

Contribuições da epistemologia de Gaston Bachelard para o ensino de Física: uma revisão sistemática

LARISSA ESSER¹

RENATA SCHNEIDER²

KARISTON PEREIRA³

Resumo

O presente estudo permitiu traçar um recorte da atual produção científica sobre a epistemologia de Gaston Bachelard e suas contribuições para o ensino de Física no Brasil. Para isso, foi realizada uma revisão sistemática em dois periódicos da área: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF) e Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), no período de 2015 a 2020. Como ambos são realizados pela Sociedade Brasileira de Física de forma intercalada e com periodicidade de dois anos, portanto as buscas envolveram os anais do SNEF de 2015, 2017 e 2019, e os anais do EPEF de 2016, 2018 e 2020. Os resultados revelam que, ao longo desse período, foram produzidos cinco trabalhos que versam sobre a epistemologia de Bachelard, os obstáculos epistemológicos e o perfil epistemológico. A quantidade de produções acadêmicas dentro dessa perspectiva é baixa, evidenciando a necessidade da inserção e valorização das discussões acerca da história e filosofia da ciência no ensino de Física, o que pode contribuir para a superação de diversos obstáculos e a melhoria da qualidade do processo de ensino e aprendizagem.

Palavras-chave: Ensino de física. Revisão sistemática. Epistemologia de Bachelard. Obstáculos epistemológicos. Perfil epistemológico.

Contributions of Gaston Bachelard's epistemology to teaching Physics: a systematic review

Abstract

The present study allowed us to outline the current scientific production on the Epistemology of Gaston Bachelard and his contributions to the Teaching of

Physics in Brazil. For this, a systematic review was carried out in two journals in the area: Research Meeting in Physics Teaching (EPEF) and National Symposium on Physics Teaching (SNEF), in the period from 2015 to 2020. Both were carried out by the Brazilian Physics Society on a two-year basis, therefore, the searches involved the SNEF annals of 2015, 2017 and 2019, and the EPEF annals of 2016, 2018 and 2020. The results reveal that, during this period, five works were produced that deal with Bachelard's Epistemology, the epistemological obstacles and the epistemological profile. The number of academic productions within this perspective is low, showing the need for the insertion and valorization of discussions about the History and Philosophy of Science in Teaching Physics, which can contribute to overcome several obstacles and to improving the quality of the process teaching-learning.

Keywords: Physics teaching. Systematic review. Bachelard's epistemology. Epistemological obstacles. Epistemological profile.

Contribuciones de la epistemología de Gaston Bachelard a la enseñanza de la Física: una revisión sistemática

Resumen

El presente estudio permitió esbozar la producción científica actual sobre la Epistemología de Gaston Bachelard y sus contribuciones a la Enseñanza de la Física en Brasil. Para ello, se realizó una revisión sistemática em dos revistas del área: Encuentro de Investigación en Enseñanza de la Física (EPEF) y Simposio Nacional de Enseñanza de la Física (SNEF), en el período de 2015 a 2020. Ambas realizadas por la Sociedad Brasileña de Física de forma intercalada y con una periodicidad de dos años, por tanto, las búsquedas involucraron los anales SNEF de 2015, 2017 y 2019, y los anales EPEF de 2016, 2018 y 2020. Los resultados revelan que, durante este período, se produjeron 5 trabajos que abordan la epistemología de Bachelard, los obstáculos epistemológicos y el perfil epistemológico. El número de producciones académicas dentro de esta perspectiva es bajo, evidenciando la necesidad de la inserción y valoración de discusiones sobre Historia y Filosofía de la Ciencia en la Enseñanza de la Física, que puedan contribuir a superar varios obstáculos y mejorar la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje. Palabras clave: Enseñanza de la física. Revisión sistemática. Epistemología de Bachelard. Obstáculos epistemológicos. Perfil epistemológico.

Introdução

Em geral, existe um distanciamento entre o processo pelo qual ocorre o desenvolvimento da ciência e a forma como ela é apresentada nas ins-

tuições de ensino. Em especial, o ensino de Física prioriza o produto final da ciência, o que acaba resultando em uma visão simplista e equivocada sobre a natureza da construção do conhecimento científico. Essa falta de harmonia entre os aspectos epistemológicos e pedagógicos contribui para a permanência da ideia de neutralidade científica, da imagem do cientista como um gênio, da isenção de erros e da crença em uma história da ciência linear, sem rupturas e descontinuidades (MELO; PEDUZZI, 2007).

Os questionamentos acerca das características e funções do saber científico caminharam para um campo particular de estudo da Filosofia, a epistemologia, que trata de maneira crítica a metodologia científica e busca uma explicação consciente e sistemática do método e suas condições de validade (MONDIN, 2004). Em outras palavras, o objeto de estudo da epistemologia é o conhecimento científico. Japiassú e Marcondes (2008, p. 88) definem a epistemologia – do grego *episteme*, que significa ciência, e *logos*, que significa teoria – como:

Disciplina que toma as ciências como objeto de investigação tentando reagrupar: a) a crítica do conhecimento científico (exame dos princípios, das hipóteses e das conclusões das diferentes ciências, tendo em vista determinar seu alcance e seu valor objetivo); b) filosofia das ciências (empirismo, racionalismo, etc.); c) a história das ciências.

Nesse contexto, Pérez *et al.* (2001) apresentam sete visões deformadas do trabalho científico presentes na concepção de professores de ciências, as quais acabam repercutindo na formação e estruturação do pensamento do aluno: 1) visão empírico-dedutiva e atórica, que pressupõe a observação neutra e objetiva como gênese do conhecimento; 2) visão rígida, isto é, algorítmica, exata e infalível; 3) visão a-histórica e aproblemática, em que a ciência nasce desarticulada de um problema e possui um caráter imutável, dogmático; 4) visão exclusivamente analítica, que destaca a perspectiva fragmentada do conhecimento; 5) visão acumulativa e linear, que enfatiza a construção do conhecimento científico como contínua, desconsiderando suas rupturas ao longo da história; 6) visão individualista e elitista, que concebe o conhecimento científico como fruto de mentes brilhantes; e 7) visão socialmente neutra, que interpreta a ciência como uma instância isolada e desarticulada da realidade sócio-histórico-cultural.

Uma forma de superar essas concepções inadequadas sobre o conhecimento científico está na inserção do estudo da epistemologia em cur-

mentos de formação de professores. O tratamento histórico de temas relacionados à Física permite demonstrar que certos conceitos, que hoje parecem indiscutíveis, já foram controversos em algum momento e evidenciam o caráter dinâmico da ciência. Corroborando esse pensamento, Massoni e Moreira (2014, p. 613) afirmam que:

[...] aqueles docentes que detêm concepções mais atuais, mais flexíveis sobre a natureza da ciência, possivelmente transformadas por influência de disciplinas de Epistemologia, ou similares, em seus históricos acadêmicos, adotam consciente e, às vezes, inconscientemente, estratégias didáticas diferenciadas com a mesma abertura de espírito, flexibilidade e predisposição para o desconhecido como concebem o processo da ciência em si.

No ensino de Física, em particular o estudo da epistemologia de Bachelard pode trazer contribuições significativas, pois concebe a construção do conhecimento científico na perspectiva de rupturas e descontinuidades e entende o erro como algo positivo, inerente ao ato de conhecer (BACHELARD, 1996). As revoluções científicas do final do século XIX e início do século XX, tais como a teoria da relatividade de Einstein e o surgimento da mecânica quântica, provocaram uma grande mudança na maneira como o mundo é visto e interpretado e originaram novas questões à epistemologia. Foi em meio a essas transformações do pensamento científico que Bachelard formulou suas principais proposições.

Diante do exposto, o presente trabalho objetiva realizar uma revisão sistemática de produções acadêmicas que tratam da epistemologia de Gaston Bachelard e suas contribuições para o ensino de Física, publicadas nos últimos cinco anos (2015 a 2020) em anais de dois eventos da área: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF) e Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF).

A epistemologia de Bachelard

Segundo Bachelard (1996), a evolução/maturação científica passou por três períodos distintos. O primeiro, chamado pré-científico, corresponde à Antiguidade Clássica, perpassando todo o Renascimento e se estendendo até o século XVIII. O segundo, que corresponde ao período científico, foi do século XVIII até o início do século XX. E o terceiro

período, denominado novo espírito científico, tem início com a descoberta dos *quanta* de energia por Max Planck e a proposição da teoria da relatividade por Albert Einstein, modificando, assim, conceitos fundamentais da Física, antes tidos como absolutos. Dessa forma, percebe-se que, ao longo da vida, Bachelard se dedicou a estudar o progresso científico.

A epistemologia de Bachelard pode ser entendida como um contraponto ao positivismo, que considera a ciência, tanto em seu método quanto em seu conteúdo, como constituindo a própria verdade (JAPIASSÚ, 1986). Para o autor, a epistemologia deve retratar o pluralismo de ideias inerentes ao conhecimento científico, construídas ao longo da história da ciência, e qualquer limite absoluto deve ser encarado como um problema mal formulado, que precisa ser repensado. Nas palavras de Bachelard (2006, p. 23):

Terá o conceito de limite do conhecimento científico um limite absoluto? Será mesmo possível traçar as fronteiras do pensamento científico? Estaremos nós verdadeiramente encerrados num domínio objectivamente fechado? Seremos escravos de uma razão imutável? Será o espírito uma espécie de instrumento orgânico, invariável como a mão, limitado como a vista? Estará ele ao menos sujeito a uma evolução regular em ligação com uma evolução orgânica? Eis muitas perguntas, múltiplas e conexas, que põem em jogo toda uma filosofia e que devem dar um interesse primordial aos estudos dos progressos do pensamento científico.

Bachelard (2006) considera que o progresso da ciência deve estar voltado primeiramente a uma crítica à concepção unitária dela, que apresenta muito mais descontinuidades e rupturas do que propriamente uma continuidade. A contínua retificação dos conhecimentos anteriores (sucessivas rupturas) é a chave do progresso científico. Essa dinâmica de descontinuidade, ruptura e erro forma a estrutura necessária para a superação dos obstáculos epistemológicos, tratados a seguir.

Obstáculos epistemológicos

A concepção de Bachelard (1996) sobre o desenvolvimento do pensamento científico está fundamentada na superação de obstáculos. A introdução da noção de obstáculo epistemológico foi publicada pelo autor em seu livro “A formação do espírito científico” e contribuiu para o desenvolvimento de uma relação entre a epistemologia e a didática. O obstá-

culo epistemológico é constituinte do pensamento científico e designa um conjunto de crenças (populares, filosóficas, científicas etc.) que bloqueiam o caminho do saber:

E não se trata de considerar obstáculos externos, como a complexidade e a fugacidade dos fenômenos, nem de incriminar a fragilidade dos sentidos e do espírito humano: é no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, lentidões e conflitos. (BACHELARD, 1996, p. 17).

Neste sentido, Bachelard (1996) apresenta os seguintes obstáculos epistemológicos do conhecimento científico: experiência primeira; conhecimento geral; verbal; conhecimento unitário e pragmático; substancialista; realista; animista; mito da digestão; libido e conhecimento objetivo; e conhecimento quantitativo. A seguir, são apresentadas as principais características de cada um desses obstáculos.

O primeiro obstáculo, a experiência primeira, supervaloriza o objeto e a experiência. Seria um empirismo que coloca os fatos antes da razão, impedindo a reflexão no ato de experimentar:

Não se pode basear nada na opinião: antes de tudo, é preciso destruí-la. Ela é o primeiro obstáculo a ser superado [...] O espírito científico proíbe que tenhamos uma opinião sobre questões que não compreendemos, sobre questões que não sabemos formular com clareza. (BACHELARD, 1996, p. 18).

A generalidade, ou conhecimento geral, é apresentada por Bachelard (1996) como o segundo obstáculo epistemológico. Repetidas experiências mal interpretadas caminham para conclusões gerais, em que tudo é compreendido, explicado e generalizado: “o conhecimento que não é apresentado junto com as condições de sua determinação precisa não é conhecimento científico” (BACHELARD, 1996, p. 90), ou seja, o conhecimento geral é quase que, inevitavelmente, um conhecimento vago.

No obstáculo verbal, uma única imagem, ou até mesmo uma única palavra, constitui toda uma explicação. São criadas analogias e metáforas por meio de uma imagem generalizada para definir fenômenos diversos: “tratar-se-á de uma explicação verbal com referência a um substantivo carregado de adjetivos, substituto de uma substância com ricos poderes” (BACHELARD, 1996, p. 91).

No obstáculo do conhecimento unitário e pragmático, a necessidade de generalização extrema leva o homem a não estabelecer limites para o que é útil. “Em todos os fenômenos, procura-se a utilidade humana, não só pela vantagem que pode oferecer, mas como princípio de explicação. Encontrar uma utilidade é encontrar uma razão” (BACHELARD, 1996, p. 114-115). Assim, tudo tem serventia, e o verdadeiro deve ser sempre acompanhado do útil, ter uma função.

A atribuição de qualidades diversas e até opostas a uma mesma substância caracteriza o obstáculo substancialista. Não há um percurso teórico; os elementos descritivos de um fenômeno são ligados à respectiva substância sem nenhum esforço de hierarquia ou determinação precisa e detalhada das relações com outros objetos.

O obstáculo realista apresenta a descrição do real, e as discussões ficam apenas na descrição das observações empíricas, utilizando-se de imagens e analogias de conceitos concretos para externar algo abstrato. Esse obstáculo é uma barreira do senso comum, pois propõe a investigação científica dentro do concreto, sem evoluir para o abstrato. De acordo com Bachelard (1996, p. 163):

O realismo pode, com razão, ser considerado a única filosofia inata, o que não nos parece vantagem. Para aquiri-lo é preciso ultrapassar o plano intelectual e compreender que a substância de um objeto é aceita como um bem pessoal. Apossa-se dela espiritualmente como se toma posse de uma vantagem evidente. Siga a argumentação de um realista; imediatamente ele está em vantagem sobre o adversário porque tem, acha ele, o real do seu lado, porque possui a riqueza do real, ao passo que seu adversário, filho pródigo do espírito, persegue sonhos vãos.

O obstáculo animista faz referência ao ato de utilizar características biológicas para analogias e explicações de determinados fenômenos. Nas palavras de Santos (1998, p. 143): “o obstáculo animista traduz-se numa tendência para, de um modo ingênuo, animar, atribuir vida e, muitas vezes, propriedades antropomórficas a objetos inanimados”.

Outro obstáculo epistemológico é o mito da digestão, o processo responsável pela origem do mais forte realismo, da mais abrupta avareza, da necessidade de algo palpável. Bachelard (1996) destaca que a digestão corresponde a uma evidente tomada de posse, sendo que essa posse é objeto de todo um sistema de valorização: “O alimento sólido e consistente

é mais prezado. O beber não é nada diante do comer. Se a inteligência se desenvolve ao seguir a mão que apalpa um sólido, o inconsciente se arraiga ao mastigar” (BACHELARD, 1996, p. 210). Essa “interiorização” é um fator importante para a aprendizagem, entretanto é preciso cuidado para não criar uma falsa ideia de internalização do real.

A influência da libido no conhecimento objetivo pode ser observada sob modalidades metafóricas, evidenciando, primeiramente, a relação do sujeito com o outro e, em segundo plano, a relação entre o sujeito e o objeto em que se observa o fenômeno. No estudo do ensino da química, Bachelard (1996) constatou que na reação do ácido com a base quase todos os alunos atribuíam o papel ativo ao ácido (masculino) e o papel passivo à base (feminino). Variações contrárias do tipo bom e mau, puro e impuro, suave e podre também são tomadas como sintomáticas por causa dessa relação sexuada dos fenômenos científicos. Nesses casos, a psicanálise deve analisar o inconsciente e determinar os sentimentos e a vontade de poder que a libido exerce sobre o espírito.

O último obstáculo é o do conhecimento quantitativo, marcado pela precisão exagerada gerada por resultados exatos, ou seja, a matematização acaba interferindo no raciocínio lógico dos problemas. Muitos cientistas acabam descrevendo mais o seu método de medir do que o objeto de sua mensuração, crendo mais no realismo da medida que na realidade do objeto. Nesse sentido, Bachelard (1996, p. 259) afirma que:

O conhecimento objetivo precisa ser psicanalisado [...] seria, aliás, engano pensar que o conhecimento quantitativo escapa, em princípio, aos perigos do conhecimento qualitativo. A grandeza não é automaticamente objetiva, e basta dar as costas aos objetos usuais para que se admitam as determinações geométricas mais esquisitas, as determinações quantitativas mais fantasiosas.

Embora existam diferentes tipos de obstáculos epistemológicos, frequentemente mais de um obstáculo se faz presente na mesma teoria, interferindo no processo de construção e de desenvolvimento do pensamento científico.

Perfil epistemológico

Outro conceito importante na epistemologia de Bachelard é o de perfil epistemológico. A noção de perfil epistemológico está atrelada a

uma ferramenta que marca as rupturas históricas na elaboração dos conceitos científicos e vislumbra os obstáculos que a ciência teve que superar até chegar às teorias atuais. De acordo com Bachelard (1991), as doutrinas filosóficas que compõem o perfil epistemológico são:

- Realismo ingênuo: contempla o senso comum, em que as explicações para a natureza e seus fenômenos partem do real e do que se observa, sem qualquer reflexão.
- Empirismo claro e positivista: está centrado no princípio da verificação, isto é, valoriza a realização de experiências e medidas. Fornece uma determinação objetiva, porém limitada, do objeto de estudo.
- Racionalismo clássico: a construção do conceito se dá por meio de alguma teoria consolidada. A experiência é complementada com o uso da razão.
- Racionalismo complexo: é compreendido pelo aumento do grau de abstração e complexidade. Os conceitos da física moderna e contemporânea, como os *quanta* de energia, enquadram-se nesta doutrina.
- Racionalismo dialético: é o racionalismo com base na probabilidade, em que o pensamento vai além do racional. São os casos da mecânica quântica de Paul Dirac (1902-1984) e da proposição da massa negativa.

Bôas e Souza Filho (2018) afirmam que o perfil epistemológico consiste em um espectro das filosofias que embasam o conhecimento, sendo que cada visão sobre determinado conceito é carregada da visão filosófica que o norteia. O perfil epistemológico se refere a um conceito e é individual, ou seja, cada pessoa pode possuir um perfil diferente para um mesmo conceito, influenciada pelas experiências vividas, contexto e/ou crenças.

Metodologia

A pesquisa feita para elaboração deste trabalho apresenta um caráter predominantemente qualitativo e caracteriza-se como uma revisão bibliográfica sistemática. Esse tipo de investigação consiste em uma metodologia rigorosa, proposta para: identificar/reunir os estudos sobre determinado tema, aplicando métodos explícitos e sistematizados de busca; avaliar a qualidade, a validade e a aplicabilidade desses estudos (GOMES; CAMINHA, 2014).

Dentro dessa perspectiva, o presente estudo permitiu traçar um recorte da atual produção científica sobre a epistemologia de Gaston Bachelard e o ensino da Física no Brasil. Considerando os pressupostos de uma revisão sistemática qualitativa e de acordo com o percurso metodológico definido por Creswell (2010), a pesquisa foi dividida nas seguintes etapas: I) delimitação das palavras-chave; II) levantamento dos trabalhos; III) análise e seleção dos trabalhos mais relevantes; e IV) elaboração de sínteses com as ideias centrais dos artigos selecionados.

A revisão sistemática foi realizada por meio do uso das palavras-chave “Epistemologia”, “Bachelard” e “obstáculos epistemológicos”, nos últimos cinco anos em anais de dois eventos: EPEF e SNEF. Ambos são realizados pela Sociedade Brasileira de Física (SBF) de forma intercalada e com periodicidade de dois anos, portanto as buscas envolveram os anais do SNEF de 2015, 2017 e 2019, e os anais do EPEF de 2016, 2018 e 2020.

Cabe destacar ainda que essa proposta não teve a pretensão de realizar um exame minucioso, mas sim investigar as contribuições, a forma e a frequência com que trabalhos relacionando a epistemologia de Bachelard ao ensino de Física têm sido publicados nos periódicos da área.

Resultados e discussões

Durante a revisão sistemática, foi encontrado um total de 19 trabalhos. Entretanto, a partir da leitura dos resumos, foram considerados relevantes para os fins deste estudo apenas aqueles que citam as obras de Bachelard no embasamento das discussões e/ou pesquisas realizadas no ensino de Física. No Quadro, são listados o título, os autores, o ano e o local de publicação dos cinco trabalhos selecionados.

O trabalho de Milnitsky, Machado e Gurgel (2015) apresenta uma proposta didática com o objetivo de permitir que os alunos compreendam aspectos referentes à natureza da ciência e à construção do conhecimento científico no debate geocentrismo *versus* heliocentrismo. Nessa proposta, a epistemologia de Bachelard é empregada como uma perspectiva dialógica, explorando o caráter dialético do conhecimento científico e compreendendo-o como um processo. Com uma sequência de 36 aulas e a produção de um livro de diálogos pelos alunos, foi possível conceber o conflito epistemológico entre essas duas visões de mundo.

Quadro – Trabalhos acadêmicos pesquisados.

Título	Autor (es)	Ano	Evento
Quem está no Centro? Um confronto epistemológico entre as visões de mundo geocêntrica e heliocêntrica	Renan Milnitsky, Yuri Machado e Ivã Gurgel	2015	SNEF
Concepções de futuros docentes acerca da natureza da luz: uma análise segundo a Epistemologia de Gaston Bachelard	Donizete Aparecido Buscatti Junior, Moacir Pereira de Souza Filho e Allan Victor Ribeiro	2016	EPEF
A experimentação na formação das competências e habilidades no processo de ensino-aprendizagem de Física em alunos do 9º ano de uma escola da rede pública de Manaus	Carlos Eduardo Pereira Aguiar e Roberto Barbosa Castilho	2017	SNEF
Diferentes efeitos de sentidos enquanto obstáculos epistemológicos: contribuições da Epistemologia de Bachelard para o Ensino de Física Quântica	Mayara Almeida de Barros e Jonathan Thomas de Jesus Neto	2017	SNEF
O debate sobre o formato da Terra em sala de aula: uma análise segundo a Epistemologia de Gaston Bachelard	Donizete Aparecido Buscatti Junior	2020	EPEF

Fonte: elaborado pelos autores (2020).

Segundo os autores, os alunos apresentam em suas explicações que as observações realizadas por alguns astrônomos da Renascença não se mostravam conclusivas em relação à compreensão dos fenômenos naturais, pois se baseavam em elementos provenientes de uma realidade imediata. Quanto aos conflitos epistemológicos, nota-se uma polarização, em que a defesa da visão heliocêntrica por parte dos alunos representaria, na verdade, a defesa de uma verdade em contraposição a uma visão errônea da realidade (visão geocêntrica). Essa polarização epistemológica pode ter origem na própria forma como a proposta foi estruturada e, em instâncias maiores, pode representar uma visão de ciência como verdade absoluta (MILNITSKY; MACHADO; GURGEL, 2015).

Embora os autores tenham proposto uma intervenção pautada na epistemologia bachelardiana, não apresentaram nenhuma discussão acerca do perfil epistemológico utilizado na proposta, bem como quais foram os obstáculos epistemológicos superados pela ciência na consolidação da visão heliocêntrica do mundo e/ou os obstáculos epistemológicos enfrentados pelos alunos na construção desse conhecimento.

Já Buscatti Junior, Souza Filho e Ribeiro (2016) procuraram descrever e classificar as concepções de futuros professores acerca da natureza da luz segundo a epistemologia de Gaston Bachelard e a noção de perfil epistemológico. Para isso, realizaram uma pesquisa de caráter qualitativo com oito graduandos do 4º ano do curso de Licenciatura em Física de uma instituição federal de ensino. A coleta de dados foi realizada por meio da apresentação de aulas sobre a temática pelos graduandos envolvidos no estudo. As aulas foram gravadas e transcritas, e, em seguida, foi realizada uma análise descritiva, enquadrando as apresentações em categorias inspiradas nas regiões do perfil epistemológico bachelardiano.

A primeira categoria, que é o realismo ingênuo, diz respeito à concepção corpuscular da natureza da luz. Neste caso, entende-se a luz como sendo proveniente dos olhos e emanando corpúsculos que, ao tocarem nos objetos, proporcionam a visão. A segunda categoria, empirista, também traz a concepção corpuscular da luz, porém vinculada à sensação da visão. Em outras palavras, a função da luz é única e exclusivamente proporcionar essa sensação. Já a categoria destinada ao racionalismo clássico adota a natureza ondulatória da luz, tendo como base os estudos de Thomas Young. Por fim, a última categoria, referente ao racionalismo complexo, admite a natureza dual da luz, conforme propôs Louis De Broglie no início do século XX. Segundo os autores, o racionalismo dialético não se mostrou pertinente para esse estudo em particular (BUSCATTI JUNIOR; SOUZA FILHO; RIBEIRO, 2016).

Esse trabalho reforçou a importância e a utilidade da epistemologia de Bachelard para tratar das rupturas e dos caminhos tortuosos percorridos pelo desenvolvimento de conceitos físicos. Outro aspecto apontado pelo estudo e que merece destaque diz respeito ao fato de a concepção de ciência que cada educador carrega consigo interferir diretamente no modo pelo qual a ciência será apresentada por ele (BUSCATTI JUNIOR; SOUZA FILHO; RIBEIRO, 2016).

O trabalho de Aguiar e Castilho (2017) busca melhorar a alfabetização científica e o processo de ensino e aprendizagem de Física em uma turma de 9º ano da rede pública de Manaus. Os autores propõem trabalhar o tema eletricidade, utilizando a experimentação como ferramenta facilitadora na construção e/ou ressignificação de conceitos e modelos. Ancorados na epistemologia de Bachelard, procuram evidenciar o papel do erro e superar os obstáculos epistemológicos enraizados no próprio

ato de conhecer. Partindo de uma abordagem investigativa de fenômenos reais do cotidiano, a metodologia da experimentação foi realizada antes da apresentação dos fundamentos teóricos do fenômeno estudado. A aplicação do pré-teste evidenciou que os estudantes poderiam apresentar obstáculos epistemológicos e não detinham conhecimentos comuns sobre o tema em questão. Com o pós-teste, os percentuais indicaram uma provável mudança conceitual a respeito dos conteúdos fundamentados e discutidos, assim como uma possível redução dos obstáculos epistemológicos.

Aguiar e Castilho (2017) salientam que a atividade experimental pode constituir uma metodologia que supere os obstáculos epistemológicos do conhecimento comum, a partir do momento em que seja efetiva e continuamente aplicada em sala de aula. Ainda que haja referência aos obstáculos epistemológicos por parte dos autores, em que a experimentação pode auxiliar na superação do obstáculo da experiência primeira e também do obstáculo da generalidade, não há uma discussão de como esses obstáculos foram utilizados para a produção dos resultados apresentados no trabalho.

Barros e Jesus Neto (2017) apresentam em seu trabalho as contribuições da epistemologia de Bachelard para as discussões de aspectos relacionados ao ensino de física quântica. Nessa perspectiva, a ciência não progride de maneira linear, ela sofre rupturas. Considerando que a mecânica quântica foi desenvolvida com rupturas, essas discussões epistemológicas podem apresentar contribuições para o ensino dessa temática. Ressaltando os principais elementos envolvidos no desenvolvimento da nova teoria, foram discutidos aspectos referentes à noção realista de localidade, de forma, de espaços abstratos e de operadores matemáticos. Por meio da análise de discurso, foi possível um olhar diferenciado sobre os obstáculos epistemológicos de Bachelard, entendendo esses obstáculos como conflitos de memórias discursivas entre discursos já constituídos e discursos novos que surgiram na construção da física quântica (BARROS; JESUS NETO, 2017), ou seja, um entrelaçamento entre os efeitos de sentido (discurso) e o pensamento (epistemológico).

Como a física clássica geralmente é ensinada primeiro, o desafio do professor passa a ser o deslocamento dos efeitos de sentidos da física clássica, e, quando isso não for possível, faz-se necessário construir um novo sentido para os novos objetos que se apresentam na física quântica.

Assim, as rupturas históricas devem ser explicitadas e discutidas, resgatando os obstáculos epistemológicos e colocando-os em discussão, por meio de variadas modalidades de prática: textos, imagens, simuladores, experimentos, entre outras. Os autores ressaltam que o conhecimento se inicia pela experiência primeira, ingênua, e que ela nos traz acomodações, determinando os obstáculos epistemológicos. Embora comentem sobre a noção realista, os sentidos probabilísticos questionando a realização dos experimentos, a impossibilidade de uma forma bem definida dos objetos, as discussões sobre o espaço abstrato e também os operadores matemáticos, não há uma distinção entre os perfis epistemológicos no momento das construções do conhecimento, e os obstáculos epistemológicos são tratados em um sentido geral, sem aplicar ou discutir suas subcategorias.

O trabalho de Buscatti Junior (2020) teve como principal objetivo investigar de que forma os professores de Física deveriam lidar com o crescente número de alunos adeptos do chamado modelo da “Terra Plana”. Considerando esse fato, o autor buscou identificar os principais argumentos que justificavam a aceitação desse modelo, que contraria o atualmente aceito pela comunidade científica, e concluiu que se trata, fundamentalmente, de um problema epistemológico, o qual vai ao encontro da epistemologia de Bachelard, mais especificamente a noção de obstáculos epistemológicos.

Dos 78 alunos considerados no estudo de Buscatti Junior (2020), quatro eram adeptos do movimento terraplanista. As respostas obtidas foram divididas em duas categorias: 1) o processo de construção do conhecimento científico e 2) o formato da Terra. Na primeira categoria, os principais obstáculos epistemológicos identificados nas respostas dos alunos foram: conhecimento geral, obstáculo verbal e obstáculo realista. Já a segunda categoria, relacionada ao formato da Terra, apresenta a visão animista como principal obstáculo epistemológico e foi identificada, principalmente, nos argumentos dos alunos adeptos do movimento da Terra Plana. Dentro desse contexto, Buscatti Junior (2020) afirma que apenas um ensino fundamentado a partir da história e filosofia da ciência pode provocar a mudança conceitual pretendida e evitar que movimentos como o terraplanismo ganhem força. Além disso, o autor enfatiza que o estudo da epistemologia se mostra cada vez mais necessário na formação de professores de Física.

A partir da análise dos trabalhos selecionados, é possível perceber que todos apresentam aspectos da epistemologia de Bachelard em suas discussões e relacionam essa temática com o ensino de Física. Além disso, reforçam que a superação dos obstáculos epistemológicos contribui para a melhoria da qualidade do processo de ensino e aprendizagem, bem como a formação de sujeitos mais críticos e reflexivos.

Considerações finais

Neste trabalho, foi apresentada uma revisão sistemática de publicações encontradas em dois eventos nacionais de ensino de Física nos últimos cinco anos (2015 a 2020). O objetivo principal da pesquisa foi identificar as produções que se embasam na epistemologia de Bachelard e apresentam implicações para o processo de ensino e aprendizagem de Física.

Percebe-se que, nos trabalhos de Milnitsky, Machado e Gurgel (2015), Aguiar e Castilho (2017) e Barros e Jesus Neto (2017), a epistemologia de Bachelard acaba sendo abordada em um sentido mais amplo, sem comentar sobre quais obstáculos epistemológicos buscam ser superados e a que perfil epistemológico se alinham as propostas didáticas desses autores. Apenas os trabalhos de Buscatti Junior, Souza Filho e Ribeiro (2016) e Buscatti Junior (2020) aprofundam-se na discussão, buscando descrever, classificar e identificar obstáculos e perfis epistemológicos. Esse aprofundamento contribui para o entendimento e a melhoria do processo de ensino e aprendizagem de Física.

A inserção da história da ciência em sala de aula mostra-se como uma importante ferramenta para o processo de ensino e aprendizagem de ciências. Uma maior valorização das discussões acerca da construção do conhecimento científico, na perspectiva de rupturas, descontinuidades e entendimento positivo do erro, pode trazer contribuições significativas para o ensino de Física. Além disso, evidencia-se a necessidade do desenvolvimento e da publicação de seqüências didáticas embasadas na epistemologia de Gaston Bachelard, que apliquem ou discutam as subcategorias dos obstáculos epistemológicos, bem como do perfil epistemológico, e sirvam de aporte para fomentar futuras ações docentes.

Submissão: 22/12/2020

Aprovação: 11/05/2021

Notas

1 Mestranda em Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Licenciada em Física pelo Instituto Federal Catarinense, *campus* Rio do Sul. E-mail: fisica.larissa@gmail.com.

2 Mestranda em Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Licenciada em Física pela Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). E-mail: schneiderrenata10@gmail.com.

3 Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Professor associado da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Matemática e Tecnologias (PPGECMT) da UDESC. E-mail: kariston.pereira@udesc.br.

Referências

AGUIAR, Carlos Eduardo Pereira; CASTILHO, Roberto Barbosa. A experimentação na formação das competências e habilidades no processo de ensino-aprendizagem de Física em alunos do 9º ano de uma escola da rede pública de Manaus. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22., 2017, São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos, 2017. Disponível em: <https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0969-1.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2020.

BACHELARD, Gaston. **A filosofia do não**. Tradução de Joaquim José Moura Ramos. 5 ed. São Paulo: Abril Cultural, 1991.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BACHELARD, Gaston. **A epistemologia**. Tradução de Fátima Lourenço Godinho e Mário Carmino Oliveira. Lisboa: Edições 70, 2006.

BARROS, Mayara Almeida de; JESUS NETO, Jonathan Thomas de. Diferentes efeitos de sentidos enquanto obstáculos epistemológicos: contribuições da Epistemologia de Bachelard para o ensino de física quântica. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 22., 2017, São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos, 2017. Disponível em: <https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T1153-1.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2020.

BÔAS, Claudia Santos do Nascimento Vilas; SOUZA FILHO, Moacir Pereira de. Epistemologia de Bachelard e a aprendizagem do conceito de ressonância. **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 2, n. 2, p. 40-58, 2018. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/12077/10588>. Acesso em: 3 dez. 2020.

BUSCATTI JUNIOR, Donizete Aparecido. O debate sobre o formato da Terra em sala de aula: uma análise segundo a Epistemologia de Gaston Bachelard. *In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA*, 23., 2020, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis, 2020. Disponível em: <https://sec.sbfisica.org.br/eventos/epf/xviii/sys/resumos/T0430-2.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2020.

BUSCATTI JUNIOR, Donizete Aparecido; SOUZA FILHOS, Moacir Pereira de; RIBEIRO, Allan Victor. Concepções de futuros docentes acerca da natureza da luz: uma análise segundo a Epistemologia de Gaston Bachelard. *In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA*, 21., 2016, Natal. **Anais [...]**. Natal, 2016. Disponível em: <https://sec.sbfisica.org.br/eventos/enf/2016/sys/resumos/T0840-1.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2020.

CRESWELL, John. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

GOMES, Isabelle Sena; CAMINHA, Iraquitana de Oliveira. Guia para estudos de revisão sistemática: uma opção metodológica para as Ciências do Movimento Humano. **Movimento**, v. 20, n. 1, p. 395-411, 2014. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/Movimento/article/view/41542/28358>. Acesso em: 3 dez. 2020.

JAPIASSÚ, Hilton. **Introdução ao pensamento epistemológico**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1986.

JAPIASSÚ, Hilton; MARCONDES, Danilo. **Dicionário básico de filosofia**. 5 ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2008.

MASSONI, Neusa Teresinha; MOREIRA, Marco Antonio. Uma análise cruzada de três estudos de caso com professores de física: a influência de concepções sobre a natureza da ciência nas práticas didáticas. **Ciência & Educação**, v. 20, n. 3, p. 595-616, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/S5wM9Zntrc7GsbpHW7nCpQP/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 3 dez. 2020.

MELO, Ana Carolina Staub de; PEDUZZI, Luiz. Contribuições da epistemologia bachelardiana no estudo da história da óptica. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, p. 99-126, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/mGv9WHtJZGy96P4qfVbDCpF/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 3 dez. 2020.

MILNITSKY, Renan; MACHADO, Yuri; GURGEL, Ivã. Quem está no Centro? Um confronto epistemológico entre as visões de mundo geocêntrica e heliocêntrica. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21., 2015, Uberlândia. **Anais [...]**. Uberlândia, 2015. Disponível em: <https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T1085-1.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2020.

MONDIN, Battista. **Introdução à Filosofia**: problemas, sistemas, autores, obras. 15 ed. São Paulo: Paulus, 2004.

PÉREZ, Daniel Gil *et al.* Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/DyqhTY3fY5wKhzFw6jD6HF-J/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 3 dez. 2020.

SANTOS, Maria Eduarda Moniz. **Mudança conceitual na sala de aula**: um desafio pedagógico epistemologicamente fundamentado. 2 ed. Lisboa: Livros Horizonte, 1998.