p>PUBLICADO EM 2015</p>	<p>O artigo apresenta uma análise discursiva à luz da teoria da mediação de Vygotsky e da filosofia translingüística de Bakhtin. O <i>corpus</i> analisado é o discurso de professores em formação frente a situações problemas apresentados com a utilização do software Interferômetro Virtual de Mach-Zehnder (IVMZ). Essas situações problema trataram a complementaridade onda-partícula de modo a abordar os fenômenos intermediários de interferência quântica. São comentados aspectos relevantes da formação de professores, em seguida apresentada a metodologia e aplicação da proposta. Os resultados atingidos apontam mudanças discursivas que evidenciam compreensão de relações entre as quantidades distinguibilidade e visibilidade, estabelecendo também relações entre estas e a complementaridade entre os comportamentos corpuscular e ondulatório do fóton. Salientam ainda que esse processo não pode ser mediado apenas pelo software, mas também por roteiros que propiciem situações didáticas.</p>
<p>CBEF</p>	<p><i>ENSINO DE MATÉRIA E RADIAÇÃO NO ENSINO MÉDIO COM O AUXÍLIO DE SIMULADORES INTERATIVOS</i></p> <p>ANTONIO AUGUSTO SOARES</p> <p>ESTEVÃO MORAES</p> <p>FRANCIÉLE GONÇALVES OLIVEIRA</p> <p>PUBLICADO EM 2015</p>	<p>Sem dar muitos detalhes de como foram avaliados o aumento da motivação e a maior compreensão sobre os assuntos ligados à Física das Radiações, o autor afirma que a utilização de simulações computacionais, desenvolvidas pelo projeto <i>Physics Educational Technology (PhET)</i> da Universidade do Colorado foram capazes de tal feito em duas turmas do Ensino Médio da rede pública em São Paulo. O autor relata a importância das simulações computacionais como recurso complementar à exposição teórica, salientando que, em sua opinião, o estudo torna-se mais dinâmico e atrativo. Apoia sua proposta na teoria sócio-interacionista de Vygotsky relacionando o trabalho com simulações ao desenvolvimento da Zona de Desenvolvimento Proximal ZDP. Por fim, afirma que o uso de novas tecnologias melhora a relação professor aluno.</p>

<p>CBEF</p>	<p><i>LABORATÓRIO VIRTUAL DE FÍSICA MODERNA: SISTEMA PARA ESPECTROMETRIA GAMA</i></p> <p>NELSON CANZIAN DA SILVA</p> <p>PUBLICADO EM 2015</p>	<p>A exigência de cintiladores, fotomultiplicadoras e o manuseio de radiação gama, torna inviável a utilização deste recurso em salas de Ensino Médio e em muitos casos até mesmo no Ensino Superior. A simulação proposta e implementada, descrita no artigo, é uma alternativa a esta questão. A simulação consiste em uma “fonte” de fótons com energias bem definidas e um “detector” com funcionamento semelhante a um sistema de espectrometria de fótons. Dispondo de um grande número de ajustes, segundo o autor, vários parâmetros podem ser ajustados, assemelhando-se ao sistema real. A simulação foi utilizada em duas turmas do curso de licenciatura em Física da UFSC. Após fazer colocações sobre os sistemas reais de laboratórios e expor parte da teoria envolvida no fenômeno, o autor conclui que o grau de aproveitamento por parte dos alunos é elevado, em que pese não tenha apresentado nenhum instrumento para tal conclusão.</p>
<p>CBEF</p>	<p><i>MECÁNICA CUÁNTICA FUNDAMENTAL, UNA PROPUESTA DIDÁCTICA</i></p> <p>JHONNY CASTRILLÓN</p> <p>OLIVAL FREIRE JR.</p> <p>BORIS RODRÍGUEZ</p> <p>PUBLICADO EM 2014</p>	<p>Neste artigo os autores propõem uma ‘nova’ abordagem para o ensino da mecânica quântica, trazendo como base os fundamentos desta ciência. Apontam o princípio da superposição e o emaranhamento quântico como base teórica para descrição quântica. Comentam que os experimentos de Stern-Gerlach e o interferômetro de Mach-Zehnder subsidiariam assuntos como criptografia quântica e teletransporte. No decorrer do artigo são mostrados grupos didáticos para introdução destes conceitos, com atividades e análises e por fim afirmam que os pilares da proposta estão nos conceitos de superposição e emaranhamento e comentam que os estudantes devem ter a oportunidade de ter uma visão diferenciada no estudo da mecânica quântica.</p>

Continuação tabela 3

IEC	<p><i>UTILIZAÇÃO DE RECURSOS AUDIOVISUAIS EM UMA ESTRATÉGIA FLEXQUEST SOBRE RADIOATIVIDADE</i></p> <p>FLÁVIA CRISTINA GOMES CATUNDA DE VASCONCELOS</p> <p>MARCELO BRITO CARNEIRO LEÃO</p> <p>PUBLICADO EM 2015</p>	<p>Apostando na Teoria da Flexibilidade Cognitiva, os autores descrevem a aplicação, em sala de aula, para um grupo de 25 alunos a estratégia do FlexQuest para o ensino de conceitos ligados à radioatividade. Após uma breve introdução, justificam a utilização de recursos audiovisuais em sala de aula, afirmam que os alunos terão maior motivação e atração ao ser utilizado vídeo, pois segundo os autores, tais recursos despertam o emocional e o intuitivo do espectador. Justifica a utilização da TFC afirmando que, é uma teoria que contempla a construção de conhecimento em níveis complexos e avançados de aprendizagem, evitando os problemas que resultam da utilização de abordagens de ensino simplificadoras. Comenta que o WebQuest é uma ferramenta disponível na web e, por meio dela tem-se uma série de recursos que agregam à proposta. Por fim afirma que tal estratégia motivou os alunos.</p>
-----	--	---

A atividade experimental é uma importante parte que integra o ensino de física (FORÇA *et al.* 2011) e essa importância tem sido amplamente discutida por diversos pesquisadores há tempos. Observa-se, no entanto, que o custo de experimentos, em especial, os de Física Moderna é proibitivo, tornando a aquisição de equipamentos, por parte de escolas, algo impraticável.

<p>C&E</p>	<p>UM EXEMPLO DE “DISTRIBUIÇÃO SOCIAL DA MENTE” EM UMA AULA DE FÍSICA QUÂNTICA</p> <p>ALEXSANDRO PEREIRA DE PEREIRA</p> <p>CLÁUDIO JOSÉ DE HOLANDA CAVALCANTI</p> <p>FERNANDA OSTERMANN</p> <p>PUBLICADO EM 2012</p>	<p>O artigo descreve uma atividade feita por um grupo de alunos graduandos em física. A referida atividade versa sobre aspectos fundamentais da mecânica quântica, tais como interferência de fótons e emaranhamento quântico, Pessoa Jr. (2005), que são explorados através do interferômetro virtual de Mach-Zehnder (IVMZ). Os diálogos, entre os participantes, são coletados, transcritos e analisados a luz de teorias de interações psicológicas, antropológica e sociais. Afirmam os autores, que em debates mais “acalorados”, (“a construção de significados na atividade surgiu por meio de um processo complexo de interanimação de vozes, no qual é impossível determinar quem solucionou o problema” (PEREIRA et al., p. 28), citam os autores. Afirmam ainda que, os resultados da proposta intensificam a relevância de atividades em grupo no ensino de temas complexos da ciência, em especial os temas ligados aos fundamentos da mecânica quântica. Por fim salientam que a atividade em grupo, nesta aplicação, não se resumiu ao mais experiente auxiliando o menos experiente, mas sim uma interação coletiva, como um sistema integrado, fazendo com que o grupo todo resolvesse o problema, ficando explícito que a complexidade atingida está além da capacidade do mais capaz.</p>
----------------	--	---

Como mostrado em artigos aqui apresentados, Lima e Nicoli (2012), Pinheiro (2015) e Santos, Menezes Jr., e Santana (2015), a expressão “*baixo custo*” é bastante presente, o que faz de nossos laboratórios escolares uma verdadeira feira de artesanato, cujos experimentos funcionam muito pelo esforço e pelo talento artístico de seus autores. Os laboratórios virtuais e softwares que simulam dispositivos, aparecem neste cenário como uma alternativa, como proposto nos trabalhos de Netto *et al* (2015) e Silva (2015). Os trabalhos de Netto *et al* (2015) propõem o interferômetro virtual de Mach-Zehnder (IVMZ) como uma ferramenta mediadora capaz de introduzir os fundamentos da mecânica quântica. Ostermann *et al* (2009) ainda destacam o potencial do IVMZ como promovedor de discussões para trabalhos em grupo. A utilização de simulações *online* para demonstrações ligadas ao estudo das radiações é apresentada no trabalho de Soares

et al (2015) e em Silva (2015), que justificam sua escolha pelo baixo custo das simulações disponíveis na rede e pelo alto risco na utilização de radiações ionizantes caso os experimentos fossem reais. O uso intensivo de simulações computacionais sugere que a atividade experimental pode ser desenvolvida de forma contextualizada e social.

A utilização de recursos audiovisuais só trará inovação ao ensino se acompanhado de uma metodologia articulada a aplicação deste recurso, propondo utilização que vão além da mera contemplação do aparelho e seu conteúdo retrógrado. Pois vídeos e programas de televisão em apoio ao ensino estão presentes em boas salas de aula desde o próprio surgimento da televisão. Sustentar a utilização destes recursos parece obsoleta. No entanto Vasconcelos *et al* (2015) sustentam a utilização de tal recurso como mediador de práticas como a Teoria da Flexibilidade Cognitiva. Convém lembrar que o referido trabalho é único no período abarcado.

Como sustentam Ostermann *et al* (2009) e Pessoa Jr. (2005), a abordagem da dualidade onda-partícula, como conceito central na introdução à física quântica no ensino médio, permite uma maior compreensão das tecnologias atuais, em especial a tecnologia digital (o computador quântico, por exemplo):

Esse conceito é um dos pilares da teoria, uma vez que está fortemente relacionado a conceitos revolucionários tais como superposição de estados e não-localidade. OSTERMANN, *et al*, 2009, p. 1113)

Neste sentido, além dos trabalhos de Ostermann *et al* (2009), no período abarcado por esta revisão, destaca-se o trabalho de Castrillón *et al* (2014), que além da introdução dos fundamentos da mecânica quântica, justificam sua necessidade através de experimentos raramente presentes nos livros de ensino médio. O experimento de Stern-Gerlach e o interferômetro de Mach-Zehnder, para Bispo *et al* (2013) evidenciam a ausência dos fundamentos da mecânica quântica nos livros didáticos. Eles argumentam que são raríssimos os textos que descrevem o teorema de Bell, segundo estes autores uma notável forma de discutir os assuntos referentes à superposição de estados e ao emaranhamento quântico.

4.3 História, Filosofia e Epistemologia da Física Quântica

A ciência é um empreendimento humano, e como tal, não está desvinculado do seu tempo e espaço, ou seja, os aspectos históricos-filosóficos influenciam de maneira determinante os rumos das pesquisas. No que diz respeito ao ensino da física autores defendem que a introdução da física moderna e contemporânea, em especial os fundamentos da mecânica quântica, permitem veicular uma visão mais atual da ciência, (MORAIS e GUERRA, 2013; OSTERMANN *et al*, 2009). Como destacam Morais e Guerra (2013), esse tipo de abordagem não é simples e enfrenta obstáculos que podem ser sintetizados em i) falta de preparo dos professores; ii) falta de material didático disponível; iii) carga horária insuficiente para a inserção de mais conteúdo; iv) lista de conteúdo extensa a ser cumprida; v) necessidade de conhecimento prévio e, vi) dificuldade matemática. Os autores afirmam também que a introdução de aspectos históricos, filosóficos e epistemológicos, podem contribuir para a acessibilidades dos estudantes a estas questões. A tabela 4 abaixo apresenta parte do cenário de pesquisas atuais neste sentido.

Tabela 4. Publicações sobre História, Filosofia e Epistemologia da Ciência.

Revista	Título, Autor(es) e Ano	Conclusões relevantes
RBPEC	<i>AS INTUIÇÕES ATOMÍSTICAS DE BACHELARD</i> LARISSA MOREIRA FERREIRA LUIZ ORLANDO DE QUADRO PEDUZZI PUBLUCADO EM 2014	Neste artigo os autores apresentam uma obra pouco conhecida de G. Bachelard, “ <i>As Intuições Atomísticas</i> ”, “ <i>Les Intuitions Atomistiques</i> ”. O exemplar apresenta as implicações filosóficas do atomismo ao longo do tempo (até 1933). Expõe uma visão detalhada da influência filosófica da visão do átomo, apresentando, também, uma grande preocupação pedagógica relacionada diretamente aos estudantes. São comentadas as concepções Realistas, Positivistas, Criticista e por fim o atomismo Axiomático. Salienta, com grande propriedade, o caráter ilusório das intuições primárias e afirma que a fusão das teses idealistas e realistas lava à preparação para a evolução do atomismo científico moderno. Os autores alertam para a necessidade de adaptações para o contexto moderno, mas que os conhecimentos históricos e filosóficos contidos na obra oportunizam ricas aplicações pedagógicas.

Continuação da tabela 4

RBEF	<p><i>A DESCOBERTA DO EFEITO COMPTON: DE UMA ABORDAGEM SEMICLÁSSICA A UMA ABORDAGEM QUÂNTICA</i></p> <p>INDIANARA SILVA OLIVAL FREIRE JR.</p> <p>PUBLICADO EM 2014</p>	<p>Freira e Silva apresentam neste artigo a trajetória do programa de pesquisa usado por A. Compton para a descrição da interação dos raios X com elétrons, fenômeno que hoje recebe o nome dele. Ao longo desta trajetória, os autores apresentam as importantes mudanças de caminho tomadas por Compton na busca de seu objetivo. É dito que os modelos, em sua pesquisa, passaram por diversas fases transitando entre o Clássico e o Quântico. Ressaltam ainda o valor didático de tais mudanças dentro da ciência, apontando para a ciência como um empreendimento humano, sujeito a equívocos, alterações e adaptações. A “demora” para aceitar o modelo quântico, fato ocorrido apenas em final de 1922, mostra que um cientista, segundo o artigo, vive em seu tempo, apresentando resistência a mudanças.</p>
RBEF	<p><i>O ATOMISMO GREGO E A FORMAÇÃO DO PENSAMENTO FÍSICO MODERNO</i></p> <p>C.M. PORTO</p> <p>PUBLICADO EM 2013</p>	<p>Relembrando autores Gregos do atomismo, o autor faz uma extensa descrição histórica do desenvolvimento das concepções atomistas e aponta para suas influências modernas. Apresenta, ainda, uma conexão intensa com o desenvolvimento da Teoria Cinética dos Gases, apontada pelo autor, como a primeira aplicação direta do modelo atômico, chegando até a publicação dos trabalhos de Einstein sobre o movimento Browniano, segundo o artigo, momento em que a teoria atômica se firmou. O artigo apresenta uma importante discussão sobre a aceitação da teoria atômica, discussão, esta, que raramente figura em guias escolares hoje em dia, passando a ideia que o caráter corpuscular para a matéria sempre foi um consenso na comunidade científica.</p>

RBEF	<p><i>HISTÓRIA E A FILOSOFIA DA CIÊNCIA: CAMINHOS PARA A INSERÇÃO DE TEMAS DE FÍSICA MODERNA NO ESTUDO DE ENERGIA NA PRIMEIRA SÉRIE DO ENSINO MÉDIO</i></p> <p>ANGELITA MORAIS ANDREIA GUERRA</p> <p>PUBLICADO EM 2013</p>	<p>Apontando como um grande problema do ensino, a desmotivação do aluno serviu de entrada para os conceitos históricos filosóficos abordados no artigo. Com tais conceitos foi possível, segundo os autores traçar um fio condutor, por meio do qual os alunos apresentaram maior motivação e interagiram em maior grau em discussões. Os autores afirmam que o tempo exímio, para aplicação da unidade didática, é um fator determinante no sucesso do empreendimento, no entanto apresentam satisfação ao constatar que houve modificação nas relações de saberes dos alunos, pois como concluem os autores, os alunos reconheceram o conceito de energia como o conceito abrangente que é, bem como demonstraram uma visão menos ingênua da ciência no que diz respeito à sua construção. <i>Logo, de uma forma geral, o projeto levou-nos a resultados positivos.</i></p>
CBEF	<p><i>O ESTUDO DA ESPECTROSCOPIA NO ENSINO MÉDIO ATRAVÉS DE UMA ABORDAGEM HISTÓRICO-FILOSÓFICA: POSSIBILIDADE DE INTERSEÇÃO ENTRE AS DISCIPLINAS DE QUÍMICA E FÍSICA</i></p> <p>HEBERT ROBERTO ARAÚJO SILVA ANDREIA GUERRA MORAES</p> <p>PUBLICADO EM 2015</p>	<p>Neste artigo os autores partem de uma pergunta bem definida: <i>que elementos do tema espectroscopia desenvolvidos em aulas de Física, numa abordagem histórico-filosófica, podem complementar o estudo de modelo atômico realizado nas aulas de Química do Ensino Médio?</i> Após destacar com muita propriedade a importância de uma abordagem histórico-filosófica, os autores apresentam uma sequência didática (SD), que após negociações com outros professores e alunos, foi posta em prática. Os autores afirmam que a abordagem histórico-filosófica da espectroscopia possibilitou uma maior interação entre os participantes do projeto, possibilitando realizações de experimentos motivadores. Por fim apresentam uma sólida integração ao conteúdo de química, em especial o modelo atômico de Bohr, destacando que o tempo se apresenta como um grande obstáculo, mas este superado, em parte, pela relação entre duas disciplinas. Como conclusão os autores comentam: <i>“... que as dificuldades apontadas pela pesquisa foram superadas de modo satisfatório, permitindo apontar que o estudo do tema espectroscopia, nas aulas de Física, é capaz de suscitar questões importantes ao estudo do modelo atômico desenvolvido nas aulas de Química.”</i></p>

<p>RBEF</p>	<p><i>O ÁTOMO DE BOHR NO ENSINO MÉDIO</i></p> <p>F.A.G. PARENTE A.C.F. DOS SANTOS A.C. TORT</p> <p>PUBLICADO EM 2015</p>	<p>O artigo propõe uma nova abordagem para um tema bastante conhecido, o modelo atômico de Bohr. Faz-se, neste artigo, uma contundente crítica ao livro didático brasileiro. Retoma o de Peduzzi e Basso (2005) e aprofunda a crítica de como é apresentado o modelo de Bohr nos livros. Apoiar-se na regra de quantização do momento angular, para sustentar sua percepção e comenta que raramente isso é abordado de maneira satisfatória. Segundo o próprio autor e segundo Aron (1997), tais abordagens sobre o momento angular são precárias e arbitrárias, sugerindo uma espécie de golpe mágico da ciência.</p>
<p>CBEF</p>	<p><i>ENTRE OS TRANSURÂNICOS E A FISSÃO NUCLEAR: UM EXEMPLO DO PAPEL DA INTERDISCIPLINARIDADE EM UMA DESCOBERTA CIENTÍFICA</i></p> <p>MARINÊS D. CORDEIRO LUIZ O. Q. PEDUZZI</p> <p>PUBLICADO EM 2014</p>	<p>Neste artigo os autores apresentam um apanhado relevante do desenvolvimento do processo da fissão nuclear. Tema apontado por sua importância no desenvolvimento científico e pela sua capacidade interdisciplinar. Apontam, os autores, que o desenvolvimento das pesquisas, iniciadas em 1932 e tendo seu ápice em 1939, acerca dos fenômenos nucleares despontam como uma interessante relação entre química, física e sociedade. Comentam sobre questões de autoria, assunto nem sempre abordado com o rigor necessário nos livros didáticos, da descoberta da fissão, afirmando que aspectos filosóficos não sejam excluídos do contexto das descobertas, afirmando que nem sempre é fácil localizar no tempo tais aspectos, mas que estes sempre estão presentes na estrutura histórica e que devem ser sempre problematizados. Ao final do artigo os autores apresentam um panorama epistemológico rico, no qual está inserida a fissão nuclear. Salientam ainda as dificuldades e a complexidade da interdisciplinaridade, mas comentam que a contextualização histórico-filosófica da ciência contribui para melhor compreensão dos temas abordados, transcendendo-os. Como afirmam os autores, esta contextualização pode trazer aspectos sobre minorias e a efetiva contribuição da mulher na ciência. Ainda segundo o artigo, os livros didáticos suprimem muito a participação das mulheres no desenvolvimento científico.</p>

CBEF	<p><i>DAS MARGENS PARA O CENTRO: MUDANÇAS NA PESQUISA EM FUNDAMENTOS DA MECÂNICA QUÂNTICA, 1950-1990</i></p> <p>OLIVAL FREIRE JUNIOR</p> <p>PUBLICADO EM 2015</p>	<p>Neste artigo Freire Jr. Descreve a história do desenvolvimento da parte da Mecânica Quântica, analisando o contexto interno e externo que condicionaram este desenvolvimento. Este artigo aborda, de maneira precisa, o contexto extraverbal existente nas discussões entre o que o autor chamou, de “dissentes quânticos”. Destaca, o autor, uma abordagem pluralística na prática da ciência.</p>
------	---	--

As atuais normativas oficiais para a Educação Brasileira, segundo o INEP (2006) apontam para a necessidade de o ensino de Ciências na Educação Básica contribuir para uma formação que permita ao indivíduo uma aprendizagem autônoma e contínua ao longo da vida. Apesar de a inserção de tópicos de História e de Filosofia no Ensino de Ciências poder auxiliar na superação de diversas dificuldades pelas quais passa a educação científica (MARTINS, 2006), tal alteração no currículo não resolverá os problemas. A história da ciência não deve ser contada veiculando uma imagem caricaturada dos cientistas, aferindo-lhes superpoderes ou cérebros extraordinários, bem como tornar os fatos históricos um amontoado de anedotas.

Os resultados de pesquisa apontam que o ensino de temas científicos a partir de uma abordagem histórico-filosófica promovem discussões importantes para a compreensão do papel da ciência na sociedade atual (MARTINS, 1990; 1998; 2000; 2001; 2006; MATTHEWS, 1995, GIL-PÉREZ, 1993; GUERRA; REIS; BRAGA, 2002; GURIDI; ARRIASSEQ, 2004; ALMEIDA, 2004; SILVEIRA; PEDUZZI, 2006; PENA, 2007; PENA; FILHO, 2009; QUINTAL; GUERRA, 2009; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011; MONTEIRO, NARDI, 2007; SILVA; GUERRA, 2013).

Os livros didáticos de física usualmente apresentam os avanços científicos como descobertas, algo que beira ao acaso ou, até mesmo, a aventura, reforçando a contextualização histórica apenas como um recurso de entretenimento. Raros são os textos que apresentam o verdadeiro esforço de pesquisa, equívocos e, talvez, o mais importante, mudanças nos rumos da pesquisa. O trabalho de Freire e Silva (2014) apresenta a construção do Efeito Compton como um empreendimento com diversas fases,

transitando em estágios que foram do clássico ao quântico. A composição de Parente *et al* (2015) sobre o modelo do átomo de Bohr, salienta a precariedade das abordagens nos livros de ensino médio, dando, segundo Aron (1997) uma falsa ideia da evolução de conceitos como a quantização do *momentum* angular, importante para a consolidação da teoria quântica. Aron (1997) afirma que a forma como é colocada a quantização do *momentum* angular beira à magia ou a algo “*chutado*”.

É interessante destacar que a ciência e seu desenvolvimento é um empreendimento coletivo, cercado de influências culturais e políticas, nota-se, novamente que são raros os textos didáticos que fornecem esta visão, preferindo apresentar cientistas como seres isolados, misteriosos e cercados pelo acaso.

As implicações epistemológicas, como destacam Ferreira e Peduzzi (2014), têm uma influência muito forte na formação de conceitos fundamentais. Autores como Porto (2013) comentam que na formação da ideia dos constituintes da matéria, o átomo, tem um papel importante na estrutura cognitiva e científica, pois, de acordo com os autores, o modelo atômico vai além dos nossos sentidos, apontando para algo muito importante a necessidade de transcender o “método científico”.

Morais e Guerra (2013) sugerem propostas de um ensino que permita uma abordagem histórico-filosófica capaz de ressaltar o desenvolvimento da ciência como parte da cultura humana. Afirmam que a introdução de conceitos da física moderna pode ser feita por meio de uma abordagem histórico-filosófica em detrimento ao formalismo matemático. Uma abordagem entre os diferentes contextos políticos, sociais, artísticos, científicos, proposto em Silva e Moraes (2015) apontam para uma relação entre disciplinas, formando um forte contexto para a introdução de temas ligados à física quântica.

Diversos autores apresentam o átomo e o estudo de sua estrutura como um excelente “*fio condutor*” para a inserção de temas modernos nas aulas de física. Abordagens epistemologicamente bem fundamentadas apresentam o caráter pouco intuitivo do tema, característica que se estende por toda a mecânica quântica. Silva e Freire Jr. (2014) apresentam como uma alternativa didática a discussão sobre as dificuldades, incertezas e mudanças ao longo da pesquisa científica, Porto (2013) recupera, por meio do desenvolvimento do conceito de átomo, diversas possibilidades e dificuldades para a aceitação de estruturas, que hoje parecem tão óbvias e amplamente aceitas. Embora o modelo de Bohr tenha se repetido em vários trabalhos, nenhum autor ousou relacioná-lo a conceitos fundamentais da física quântica, fundamentos estes tão defendidos por Moreira e Ostermann (2009) e Pessoa Jr. (2005). Tais trabalhos limitaram-se a descrever a relação do citado modelo à teoria do corpo negro de M. Planck.

4.4 Considerações sobre a revisão da literatura

Ao restringir nossa busca por materiais produzidos entre 2012 e 2015, nas principais revistas de Ensino de Ciências, cremos ter coletado material bem específico e direcionado para as pretensões desta dissertação. Acreditamos que o panorama geral apresentado nesta revisão fornecerá subsídios para uma análise dos produtos de mecânica quântica desenvolvidos no MPEF considerando essa literatura como parte importante do contexto extraverbal.

Nossa análise buscou elementos, nos trabalhos selecionados, para confrontá-los com os produtos a serem analisados e apontar algumas tendências da comunidade de

pesquisadores no que diz respeito ao ensino de física quântica. Em relação a revisões bibliográficas anteriores de Ostermann & Moreira (2000), Pereira & Ostermann (2009), e Telichevesky (2015), observou-se um aumento no número de trabalhos que propõem inserções do tema física moderna. No entanto, a introdução dos temas de física quântica, já como apontados por Moreira e Ostermann (2009), priva-se de qualidade e regularidade.

A dissertação de mestrado de Telichevesky (2015), traz a seguinte passagem:

Uma característica interessante dos trabalhos que testam unidades em sala de aula é que a imensa maioria considera que a proposta utilizada propicia bons resultados. Provavelmente, a combinação de dois fatores deve explicar esta característica: por se tratar de um trabalho de pesquisa, a preparação da unidade didática e dos materiais de apoio é feita de forma mais cuidadosa; o outro fator é que pelo mesmo pesquisador geralmente propor, aplicar e avaliar a unidade didática, há uma tendência de que ele sobrevalorize os resultados positivos da proposta. (TELICHEVESKY, 2015)

Esta característica está presente na maioria dos trabalhos apresentados nesta revisão, de tal modo que esta característica em nada mudou.

De acordo com Rezende *et al* (2003), fundamentos da física quântica, tais como superposição e emaranhamento quântico, defendidos como centrais por Pessoa Jr. (2005) e outros, não têm inserção significativa nas salas de aula. O professor, em geral, não consegue ter acesso aos resultados da pesquisa educacional e a novos meios ou materiais didáticos produzidos no meio acadêmico.

É flagrante a insistência em elaborar textos de divulgação didática, muitos desses se restringindo a meras adaptações de manuais de ensino superior, que não apresentam inovação didática alguma. A quase totalidade das publicações está voltada ao professor na forma de bibliografia de consulta ou divulgação de temas ligados à física quântica. Como já mencionado em Pereira e Ostermann (2009), nota-se uma recorrente insuficiência de trabalhos ligados a concepções dos estudantes sobre o tema em questão.

As atividades em laboratórios dificilmente atingem volumes satisfatórios, ora por falta de estrutura, ora por falta de preparo dos professores. Os trabalhos, nesta área, apontam apenas para o “*baixo custo*”, que, como já mencionado, tornam o laboratório de

física um *atelier* artístico, onde as mais variadas técnicas são aplicadas afim de se ter um “*equipamento*” funcional.

Dessa forma, o apanhado destes artigos, dando uma boa ideia sobre a produção da pesquisa em ensino na área de física quântica, aliado à análise discursiva, servirá para verificar se os produtos desenvolvidos no MPEF estão respondendo às demandas indicadas nas investigações acadêmicas.

5 UM OLHAR SOBRE OS TRABALHOS DE CONCLUSÃO EM FÍSICA QUÂNTICA

Nesta seção faremos a apresentação dos resultados obtido através da aplicação do dispositivo analítico anteriormente citado.

Identificação do enunciado:

Como mencionado os enunciados, e sua conseqüente análise dentro dos preceitos bakhtinianos, são compostos de duas partes, a dissertação e o produto desenvolvido pelo professor-aluno.

Leitura preliminar do enunciado:

Selecionados os enunciados, seguindo os critérios de recorte desta dissertação, mencionados anteriormente, passamos a leitura da dissertação sem um aprofundamento nas questões analíticas. Neste estágio são destacados elementos linguísticos tais como construção composicional e estilo da narrativa.

Contexto extraverbal comum:

Observando que estes trabalhos foram desenvolvidos dentro de uma mesma instituição de ensino, por conseqüência portam consigo uma parte comum, referente às normas e regulamentos do curso de MPEF, e uma parte não compartilhada, referente à orientação acadêmica recebida pelo mestrando e características individuais de cada autor da dissertação.

Segundo Souza (2015), esta parte comum do contexto extraverbal é composta por documentos legais que regem o MPEF, pelo rol de disciplinas que compõem o currículo do MPEF e pelos seus planos de ensino.

Contexto extra verbal individual:

O contexto extraverbal pode se consistir por aspectos de relevância pessoal, como a história e o saber de cada autor. Alíneas como local de trabalho, formação escolar e vivência profissional são de profunda influência no contexto relacionado a cada professor-aluno.

5.1 Análise do TC A

Contexto extraverbal individual:

Esse trabalho foi concluído no ano de 2008 e o respectivo autor era professor de escola de ensino médio, tendo aplicado seu produto também em escola de ensino médio, porém em um grupo extracurricular selecionado. Seu orientador possui graduação, mestrado e doutorado em física. Exerceu cargos administrativos dentro da universidade e também desenvolveu atividades de pesquisa.

Por sua vez o professor-aluno possui graduação em licenciatura em física na Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) e à época da dissertação ministrava aulas em escola particular.

Análise do Enunciado:

O trabalho analisado foi intitulado TC A e é composto por um texto de dissertação e um produto. O produto foi classificado como um hipertexto, gravado em um CD-ROM e disponibilizado na rede mundial de computadores. No momento desta análise o endereço estava ativo, apresentando o referido produto. O professor-aluno apresenta um relato de experiência obtida em aplicação do seu produto com alunos do ensino médio.

Nas palavras do próprio professor-aluno temos a intencionalidade de sua proposta:

Este trabalho relata a experiência obtida com alunos de ensino médio de um curso de caráter extracurricular onde foram tratados temas tais como: Efeito Fotoelétrico, Efeito Compton, Radiação do Corpo Negro, Difração e Interferência de Ondas, Princípio da Incerteza e a Interpretação do Experimento da Fenda Dupla com Fótons e Elétrons, tendo como objetivo principal da proposta introduzir alguns conceitos fundamentais de Física Moderna, especialmente os princípios básicos da Mecânica Quântica, a partir da discussão do dualismo onda-partícula.

O trabalho se desenvolve com um estilo linguístico formal, inspirado na academia, no qual se observa a predominância da primeira pessoa do plural. Destaca-se o fato de a aplicação do produto ter sido feito em caráter extracurricular, o que pode implicar um

aumento do rendimento, pois os alunos participantes o frequentam por interesse próprio e não motivados por algum tipo de obrigação, tais como notas ou necessidade de frequência. A distribuição e sequência dos conteúdos apresentados indica uma atitude tradicional e responsiva aos anseios acadêmicos, pois acompanha o tratamento didático dado a esses temas nos livros didáticos da época.

Na introdução de seu texto o professor-aluno justifica sua escolha, introdução da física moderna através do dualismo onda-partícula, comentando que “... *o mundo está experimentando várias mudanças tecnológicas...*”. Direciona sua justificativa apoiando-se no fato de as teorias que sustentam este avanço são teorias modernas inseridas no século XX e cita como referência Freire Jr. 1997. Tal ideia pode ser observada na passagem abaixo:

Como exemplo, temos a Teoria da Relatividade Especial ou Restrita, a Física de Partículas, a Física Nuclear e a Mecânica Quântica. Esta última tem proporcionado avanços nos campos da microeletrônica, biologia, informática, medicina, telecomunicações e na produção de energia em grande escala. As inovações tecnológicas em que se utiliza a Mecânica Quântica vão desde o avanço nas pesquisas com laser e suas aplicações até a codificação do gene humano (FREIRE JR. E CARVALHO NETO, 1997). A evolução dos microchips proporcionou a confecção de circuitos cada vez menores e com maior velocidade de transmissão e, futuramente, vamos contar com o chamado “computador quântico”, que revolucionará o setor da informática.

No extrato acima se vê uma atitude responsiva, por parte do autor, às demandas tecnológicas presentes na sociedade da sua época, não necessariamente às carências do ensino, da escola ou dos interesses dos alunos.

No tocante ao contexto extraverbal, observamos, que na época da dissertação, a dissertação do professor-aluno inseria-se numa ênfase curricular de destaque no programa de pós-graduação: a introdução de conceitos da física moderna e contemporânea no ensino médio. Podemos, neste ponto destacar uma resposta para intenções do programa, através da justificativa do projeto, como destaca o professor-aluno, no item, “*objetivos da proposta*”:

A proposta, como já mencionamos, tem como principal objetivo gerar material didático com a finalidade de servir como fonte de consulta para

estudantes e professores do ensino médio, devido aos poucos recursos disponibilizados na língua portuguesa.

A justificativa apontada acima está fundamentada na seguinte passagem, referenciada pelo professor-aluno:

A escolha da proposta de trabalho, inserir Física Moderna no Ensino Médio e produzir material instrucional, justifica-se, em parte, pelo que é levantado por Ostermann e Cavalcanti (1999).

No entanto, muito embora o citado artigo trate, de fato, da necessidade da inclusão da física moderna no ensino médio, o mesmo ressalta que a falta de material em língua portuguesa, à época do trabalho, diz respeito à física de partículas e não à sequência apontada pelo professor-aluno.

Este trabalho, então, visa contribuir para a atualização do currículo de Física em escolas brasileiras, explorando um tema de ponta da pesquisa científica atual: partículas elementares (OSTERMANN e CAVALCANTI, 1999)

Não é objetivo dessa análise argumentar se as referências estão ou não corretamente utilizadas, mas sim utilizar o dispositivo de análise para verificar em que medida os produtos educacionais direcionados ao ensino da física moderna dialogam com pesquisas nessa área. À época da redação do trabalho uma série de artigos analisava o ensino da física quântica no nível médio, como se pode verificar na revisão de Telichevesky (2015), que aponta para um universo de recursos existentes no ensino da física para a introdução da mecânica quântica no ensino médio, como destacado abaixo:

No ensino de conceitos fundamentais da física quântica, a dualidade onda-partícula aparece como um dos conceitos mais trabalhados. Existem trabalhos que o abordam por meio da interferência quântica em um sistema de dupla-fenda ou no interferômetro de Mach-Zehnder (ou mesmo em ambos). Cabe destacar que em função das dificuldades citadas para a demonstração destes experimentos em sala de aula, é comum se propor o uso de simulações para apresentá-los. (TELICHEVESKY, 2015, p. 39)

Com base no exposto acima, observamos que o autor não tem um diálogo significativo com a bibliografia existente à época, o que reforça a ideia de um texto

elaborado fundamentado ou no conhecimento prévio do professor-aluno ou em textos não diretamente relacionados à produção científica em Ensino de Física publicada nos principais periódicos da área de Ensino de Ciências. A bagagem de conhecimento do professor-aluno tem sua origem na prática escolar, bancos universitários e livros didáticos apresentados nos primeiros anos da graduação, não havendo, em geral, uma análise crítica dos textos.

A necessidade de atualização dos currículos escolares é necessária, uma vez que ainda é ensinada nas escolas majoritariamente a física do século XIX. No entanto, o dialogismo encontrado entre o enunciado aqui analisado e a literatura da época, mostra o professor-aluno direcionando sua escolha no sentido de ser responsivo ao que em essência uma produção acadêmica (de 1999) considerava sobre o tema. Não se observa uma responsividade dos enunciados a questões relacionadas à escola ou mesmo problemas educacionais cotidianos.

No tocante ao referencial teórico, item obrigatório nos trabalhos de conclusão do programa de Pós-graduação (PPG), em um levantamento, através do *site* do PPG em ensino de física, constata-se que dos 94 trabalhos concluídos no programa de mestrado profissional da instituição, apenas dois trabalhos não apresentaram um referencial teórico definido. Todos os demais apresentam um capítulo próprio, em geral intitulado “*Referencial Teórico*”. Tal “exigência” faz com que, em muitos casos, o professor-aluno descreva uma ou mais teorias, mas sem uma grande preocupação de articulá-las à elaboração do produto. O referencial é utilizado numa perspectiva utilitarista que, possivelmente, serve apenas de estratégia discursiva para legitimar a dissertação frente às regulamentações do curso (NASCIMENTO, 2016).

O trabalho, aqui em questão, está sujeito ao mesmo questionamento, pois em seu capítulo *Fundamentação Teórica*, o professor-aluno cita as ideias educacionais de Carl Rogers, apoiando seu trabalho na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, justificando que este último autor destaca a necessidade de haver uma interação entre um conhecimento novo (física moderna) e um conhecimento prévio (física clássica).

Após a aplicação do seu produto em sala de aula, o professor-aluno relaciona seus resultados a sua fundamentação através da seguinte expressão:

Para a maioria dos estudantes, houve aumento na quantidade de palavras e conceitos transcritos no pós-teste, o que se justifica pelo trabalho realizado.

Como destacado acima, é curiosa a preocupação, por parte do professor-aluno, com o aumento de vocabulário dos alunos, uma vez que as pesquisas em ensino de física, em especial pesquisas em ensino da mecânica quântica, apontam para necessidade da compreensão dos fundamentos da física quântica. O que se observou foi apenas um utilitarismo, no que diz respeito à “obrigatoriedade” de haver um referencial teórico. No recorte abaixo o professor-aluno fundamenta sua análise nas suas próprias vivências, negligenciando qualquer possível articulação com um referencial teórico-metodológico:

Porém, utilizando-se de observações que anos de magistério nos proporcionam, de qualquer modo, devemos destacar a qualidade e o interesse mostrado pela maioria dos estudantes durante a realização do curso. Essa percepção pessoal, sem dúvida, permite afirmar que houve crescimento cognitivo na maioria dos participantes, inclusive do ministrante, ajudando-nos a buscar subsídios para a elaboração de um material que contempla as necessidades didáticas dos alunos.

Assim, observa-se que o autor legitima seus resultados invocando sua própria prática. O enunciado do locutor se posiciona no sentido de se alinhar a uma perspectiva (voz) que valoriza sua experiência, em anos de magistério, sendo condição suficiente para validar resultados. Assinalamos aqui, mais uma vez, o contexto extraverbal influenciando fortemente na conclusibilidade da análise. Trata-se de um professor inserido em escolas de ensino médio tradicional, ou seja, o conteúdo é transmitido pelo professor, sendo este a única fonte do saber e os alunos meros receptores destes ensinamentos. O professor traz consigo a bagagem da cultura escolar, na qual a constatação “os alunos gostaram da aula” parece ser suficiente para validar avaliações pessoais de pretensas inovações didáticas. Esta posição também é reforçada pela própria instituição onde o professor-aluno desenvolveu sua pós-graduação.

Em sua conclusão o professor-aluno faz um breve apanhado de seu trabalho destacando o referencial teórico, em especial a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. Nesta retomada direciona fortemente seu discurso à academia, deixando clara a utilização

de um referencial reconhecido como relevante pelo programa de pós-graduação. Afirma que a utilização da dualidade onda-partícula é uma porta de entrada para ensinar fundamentos de física quântica, sustentando que a disponibilidade do material através da internet ampliará o público, tornando-se uma fonte de consulta e aprendizado.

O material disponibilizado na rede mundial de computadores, intitulado pelo professor-aluno de hipertexto, apresenta uma versão resumida do texto da dissertação. Apresenta recursos de animações e interação em simulações de tópicos da física presente em seu trabalho. Está distribuído em uma página inicial, com um índice na lateral onde aparecem os seguintes itens: Apresentação, Teorias sobre a Natureza da Luz, Ótica Ondulatória, Efeito Fotoelétrico, Efeito Compton, Radiação do Corpo Negro, Difração de Elétrons, Mecânica Quântica, Links e Bibliografia.

Esta versão reduzida, apresentada no hipertexto, apresenta uma forte característica tecnicista, à semelhança dos livros didáticos presentes nas referências e bibliografia do trabalho. Esta evidencia pode ser observada, já na página de introdução do hipertexto, como reproduzido abaixo:

Bem-vindo ao site do curso "Introdução à Física Moderna no Ensino Médio através da Discussão do Dualismo Onda-Partícula ". Aqui você encontrará informações sobre Tópicos de Física Moderna, tais como: o Efeito Fotoelétrico, o Efeito Compton, a Radiação do Corpo Negro e a Difração de Elétrons. Também, será apresentado alguns princípios básicos de Mecânica Quântica através da discussão e do estudo do experimento da Fenda Dupla. A inserção destes tópicos no ensino médio se dá por meio da discussão do dualismo onda-partícula, devido aspectos históricos empolgantes e relevantes para o progresso da ciência...

Com base na análise bakhtiniana realizada do enunciado concluímos que o produto educacional é bem escrito, bem organizado, apresenta simulações simples, porém objetivas. É fato que em nenhum momento do trabalho o professor-aluno descreveu a pretensão de ser protagonista de uma revolução no ensino. E isso é observado na sequência bem convencional de temas utilizada pelo professor-aluno, apesar de encontrarmos referências na sua lista de artigos propondo outra vertente de introdução da FQ. É importante citar que, já à época da redação deste trabalho de conclusão, as pesquisas acerca da introdução da física quântica no ensino médio apontavam para necessidade de

se abordar temas ligados aos fundamentos da mecânica quântica, tais como objetos quânticos, superposição e estados emaranhados (GRECA, MOREIRA E HERSCOVITZ,2001; OSTERMANN e PRADO,2005). O referencial teórico em pouco ou nada é articulado à elaboração do produto, aparecendo apenas no texto do trabalho como proforma, o que sugere uma concepção utilitarista do uso de marcos teóricos. A linguagem utilizada no produto apresenta um vocabulário bastante distinto do encontrado na redação da dissertação. Observamos que os textos que compõem a hipermídia são curtos, diretos e fazem uso de um vocabulário simples e corrente. Já a composição da dissertação apresenta um vocabulário extenso e formal, mais direcionado à academia.

É importante destacar também que em momento algum mostrou-se preocupação com as demandas escolares, ou seja, o produto gerado pelo professor-aluno foi aplicado em um grupo extracurricular, com alunos motivados por interesses próprios, universo do qual concluiu-se que a proposta era interessante e o produto atingia as expectativas. O produto, então, propõe-se a responder a demandas de orientação e do regimento interno do PPG.

Apesar da boa construção do produto, da referida experiência do professor-aluno e de sua orientação, o produto não tem condições de produzir impacto significativo na escola. Como comentado, a utilização de uma sequência de conteúdos tradicional, presente na maior parte dos livros didáticos de ensino médio e em muito dos de ensino superior, reforça o sentimento de pouca inovação. A inovação, comentada pelo professor-aluno, sobre a discussão do dualismo onda-partícula, limitou-se a breves comentários, em sua maioria já presentes nos livros consultados e em dissonância com propostas originadas de pesquisas realizadas na época da redação do trabalho. Além disso, na época já era possível vislumbrar, na rede mundial de computadores, uma série de matérias disponíveis com a mesma proposta, em sua grande maioria resumindo-se a cópias dos manuais didáticos e um grande acervo de vídeos e animações ilustrativas. Assim, nem mesmo pela via da originalidade o produto poderia contribuir.

Conforme Pereira e Ostermann (2009):

... a maioria das publicações ainda se refere à divulgação de recursos didáticos ou textos apresentados como bibliografias de consulta para professores de física do ensino médio. (PEREIRA e OSTERMANN, 2009)

Isso permite concluir que esse trabalho de conclusão responde às expectativas da instituição à qual o professor-aluno estava vinculado, mas muito pouco o autor atuou no sentido de acrescentar algo às demandas da sua própria escola, nem mesmo levantadas no trabalho.

5.2 Análise do TC B

Contexto extraverbal individual:

Publicado no dia 03 de dezembro de 2008, o TC B concedeu o título de mestre ao professor-aluno autor de uma dissertação e um texto de apoio, cumprindo as exigências do MPEF. Não há maiores detalhes sobre o autor, pois seu currículo não está presente na plataforma Lattes, fonte de consulta para este fim. Já seu orientador tem ampla experiência em ensino de Física e orientação em mestrados e doutorados nesta mesma área.

Análise do Enunciado:

O TC em análise dispõe de um resumo, a descrição de um referencial teórico, uma rápida revisão de literatura, uma descrição da metodologia utilizada, seguido pelos resultados e uma conclusão. Já o texto de apoio ao professor, que é o produto educacional, apresenta uma sequência de pré-teste, um texto sobre interpretações da MQ (com uma extensão considerável) e, após, segue com orientações sucintas sobre o efeito fotoelétrico, quantização da luz, objeto quântico, dualidade onda-partícula, função de onda, superposição de estados, princípio da incerteza e, por fim, uma retomada do pré-teste (agora chamado de pós-teste) e um texto de conclusão.

No texto de introdução observa-se um estilo linguístico característico da escola tradicional, detentora do saber e soberana nas decisões, uma voz autoritária:

A Mecânica Quântica é uma teoria física que descreve o mundo microscópico (escala atômica e subatômica). É a física dos componentes da matéria, átomos, moléculas e núcleos. Seus princípios fogem da visão clássica de mundo que se possui.

Observa-se aqui, ao comparar com o capítulo 3 da dissertação, onde o autor relaciona as interpretações da MQ (o que entendemos como vozes conflitantes) pois da mesma forma que diz, “A Mecânica Quântica ... descreve o mundo microscópico”, observa-se mais adiante a possibilidade de haver diversas interpretações, como mostrado no seguinte fragmento:

Os postulados e as leis da Mecânica Quântica podem ter interpretações diferentes, isto é, existem maneiras diferentes de se entender um determinado fenômeno observado microscopicamente.

Mesmo tendo sido estabelecida há cerca de 80 anos, a Mecânica Quântica ainda é palco de intensos debates sobre os seus fundamentos e sobre diferentes interpretações possíveis baseadas em diferentes filosofias.

Não há, no texto do professor-autor, uma voz conciliadora que possa harmonizar as duas perspectivas. A uma preferência de responder a alguns setores acadêmicos que, por sua tradição, são hostis falta a de exatidão, ou seja, não se agradam por grandes filosofias. O autor, neste caso, dirige-se à academia, apresentando uma possível direcionalidade ao grupo que está inserido.

No início da proposta feita pelo professor-aluno o mesmo sugere que o professor deve aplicar um “pré-teste” para um levantamento de conhecimentos prévios dos seus alunos a respeito dos conceitos que está abordando:

Sugerimos inicialmente a aplicação de um pré-teste para a verificação do nível de conhecimento dos alunos, em relação aos novos conceitos que serão tratados no texto. É importante que respondam apenas as questões que tenham algum conhecimento, ou seja, que não “chutem” as questões que não tenham nenhuma ideia de resposta.

Na sequência o professor-aluno apresenta quinze questões, que na sua visão poderiam cumprir com o objetivo posto anteriormente. É interessante ressaltar que todas as questões apresentadas são de exames de admissão ao curso superior, o vestibular, apresentando quatro ou cinco alternativas. Por exemplo:

(UFRGS 2001). Assinale a alternativa que preenche corretamente a lacuna do parágrafo abaixo. O ano de 1900 pode ser considerado o marco inicial de uma revolução ocorrida na Física do século XX. Naquele ano, Max Planck apresentou um artigo à Sociedade Alemã de Física, introduzindo a ideia da da energia, da qual Einstein se valeu para, em 1905, desenvolver sua teoria sobre o efeito fotoelétrico.

a) conservação. b) quantização. c) transformação. d) conversão. e) propagação.

Fica claro que a direcionalidade das questões é o professor, apontado pelo professor-autor como o principal ator em salas de aula no nível de Ensino Médio.

Tendo como público alvo o professor do Ensino Médio, segue-se um alongado texto sobre as mais variadas interpretações da MQ, como já observado, apresentando vozes conflitantes. Este capítulo encerra com a seguinte pergunta: por que no mundo científico a interpretação mais aceita é a de Copenhagen? Observamos uma intensa direcionalidade aos textos acadêmicos, que provavelmente influenciou para que sua voz se alinhasse à ideia do “*mais aceito*”.

Na continuação do PE o professor-aluno faz uma série de definições e ponderações sobre a MQ, com a intenção de subsidiar o público-alvo. Temos no início a definição de objeto quântico. Neste curtíssimo texto o professor-aluno revela seu compromisso com a academia, pois a definição utilizada foi escrita em outro momento por membros do mesmo grupo o qual o autor está inserido. Isso por si só não apresenta demérito algum, mas a falta de reflexão e a não observância de textos apresentados nas próprias referências, entre eles o trabalho de Pessoa Jr. (2003), reforçam uma responsividade à instituição. O restante do texto aponta para esta conclusão de forma bem mais clara, pois a sequência das explicações se dá através de lâminas de projeção, tais como as desenvolvidas em softwares tipo “*PowerPoint*”, com textos curtos e na maioria dos casos com equações que transcendem em muito o nível do conhecimento matemático do aluno típico do Ensino Médio. O trabalho mostra exponenciais com base e (número de Euler), bem como diferenças parciais, algo inadequado para o nível médio. é problemática no nível médio.

A proposta do PE segundo o autor é apresentada no recorte abaixo:

Com a finalidade de introduzir o tema Mecânica Quântica, elaborouse este Texto de Apoio ao Professor, onde se pode encontrar sugestões de como trabalhá-lo com simulações e modelagens, onde os alunos podem realizar práticas em “laboratório virtual”, aproveitando simulações através de aplicativos livres disponíveis na Internet, que possibilitem um eficiente processo de ensino-aprendizagem e permitam a transposição didática.

Havendo um massivo número de equações e deduções no trabalho, isso dificulta a compreensão da MQ por parte do aluno secundarista, a capacidade de imaginar, de elevar seu pensamento além de um mundo clássico, ou seja, a capacidade de interpretar situações e fenômenos não intuitivos, típicos da FQ. Há, nas referências do PE do professor-aluno, um trabalho produzido por Ostermann, F.; Moreira, M. A. (2000) onde destacamos a seguinte conclusão:

Parece que há muitas justificativas em favor da atualização curricular e até uma bibliografia que apresenta (não tão aridamente como a literatura especializada) temas modernos. (OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. 2000)

A nós parece que a não observância da expressão “não tão arduamente”, foi ignorado pelo autor em detrimento a uma posição responsiva dentro de seu grupo, não podemos deixar de lado que o professor-aluno está imerso em um ambiente acadêmico, a utilização de recursos matemáticos superiores, na sua perspectiva, o aproxima deste grupo. O estilo de linguagem utilizado pelo locutor com uso de matemática em nível superior, pode estar relacionada a uma estratégia discursiva que visa estabelecer uma hierarquia frente ao público-alvo, indicando que ele possui um domínio sobre o tema superior em relação aos demais professores, “valorizando” seu trabalho.

A conclusão do PE apresenta uma nova situação de vozes que se polemizam. O recorte abaixo mostra o primeiro parágrafo do texto de conclusão:

De uma maneira geral, os alunos de Ensino Médio têm acesso a vários tipos de equipamentos eletrônicos como TV, computador, vídeo-games, máquinas digitais, etc., que utilizam cada vez mais tecnologias avançadas; já estamos chegando à era da computação quântica. Como toda esta tecnologia

está no cotidiano destes alunos e está relacionada a conceitos de Mecânica Quântica é relevante, então, que algumas leis e princípios físicos da Física Moderna sejam discutidos no Ensino Médio. Por isso, a importância desse Texto de Apoio sobre tópicos de Mecânica Quântica para professores de Física que trabalham com alunos de Ensino Médio.

Como dito e redito, o professor-aluno apresenta em seu texto postura responsiva evidente à academia. Porém, embora não tenha se referido em momento alguma a aplicações tecnológicas (exceto por um pequeno comentário sobre Computação Quântica) o texto não responde aos anseios dos alunos e até mesmo professores, no sentido de relacionarmos, de maneira eficiente, os conceitos quânticos às tecnologias atuais e possibilidades futuras.

A análise discursiva realizada do enunciado aponta para um produto educacional direcionado a cumprir requisitos institucionais formais. Em muitos pontos o trabalho deixa de dialogar com a literatura, limitando-se a uma reprodução da literatura didática acadêmica tradicional, ou seja, repete ou adapta textos de manuais superiores, creditando a estes uma verdade incorruptível. Observa-se ainda que o enunciado não se preocupa em responder necessidades escolares.

Além disso, não se observam diferenças significativas entre o PE elaborado outros materiais introdutórios sobre o mesmo assunto.

5.3 Análise do TC C

Contexto Extraverbal Individual:

O autor do trabalho TC C possui graduação em licenciatura plena em Física, tendo concluído o curso no ano de 2001. Oito anos após a conclusão da graduação, o autor deste trabalho volta ao cômulo escolar agora como aluno do MPEF, concluído em 2012. Atuando em escolas de Ensino Médio desde 2002, apresenta uma vida em sala de aula

considerável, aparentando ter um grande interesse pela educação. Seu orientador tem ampla experiência em ensino de Física e orientação em mestrados e doutorados nesta mesma área.

Análise do Enunciado:

A dissertação é composta pelos seguintes elementos: introdução, revisão de literatura, referencial teórico, metodologia, aplicação e discussão de resultados, que faz o papel de uma conclusão.

O professor-aluno, com uma escrita bastante particular, comenta e explicita o forte contexto extraverbal direto do aluno do Ensino Médio. O autor comenta sobre avanços tecnológicos que, em parte, tornam o currículo de Física nas escolas desatualizado e descentralizado. Por sua vez, salienta o autor, que os alunos não possuem esta defasagem, pois como pode ser observado abaixo, o aluno do ensino médio traz visões de mundo atualizadas e diferenciadas. Nas palavras do professor-aluno este fato é destacado:

Os alunos que ingressam ao EM já têm uma história de vida, trazendo para a sala de aula diferentes visões de mundo, trazem consigo também uma bagagem de conhecimentos acerca do mundo que os rodeia, e também a curiosidade de saber como interagir e explorar mais todos os recursos tecnológicos que estão a seu dispor. Explorar essa bagagem e essa curiosidade pode facilitar o processo de ensino aprendizagem.

Estas vozes que privilegiam a ideia de que as vivências do aluno ajudam a construir uma estrutura prévia de conhecimentos, os quais, segundo o autor, não são considerados de forma apropriada pelas instituições de ensino e muitos dos seus profissionais. Isso pode ser observado quando o autor faz o seguinte comentário:

No entanto, isso geralmente não é feito na escola e os conteúdos de Física são apresentados de forma tradicional causando desmotivação e desinteresse por parte dos alunos, principalmente quando abordados de forma apenas expositiva e dialogada, desprovidos de recursos que possam chamar a atenção e despertar o interesse de uma geração fortemente ligada à tecnologia.

Embora neste ponto o autor não cite fontes, observa-se uma rara concordância com a literatura disponível à época da redação da dissertação. O trabalho de Ostermann e Moreira (2000), Greca e Moreira (2001) e Gil et al. (1987) afirmam coisas semelhantes.

O texto de introdução, escrito pelo professor-aluno, apresenta uma linguagem formal e escrita em terceira pessoa, característico do meio acadêmico, não demonstrando, resistência ou desconforto ao estilo acadêmico. A proposta do autor está muito bem fundamentada e em acordo com a literatura existente à época da pesquisa. Observamos apreensão responsável do conteúdo desta literatura ao analisarmos fragmentos do texto, como o destacado abaixo:

A partir da revisão efetuada percebe-se que não é muito expressivo o número de trabalhos publicados e efetivamente testados em sala de aula que abordem a FQ no EM. Portanto, tornam-se importantes implementações como essa que está sendo apresentada, para mostrar que o estudo da FQ no EM pode ser realizado e que os resultados podem ser promissores.

A linguagem formal utilizada pelo autor ao longo do seu texto apresenta uma preocupação com os rigores acadêmicos. No entanto, não se utiliza de manobras verbais para contemplar um ou outro setor acadêmico, seja do grupo que está inserido, seja do programa para o qual responde. Observamos uma preocupação em responder a literatura e por consequência as carências nos bancos escolares.

O referencial teórico apresentado pelo professor-aluno responde ao grupo em que está inserido, pois se observa uma responsividade ao seu orientador. Embora o referencial teórico seja uma exigência necessária, nota-se, em muitos trabalhos, a mera aplicação formal, e tal decisão serve como uma satisfação às exigências e, na maioria dos casos ressalta o papel social superior do orientador, esta evidencia da influência extraverbal é destacada por Nascimento (2016), como mostra o fragmento abaixo:

A utilização de referenciais simpáticos aos orientadores reforça a significação social e hierárquica do contexto extraverbal dos enunciados. (NASCIMENTO, 2016, p. 119)

Porém, nota-se uma extrema coerência entre o referencial teórico adotado e a prática apresentada no produto educacional. O referencial apresentado baseia-se na teoria da aprendizagem de Ausubel, em que o teórico reforça o conceito de que o aprendizado é um processo pelo qual uma nova informação se relaciona de maneira relevante a um conhecimento já existente na estrutura cognitiva do indivíduo (MOREIRA, 1999). O professor aluno justifica sua escolha apontando para diversidades de conhecimentos que os alunos carregam, diz o autor:

É fato observado na prática docente que os estudantes carregam consigo bagagens de conhecimentos acerca do mundo que os rodeia, possuem a curiosidade de saber como interagir e explorar mais todos os recursos tecnológicos que estão ao seu redor. Explorar esses conhecimentos prévios e a curiosidade agregada pode ser um veículo facilitador para que o processo de ensino aprendizagem se desenvolva.

Quanto ao produto educacional ser uma narrativa em terceira pessoa, inicialmente apresentando, de forma compacta, a justificativa presente na dissertação. Após a breve apresentação e justificativa, o professor-autor apresenta a letra de uma música que, no contexto inserido remete a Mecânica Quântica. Feito isso, são propostas cinco perguntas de resposta livre, sendo a última uma análise de anúncios ligados a diversos produtos, terapias, saúde e religião. Observamos nesta proposta uma direcionalidade ao seu público-alvo, o aluno do EM, pois não demonstra preocupação alguma em utilizar termos de um contexto externo (extraverbal) tais como, “*Terapia Quântica*”, “*Terapeuta Holística*” e até mesmo “*Jesus e a Física Quântica*”. Após este levantamento prévio dos conhecimentos do aluno, o professor-autor introduz um texto intitulado “Uma Apresentação à Física Quântica”, explicitando o autor do texto e observando que o adaptou parcialmente.

O texto adaptado mostra uma sequência muito semelhante aos livros didáticos, no que diz respeito à linguagem, sequência de conteúdos e grandes lacunas no conteúdo, no entanto, a sequência do texto apresenta itens não comuns em livros didáticos, mostra-se aqui um vínculo responsivo ao referencial teórico, pois são apresentadas e brevemente comentadas diversas situações de aplicação dos conceitos de MQ, que se afastam em muito dos textos acadêmicos. São apresentados na forma de alguns parágrafos, todos eles intitulados, “A Contribuição da Física Quântica para ...”. Observamos nisso um

componente responsivo evidente, o autor visa atingir o seu público-alvo das mais variadas formas, insistindo que a MQ está presente em muitas situações, aproximando estes conceitos, tão abstratos, para a realidade do aluno. Ainda dentro do formalismo dos textos apresentados pelo professor-aluno, vemos um nível muito baixo de equações e absolutamente nenhuma dedução, o que reforça a ideia de direcionar seu PE ao aluno, deixando o professor como um orientador. A apresentação da notação de Dirac, feita mais adiante, com o intuito de solidificar o conceito de emaranhamento, é feita de forma bastante aceitável para o ensino médio, pois apenas apresenta os caracteres e salienta sua importância para interpretações mais profundas. Com isso o autor novamente responde aos trabalhos acadêmicos realizados na época de sua redação, estes trabalhos apresentam um forte apelo para que os conceitos de dualidade, emaranhamento e probabilidade sejam apresentados ao aluno como os fundamentos da MQ.

Após a apresentação formal dos assuntos propostos em MQ, o autor aplica um novo teste envolvendo o assunto. O professor-aluno comenta esta ação:

A seguir são apresentadas novas situações problema, relativas aos conceitos de quantização, objeto quântico, princípio da incerteza, estado, e superposição de estados, principalmente em forma de figuras e desenhos. O objetivo é interpretar as figuras, fazendo uma breve descrição sobre cada uma, conforme os conceitos apresentados.

Percebe-se que esta proposta feita é responsiva ao referencial teórico. De acordo com o referencial teórico adotado, o aprendizado pode ser evidenciado quando o indivíduo, dotado de conhecimento prévio, é capaz de fazer relações e resoluções frente a um novo problema. Em sua conclusão, o professor-aluno exalta o sucesso de sua proposta, apontando para evidências de um aprendizado significativo:

Pode-se dizer que há evidências de aprendizagem significativa ao comparar mapas livres (mentais) – realizados no início da intervenção, como forma de detectar subsunções – com mapas conceituais – indicadores da evolução dos conhecimentos sobre Física Quântica –, explorando as relações entre conceitos cientificamente aceitos.

A coerência e conclusibilidade da proposta podem ser observadas na seguinte passagem:

Para finalizar, podemos dizer que os resultados são encorajadores e reforçam a hipótese de novas implementações e também da elaboração de UEPS sobre diferentes conteúdos e para diferentes níveis escolares.

Ao nosso ver, houve uma forte relação entre a prática e o referencial teórico, não apenas cumprido uma exigência acadêmica, mas também servindo como base para a produção de um produto educacional eficaz. Observamos, neste trabalho, uma preocupação em suprir os anseios dos alunos dos professores sem abandonar os trabalhos acadêmicos existentes à época.

5.4 Análise do TC D

Contexto extraverbal individual:

O professor-aluno redator do TC D possui formação em Física no interior do estado do Rio Grande do Sul, e uma longa carreira de estudos em universidade federal. Pertencente a um influente grupo de pesquisas em ensino de Física concluiu o mestrado profissional e seguiu no curso de doutorado e pós-doutorado. É professor ativo em um Instituto Federal IF, ministrando aulas na área de ensino de Física. A pessoa que o orientou tem experiência na área de Física Geral com ênfase em Física Clássica e Física Quântica. Já a pessoa que coorientou possui doutorado na área de Ensino de Física e atua intensamente na pesquisa e Ensino de Física, tendo publicado diversos artigos sobre utilização de simulações computacionais.

Análise do Enunciado:

O trabalho de conclusão do curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física escrito pelo professor-aluno TC 38 apresenta uma proposta bastante oportuna, pois como veremos nas palavras do autor, há um diálogo importante entre sua proposta e anseios na

área da formação técnica. É importante lembrar que até 2008, ou seja em um intervalo de quatro anos de mestrado profissional, este foi o único a ocupar-se da educação técnica, como escreve o professor-aluno:

O interesse por desenvolver um trabalho direcionado a um curso técnico deve-se a dois motivos: primeiro, à existência de poucos estudos relacionados a este nível de ensino e, segundo, pelo que temos visto a partir de nossa prática em sala de aula, trata-se de um ensino descontextualizado...

O autor apoia-se, também, em relatos estatísticos que dão conta da grande carência existentes em textos específicos para a área em questão. Observa que esta dissonância entre a realidade e a necessidade, pode criar profissionais com baixa qualidade formal, o que na visão do autor reduz a qualidade destes profissionais.

Embora tenha ocorrido esta enxurrada de cursos técnicos, pouca atenção tem sido dada à qualidade desta modalidade de ensino. De nada adianta criar cursos com inúmeras habilitações sem se preocupar com a qualidade dos profissionais que estão sendo colocados no mercado de trabalho.

Em sua dissertação se observa uma responsividade importante aos documentos legais que suportam a prática das atividades técnicas em radiológicas. O fragmento abaixo mostra um pouco desta responsividade.

Para embasar nossa proposta de trabalho, fizemos uma leitura da legislação referente aos cursos técnicos e, quando consultamos os Referenciais Curriculares Nacionais da Educação Profissional de Nível Técnico – Área da Saúde (MEC, 2000), encontramos uma série de competências a serem desenvolvidas na subárea Radiologia...

É de se destacar que o fato desta proposta não ser direcionada a escola média reforça, segundo o autor, a necessidade de um aporte teórico consistente e específico, uma vez que o aluno está estudando e aplicando o conhecimento adquirido em sua profissão. Notamos neste ponto uma direcionalidade a textos específicos e coerentes, que se diferenciam dos livros didáticos tradicionais, pois segundo o autor, sequencias históricas não se mostraram interessantes neste nível de ensino. Ao responder a esta observação, o

professor-aluno recomenda uma alteração no enfoque dado ao ensino da MQ. Diferente das séries históricas, presentes em grande parte dos livros didáticos que, em sua maioria usam a sequência corpo negro, efeito fotoelétrico, modelo de Bohr, chegando aos conceitos de dualidade somente após um exaustivo caminho, o professor-aluno elabora um intenso diálogo com as pesquisas na área de ensino da física, propondo que a MQ seja introduzida por meio do conceito de dualidade, esta preocupação responsiva fica evidente no fragmento abaixo:

Essa é uma questão interessante, se considerarmos que uma abordagem de ensino da Física Moderna amplamente adotada é aquela que privilegia a sequência histórica, com a radiação de corpo negro, efeito fotoelétrico, efeito Compton, modelo de Bohr para o átomo de hidrogênio e só depois a discussão da fenda dupla para introduzir a dualidade onda-partícula de De Broglie.

A utilização de recursos computacionais e softwares, em especial o simulador do interferômetro de Mach-Zehnder, utilizado como suporte para sua inserção via dualidade, reforça uma responsividade a intencionalidade de utilizar recursos de trabalho do grupo acadêmico o qual o autor pertencia à época da redação.

Com a intencionalidade de relacionar o conteúdo de MQ ou meio de trabalho do aluno, o professor-aluno comenta sobre a importância destes conceitos, isso pode ser visto no fragmento abaixo:

Em relação ao curso Técnico em Radiologia Médica, é fundamental que alguma noção de Física Moderna seja proporcionada, uma vez que estes conteúdos estão presentes no funcionamento dos equipamentos, doses de radiação e principalmente, em ações de radioproteção. Desta forma, o conhecimento em Física pode ser considerado uma questão de saúde pública, pois interfere na qualidade de vida de técnicos e pacientes.

Transcendendo a necessidade imediata do aluno, o autor destaca que o conhecimento formal responde a uma esfera muito mais ampla, capaz de englobar a questão da saúde pública do país.

Como já comentado, o professor-aluno estava inserido em um grupo, que na ocasião, estimulava o uso de softwares, em especial o simulador do interferômetro de Mach-

Zehnder, para introdução dos conceitos mais fundamentais da MQ, tais como dualidade e emaranhamento quântico. Esta direcionalidade responsiva, fica evidenciada no trecho abaixo:

Procuramos, também, ao longo do trabalho avaliar a utilidade de um software educacional, do tipo bancada virtual, para explicitar o conceito central da dualidade onda-partícula em situações adversas àquelas comumente encontradas nas salas de aulas de cursos na universidade, onde o software já fora utilizado. Atendendo à súmula da disciplina de Proteção Radiológica, introduzimos o uso do software como uma forma de inovar a apresentação dos conteúdos trabalhados, promovendo assim uma reestruturação curricular.

Neste ponto observamos uma boa coerência entre as pesquisas na área de ensino e a proposta do autor de se fazer uma reestruturação curricular.

Ainda dentro da proposta de uma variante curricular abordando, inicialmente, fundamentos da MQ, tais como a dualidade, observamos o dito de Pessoa Jr. (2003), presente nas referências da dissertação analisada.

“... o que caracteriza a MQ de maneira essencial é que ela atribui, para qualquer partícula individual, aspectos ondulatórios, e para qualquer forma de radiação, aspectos corpusculares.” (PESSOA JR. 2003, p. 1)

Observa-se na passagem de Pessoa Jr. (2003) uma definição inicial de dualidade, conceito este abordado pelo professor-autor como sendo o centro de uma mudança curricular. O professor-aluno apresenta-se responsivo ao conceito acima definido na seguinte passagem:

Assim, evidencia-se a importância em se abordar a dualidade ondapartícula como uma seção introdutória aos estudos subsequentes e não como um tópico avançado.

Ainda no âmbito da dissertação, temos um item obrigatório nos TC que é o referencial teórico. Como já citado por Ostermann e Rezende (2009), o referencial teórico de fundamentar a metodologia do ensino sustentando toda a forma do produto educacional. O referencial adotado obviamente responde bem aos anseios do grupo acadêmico com o

qual o mestrando estava trabalhando, nas palavras do autor podemos observar esta responsividade:

De acordo com a metodologia utilizada, a qual proporciona interação entre os alunos e trabalho colaborativo, apoiamos-nos na teoria sóciointeracionista de Vygotsky.

Indo um pouco além do referencial teórico, o autor cita G. Bachelard e sua clássica ideia de “*obstáculo epistemológico*”, este destaque é importante pois se observa em trabalhos na área de ensino de MQ, (PESSOA JR. 2003, MOREIRA, 2005) uma insistência de muitos professores e livros didáticos em relacionar partículas atômicas e, até mesmo, fótons a “bolinhas”. Neste sentido o professor-aluno cita que:

De acordo com Orozco Cruz (apud MOREIRA, 2005, p. 37), perfil epistemológico é o confronto entre o acontecer histórico das noções científicas com a cultura pessoal de quem acede ao estudo dos conceitos científicos e, para Bachelard (apud MOREIRA, 2005, p. 42), o principal obstáculo epistemológico é a experiência primeira.

Passamos a análise do produto gerado pelo professor-aluno. O PE consiste em um website, no qual o autor apresenta sua proposta. O objetivo do professor-aluno, além de cumprir uma exigência do curso de pós-graduação, também consiste em uma fonte de material para sustentar o ensino de MQ para alunos de cursos técnicos. O autor descreve seu objetivo da seguinte forma:

“O objetivo desta página é de divulgar o material instrucional desenvolvido junto ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física...”

Na sequência, observamos uma lista de itens a esquerda que devem ser acessados para continuidade do curso. A sequência apresenta os seguintes títulos: *Radiação Corpuscular e Eletromagnética, Celulares, aviadores e as radiações, Ionização e Excitação, Origem dos elementos químicos, Dualidade onda-partícula, Postulado de de Broglie, Efeito Fotoelétrico, Efeito Compton, Formação de pares, Atenuação das radiações, Efeitos biológicos, Detecção das radiações e Links MUITO interessantes*. Ao clicar nestes itens

o navegante é direcionado a uma página específica onde estará descrito o assunto escolhido.

Neste ponto nos deparamos com uma situação interessante, o anseio responsivo a academia aparece nos textos “didáticos” de forma muito intensa, pois o que se vê são meras reproduções de textos de ensino superior. Por exemplo, no texto *Ionização e Excitação*, temos uma cópia adaptada do livro Radiação: Efeitos, riscos e benefícios de OKUNO, E., livro este amplamente divulgado no meio acadêmico com enfoque a física para ciências biológicas, este livro bem como a autora foram pioneiros em escrever textos de Física com uma perspectiva biológica. Em um segundo texto, intitulado: Radiações, observamos como referências manuais frequentes do ensino superior, tais como: EISBERG, R.; RESNICK, R. e o não menos famoso HALLIDAY, D.; RESNICK, R; WALKER, J. Ou seja a preocupação responsiva em atender os anseios do universo acadêmico são expostos em exemplos como estes.

Há uma alternância de vozes de autoridade muito evidente ao analisarmos todas as referências utilizadas para a composição dos textos apresentados na proposta do professor-aluno. A tabela a seguir faz um apanhado destes referenciais.

Tabela 5 – Referencias dos textos do PE D

<p>Radiação Corpuscular e Eletromagnética</p>	<p>BUSHONG, S. C. Manual de radiología para técnicos – Física, biología y protección radiológica. Tradução de Diorki Servicios Integrales de Edición. 1. ed. Madri: Mosby/Doyma</p> <p>Libros, 1993. 710p. Título original: Radiologic Science for Technologists, 5th edition.</p> <p>HALLIDAY, D.; RESNICK, R; WALKER, J. Fundamentos de Física 4 – Ótica e física Moderna. Tradução de Denise Helena da Silva Sotero, Gerson Bazo Costamilan, Luciano Videira Monteiro e Ronaldo Sérgio de Biasi. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1995. 355p. Título original: Fundamentals of Physics, 4th edition, Extended Version. 6</p> <p>ROBILOTTA, C. C. A tomografia por emissão de pósitrons: uma nova modalidade na medicina nuclear brasileira. Revista Panamericana de Salud Publica, v. 20, n. 2/3, p. 134-142, 2006.</p> <p>Disponível em: <http://journal.paho.org/uploads/1162234592.pdf> Acesso em: 6 abr. 2007.</p> <p>Para se aprofundar um pouco mais consulte: EISBERG, R.; RESNICK, R. Física Quântica – Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas. Tradução de Paulo Costa Ribeiro, Enio Frota da Silveira e Marta Feijó Barroso. 13. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1979. 928 p. Título original: Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei and Particles.</p>
<p>Ionização e Excitação</p>	<p>OKUNO, E. Radiação: Efeitos, riscos e benefícios. São Paulo. Harbra, 1998. 96 p.</p>
<p>Origem dos elementos químicos</p>	<p>WIKIPEDIA: A enciclopédia livre. Disponível em: Acesso em: 20 jul. 2007.</p> <p>TAUHATA, L.; SALATI, I. P. A.; DI PRINZIO, R.; DI PRINZIO, A. R. Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos. 5 revisão. Rio de Janeiro: IRD/CNEN, 2003. 242 p.</p>
<p>Postulado de de Broglie</p>	<p>HALLIDAY, D.; RESNICK, R; WALKER, J. Fundamentos de Física 4 – Ótica e Física Moderna. Tradução de Denise Helena da Silva Sotero, Gerson Bazo Costamilan, Luciano Videira Monteiro e Ronaldo Sérgio de Biasi. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1995. 355p. Título original: Fundamentals of Physics, 4th edition, Extended Version.</p>

Continuação da tabela 5

<p>Efeito Fotoelétrico</p>	<p>CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.; SOUZA, D. F.; MUZINATTI, J. Uma aula sobre efeito fotoelétrico no desenvolvimento de competências e habilidades. Física na escola, v. 3, n. 1, p. 24-29, 2002.</p> <p>RICCI, T. S. F.; OSTERMANN, F. Uma introdução conceitual à Mecânica Quântica para professores do Ensino Médio. In: Textos de apoio ao professor de Física, n. 14, 71 p. - Instituto de Física/UFRGS. Porto Alegre, 2003.</p> <p>Para se aprofundar um pouco mais consulte:</p> <p>VALADARES, E.; MOREIRA, A. M. Ensinando Física Moderna no segundo grau: Efeito Fotoelétrico, Laser e Emissão de Corpo Negro. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 15, n. 2, p. 121-135, 1998.</p>
<p>Efeito Compton</p>	<p>HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física 4 – Ótica e Física Moderna. Tradução de Denise Helena da Silva Sotero, Gerson Bazo Costamilan, Luciano Videira Monteiro e Ronaldo Sérgio de Biasi. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1995. 355p. Título original: Fundamentals of Physics, 4th edition, Extended Version. RICCI, T. S. F.; OSTERMANN, F. Uma introdução conceitual à Mecânica Quântica para professores do Ensino Médio. In: Textos de apoio ao professor de Física, n. 14, 71 p. - Instituto de Física/UFRGS. Porto Alegre, 2003.</p>
<p>Formação de pares</p>	<p>EISBERG, R.; RESNICK, R. Física Quântica – Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas. Tradução de Paulo Costa Ribeiro, Ênio Frota da Silveira e Marta Feijó Barroso. 13. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1979. 928 p. Título original: Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei and Particles.</p>
<p>Efeitos biológicos</p>	<p>Apresentação feita em PowerPoint</p> <p>Apresenta uma sequência de 18 lâminas onde são comentados alguns efeitos biológicos da interação da radiação com o tecido vivo.</p> <p>Referencia:http://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/acces.asp</p>

Observamos em primeiro lugar a extensa utilização de manuais dos níveis iniciais da graduação em Física ou Engenharia, esta utilização pode apontar para uma voz de autoridade, uma relação hierárquica com o ensino superior, o que acaba por direcionar a maior parte dos textos à academia, mostrando uma eventual posição submissa do professor-aluno. Em segundo notamos que em situações específicas, como o caso do

Efeito Fotoelétrico as referências apresentam uma direcionalidade clara para o grupo de pesquisas do qual o autor é oriundo.

Esta alternância de vozes, ora academia, ora o grupo de pesquisas, demonstra que neste ponto as pesquisas na área de ensino foram deixadas de lado em detrimento de uma opção por segurança e aprovação do meio acadêmico em relação ao seu trabalho.

No item “*Efeitos Biológicos*” a utilização indiscriminada de lâminas utilizadas, provavelmente em uma palestra, reforça a ideia de que o PE está ali por obrigação, pois demonstra uma adaptação de algo já pronto, que foi colocado ali como forma de preencher um requisito. Não haver uma uniformidade nas apresentações dos textos, ou seja, ora um texto em pdf, ora uma simulação, ora um arquivo de PowerPoint, faz o produto parecer uma colcha de retalhos, o que no nosso entendimento, faz o aluno ficar mais perdido na tentativa de aprender, ocultando desta forma qualquer benefício que uma inovação possa ter.

No que tange a proposta “original”, introduzir a MQ através do conceito de dualidade, observamos uma responsividade a proposta do grupo de pesquisa em que o professor-aluno faz parte. Neste item, *Dualidade onda-partícula*, o autor disponibiliza o aplicativo, simulador do Interferômetro de Mach-Zehnder, um roteiro de atividades, não havendo maiores informações. Em outras palavras, a parte mais fundamental do PE, introdução a MQ através da dualidade com a utilização do Interferômetro de MachZehnder, não foi tratado com o rigor necessário.

Por fim, é difícil mensurar a real contribuição de uma página na web contendo textos, que em sua grande maioria são reproduções de textos pertencentes a manuais didáticos em que muitos, embora atualizados, datam da década de 1960.

6 CONCLUSÃO

A proposta deste trabalho foi fazer uma análise dos Trabalhos de Conclusão de um curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física entre os anos de 2004 até 2014 que abordassem o tema Mecânica Quântica. De um universo de 91 trabalhos de conclusão, foram selecionados quatro cujo tema englobasse nossa proposta. Destes quatro trabalhos analisados, três apresentavam como produto educacional, requisito obrigatório para conclusão do MP, textos de apoio e um expunha como produto um website.

A análise dos textos foi feita à luz das obras de Círculo Bakhtin. Tratamos o conjunto dissertação mais produto educacional como um enunciado concreto no sentido Bakhtiniano, e com a aplicação do dispositivo de análise descrito por Veneu, Ferraz e Rezende (2015), procedemos com uma leitura superficial do enunciado visando identificar seus elementos linguísticos (estilo, construção composicional, unidade temática, relação com o falante/outros participantes, conclusibilidade) e fazer uma articulação prévia entre o material e sua proposta de pesquisa. Em um próximo momento é feita uma investigação do contexto extraverbal, este tem como objetivo avaliar as condições nas quais o trabalho foi desenvolvido, este contexto se reflete em várias passagens do enunciado, sendo assim pode-se avaliar influências e tendências que moldaram a produção acadêmica dos mestrandos.

Por fim, seguindo o modelo de análise fizemos uma leitura mais aprofundada, em especial dos produtos educacionais gerados, para relacionar o estilo da linguagem e os conceitos Bakhtinianos envolvidos no objeto de nosso estudo. Neste momento observamos, em detalhes, a relação do enunciado com a proposta do MP e posteriormente relacionando as nossas perguntas de pesquisa.

Esta nossa análise destacou, em um primeiro momento, três pontos de absoluta importância, são eles: referencial teórico, inovação na proposta didática e utilização das pesquisas na área de ensino da MQ.

O referencial teórico é um item obrigatório na redação da dissertação do MP, sendo assim, ele deve aparecer de forma clara no texto. Neste caso em todos os trabalhos analisados destacava-se no sumário um capítulo intitulado “Referencial Teórico”. A leitura deste capítulo, em todos os textos, traziam argumentos fortes justificando a escolha, no entanto o que se observava em outros capítulos, tais como metodologia, é que

esta não tinha uma relação forte com o referencial adotado, passando a ideia de que há um referencial, mas este está ali apenas para preencher o requisito e não apoiar efetivamente o trabalho. Nas palavras de Ostermann e Rezende podemos observar a utilidade e motivo para a presença de um referencial que apoie as práticas desenvolvidas no trabalho do professor-aluno:

... referenciais teóricos devem fundamentar metodologias de ensino e orientar a escolha dos conteúdos além de estabelecer novas formas de avaliação, ou seja, sustentar toda a elaboração do produto educacional (OSTERMANN & REZENDE, 2009).

Este comportamento talvez possa ser explicado pela tendência do professor de Ensino Básico em seguir padrões técnicos, fora dos quais a insegurança impera.

Ao tratarmos dos produtos através da análise discursiva, observamos que há um problema que se opõe à inovação didática, pois grande parte das redações são reproduções de textos contidos em textos de ensino superior. Dos quatro produtos analisados, apenas um refere-se efemeramente a trabalhos na área de Ensino de Física, e como comentado anteriormente, esta citação revela uma responsividade intensa ao grupo ao qual o autor pertencia. Concluímos disso que, o professor-aluno carrega em si um conflito intenso entre o inovar e a responsividade acadêmica. Tal fato se torna altamente relevante quando observamos que os textos possuem um direcionalidade para a academia ou seu grupo de pesquisa, deixando à margem a importante demanda do MP em propiciar materiais para alunos e professores.

Em um contexto extraverbal, notamos que a quase totalidade dos acadêmicos utilizam a titulação de Mestre, não para voltar e aplicar os novos e aprofundados conceitos assimilados durante o curso na escola básica. A realidade é que esta titulação serve justamente para retirar o professor do curso básico, habilitando-o a participar de seleções, em sua grande maioria, em Institutos Federais, enfraquecendo a proposta do MP. Convém lembrar que os cursos de MP possuem horários diferenciados, por exemplo um encontro por semana, possibilitando ao professor-aluno a continuidade de suas atividades didáticas em sala de aula. A análise do currículo dos cursos de MP mostra um relaxamento no nível de exigência, em especial em matemática, tornando-o mais atrativo ao comparamos com um curso de Mestrado Acadêmico.

Em uma análise resumida podemos sustentar a posição de que os produtos desenvolvidos em Mecânica Quântica não dialogam de forma efetiva com a proposta do curso de MP. Concluimos que frente à literatura existente, na área de ensino de MQ, os textos de apoio não se justificam e sua aplicação ao público alvo apresenta poucas contribuições.

Os resultados aqui expostos, servirão para futuras discussões e aprofundamentos, no que diz respeito à qualidade à efetividade dos produtos educacionais. Esta discussão aliada a outros trabalhos na mesma linha, irão contribuir para uma maior eficácia no desenvolvimento e aplicação dos PE.

Por fim, este trabalho mostra um pequeno universo analisado, no âmbito da MQ, deixando claro que o assunto não se esgota por completo. Investigações em outras áreas se fazem necessárias para que tenhamos uma avaliação mais ampla dos cursos de MP.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. J. P. M. Historicidade e Interdiscurso: Pensando a Educação em Ciências na Escola Básica. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 333-341, dez. 2004.
- BAKHTIN, M. M. **Estética da criação verbal** (6ª ed.). São Paulo: Livraria Martins Fontes, 2011.
- BAKHTIN, M. M. **The dialogic imagination: four essays**. Austin: University of Texas Press, 1981.
- BAKHTIN, M., & VOLOSHINOV, V. N. **Marxismo e filosofia da linguagem** (16ª ed.). São Paulo: Hucitec, 2014.
- BAKHTIN, Mikhail M. **Problemas da Poética de Dostoiévski**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1981.
- BRAIT, B. “**Análise e teoria do discurso**”. In: BRAIT, B. (Org.). Bakhtin – outros conceitos-chave. São Paulo: Contexto, 2006.
- BRAIT, Beth. (org.) **Bakhtin: conceitos-chave**. São Paulo: Contexto, 2005.
- BRASIL, Ministério da Educação. **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira**. Brasília, INEP 2006.
- BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais**. Brasília: v.1, 1997. 126p.
- CÁSSIO, F. L.; CORDEIRO, D. S.; CORIO, P.; FERNANDEZ, C. O protagonismo subestimado dos íons nas transformações químicas em solução por livros didáticos e estudantes de química. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 3, p. 595-619, 2012.
- CHOPPIN, Alain. História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte. **Educação e Pesquisa**, v. 30, n. 3, p. 549- 566, 2004.
- ECHEVERRÍA, M.P.; POZO, J. **Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender**. In: POZO, J. (org) A solução de Problemas. Porto Alegre: Artmed, 1998, pp.13-41.
- FIORIN, J. L. **Introdução ao pensamento de Bakhtin**. São Paulo: Ática, 2006.

FORATO, T. C. M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. Historiografia e Natureza da Ciência na Sala de Aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, abr. 2011.

FORÇA, A. C.; LABURÚ, L. C.; SILVA, O. H. M. **Atividades experimentais no ensino de Física: Teoria e Práticas**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8, 2011, Campinas, Anais... Campinas: ABRAPEC, 2011.

GIL-PÉREZ, D. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de um modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. **Enseñanza de Las Ciências**, v. 11, n. 2, p. 197-212, 1993.

GUERRA, A.; BRAGA, M.; REIS, J. C. **Faraday e Maxwell Eletromagnetismo: Da indução aos dínamos**. São Paulo: Atual Editora, 2004. 64p.

GURIDI, V.; ARRIASSECQ, I. Historia y Filosofía de las Ciencias en la Educación Polimodal: Propuesta para su Incorporación al Aula. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 307-316, dez. 2004.

História e Epistemologia da Física do Currículo de Licenciatura em Física da UFRGS, Porto Alegre, 2005. 80 p.

JOHNSEN, Egil B. **Textbooks in the Kaleidoscope: a critical survey of literature and research on educational texts**. Tønsberg: Vestfold College, 2001.

KAMEL, C. e LA ROCQUE, L. As histórias em quadrinhos como linguagem fomentadora de reflexões – uma análise de coleções de livros didáticos de ciências naturais do ensino fundamental. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 6, n. 1, 2006.

LEMKE, J. L. Articulating communities: Sociocultural perspectives on science education. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 38, n. 3, p. 296–316, 2001.

MARTINS, R. A. Sobre o Papel da História da Ciência no Ensino. **Boletim da sociedade Brasileira de História da Ciência**, v. 9, p. 3-5, 1990.

_____. **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no Ensino**. Introdução. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

_____. Arquimedes e a Coroa do Rei: Problemas Históricos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 17, n. 2, p. 115-121, ago. 2000.

_____. Como distorcer a Física: considerações sobre um exemplo de divulgação científica 2 - Física Moderna. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n. 3, p. 265-300, dez. 1998.

_____. Como não escrever sobre história da física – um manifesto historiográfico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 1, p. 113-129, mar. 2001.

_____. Sobre o papel da história da ciência no ensino. **Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência** p. 3-7, 1990.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: At Tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MONTEIRO, M. A.; NARDI, R. **A utilização da História da Ciência no Ensino de Física: investigando o contexto da construção do espectroscópio de chamas**. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XVII, 2007, São Luís. Atas...

MONTEIRO, M. **Análise de Produtos Educacionais Desenvolvidos no Âmbito de um Mestrado Profissional em Ensino de Física**. 222 p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, IF, UFRGS, 2015.

MOREIRA, I. C. Poesia na sala de aula de ciências? A literatura poética e possíveis usos didáticos. **Física na Escola**. Vol 3. Nº 1. 2002. p 17-23.

MOREIRA, M.A. **A epistemologia de Bachelard**. (notas de aula).

OLIVEIRA, N. R. e ZANETIC, J. **A presença do teatro no ensino de física**. In: **IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física** (atas). Jaboticatubas, IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2004.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H.; PRADO, S. D. Fundamentos da física quântica à luz de um interferômetro virtual de Mach-Zehnder. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, p. 1094–1116, 2009.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no ensino médio”. **Investigações em ensino de ciências**, v. 5, n. 3, p. 23–48, 2000.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa Física Moderna e Contemporânea no ensino médio. **Investigações em ensino de ciências**, v. 5, n. 3, p. 23–48, 2000.

PEDUZZI, L. O. Q.; BASSO, A. Para o ensino do átomo de Bohr no nível médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 4, p. 545–57, 2005.

PENA, F. L. A. Qual a influência dos PCNEM sobre o uso da abordagem histórica nas aulas de Física? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 4, p. 517-518, 2007.

PENA, F. L. A.; FILHO, A. R. O uso didático da História da Ciência após a implantação dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM): um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas publicados em periódicos nacionais especializados em ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 1, p. 48-65, 2009.

PEREIRA, A. P., & OSTERMANN, F. (2009). Sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em Ensino de Ciências** (Online), 14, 393-420.

PIASSI, L. P. **A perspectiva sociocultural da física nos romances de ficção científica de Arthur Clarke** *The Sociocultural Perspective of Physics in Arthur Clarke's Science Fiction Novels* Introdução. v. 11, p. 205–226, 2011.

PINTO NETO, P. C. Júlio Verne: o propagandista das ciências. **Ciência & Ensino**, n. 12, 2002-2004.

QUINTAL, J. R.; GUERRA, A. A História da Ciência no Processo Ensino-Aprendizagem. **Física na Escola**, v. 10, n. 1, p. 21-25, 2009.

RIBAS, L. C. C. e GUIMARÃES, L. B. Cantando o mundo vivo: aprendendo biologia no pop-rock brasileiro. **Ciência & Ensino**. n. 12, p. 4-9, 2004

RIBEIRO, ANA P. G.; SACRAMENTO, Igor (orgs.). **Mikhail Bakhtin: linguagem, cultura e mídia**. São Carlos: Pedro & João Editores, 2010.

SANTOS, F. R. V. DOS et al. InterAge: um ambiente virtual construtivista para formação continuada de professores de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, p. 372–390, 2003.

SCHÄFER, E.D.A. **Impacto do Mestrado Profissional em Ensino de Física da UFRGS na prática docente: um estudo de caso.** 318p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, IF, UFRGS, 2013.

SILVA, C. C. (Org.). **Estudos de História e Filosofia das Ciências:** Subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. 348 p. A.B.

SILVA, H. R. A.; GUERRA, A. **História e Filosofia da Ciência: Desafios e Possibilidades.** In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, XX, 2013, São Paulo. Atas.

SILVA, S. S. Narrativa literária e ciência. **Ciência & Ensino.** vol. 1. nº 1.. pp 3- 8, 2006.

SILVEIRA, F. L.; PEDUZZI, L. O. Q. Três episódios de descoberta científica: da caricatura empirista a uma outra história. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 1, p. 26-52, abr. 2006.

SOUZA, G. T. (2002). **Introdução à teoria do enunciado concreto do círculo BakhtinVolochinov-Medvedev** (2ª ed.). São Paulo: Humanitas.

SOUZA, J. **Apropriação discursiva de modelos de formação docente em trabalhos de conclusão de um Mestrado Profissional em Ensino de Física.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, IF, UFRGS, 2015: 113.

TEIXEIRA, E. S.; FREIRE Jr. O. **Um estudo sobre a influência da História e Filosofia da Ciência na formação de estudantes de Física.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XVII, 2007, Vitória. Atas.

TELICHEVESKY, L. **Uma perspectiva sociocultural para a introdução de conceitos de física quântica no ensino médio: análise das interações discursivas em uma unidade didática centrada no uso do interferômetro virtual de Mach-Zehnder.** 192 p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, IF, UFRGS, 2015.

TORRE, A. C. de la. Reflexiones sobre la enseñanza de la física moderna. **Educación en Ciências**, v. II, n. 4, p. 70-71, 1998a.

VENEU, A.; FERRAZ, G.; REZENDE, F. Análise De Discursos No Ensino De Ciências : Considerações Teóricas , Implicações. **Ensaio - Pesquisa em educação e ciências**, v. 17, p. 126–149, 2015.

WERTSCH, J. V. **Mind as Action.** New York: Oxford University Press, 1998.