

A dinâmica relação entre teoria e experimentação: discussões a partir de episódios da física

.....

Ana Paula Grimes de Souza^{1, #}
Iara Maitê Campestrini Binder²

¹Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, SC, Brasil.

²Instituto Federal de Santa Catarina, Jaraguá do Sul, SC, Brasil.

RESUMO

Neste trabalho, propomos uma discussão a respeito das distintas ligações entre teoria e experimentação, que são estudadas há séculos por estudiosos que buscam estabelecer relações entre essas atividades científicas e a essência do conhecimento. Utilizamos como referencial teórico o filósofo canadense Ian Hacking, que evidencia o papel da experimentação em diferentes momentos da história da física. Com base em dois episódios históricos, propomos que tal discussão seja inserida no contexto de sala de aula, seja na educação básica ou na formação inicial de professores, a fim de fomentar discussões epistemológicas e problematizar compreensões distorcidas acerca da natureza da ciência.

Palavras-chave: experimentação; Ian Hacking; filosofia da ciência

.....

1. Introdução

O período pandêmico que afetou a sociedade nos últimos anos foi e ainda tem se demonstrado um grande desafio. Neste contexto, originado pelo vírus causador da COVID-19, a batalha foi para além da contenção da disseminação do vírus, da produção de vacinas, do fortalecimento do sistema público de saúde e de pesquisa. Ela também se firmou contra a desinformação, o descrédito à ciência e a ideologia, a qual buscou ocupar o espaço do conhecimento.

O acesso fácil à informação na última década popularizou diversos temas que antes eram apenas de cientistas – fator positivo, pois a educação vem, há anos, buscando uma participação democrática da população nas questões que envolvem Ciência e Tecnologia (C&T) [1] – no entanto, as discussões evidenciaram uma sociedade despreparada e que ainda não consegue lidar com a enxurrada de informações científicas e tecnológicas. Saímos de uma idealização pautada na neutralidade do conhecimento científico para uma sociedade parcialmente descrente da seriedade, credibilidade e benefícios que esse campo pode proporcionar para a humanidade.

Nós, enquanto professoras da educação básica, técnica e tecnológica e da formação inicial de professores, temos buscado estudar cada vez mais a respeito de como o conhecimento científico é construído. Muitos dos comentários negacionistas que ouvimos sobre esta pandemia estavam vinculados à falta de entendimen-

to do que é ciência e de como se faz ciência. A provisoriedade do conhecimento, o reconhecimento de que seus métodos são falíveis, o ceticismo e a crítica como norma são características apreciadas por quem é da ciência e busca entender o processo de formação do conhecimento científico. Porém, quem está de fora, parece não demonstrar o mesmo apreço.

Um dos objetivos da educação científica é fazer com que professores e alunos ensinem e aprendam não somente ciência, seus resultados e produtos, mas também *sobre* ciência [2]. Faz parte do processo de ensino e aprendizagem oferecer condições para que a cultura científica seja conhecida pelos estudantes.

O entendimento de aspectos *sobre* ciência perpassa o que é denominado na literatura como natureza da ciência (NdC), ou seja, sua construção, seu estabelecimento e sua organização [3]. Existem diferentes perspectivas quando falamos em NdC, porém pesquisadores apontam que há alguns aspectos consensuais que podem

ser trabalhados com os estudantes, entre eles: a ciência é uma construção histórica, mutável e dinâmica; não existe um método científico universal; **existe uma relação dinâmica entre teoria e experimento**; a ciência é influ-

enciada pelo contexto social, cultural e político na qual ela é formada; cientistas utilizam crenças pessoais, imaginação e influências externas para fazer ciência [3,4].

Solbes e Traver [5] defendem a inserção, na educação básica, de atividades que valorizem adequadamente os

Um dos objetivos da educação científica é fazer com que professores e alunos ensinem e aprendam não somente ciência, seus resultados e produtos, mas também sobre ciência

#Autora de correspondência. E-mail: anapaulagrimes@gmail.com

processos internos do trabalho científico, como os problemas abordados, a **importância dos experimentos**, a linguagem científica, o formalismo matemático e a evolução dos conhecimentos (crises, controvérsias e mudanças internas), e os aspectos externos da ciência, como o caráter coletivo do trabalho científico e as implicações sociais da ciência.

Entendendo a necessidade da sociedade compreender cada vez mais os processos de construção e estabelecimento do conhecimento científico e buscando ampliar sua visão sobre ciência, este artigo tem por objetivo propor, a partir de episódios da história da física, uma discussão que visa problematizar processos internos do trabalho científico, em especial, **as relações entre teoria e experimentação na construção da ciência**. Escolhemos essa temática entre os aspectos relacionados à NdC supracitados pois, apesar de haver um consenso na literatura da existência de uma relação não linear entre teoria e experimentação, pesquisas indicam que predomina na educação básica uma visão unilateral, empírico-indutivista, acerca da construção da ciência [2,4,6,7]. Tal visão compreende a observação como fonte de conhecimento; a existência de um único método, no qual as teorias são obtidas a partir dos dados empíricos; e a neutralidade do conhecimento, que é livre de pressupostos [8]. Desse modo, compreendemos que há uma necessidade de ampliar essas discussões nas diversas esferas: na educação básica e na formação inicial e continuada de professores. Mesmo que de maneira singela, tendo em vista o grande desafio que é inserir nossos estudantes em uma cultura científica, compreendemos que abordar um tema como este poderá contribuir para um entendimento mais amplo acerca da construção do conhecimento científico, compreendendo este que é possível por meio de uma pluralidade metodológica [2].

Ainda nesse contexto, a história da ciência tem aparecido, na literatura, como uma estratégia pedagógica útil e promissora, vislumbrando um processo de ensino e aprendizagem de qualidade sobre aspectos epistemológicos da ciência. Alguns pesquisadores sugerem a utilização de episódios da história da ciência, bem como textos históricos (originais), que demonstrem o processo pelo qual o pesquisador passa: erros e acertos e conclusões e inconclusões, além das condições sociais, culturais e

econômicas da época [2,3,9].

Neste trabalho, propomos a utilização de dois episódios da física para trabalhar aspectos referentes à NdC, em especial a respeito das relações entre teoria e experimentação. Os dois episódios são: *Encontro Feliz: Uma evidência para a teoria do Big Bang* e *Invenção: A máquina térmica e a termodinâmica*. Utilizamos como referencial teórico o estudo do filósofo canadense Ian Hacking [10], que trouxe grandes contribuições para o campo da filosofia da ciência, inclusive sobre o “maniqueísmo” acerca da teoria e da experimentação. Sugerimos, ainda, o delinear proposto pelas autoras Carvalho e Sasseron [2], que apontam sugestões para condução de atividades em sala de aula que envolvam história e filosofia da ciência.

2. O que vem antes: teoria ou experimentação?

Filósofo canadense, professor emérito da Universidade de Toronto e da Collège de France, Ian Hacking (1936-) se destaca por sua vasta produção na área da filosofia, trazendo grandes contribuições sobretudo para a filosofia da ciência. Dentro deste campo, uma de suas obras de destaque intitula-se *Representar e Intervir: tópicos introdutórios de filosofia e ciência natural*, publicada originalmente em 1983 e que traz reflexões acerca de teorias, experimentos e realismo científico. Nesta seção, abordaremos alguns apontamentos do autor com relação à teoria e à experimentação na ciência.

Em entrevista¹ à Canadian Broadcasting Corporation (CBC) em 2007, Ian Hacking revela que, na década de 70, em parceria com Francis Everitt,² submeteu um artigo para três revistas bem conceituadas da época, e cujo título era “O que vem primeiro: teoria ou experimento?”. Porém, por três vezes, o artigo foi rejeitado. A resposta era sempre a mesma: “Quem se importa com experimentos?”.

A partir desse contexto, Hacking defende a necessidade de explorar uma filosofia da experimentação. Isso porque, para o autor, os filósofos da ciência

costumam atentar para questões relativas a teorias e representações da realidade, mas parecem pouco se importar com a realização de experimentos, invenções tecnológicas e utilização de experimentos para alterar o mundo. “A história das ciências naturais é quase sempre escrita sob a forma de uma história da teorização” [10, p. 236]. O próprio autor sugere que sua afirmação pode soar estranha, uma vez que, ao fazer referência a um cientista, muitos remetem a alguém de jaleco branco em um laboratório, ou, ainda, porque a expressão “método experimental” foi muito utilizada como sinônimo para método científico.

No entanto, Hacking se debruça sobre uma série de exemplos (citaremos alguns na sequência) para demonstrar o quanto a experimentação não foi valorizada perante a teorização ao longo da história. O autor se propõe a “iniciar um movimento de retorno à Francis Bacon” [10, p. 236] e olhar mais seriamente para a ciência experimental pois, para ele, a experimentação tem vida própria. O preconceito com os experimentos é de longa data, tão antigo quanto a própria institucionalização da

ciência ocidental, na Grécia. Os ensinamentos filosóficos e de geometria dos gregos são bem conhecidos, porém nada se sabe a respeito da metalurgia grega [10].

Robert Hooke (1635-1703), por exemplo, tem sua reputação como “mero” experimentador, na visão de Hacking, tendo seus ensaios teóricos, em sua maioria, ignorados. Hooke foi responsável, entre outras invenções, pela construção de molas espirais utilizadas em relógios de bolso (assim como teorizou as leis da elasticidade), pela construção de um telescópio de reflexão por meio do qual se constatou a existência de novas estrelas e observou que Júpiter girava em torno do seu próprio eixo. Trabalhou também na área da microscopia (deve-se a ele a origem da palavra **célula**), sugeriu a utilização do pêndulo para calcular a força gravitacional, participou do processo de descoberta da difração da luz e construiu um artefato

Entendendo a necessidade da sociedade compreender cada vez mais os processos de construção e estabelecimento do conhecimento científico e buscando ampliar sua visão sobre ciência, este artigo tem por objetivo propor, a partir de episódios da história da física, uma discussão que visa problematizar processos internos do trabalho científico, em especial, as relações entre teoria e experimentação na construção da ciência

utilizado por Robert Boyle (1627-1691) para o estudo da expansão do ar, o qual resultou na lei de Boyle. Curiosamente, Boyle se tornou mais conhecido do que Hooke, provavelmente, segundo Hacking, por ser um teórico que fazia experimentos, e não um experimentador que teorizava, como Hooke.

Um exemplo mais atual é o caso dos irmãos Fritz e Heinz London, ambos estudiosos sobre a supercondutividade. O primeiro teve trabalhos teóricos voltados à física de baixas temperaturas, enquanto o segundo desenvolveu experimentos da mesma área. Fritz teve sua biografia publicada no *Dictionary of Scientific Biography*, porém a biografia do seu irmão, Heinz, foi devolvida pelo editor (Thomas Kuhn) para ser resumida. Segundo Hacking, tal atitude demonstrou a preferência do famoso editor pelos teóricos.

A defesa de que experimento e teoria se relacionam de formas distintas em diferentes épocas do desenvolvimento científico, e que não há primazia da teoria, além de que, nem todas as ciências naturais “passaram pelos mesmos ciclos” [10, p. 241], parece óbvia na percepção de Ian Hacking. Porém, houve epistemólogos que negaram fortemente essa ideia, como Karl Popper (1902-1994):

O teórico propõe certas questões bem delimitadas ao experimentador e este, através de experimento, tenta chegar a uma resposta decisiva para essas questões, e não para outras. Todas as outras ele se empenha por excluir. [...] Seria erro, porém, supor que um experimentador procede assim “para lançar luz sobre o trabalho teórico” ou, talvez, para oferecer ao teórico base para em que apoiar generalizações indutivas. Ao contrário, o teórico deve ter, muito antes, realizado o seu trabalho, ou, pelo menos, a parte mais importante desse trabalho: deve ter formulado, tão claramente quanto possível, sua pergunta. Desse modo, é ele quem mostra o caminho ao experimentador. [...] A teoria domina o trabalho experimental, desde seu planejamento inicial até os toques finais, no laboratório. [11, p. 93]

A valorização da teoria em detrimento da experimentação está relacionada a como se enxerga a construção do conhecimento científico, sejam aspectos históricos e/ou filosóficos que envolvem a Ciência. Para elucidar tal relação, abordaremos na próxima seção alguns exemplos que demonstram as distintas relações entre teoria e experimento na Ciência.

3. Episódios da história da física: teoria versus experimentação

O que vem antes: a teoria ou o experimento? É possível realizar experimentação sem um direcionamento prévio? Para tentar responder a questões como essas, Hacking [10] apresenta uma série de exemplos ao longo da história, nos quais há diferentes relações entre teoria e experimento, buscando evidenciar a tese de que a experimentação tem vida própria.

Hacking constrói oito categorias em que são classificados episódios da história da ciência de acordo com a relação entre teoria e experimentação. São elas: “observações dignas de atenção”; o estímulo à teorização; “fenômenos sem sentidos”; “encontros felizes”; “teoria-história”, “Ampère, o teórico”; “invenção”; e “uma multidão de leis experimentais esperando por uma teoria”. Apesar da lista vasta de exemplos mencionados em seu livro, escolhemos dois deles para explorar e construir pequenos relatos que poderão ser utilizados em sala de aula. As categorias escolhidas foram *Encontros felizes*, que descreve o episódio da constatação de uma temperatura residual do Universo, e *Invenção*, que destaca o papel da tecnologia como precursor ao desenvolvimento científico no campo da termodinâmica.

O que Ian Hacking denomina de encontro feliz entre teoria e experimento diz respeito ao caso dos radioastrônomos Arno A. Penzias e Robert W. Wilson, em 1965, ao constatarem que uma pequena quantidade de energia parecia estar uniformemente distribuída no espaço e se encontrava a uma temperatura constante de 4 K. Esse resultado não parecia fazer sentido, tanto que, além de não publicarem os resultados, os cientistas tentaram eliminar qualquer tipo de interferência possível, chegando ainda a um valor mais preciso de 3 K. Simultaneamente, alguns cientistas de Princeton publicaram um artigo que propunha, de maneira qualitativa, que, se o universo tivesse sua origem no *Big Bang*, haveria uma tem-

peratura uniforme residual no espaço. Os trabalhos desses pesquisadores, dos experimentais e dos teóricos, se relacionaram de modo a corroborar com a teoria do Big Bang.

Com relação à categoria *Invenção*, é explorada a concepção equivocada da existência de uma ordem fixa para desenvolvimento do conhecimento científico e tecnológico, que começa na elaboração da teoria, passa pela experimentação e, posteriormente, são feitas aplicações práticas a partir do conhecimento construído. O autor chama a atenção para outras possibilidades, trazendo o exemplo da máquina a vapor, uma invenção prática que veio antes do desenvolvimento de uma teoria que explicasse o seu funcionamento. Os aparatos desenvolvidos por Newcomen (1709-1715), Watt (1767-1784) e Trevithick (1771-1833) foram desenvolvidos pouco antes da formulação das teorias que o explicavam.

As duas categorias, *Encontro feliz* e *Invenção*, serão apresentadas com mais detalhes através de textos³ produzidos pelas autoras, com base em alguns referenciais citados ao final de cada texto. O objetivo foi sintetizar outros trabalhos encontrados sobre o tema, no formato de um texto um pouco mais enxuto que pode ser levado para a sala de aula e trabalhado com os estudantes, tanto da educação básica quanto da formação inicial e continuada de professores. Na próxima seção, será apresentado um roteiro de aula em que os textos construídos serão usados como base, acrescidos de algumas perguntas que podem fomentar a discussão.

4. Utilizando os episódios da física em sala de aula: sugestão ao professor

Conforme já mencionamos, episódios da história da ciência têm sido defendidos como um poderoso artifício na discussão de aspectos da NdC em sala de aula. Nesse contexto, nos inspiramos na proposta das autoras Carvalho e Sasseron [2], que apresentam uma estratégia didática dividida em três etapas.

1ª etapa: Distribuição dos textos entre os estudantes que relatam os dois episódios da física. Cada um ficará responsável pela leitura individual de ambos os episódios. Esse momento poderá ser feito durante o horário de aula ou como trabalho para casa. Ao final de cada texto, propomos algumas questões motivadoras a fim de fomentar e orientar as futuras discussões. O professor

poderá adicionar outras questões ou reformular as sugeridas a fim de enriquecer o debate.

Para o episódio “*Encontro feliz: uma evidência para a teoria do Big Bang*”, recomendamos questões que evidenciem a importância do “casamento” entre a experimentação, por meio dos dados obtidos através do telescópio, com a previsão teórica, desenvolvida pelos cientistas da Princeton, como: 1) A quais conclusões chegaram os cientistas Penzias e Wilson por meio de dados obtidos pelo telescópio? 2) Por que as evidências identificadas pelos cientistas não foram prontamente publicadas? 3) A partir de que momento Penzias e Wilson se asseguraram de que os dados obtidos não eram devido às interferências/aos ruídos indesejáveis no equipamento? 4) Apenas a observação de Penzias e Wilson foi suficiente para reforçar a teoria do *Big Bang*? Justifique sua resposta.

Para o episódio “*Invenção: A máquina térmica e a termodinâmica*”, as questões recomendadas evidenciam a relação entre o desenvolvimento de aparatos tecnológicos e a construção de uma teoria que explique o funcionamento deles, evidenciando que a construção de tais aparatos ocorreu num contexto histórico, social, econômico e político. As questões sugeridas são: 1) No episódio histórico sobre a evolução dos conceitos da termodinâmica, qual é o papel dos inventores?; 2) Qual é a abrangência dos conhecimentos empregados pelos inventores? Qual é a necessidade do emprego dos conhecimentos científicos e qual é o papel dos cientistas?; 3) As relações entre teoria, experimentação e desenvolvimento tecnológico que aconteceram nesse episódio da física são as mesmas de outras “descobertas científicas”?

Nesta etapa, que é individual, o professor pode sugerir que os estudantes respondam por escrito as questões, possibilitando que eles construam seus próprios argumentos acerca do tema.

2ª etapa: Os estudantes devem ser divididos em pequenos grupos (4-5 membros). Esse momento será de interação e de troca entre pares, a fim de que cada um consiga expor suas impressões sobre os textos e suas respostas para as questões motivadoras. Segundo Carvalho e Sasseron [2], este momento pode propiciar o desenvolvimento de uma importante habilidade científica: a argumentação com base na leitura de textos teóricos.

Entendendo a aprendizagem como

uma interação social, compreendemos que é de suma importância proporcionar aos estudantes um momento de discussão com seus pares. Segundo Cohen e Lotan [12], dividi-los em grupos favorece aspectos como a aprendizagem conceitual, o desenvolvimento da linguagem e o desenvolvimento de habilidades sociais.

Para esta situação, o professor poderá propor aos estudantes que cheguem a algumas conclusões sobre as questões propostas ao final de cada texto. O docente também pode solicitar uma nova elaboração das respostas de forma escrita, dessa vez de forma coletiva.

3ª etapa: Os estudantes podem ser organizados num grande grupo, visando a uma interação professor-estudantes. Nesse momento, eles podem compartilhar as conclusões obtidas nos pequenos grupos, bem como pode ser oportunizado um momento de fala aos estudantes que não se sentiram representados pelas conclusões do seu grupo. É importante que, neste momento, o professor procure sistematizar as ideias dos discentes e transformar a linguagem cotidiana em linguagem científica, bem como ressaltar os aspectos interessantes à ciência, em especial, as diferentes relações entre teoria e experimentação. Nesta etapa, é essencial que cada grupo exponha suas considerações acerca dos questionamentos que serviram como orientação das discussões da etapa 2. Para isso, os grupos devem organizar suas falas e estruturar suas ideias para que os demais estudantes compreendam a argumentação construída para o entendimento de cada episódio histórico.

Com base na perspectiva do filósofo Ian Hacking, propomos a seguir algumas reflexões que podem ser evidenciadas junto aos estudantes nesta etapa de síntese. Como já mencionado neste artigo, a visão empírico-indutivista tem sido predominante nas aulas de ciências, em que o conhecimento científico é resultado de uma generalização indutiva obtida por meio da observação e da experimentação neutra [4,13]. No entanto, diferentemente desta visão, há episódios nos quais os trabalhos experimentais são gerados exclusivamente da teorização; em outros casos, as teorias acabam morrendo por falta de contato com o mundo real, assim como alguns experimentos ficam esquecidos por falta de teoria. Não há um único caminho!

Como defendido, Hacking [10] traz uma série de exemplos nos quais teoria

e experimentação se relacionaram de formas distintas. Para além dos exemplos estudados neste artigo e que resultaram na construção de dois textos básicos para serem utilizados em aula, o autor cita o exemplo de Grimaldi (1613-1663) e Hooke, os quais observaram que havia alguma luz na sombra de um corpo opaco. Depois de algumas análises, constataram faixas nas bordas da sombra, com espaços regulares entre elas, e este fenômeno ficou conhecido como difração. Após algumas contribuições de Newton (1643-1727) para o mesmo fenômeno, evidenciou-se que ocorria também um processo de interferência, e esse padrão de franjas concêntricas circulares claras e escuras ficou conhecido como anéis de Newton. Tais constatações ocorreram através de observações minuciosas, curiosas e reflexivas, por pessoas que estavam tentando formular alguma teoria, apesar de a primeira explicação teórica e quantitativa ter surgido somente em 1802, com Thomas Young (1773-1829). Para este episódio, Hacking [10] ressalta que não está chamando Grimaldi, Hooke e Newton de empiristas irracionais, os quais não possuíam ideias prévias, mas sim que apenas não tinham uma teorização prévia.

Outro exemplo citado por Hacking [10] é o caso do efeito fotoelétrico. Becquerel, em 1839, tinha uma pequena célula eletrolítica que, ao ser submetida a uma determinada radiação, tinha sua diferença de potencial elétrica modificada. Em 1873, foi observado por outro cientista que a resistência do selênio era alterada quando ele era exposto à iluminação. No entanto, somente Einstein (1879-1955) e sua teoria sobre fótons conseguiram explicar esse fenômeno. A partir dessa teorização, foram possíveis inúmeras aplicações posteriores.

O exemplo “*Encontro Feliz: uma evidência para a teoria do Big Bang*” explorado neste artigo, é para Hacking o resultado de um estranho experimento que se converteu em fatos que, por sua vez, acabaram envolvidos com teorias a respeito de um assunto completamente diferente (o *Big Bang*). O trabalho experimental de Penzias e Wilson, que rendeu o Prêmio Nobel aos cientistas, encontrou “maravilhosamente com o que, de outra forma, seria apenas mera especulação” [10, p. 247].

No episódio apresentado em “*Invenção: a máquina térmica e a termodinâmica*”, Hacking diz que nem sempre o caminho para a construção do conhe-

cimento científico é a elaboração de uma teoria, a experimentação para a testagem desta teoria ou uma aplicação daquela teoria na vida cotidiana das pessoas. O período marcado pelas invenções das máquinas térmicas e pela evolução dos conceitos da termodinâmica estão imbricados pelo contexto social, econômico e político da época. Segundo Hacking, a termodinâmica é a ciência que “nasceu da análise profunda de uma sequência de invenções... [onde] os experimentos eram os testes imaginativos necessários ao desenvolvimento da tecnologia que estava no centro da Revolução Industrial” [10, p. 252]. Neste episódio histórico, é evidente que bombas d’água, por exemplo, foram inventadas a fim de atender a uma necessidade social e econômica. Com os desafios das patentes e visando à produtividade com baixo custo e risco, os conhecimentos práticos dos inventores não atendiam mais às necessidades de aperfeiçoamento das máquinas térmicas. Com isso, as máquinas térmicas adentraram as universidades, onde os conhecimentos científicos estavam associados à solução dos problemas técnicos.

Apesar de não ser um exemplo trazido por Ian Hacking, gostaríamos de mencionar um tópico mais atual em Ciência e Tecnologia que mostra a dinâmica relação entre a teoria e a experimentação, ora sendo a teoria base para a experimentação, ora sendo a experimentação a base para a elaboração de teorias. No contexto da física de partículas, tem-se,

Trazer a experimentação à luz de conceitos filosóficos mais atuais pode permitir o reconhecimento das práticas experimentais como parte importante e constituinte da ciência, sua função independente da teoria ou em parceria com ela. Assim como compreender os diferentes papéis da experimentação na construção do conhecimento e no entendimento da natureza, pode impulsionar um ensino sobre, em e pela ciência

por um lado, postulados construídos para explicar resultados experimentais, e, por outro, são construídos experimentos para detectar partículas previstas teoricamente [14]. Neste caso, máquinas são construídas – aceleradores ou colisores – para detectar experimentalmente as partículas previstas na teoria. O gráviton é um exemplo atual amplamente discutido no contexto da teoria do Modelo Padrão.

Nesses exemplos supracitados, percebe-se que não há um único caminho para o desenvolvimento do conhecimento científico. A experimentação e a teoria estão presentes em todos os episódios, sem haver uma sequência linear rígida para que cada uma dessas atividades apareça no desenvolvimento de um novo constructo.

5. Considerações Finais

A partir dos estudos realizados, compreendemos que a falta de discussões profundas acerca dos aspectos históricos, sociais, culturais e epistemológicos da experimentação não é algo que faz parte apenas do campo da filosofia. O campo do ensino de ciências também compartilha de forma muito incipiente dessa relevante compreensão acerca da experimentação [15]. A visão equivocada da ciência, a qual negligencia os distintos papéis dos experimentos, ainda perpetua em aulas de ciências e até mesmo em materiais didáticos [16].

Uma pesquisa que analisa teses e dissertações defendidas cuja temática é a experimentação no ensino de física

aponta que apenas 4% das pesquisas analisadas articulam experimentação com a história e a filosofia da ciência [17]. Nesse contexto, entendemos a importância de propostas didáticas que instrumentalizem professores de ciências a fomentar em suas aulas uma visão menos ingênua acerca da metodologia científica, destacando uma pluralidade metodológica no fazer científico.

Finalizamos este trabalho ressaltando a importância de pesquisas e reflexões a respeito da natureza da ciência tanto na formação de cientistas e professores de ciências quanto na formação de estudantes da educação básica. Uma prática tão amplamente defendida no ensino de ciências, como a experimentação, ainda carece de compreensões filosóficas por parte dos professores. Por isso, trazer a experimentação à luz de conceitos filosóficos mais atuais pode permitir o reconhecimento das práticas experimentais como parte importante e constituinte da ciência, sua função independente da teoria ou em parceria com ela [16]. Assim como compreender os diferentes papéis da experimentação na construção do conhecimento e no entendimento da natureza, pode impulsionar um ensino sobre, em e pela ciência [18].

Compreendemos também que esse tipo de atividade representa apenas algumas gotas em um oceano de desafios enfrentados na busca pela alfabetização científica e tecnológica dos nossos estudantes. “Assim como uma única andorinha não faz verão, não será possível promover a enculturação científica dos estudantes, ajudando-os a compreender de que modo se organiza essa cultura tão diferente da cotidiana, apenas com atividades de história e filosofia da ciência” [2, p. 113].

Recebido em: 27 de Agosto de 2021

Aceito em: 21 de Março de 2022

Notas

¹A entrevista pode ser ouvida e/ou lida em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-71822009000300021&lng=en&nrn=iso.

²Físico inglês, radicado nos Estados Unidos, com trabalhos voltados para a investigação experimental da relatividade geral.

³Por limitações editoriais, os dois textos produzidos pelas autoras, intitulados Episódio 1 - Encontro Feliz: uma evidência para a teoria da *Big Bang* e Episódio 2 - Invenção: A máquina térmica e a termodinâmica, estão disponíveis no link: https://www.researchgate.net/publication/359706702_Episodios-Complemento_ao_artigo_A_DINAMICA_RELACAO_ENTRE_TEORIA_E_EXPERIMENTACAO_DISCUSSOES_A_PARTIR_DE_EPISODIOS_DA_FISICA.

Referências

- [1] D. Auler, D. Delizoicov, *Revista Ensaio: Pesquisa em Educação e Ciências* **3**, 122 (2001).
- [2] A.M.P. de Carvalho, L.H. Sasseron, in: *Ensino de Física*, organizado por A.M.P. de Carvalho (Cengage Learning, São Paulo, 2010), p. 107.
- [3] B.A. Moura, *Revista Brasileira de História da Ciência* **7**, 32 (2014).
- [4] D. Gil-Pérez, I.F. Montoro, J.C. Alís, A. Cachapuz, J. Praia, *Ciência & Educação* **7**, 125 (2001).
- [5] J. Solbes, M. Traver, *Enseñanza de las Ciencias* **19**, 151 (2001).
- [6] D. Hodson, *Educational Philosophy and Theory* **20**, 53 (1988).
- [7] E.A.C. Pires, K.R.R. Saucedo, V. Malacarne, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* **16**, 215 (2017).
- [8] F.L. Silveira, *Caderno Catarinense de Ensino de Física* **13**, 219 (1996).
- [9] T.C.M. Forato, *A Natureza da Ciência Como Saber Escolar: Um Estudo de Caso a Partir da História da Luz*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 2009.
- [10] I. Hacking, *Representar e Intervir: Tópicos Introdutórios de Filosofia e Ciência Natural* (EdUERJ, Rio de Janeiro, 2012).
- [11] K. Popper, *A Lógica da Pesquisa Científica* (Cultrix, São Paulo, 2013).
- [12] E.G. Cohen, R.A. Lotan, *Planejando o Trabalho em Grupo* (Penso, Porto Alegre, 2017).
- [13] E.S. Teixeira, O. Freire Jr, C.N. El-Hani, *Ciência & Educação* **15**, 529 (2009).
- [14] M.A. Moreira, *Física das Partículas: Uma Abordagem Conceitual e Epistemológica* (Livraria da Física, São Paulo, 2011).
- [15] A.C. Raicik, L.O.Q. Peduzzi, *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* **16**, 109 (2016).
- [16] A.C. Raicik, L.O.Q. Peduzzi, J.A.P. Angotti, *Investigações em Ensino de Ciências* **23**, 111 (2018).
- [17] L.S. Campos, M.S.T. de Araújo, L.H. Amaral, *Revista de Produção Discente em Educação Matemática* **3**, 50 (2014).
- [18] T.C. Forato, M. Pietrocola, R.A. Martins, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **28**, 27 (2011).