

História Recorrente e o Caráter Provisório da Ciência no Ensino da Natureza da Luz

Patrícia Ferreira de Souza
Paulo Celso Ferrari
José Rildo de Oliveira Queiroz

RESUMO

Neste trabalho, analisamos as contribuições epistemológicas de uma abordagem histórica da natureza da Luz fazendo uso da concepção de História Recorrente de Bachelard. Nosso objetivo foi verificar se os alunos de uma disciplina eletiva perceberam que a ciência está em permanente reconstrução e que, desse modo, não existem verdades definitivas. Para tanto, recorremos a dois questionários e a notas de campo, cujos resultados foram analisados por análise de conteúdo. Consideramos que a disciplina contribuiu para a compreensão da permanente incompletude da Ciência e do caráter humano de sua produção, porém, alguns debates sobre a natureza da luz que evidenciam os erros retificados não foram mencionados pelos participantes e o conceito contemporâneo de dualidade da luz foi parcialmente compreendido.

Palavras-chave: Ensino de física. História da ciência. Epistemologia de Bachelard.

Recurring History and the Provisional Character of Science in the Nature of Light Teaching

ABSTRACT

In this study we analyze the epistemological contributions of an historical approach of nature of Light making use of Bachelard's Recurring History conception. Our objective was to verify if the students of a elective discipline realized that science is in permanent reconstruction and that, in this way, there are no definitive truths. To do so, we used two questionnaires and field notes, whose results were analyzed by content analysis. We considered that the discipline contributed to the understanding of the permanent incompleteness of Science, of the human nature of its production; however, some debates about the nature of light that evidence the rectified errors were not mentioned by the participants and the contemporary concept of duality of light has been partially understood.

Keywords: Physics teaching. History of science. Bachelard's Epistemology.

INTRODUÇÃO

A importância da História e Filosofia da Ciência (HFC) para o ensino de Ciências tem sido apontada por diversos autores como Matthews (1994; 1995), L. A. P. Martins (1998),

Patrícia Ferreira de Souza é Licenciada no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática da UFG. E-mail: patricia.souza013@hotmail.com

Paulo Celso Ferrari é Doutor e Professor do Instituto de Física da UFG. E-mail: pferrari@ufg.br

José Rildo de Oliveira Queiroz é Doutor e Professor no Instituto de Física da UFG. E-mail: rildo@ufg.br
Recebido para publicação em 12 mai. 2018. Aceito, após revisão, em 30 jul. 2018.

DOI: <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.v20iss4id4096>.

Acta Scientiae	Canoas	v.20	n.4	p.648-669	jul./ago. 2018
----------------	--------	------	-----	-----------	----------------

R. A. Martins (2006), El-Hani (2006), Peduzzi (2005), entre outros. Frequentemente é destacada a necessidade da incorporação de elementos históricos e filosóficos no Ensino de Ciências. A compreensão histórica permite a aprendizagem do que existe e existiu e promove novas possibilidades de ensino (Mathews, 1995). Além disso, promove a melhor compreensão dos conceitos, melhora a comunicação em sala de aula e possibilita aos discentes descobertas de progressos dos ramos do saber, como os aspectos sociais, políticos e científicos, tornando possível que os estudantes saiam do território do senso comum e tornem-se mais críticos e reflexivos. Argumenta-se ainda que o uso de HFC no ensino possibilita discutir a natureza da ciência ao mostrá-la como uma construção humana e de caráter provisório (Damásio & Peduzzi, 2017). Assim sendo, a utilização da HFC é sustentada por transformar o ensino de Ciências em um ensino mais relevante e contextualizado.

Embora existam muitos argumentos a favor da inserção didática da HFC, há uma escassez de trabalhos empíricos, ou seja, poucos são os trabalhos que discutem resultados de intervenções didáticas no ensino de Ciências. Teixeira, Greca e Freire Jr (2012) recomendam mais investigações empíricas desta natureza a fim de se demonstrar, em situações reais de sala de aula, qual é a efetiva contribuição que a HFC pode oferecer ao ensino e aprendizagem de Ciências. Além disso, uma revisão bibliográfica sobre o uso didático da HFC, constatou que, dos 41 trabalhos analisados, 34 % não declararam o aporte filosófico que os sustentam e que apenas 3 se apoiaram na visão filosófica de Bachelard (Damásio & Peduzzi, 2017). Tais aspectos reforçam a justificativa de nossa pesquisa.

Por esse motivo, apresentamos o desenvolvimento e aplicação com alunos do Ensino Médio de uma disciplina eletiva no ensino da evolução conceitual da luz, fazendo uso da concepção de história recorrente de Bachelard (1996). Essa abordagem histórica concebe a construção do conhecimento como uma sucessão de rupturas e descontinuidades, interpretando a Ciência como um processo inacabado (Lima & Marineli, 2011).

Bachelard (1996) defende que o conhecimento sempre avança à medida que rompe com o conhecimento anterior, quebrando dogmas ideológicos, ou seja, adota uma perspectiva histórica não contínua, uma “história recorrente”. Deste modo, o objetivo deste estudo foi avaliar em que medida o ensino da natureza da luz inspirado nos pressupostos históricos e filosóficos de Bachelard promove a compreensão do caráter provisório da ciência em alunos do Ensino Médio.

ASPECTOS DA EPISTEMOLOGIA DE BACHELARD E O CONCEITO DE HISTÓRIA RECORRENTE

Gaston Bachelard (1884-1962), filósofo e ensaísta francês, considerado um dos maiores filósofos e historiadores do século XX, é conhecido por suas duas fases: diurna e noturna. Na obra noturna dedica-se à criação artística, abordando a imaginação poética e os sonhos. Já na diurna investiga o saber científico, que será o tema do presente trabalho.

A epistemologia de Bachelard denuncia a inadequação da Filosofia da Ciência de sua época, criticando as filosofias da ciência “tradicionais”, a visão positivista, em especial a expressa pelo pensamento de Émile Meyerson, pela qual o cientista era um receptor das verdades científicas e que acreditava na eternidade dos princípios e leis da ciência. Defendia-se que a Ciência tem um progresso contínuo e imutável, onde as novas teorias surgiam apenas para dar continuidade aos conceitos anteriores (Bulcão, 2009). Para Bachelard (1996) a ciência é essencialmente uma construção humana, uma constante busca de solução de problemas:

Em primeiro lugar, é preciso saber formular problemas. E, digam o que disserem, na vida científica os problemas não se formulam de modo espontâneo. É justamente esse *sentido do problema* que caracteriza o verdadeiro espírito científico. Para o espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico. Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído. (Bachelard, 1996, p.18)

Para esse autor, a forma com que a Filosofia era concebida servia apenas para afastá-la da Ciência reduzindo-se, assim, a um vago balanço de ideias e resultados diante do qual abandonavam-se as características da evolução científica (Bulcão, 2009). Não é a Filosofia que deve ordenar a Ciência, mas sim, a Ciência deve ordenar a Filosofia:

Se a ciência se constrói e progride por reorganizações, é preciso que a filosofia, se quiser acompanhá-la, proceda constantemente a “revisões” de seus princípios, quer dizer, seja aberta. Por isso, uma filosofia que queira preservar o conhecimento científico daquilo que o entrava deve ser essencialmente polêmica. (Japiassu, 1976, p.53)

Deste modo, segundo Japiassu (1976), Bachelard faz um apelo para que os filósofos abandonem a ideia de estabelecer fronteiras “opressoras” e saiam da “caverna filosófica”. Para Bachelard nada na Ciência é definitivo. O saber contemporâneo é descontinuo, construído por rupturas com a tradição e de saltos de uma concepção para a outra sem que necessariamente existam ligações entre elas, ou seja, o saber não se acumula, mas sempre se renova. Dado isso, surge a necessidade de uma filosofia aberta e suscetível. As rupturas e descontinuidades revelam progresso científico e simultaneamente sinalizam os obstáculos e limites do conhecimento. Assim sendo, em sua obra ele defende uma polaridade epistemológica de forma que a Filosofia da Ciência tenha dois focos: realista-idealista e empirista-racionalista. Não existe uma única filosofia que seja válida em todas as épocas e situações (Ternes, 1978), assim, o conhecimento deve ser analisado por várias filosofias que fizeram parte desse processo evolutivo. Não se trata de um dualismo, mas sim um reconhecimento de que juntos estes polos completam-se oferecendo à Ciência seu verdadeiro dinamismo (Lima &

Marineli, 2011). Isto é, Bachelard construiu uma epistemologia em todos seus aspectos: lógico, ideológico e histórico (Melo & Rocha, 2014).

É função da nova Filosofia expor que os conhecimentos novos contradizem os anteriores e que o espírito científico surge de erros retificados, não existem princípios gerais mas sim verdades que nascem de erros corrigidos, ou seja não há verdades sem erros retificados (Bachelard, 1996), o que representa a constante mobilidade do pensamento científico (Bulcão, 2009). Logo, fica clara a condição de que o objeto científico é construído socialmente, de maneira que, se isolada da sociedade, a Ciência não conseguiria atingir os mesmos resultados. A grande essência da epistemologia bachelardiana é ser histórica:

Na obra da ciência só se pode amar o que se destrói, pode-se continuar o passado negando-o, pode-se venerar o mestre contradizendo-o. (Bachelard, 1996, p.309)

Para Japiassu (1976), outro trabalho importante de Bachelard são suas teses. Elas não foram elaboradas por ele de modo explícito, porém estão implícitas ou sugeridas durante o processo de construção de suas categorias epistemológicas. A primeira tese se refere à *objetividade* do conhecimento científico e expressa o caráter objetivo do conhecimento de todo objeto. A segunda, sobre a categoria de *verdade*, sustenta que não existe “verdade” científica, pois a “verdade” científica é apenas um ideal a ser atingido. A terceira e última refere-se ao caráter *dialético* do progresso das ciências, tanto no que se refere ao embate dialético entre teoria e experimento quanto à prática dialética da negação para a reconstrução da ciência.

A categoria da verdade é particularmente reveladora. Para Bachelard a verdade não pode mais ser inerte, pois o que existem são “verdades” construídas historicamente, portanto, qualquer ciência deve produzir a cada momento sua história e suas verdades. Na perspectiva de Bachelard (1996) a “verdade” só pode ser entendida em sua relação com a noção de erro. Em suas obras ele destaca como o erro poderia obter um sentido novo e objetivo.

Ao retomar um passado cheio de erros, encontra-se a verdade num autêntico arrependimento intelectual. No fundo, o ato de conhecer dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização. (Bachelard, 1996, p.17)

Para Bachelard (1996), se existe a verdade científica, ela só pode ser o resultado de uma crítica, por isso, pensar o conhecimento científico como uma concepção definitiva é recusar seu processo de eterna reconstrução. Logo, a verdade científica é uma verdade que tem futuro e os acontecimentos da Ciência encadeiam-se numa verdade incessantemente aumentada. As verdades científicas são históricas e o erro tem uma função positiva,

não são verdades primeiras ou princípio gerais, mas sim verdades que nascem de erros corrigidos, provando a mobilidade do pensamento científico.

Outro aspecto da epistemologia de Bachelard é a concepção de história recorrente, pela qual os conceitos do passado são considerados como conjuntos de erros necessários para o desenvolvimento da Ciência e devem ser analisados de maneira crítica para que não se cometam os mesmos equívocos do passado (Melo & Peduzzi, 2007), ou seja, a história da Ciência deve ser frequentemente refeita e iluminada pela história atual:

Através do conhecimento do passado, percorremos o caminho da ciência, mas é a partir do presente, da atualidade da ciência, que podemos compreender o passado de maneira claramente progressiva. (Lopes, 1996, p.256)

Assim, para Bachelard (1996) é necessária uma história que parta das certezas do presente, constantemente renovadas, para descobrir no passado o processo de construção dessas verdades. Por isso o historiador precisa conhecer o presente e a ciência sobre a qual vai escrever para julgar bem o seu passado.

Aplicado ao ensino de Ciências, o conceito de história recorrente implica na valorização das controvérsias na abordagem histórica, revelando os erros cometidos por cientistas renomados (ou por vezes desconhecidos) e retificados provisoriamente até novos problemas revelarem inconsistências que levarão a novas rupturas. Portanto, a concepção histórica que acompanha a epistemologia de Bachelard apresenta-se como um potencial subsídio para a discussão do caráter provisório do conhecimento científico.

Intencionalmente não abordaremos neste trabalho o conceito de “obstáculo epistemológico”, embora constitua elemento essencial da epistemologia bachelardiana. Vale considerar que Bachelard (1996) procurou, com esse conceito, identificar razões para resistências a explicações mais corretas. Atribuiremos essas resistências à existência de tradições científicas, sem nos aprofundarmos na discussão de suas razões.

CONTEXTO DA PESQUISA E DESCRIÇÃO DA DISCIPLINA ELETIVA

Para descrever a disciplina eletiva é importante evidenciar o contexto de sua criação e do desenvolvimento da pesquisa. Para tal vamos descrever algumas características da escola campo e as condições que possibilitaram a construção da disciplina.

A Escola Campo: Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada à Educação

O Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada à Educação (CEPAE) é uma unidade integrante da Universidade Federal de Goiás, criada em 1980, dentro da concepção

de colégio de aplicação e conta com uma estrutura diferenciada das demais escolas públicas. Trata-se de uma escola caracterizada por diversos aspectos particulares, como: (a) está localizada dentro de uma universidade, (b) o ingresso é realizado por meio de sorteio e uma vez dentro da escola o aluno não perde mais sua vaga, (c) grande parte dos professores possui pós-graduação, (d) a escola possui um ambiente virtual (plataforma Moodle) institucional, (e) a grade curricular, a partir do 1º ano do Ensino Médio, comporta disciplinas optativas, (f) para que os alunos possam participar dessas disciplinas é necessário que fiquem grande parte do dia na escola e (g) por ser um centro de ensino e pesquisa mantém grande abertura para a realização de estágios.

Oferta ensino nos níveis Infantil, Fundamental e Médio bem como Especialização em Metodologia do Ensino Fundamental e Mestrado Profissional em Ensino na Educação Básica. Publica uma revista científica indexada em diversas bases de pesquisa. Possui uma boa estrutura física, constituída por salas de aulas climatizadas, salas de professores separadas por departamentos, mini auditório, quadras esportivas e estacionamento. O Ensino Médio é constituído por um núcleo básico no turno matutino e no turno vespertino os alunos participam das disciplinas de núcleo flexível (que compreende tanto disciplinas eletivas como obrigatórias) e paralelamente tem acesso a atendimento para cada disciplina.

Os alunos de Estágio Supervisionado elaboram um projeto de pesquisa, orientado por um professor da universidade, coerente com o Projeto de Estágio do CEPAE. Os Projetos de Estágio são elaborados e efetivados pelas subáreas ou setores da escola em conjunto com os institutos/faculdades da universidade. São reconhecidos pela Coordenação de Curso, responsável por viabilizar o acesso a documentos eventualmente solicitados pelos estagiários. Nessa escola se desenvolve um Pequeno Grupo de Pesquisa (PGP), integrante, com outras cinco escolas, do Grande Grupo de Pesquisa (GGP), composto por professores formadores da universidade, das escolas e por estudantes de licenciatura, cujo objetivo é estabelecer diálogo entre o “campo escolar” e “campo universitário” (Genovese, *et al.*, 2016).

A Disciplina Eletiva Óptica – Ondas e a Natureza da Luz

A disciplina eletiva Óptica – Ondas e a Natureza da Luz foi ministrada durante todo um semestre pela primeira autora deste trabalho, acompanhada pelo professor supervisor da escola, com dezesseis atividades: catorze presenciais de uma hora e trinta minutos cada e duas no ambiente virtual Moodle. A turma era composta por trinta e um alunos do 1º ano do Ensino Médio. Cientes de que a Óptica seria ensinada no 2º ano, o objetivo geral da disciplina eletiva foi discutir a natureza da Ciência, mais especificamente a questão de sua incompletude.

Baseados na concepção de história recorrente de Bachelard abordamos o processo evolutivo do modelo do comportamento da luz discutindo três controvérsias relevantes (erros retificados): Partículas X Ondas; Onda Mecânica X Onda Eletromagnética e Onda Eletromagnética X Dualidade Onda-Partícula. O principal livro consultado para o

planejamento da disciplina foi “Origens e Evolução das Ideias da Física” (Rocha, 2015). Cinco encontros presenciais e duas atividades virtuais foram dedicados ao confronto entre os modelos corpuscular e ondulatório, envolvendo os conceitos de reflexão, refração, difração e interferência para caracterizar o erro do modelo corpuscular. Dois encontros presenciais foram necessários para discutir a controvérsia que deu origem ao modelo de onda eletromagnética, envolvendo os conceitos de polarização e velocidade da luz. Um encontro foi necessário para aplicação de um questionário de pesquisa, na metade do curso, para iniciarmos a coleta de dados e diagnosticarmos eventuais dificuldades. Com quatro encontros chegamos ao modelo contemporâneo da luz: um para discutir os erros do modelo do éter, dois para o problema da quantização da energia e o efeito fotoelétrico e um para a difração de elétrons. Nos dois encontros seguintes: um foi utilizado para uma visita ao Pátio da Ciência da UFG (Pinto, Queiroz, & Ferrari, 2014) e um para a aplicação do questionário final da pesquisa.

Os principais recursos didáticos utilizados foram textos fotocopiados do livro (Rocha, 2015) fornecidos aos alunos, resumos projetados em Power Point e um vídeo contendo aplicações tecnológicas do Efeito Fotoelétrico. Na visita ao Pátio os alunos tiveram contato com alguns experimentos.

A principal estratégia nas atividades presenciais foi a leitura dirigida e posterior discussão dos textos selecionados. Houve também a correção de uma lista de exercícios. No ambiente virtual foram disponibilizados dois fóruns, um problematizando a natureza da luz outro aberto a manifestação de dúvidas. Embora não tivéssemos a intenção de investigar uma metodologia de ensino de cunho freireano, procuramos manter um bom nível de diálogo e problematização (Delizoicov, 2005).

Todos os alunos participantes e seus responsáveis legais estavam cientes do objetivo da pesquisa e manifestaram o seu livre consentimento, concordando em participar da mesma por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Assim, apesar de não ter sido solicitada prévia avaliação ética pelo Sistema CEP/CONEP, entendemos que estas providências foram suficientes para garantir a proteção e a integridade dos sujeitos da pesquisa. Assumimos a responsabilidade pelo fato e eximimos a revista *Acta Scientiae* de quaisquer consequências daí decorrentes, incluindo a plena assistência e eventual ressarcimento a qualquer dano resultante a quaisquer dos participantes da pesquisa, de acordo com a Resolução nº 510, de 07 de abril de 2016, do Conselho Nacional de Saúde.

METODOLOGIA DA PESQUISA

Discutiremos a metodologia da pesquisa em três subitens com os seguintes temas: problema e objetivos da pesquisa, instrumentos de coleta de dados e referencial de análise dos resultados.

Problema e Objetivos da Pesquisa

Nosso problema de pesquisa consiste na seguinte pergunta: em que medida a história da natureza da luz na perspectiva da história recorrente de Bachelard possibilita a compreensão de que a Ciência está em permanente reconstrução, ou seja, que para a Ciência não existem verdades definitivas? Para investigar tal problema elegemos três conjuntos de objetivos, relativos, respectivamente à Natureza da Ciência, à História do conceito de Luz e à própria Natureza da Luz:

Objetivos Relativos à Natureza da Ciência

Entendendo que para compreender o caráter provisório da Ciência é necessário situá-lo entre outros aspectos da natureza da Ciência, elegemos um conjunto de pressupostos epistemológicos consistentes com as concepções de Bachelard, que deveriam ser percebidos pelos alunos. Assim, pretendemos identificar nas percepções dos alunos as seguintes concepções:

- a) A Ciência sofre transformações e seus modelos não são definitivos, ou seja, não são considerados verdades absolutas, “ninguém pode arrogar-se o espírito científico enquanto não estiver seguro, em qualquer momento da vida do pensamento, de reconstruir todo o próprio saber” (Bachelard, 1996, p.10).
- b) A construção do conhecimento é um processo de construção humana, coletivo, os cientistas debatem suas ideias de forma ora colaborativa, ora opositora, “toda doutrina da objetividade acaba sujeitando o conhecimento do objeto ao controle de outrem” (Bachelard, 1996, p.296).
- c) Um novo problema, não resolvido satisfatoriamente, denuncia um “erro” no modelo vigente, conduzindo alguns cientistas a uma ruptura com a tradição científica e outros a resistirem, “é preciso legitimar nossa invenção: concebemos então nosso fenômeno, criticando o fenômeno dos outros” (Bachelard, 1996, p.26).
- d) Ocorrem períodos de descontinuidade, o modelo vigente é negado e substituído por outro mais coerente, “as crises de crescimento do pensamento implicam uma reorganização total do sistema de saber” (Bachelard, 1996, p.20).

Objetivos Relativos à História da Natureza da Luz

No mesmo sentido que nos objetivos anteriores, consideramos necessário que os alunos se apropriassem de elementos históricos na argumentação da provisoriabilidade da Ciência, reconhecendo ao menos os três grandes erros retificados abordados na disciplina. Assim, pretendemos investigar se os estudantes expressam alguma compreensão sobre como ocorreram os seguintes eventos históricos:

- a) O confronto entre os modelos corpuscular x ondulatório;

- b) O confronto entre os modelos de ondas mecânicas x eletromagnéticas;
- c) O confronto entre os modelos eletromagnético x comportamento dual.

Objetivos Relativos ao Modelo Contemporâneo da Luz

Considerando que a história recorrente pressupõe uma leitura do passado segundo a concepção científica aceita no presente estabelecemos também objetivos relativos à compreensão do modelo contemporâneo da luz. Por isso optamos por investigar se os estudantes concebem a natureza dual da luz expressa pelo princípio de complementaridade:

- a) A luz se comporta como onda quando se propaga;
- b) A luz se comporta como partícula quando interage com a matéria.

Esses objetivos irão orientar nossa análise dos resultados.

Instrumentos de Coleta de Dados

Para coletar os dados utilizamos notas de campo que, segundo Bogdan e Biklen (1994), são registros relativos ao que o investigador observou, ouviu e experimentou ao longo da pesquisa. Fizemos uso também de questionário que, para Moreira e Caleffe (2006), é um instrumento que viabiliza obter muitas informações e dados a curto prazo, garante o anonimato para quem participa da pesquisa, faz uso de perguntas padronizadas e possibilita uma alta taxa de retorno nos resultados. Utilizamos dois questionários: um na metade do curso, com função prioritariamente diagnóstica, outro ao final da disciplina eletiva.

Referencial de Análise dos Dados: Análise de Conteúdo

A análise de conteúdo, segundo Moraes (1999), constitui uma metodologia de análise que pode ser usada para descrever e interpretar conteúdos de diferentes classes. Conduzindo as descrições sistemáticas destas análises, sejam elas qualitativas ou quantitativas, é possível reinterpretar as mensagens e, assim, atingir uma percepção de seus conceitos a um nível que vai além de uma simples leitura. Para Flick (2009) a análise de conteúdo desenvolve-se por meio de técnicas mais ou menos refinadas possibilitando a análise e interpretação dos dados para além dos conteúdos manifestos. Desse modo, análise de conteúdo tem sido uma das técnicas mais utilizadas no campo das ciências da educação. No presente trabalho utilizamos as três fases da análise de conteúdo sugeridas por Bardin (2011): pré-análise, exploração do material e interpretação.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Diante dos dados obtidos definimos cinco categorias a priori que possibilitaram avaliar nossos objetivos: *a busca incessante da verdade, a ciência como produção humana; rupturas e descontinuidades; problemas luminosos e o modelo contemporâneo da luz.*

A busca Incessante da Verdade

Essa categoria reúne unidades de significado sobre a percepção de que não existe um caráter definitivo para a Ciência e sim um processo de busca permanente de novos conhecimentos, demonstrando que a Ciência não é estática.

O conhecimento é constituído ao longo de muitos anos e está sempre se modificando, já que, nada é comprovado. Daqui dez anos tudo que estudamos pode ser que seja batido por um conceito diferente. (A1)

O aluno demonstra ter compreendido o caráter provisório da Ciência e que tal processo ocorre com cautela e estudo, o que pode demorar um certo tempo. É importante ressaltar o trecho que ele expressa: “Daqui dez anos tudo que estudamos pode ser que seja batido por um conceito diferente”, ou seja, o aluno estende o caráter provisório da Ciência para o atual modelo.

Outros alunos perceberam a construção de várias teorias ao longo do tempo:

A ciência se desenvolveu através de várias teorias que surgiram ao longo de muito tempo. Ela está em constante evolução. (A10)

O discente expressa que a Ciência está em “constante evolução”, porém, não fica claro se estaria se referindo à ideia de desenvolvimento linear e contínuo ou se por rupturas e descontinuidades.

Já o aluno A23 menciona possíveis retrocessos:

A ciência, como todo campo de conhecimento, vem se desenvolvendo de acordo com os progressos e retrocessos nos aspectos políticos, econômico, social, cultural e tecnológico. Assim, torna-se indispensável o estudo do desenvolvimento da ciência. E pode-se descrever esse desenvolvimento como constante, já que, não se sabe tudo o que há para saber... (A23)

A fala do discente é extremamente rica, já que ele entende que o desenvolvimento da ciência depende de inúmeros fatores que vão além da própria ciência, ou seja, que

a ciência também sofre mudanças a partir do nível de interesse que uma sociedade demonstra ter para solucionar algum problema científico. Essa característica da Ciência foi abordada na disciplina:

Apesar dos problemas que enfrentamos para começar a aula, aproveitei para enfatizar o jogo de interesses que existe na ciência. Ao falar sobre o conceito da polarização que foi descoberto por Huygens mas demonstrada por Étienne Malus citei o quanto tal processo era de interesse social já que cientistas foram estimulados a concluir tal descoberta pela Academia de Ciências de Paris, que ofereceu um prêmio para quem apresentasse um estudo matemático da dupla refração e o confirmasse experimentalmente. O prêmio obviamente foi entregue a Malus (Rocha, 2015, p.237). Desta maneira, conversei e orientei os discentes que os progressos e retrocessos da ciência dependem de aspectos políticos, econômicos, sociais, culturais e tecnológicos. Quer dizer, que nem sempre se faz ciência só pelo fato de que cientistas tem interesse pelo conhecimento, muitas vezes são estimulados pela sociedade que tem algum interesse com uma dada descoberta. (Nota de Campo, 01/06/2016)

Mesmo assim ainda apareceram concepções ingênuas, como por exemplo:

... a curiosidade de entender algo é muito grande, ou seja, para quem não conhece a luz era algo metafísico algo que não se pode dominar. (A28)

O aluno parece conceber que o interesse pelo comportamento da luz era mera curiosidade humana.

Houve alunos que descreveram a construção da ciência como explicitamente cumulativa:

Ela (ciência) se desenvolveu com físicos fazendo experiências e comprovando teorias, até hoje estão sendo criadas e comprovadas. (A17)

O aluno dá a impressão que a Ciência se desenvolve apenas por experiências para “comprovar” teorias. O termo “comprovando” sugere que a Ciência é definitiva.

No desenvolvimento da disciplina foi discutida a inadequação do termo “comprovar”:

Fiz um pedido para que eles não utilizassem mais termos como: Provar e Comprovar, e passassem a usar novos termos como demonstrar e corroborar, já que no caso, como estamos estudando que a ciência é instável, não faz sentido na HFC usar tais palavras. Os alunos compreenderam e concordaram que tais palavras já não faziam mais sentido. (Nota de Campo, 15/06/2016)

Após esse diálogo percebemos que os alunos compreenderam e passaram a tomar mais cuidado no uso de suas palavras para não escrever ou falar uma frase que ficasse conflitante, pelo fato de, por exemplo, dizer que a ciência está em constante evolução mas acabar usando os termos citados acima e se tornarem contraditórios.

Ciência como Produção Humana

Nesta categoria reunimos unidades de significado que possam evidenciar a compreensão do caráter coletivo da produção humana da ciência, isto é, que os cientistas constroem suas teorias confrontando-as com outras, corroborando ou contradizendo, para que ocorra o progresso na ciência.

Várias pessoas são necessárias para comprovar uma teoria, as vezes a ideia original é de uma pessoa, mas a outra pessoa desenvolve. (A16)

Apesar de ter usado o termo “comprovar” o aluno demonstra uma compreensão interessante ao relatar que a ideia inicial de um conceito pode ser de um cientista, mas outro a desenvolver. Ou seja, é necessária a aprovação de diversos cientistas para se chegar a uma conclusão satisfatória sobre uma certa teoria.

Outro aluno aponta a existência das críticas:

Acontece de uma pessoa criar uma teoria e outra demonstrá-la, assim as críticas e estudos são feitos em conjunto. (A6)

Essas opiniões remetem a um momento particular do desenvolvimento da disciplina, conforme registrado em nota de campo:

O desvio da luz em sua propagação retilínea quando passa por um obstáculo foi observado pelo físico Jesuíta Grimaldi que denominou este fenômeno como Difração. Newton, que como sabemos era defensor da teoria corpuscular da luz, se interessou muito pelos resultados experimentais de Grimaldi (Rocha, 2015) e após realizar suas próprias experiências em relação a este fenômeno publicou em 1704, em seu livro *Óptica*, relatos comentando os resultados de Grimaldi, porém, ainda assim considerou que a luz tinha um comportamento corpuscular. Após o relato destes episódios um aluno que até as outras aulas estava totalmente disperso pelo fato de não gostar de Física, fez um comentário interessante e que aparentemente para ele era de muita surpresa: “Newton melhorou as coisas dos outros? Achei que ele tivesse feito tudo sozinho!” Nesse momento aproveitei a oportunidade e realcei o que estava sendo dito ao longo das aulas sobre o processo corroborativo que ocorre na ciência. (Nota de Campo, 04/05/2016)

Com relação ao processo corroborativo, um participante observa:

O processo do conhecimento científico requer esforço, ajuda e aprovação de outras pessoas, uma teoria não surge do nada. (A14)

O aluno cita o caráter coletivo da produção humana do conhecimento e fala sobre a aprovação de outras pessoas, ou seja, da comunidade científica, que coletivamente analisa uma teoria para validá-la ou não.

Alguns participantes, no entanto, mencionaram apenas os períodos de aperfeiçoamento das teorias, não considerando os momentos de discordância:

A ciência se desenvolveu com muita dificuldade, porém conseguiu abranger e descobrir muitas coisas que foi se adaptando de um cientista para o outro, um cientista ia melhorando a ideia do outro até ficar boa. (A15)

É realçada a questão da evolução dos conceitos já consolidados, períodos nos quais um cientista ajuda a ideia do outro a progredir até que seja alcançado um conceito satisfatório.

Em outros momentos do desenvolvimento da Ciência o modelo vigente não resolve novos problemas e então grupos de cientistas disputam concepções divergentes. As percepções desses momentos pelos discentes estão registradas na próxima categoria.

Rupturas e Descontinuidades

Nesta categoria reunimos percepções sobre os processos de ruptura com as teorias vigentes, acompanhados de intensos debates que culminam na sua negação, caracterizando a descontinuidade do pensamento científico.

Sobre a existência de uma teoria a ser negada (erros retificados), um participante observa:

O estudo era demorado, e era muito complicado defender sua teoria frente a outra teoria que era mais aceita na época. (A9)

A negação de uma teoria para a emergência de outra é apontada como a principal dificuldade enfrentada pelos cientistas, o aluno considera ser um processo demorado.

Por outro lado, alguns participantes expressaram que a Ciência se desenvolveu rapidamente:

A ciência se desenvolveu muito rápido, pois a cada ano se supera teorias complexas... (A8)

A impressão de que as mudanças são muito rápidas pode ter surgido pela quantidade de controvérsias discutidas na disciplina eletiva: cada um dos três embates enfocados contém várias questões complementares.

A possibilidade de a Ciência ainda cometer erros também foi percebida:

Nesse momento acredito que a ciência está em constante mudança, ou seja, a qualquer momento alguém pode comprovar que as atuais teorias estão erradas, mas claro que isso é extremamente difícil. (A27)

Embora considere extremamente difícil, é relevante que admita ser possível.

A resistência das teorias vigentes também foi mencionada:

Os cientistas enfrentavam dificuldades por todo o percurso. Primeiro quando uma teoria era aceita e definida como “certa”, depois vinha outra teoria, e isso é difícil pois essa nova teoria era enfrentada certa resistência. (A6)

Houve também a percepção da possibilidade permanente de um modelo sobreviver certo tempo e depois ser negado:

Os cientistas sofriam com os julgamentos de outros ao propor teorias diferentes daquelas vigentes, demonstrar uma teoria não é fácil, por isso as teorias são aceitas por um tempo e depois são descartadas. (A23)

Juntando os relatos de A6, A9 e A23 podemos perceber que eles citam as dificuldades de enfrentar e “vencer” uma teoria que é considerada correta e o quanto isso é um processo controverso.

Existia muitas controvérsias entre os cientistas e cada um defendia uma coisa, as pessoas questionavam e eles precisavam demonstrar como algo acontecia e porque ela era assim e por isso eles enfrentavam algumas dificuldades. (A4)

Nesse relato observamos uma fala que destaca o embate de ideias, ou melhor, destaca um processo de controvérsias, onde cientistas tentam defender suas ideias e convencer a comunidade científica de que estão corretos.

Provavelmente o embate entre as teorias corpuscular e ondulatória tenha sido o exemplo mais esclarecedor do processo de ruptura, como explicita o participante:

Se pegarmos como exemplo a história do comportamento da luz, podemos comprovar que a ciência sempre está em processo de mudança, que o papel do cientista além de apresentar sua teoria é de comprová-la, sendo um trabalho nada fácil pois há vários outros cientistas que estão trabalhando em suas próprias teorias e dependendo delas, eles podem aperfeiçoar ou contradizer a sua. Como aconteceu com Newton que apresentou sua teoria corpuscular aceita por quase todos e seguida como a correta, para que depois de alguns anos ela passa-se a ser substituída pela de Huygens. E agora o atual modelo é o de dualidade, ou seja, na ciência não existe cem por cento de certeza. (A14)

Apesar de utilizar duas vezes o verbo “comprovar” o aluno faz uso do conteúdo abordado ao longo das aulas da eletiva para mostrar que, de um modo geral, a Ciência está sempre envolta por mudanças e que o papel do cientista é questionar e propor novas teorias para o avanço na mesma. O discente faz também um “passeio” pela história da luz, citando o exemplo da teoria corpuscular que foi substituída pela ondulatória, que foi substituída pela dualidade.

Esse episódio ficou marcado na memória dos participantes, provavelmente por ter sido lembrado em diversos momentos da disciplina, conforme trecho transcrito das notas de campo:

No primeiro momento da aula fiz um levantamento do que eles (alunos) ainda se lembravam sobre difração, tanto no conceito histórico quanto no físico. Comecei falando de Hooke, do experimento que ele fez e após um tempo o melhoramento que Newton fez no experimento de Hooke, que ficou conhecido como os anéis de Newton. Estimulei que os alunos se lembrassem também sobre o melhoramento que Newton havia feito no experimento de Grimaldi sobre difração e comentei sobre o grande respeito que se tinha por Newton na comunidade científica, ou seja, enfrentar Newton dizendo que ele estava errado ou que sua teoria não era completa era muito complicado, como aconteceu com Young, que apresentou um novo conceito da teoria ondulatória, chamado Princípio da Interferência (Rocha, 2015, p.235). Prevendo as reações dos seguidores de Newton, que defendiam a teoria corpuscular, Young teve o cuidado de esclarecer em seus trabalhos que o próprio Newton tinha feito afirmações apoiando-se numa teoria da luz que tinha alguns aspectos de uma teoria ondulatória (os anéis de Newton), o que não impediu a rejeição de suas ideias pelos newtonianos. (Nota de aula, 04/05/2016)

De modo geral, observamos que a maioria dos participantes demonstrou ter compreendido que era/é muito difícil para um grupo de cientistas enfrentar a comunidade científica que resiste à nova teoria.

Porém, não mencionaram que um novo modelo é desenvolvido para resolver um problema que o outro muitas vezes não percebia e que se torna incapaz de resolver. Exemplos dessa característica, aplicados à história da natureza da luz, foram reunidos na categoria seguinte.

Problemas Luminosos

Nesta categoria reunimos percepções sobre os diferentes problemas enfrentados pelas teorias vigentes a respeito do comportamento da luz que provocaram a emergência de novas teorias.

Um dos problemas mais lembrados foi o da difração da luz, muito difícil de ser observada na época de Newton:

A teoria corpuscular era defendida por Newton, mas ele não conseguiu provar e defender sua teoria de partículas, pois ele não comprovou a difração da luz que é uma de suas composições, então Huygens conseguiu ser mais satisfatório com a teoria ondulatória. (A21)

Huygens também não resolveu o problema da difração, resolvido apenas por Young com o experimento de dupla fenda, decisivo para a vitória do modelo ondulatório.

Um outro participante evidencia a relevância desse problema:

Newton defendia a teoria ondulatória e Huygens a corpuscular. Mas o correto era dizer que a luz se propagava em ondas e não partículas, porque partículas não sofrem o fenômeno da difração. (A22)

Mesmo trocando os defensores dos modelos corpuscular (Newton) e ondulatório (Huygens) o aluno percebe que o problema da difração não pode ser resolvido pelo modelo corpuscular.

Outro problema mencionado nos questionários foi o da interferência:

Alguns defendiam a teoria corpuscular da luz e outros a ondulatória, teve muitas controvérsias...começou a falar sobre refração, interferência e tudo isso começou as controvérsias. (A20)

O aluno cita diversos problemas que a teoria corpuscular começaria a ficar exposta por não conseguir explicar. A refração citada pelo aluno é capaz de ser explicada pela teoria corpuscular e ondulatória, a solução para o problema da interferência obrigou o modelo corpuscular a introduzir um certo caráter ondulatório, como no caso dos anéis de Newton.

Outro problema crucial mencionado foi o da velocidade de propagação da luz:

Mas no século XIX as experiências de Foucault e Fizeau chocalharam as ideias sobre a natureza da luz: a velocidade da luz era menor em um meio menos denso, mostrando o que a teoria ondulatória afirmava. Quando Maxwell propôs o eletromagnetismo e Hertz demonstrou que a luz poderia ter um comportamento de onda eletromagnética, a comunidade científica adotou a teoria ondulatória da luz...(A23)

Apesar de ter feito uma pequena confusão em relação às experiências de Foucault e Fizeau, que em suas experiências distintas mediram a velocidade da luz no ar e na água e acharam que a velocidade da luz na água (mais denso) era menor do que no ar, o participante percebe a importância do problema. O discente cita outro evento de enorme importância, quando Hertz demonstra experimentalmente a teoria que havia sido proposta por Maxwell, mas não menciona os problemas que levaram a essa proposta.

O mesmo aluno menciona o problema da interação da luz com a matéria percebido experimentalmente por Hertz:

Mas quando Hertz observou o efeito fotoelétrico, a dúvida surgiu novamente. Em 1905 Einstein explicou esse efeito propondo uma nova teoria: a dualidade onda-córculo da luz. Ele explicou que a luz poderia se comportar como onda e partícula... (A23)

Novamente o discente faz relatos de episódios muito importantes no comportamento da luz como, por exemplo, ao citar Hertz, que surpreendentemente e curiosamente, ao fazer os experimentos que confirmavam a natureza eletromagnética da luz descobriu e registrou o efeito fotoelétrico que até então era um problema totalmente desconhecido.

Vários estudantes mencionaram problemas relativos ao embate entre os modelos Corpuscular e Ondulatório, porém, os relativos aos outros dois discutidos na disciplina (Onda Mecânica x Eletromagnética e Onda Eletromagnética X Dualidade) foram mencionados somente pelo aluno A23. Esse aluno aparece como destaque em nossas notas de campo:

Dia da aplicação do primeiro questionário de pesquisa, rapidamente em conversa com o professor supervisor na disciplina comentamos que o discente A23 é destaque

de outras disciplinas na escola e que também está apresentando um alto rendimento na disciplina eletiva em relação a outros colegas. (Nota de Campo, 08/06/2016)

Ele demonstrou compreender e perceber alguns momentos que seus colegas não compreenderam, mas que foram abordados na disciplina eletiva.

O Modelo Contemporâneo da Luz

Nessa categoria pretendemos verificar se os estudantes compreenderam o comportamento dual. Essa compreensão se torna importante no contexto da história recorrente, pois permite uma visão melhor dos erros retificados.

Muitos alunos perceberam que a luz se comporta de duas maneiras distintas em situações diferentes:

O atual modelo é o de dualidade da luz, onde alguns comportamentos demonstram que ela se propaga por meio de partículas e outros por meio de ondas. A luz é um assunto muito amplo para ser limitado em apenas uma coisa. (A1)

O atual modelo para o comportamento da luz é o dual onda-partícula, em que a luz em certos momentos se comporta como onda e em outros como partícula. (A5)

Dualidade, pois a luz a certos momentos se comporta como onda e certas vezes se comporta como partícula. (A8)

O atual modelo da luz é o da onda-partícula que consiste na teoria que hora se comporta como onda e hora como partícula. (A16)

A luz atualmente é retratada como fenômeno corpuscular e ondulatório, pois foi demonstrado que as vezes ela se comporta como onda e outras vezes como partícula. (A25)

O atual modelo para o comportamento da luz é a dualidade onda-corpúsculo, tem momento que elas são ondas e outros que são partícula. (A29)

Em todos esses relatos os alunos expressam corretamente o atual modelo do comportamento da luz, mas não mencionam em que momentos ela se comporta como onda ou partícula.

Apenas o aluno A23 faz uma distinção entre diferentes arranjos experimentais para a detecção dos dois comportamentos:

Como o experimento de Young da dupla fenda (que observa a interferência) demonstrava um comportamento ondulatório da luz e o efeito fotoelétrico (incidência de radiação eletromagnética em que um metal causando liberação de elétrons) demonstravam um comportamento corpuscular da luz, e hoje se afirma

uma dualidade nas características comportamentais da luz. Então a luz é tida como onda-partícula. (A23)

O discente cita exemplos de experimentos distintos nos quais a luz se comporta como onda e como partícula.

Em outra resposta o mesmo aluno demonstra saber as condições para a observação dos dois comportamentos, ou seja, que quando ocorre a interferência a luz se comporta como onda e já no efeito fotoelétrico se comporta como partícula:

Hoje é observado como onda e partícula, no experimento de Young (“demonstra a interferência”) ela se comporta como onda e no efeito fotoelétrico como partícula. (A23)

Porém, nem todos os alunos compreenderam o comportamento dual da luz. Houve alunos que mencionaram o modelo de partícula:

O atual modelo para o comportamento da luz é a partícula. A luz é feita de partículas. (A13)

Neste caso não sabemos se o aluno se refere ao modelo de Newton ou ao de Einstein.

Em outros parece haver uma tentativa de associar os dois comportamentos em um único:

Modelo de partículas, as ondas se formam e é dividida em partículas. (A19)

Essa tentativa reflete uma incompreensão da complementaridade.

Algumas respostas sinalizam apenas a falta de domínio de conceitos recém introduzidos:

A dualidade onde pelo efeito fotoelétrico onde aconteceu que a partícula de luz se encaixou na placa de metal que os nêutrons de desgrudou. E no eletromagnetismo a luz atravessa uma placa como onda. (A21)

O discente fez uma enorme confusão entre os conceitos de elétron e nêutron no efeito fotoelétrico e provavelmente se referia ao experimento de dupla fenda para caracterizar o conceito de onda eletromagnética.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De um modo geral podemos afirmar que os alunos demonstraram a compreensão de que os conceitos na Ciência não são definitivos, embora possam ainda permanecer algumas concepções contraditórias, como a de que uma teoria possa ser comprovada pela experiência. Esse foi o nosso principal resultado, porém, consideramos necessário investigar algumas questões epistemológicas complementares no sentido de aprofundar a noção de incompletude da Ciência enquanto construção humana, coletiva, permeada de erros, acertos e intensos debates até atualmente.

Em nossa análise dos resultados observamos que alguns pressupostos epistemológicos complementares, definidos nos nossos objetivos, foram melhor apreendidos como, por exemplo, que a Ciência é uma construção humana e se desenvolve de forma coletiva. Quanto às rupturas, os alunos perceberam que elas acontecem em meio a muitos debates, com grande resistência, mas não mencionaram que uma teoria passa a ser negada quando não consegue resolver novos problemas.

No entanto, em outra categoria foram mencionados exemplos de problemas aplicados à história da natureza da luz que desencadearam a emergência de novas teorias, principalmente no confronto entre os modelos corpuscular e o ondulatório. Já os problemas relativos aos outros confrontos discutidos na disciplina (Onda mecânica X Onda eletromagnética; Onda eletromagnética X Dualidade) foram menos mencionados, provavelmente por exigirem melhor compreensão dos conceitos envolvidos.

Sobre o modelo atual do comportamento da luz, foi possível perceber que muitos entenderam que no atual modelo a luz ora se comporta como onda e ora como partícula. Porém, não expressaram compreender que em certos experimentos a luz se comporta como onda (quando se propaga) e em outros se comporta como partícula (quando interage com a matéria).

Apesar das limitações, a inserção didática de HFC apoiada nas concepções epistemológicas de Bachelard apresenta-se como uma alternativa interessante na promoção de situações de aprendizagem para o desenvolvimento de uma das competências presentes na Base Nacional Comum Curricular, a saber: “*compreender as ciências como empreendimento humano, reconhecendo que o conhecimento científico é provisório, cultural e histórico*” (Brasil, 2017).

No entanto, assim como não podemos ignorar as potencialidades desta importante abordagem didática, também não podemos sobrevalorizá-la. A abordagem histórico-filosófica não pode ser entendida como a solução para todos os problemas da educação científica, mas sua inserção pode ser útil na desmitificação do método científico, mostrando como o pensamento científico modifica-se ao longo do tempo contribuindo assim para o melhor entendimento sobre o caráter provisório da ciência (Damásio & Peduzzi, 2017).

REFERÊNCIAS

- Bachelard, G. (1996). *A formação do espírito científico*. Rio de Janeiro: Contraponto.
- Bardin, L. (2011). *Análise de Conteúdo*. São Paulo: Edições 70.
- Bogdan, R. & Biklen, S. (1994). *Investigação Qualitativa em Educação*. Porto, Portugal: Porto Editora.
- Brasil. (2017). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC.
- Bulcão, M. (2009). *O Racionalismo da Ciência Contemporânea: introdução ao pensamento de Gaston Bachelard*. São Paulo: Ideias & Letras.
- Damásio, F. & Peduzzi, L. O. (2017). História e Filosofia da Ciência na Educação Científica: para quê? *Ensaio: pesquisa em educação em ciências*, 19. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172017190103>
- Delizoicov, D. (2005). Problemas e problematizações. Em M. Pietrocola, *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora* (pp.125-150). Florianópolis: editora da UFSC.
- El-Hani, C. N. (2006). Notas sobre o ensino de História e Filosofia da Ciência na Educação de Nível Superior. Em C. C. Silva, *Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para a aplicação no ensino*. São Paulo: Livraria da Física.
- Flick, U. (2009). *Introdução à pesquisa qualitativa* (3ª ed.). São Paulo: Artmed.
- Genovese, L. G., Vale, A. L., Santos, A. T., Andrade, D. X., Parizotto, G. M., Colherinhas, G., . . . , & Furtado, W. W. (2016). Programa institucional de bolsa de iniciação à docência : termos em reflexão a luz dos pressupostos do GGP-PIBID-Física do Instituto de Física-UFG. Em L. G. Genovese, A. G. Moraes, F. C. Bozelli, S. T. Gehlen, A. F. Miquelin, & L. H. Sasseron, *Diálogos entre as múltiplas perspectivas na pesquisa em Ensino de Física* (pp.245-397). São Paulo: LF.
- Japiassu, H. F. (1976). *Para Ler Bachelard*. Rio de Janeiro: Francisco Alves.
- Lima, M. A. & Marineli, M. (2011). A epistemologia de Gaston Bachelard: uma ruptura com as filosofias do imobilismo. *Revista de Ciências Humanas*, 45(2), 393-406.
- Lopes, A. R. (1996). Bachelard: o filósofo da desilusão. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 13(3), 248-273. doi:<https://doi.org/10.5007/%25x>
- Martins, L. A. (1998). A História da Ciência e o Ensino da Biologia. *Ciência e Ensino*, 5, 18-21.
- Martins, R. A. (2006). A história das ciências e seus usos na educação. Em C. C. Silva, *Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para a aplicação no ensino* (pp. xxi-xxxiv). São Paulo: Livraria da Física.
- Mathews, M. R. (1994). *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. New York: Routledge.
- Mathews, M. R. (1995). História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 12(3), 164-214. doi: <https://doi.org/10.5007/%25x>
- Melo, A. C. & Peduzzi, L. O. (2007). Contribuições da Epistemologia Bachelardiana no Estudo da História da Óptica. *Ciência e Educação*, 13(1), pp.99-126. doi:<http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132007000100007>

- Melo, R. & Rocha, F. L. (2014). A noção de ruptura epistemológica em Gaston Bachelard. *Revista Húmus*, 4(11), 13-20.
- Moraes, R. (1999). Análise de Conteúdo. *Revista Educação*, 22, 7-32.
- Moreira, H., & Caleffé, L. G. (2006). *Metodologia da pesquisa para o professor pesquisador*. Rio de Janeiro: DP&A Editora.
- Peduzzi, L. O. (2005). Sobre a utilização didática da História da Ciência. Em M. Pietrocola, *Ensino de Física: conteúdo, método e epistemologia em uma concepção integradora* (pp.151-170). Florianópolis: Editora da UFSC.
- Pinto, C. R., Queiroz, J. R. & Ferrari, P. C. (2014). Pátio da Ciência da Universidade Federal de Goiás: um centro de ciências? *XV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*. Maresias: SBF.
- Rocha, J. F. (2015). *Origens e Evolução das Ideias da Física*. Salvador: EDUFBA.
- Teixeira, E. S., Greca, I. M., & Freire Jr, O. (2012). Uma revisão sistemática das pesquisas publicadas no Brasil sobre o uso didático de história e filosofia da ciência no ensino de física. Em L. O. Peduzzi, A. F. Martins, & J. M. Ferreira, *Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino* (pp.9-40). Natal: EDUFRN.
- Ternes, J. (1978). *A epistemologia histórica de Gaston Bachelard: a noção de descontinuidade*. Dissertação de mestrado, PUC-RJ, Rio de Janeiro, Brasil.