

O PENSAMENTO DE BACHELARD E O ENSINO DE CIÊNCIAS: DIALÉTICA E RUPTURAS

BACHELARD'S THOUGHT AND SCIENCE TEACHING: DIALECTIC AND RUPTURES

Márlon Pessanha¹

Recebido: março/2023 - Aprovado: dezembro/24

RESUMO: Há algumas décadas, a educação em ciências tem se apropriado de parte das ideias do epistemólogo francês Gaston Bachelard, como uma fonte para se pensar os caminhos, meandros e construções na educação científica. Neste artigo, que consiste em um ensaio teórico, buscamos contribuir para um debate sobre essa apropriação da obra de Bachelard. Partimos da oposição de Bachelard ao positivismo e de seu racionalismo dialético para tratar dos conceitos de ruptura epistemológica, fenomenotécnica, perfil epistemológico e obstáculo epistemológico. Ademais, em um breve e situado olhar bibliográfico, explicitamos diferentes apropriações das ideias de Bachelard que alcançam um destaque na literatura nacional em educação em ciências. Verificamos que, apesar dos conceitos bachelardianos serem fortemente inter-relacionados, sua discussão na educação em ciências tem ocorrido de modo compartimentalizado, dificultando e, em alguns casos, descaracterizando as ideias do autor.

PALAVRAS-CHAVE: Bachelard, ruptura, dialética, ensino de ciências.

ABSTRACT: The science education area has appropriated some of the main ideas from the work of the French epistemologist, Gaston Bachelard, as a source for thinking about the paths, meanders and constructions in science education. In this article, which consists of a theoretical essay, we seek to contribute to a debate on this appropriation of Bachelard's work. From Bachelard's opposition to positivism and his dialectical rationalism, we address the concepts of epistemological rupture, phenomenotechnique, epistemological profile and epistemological obstacle. Furthermore, in a brief and situated bibliographical overview, we explain different appropriations of Bachelard's ideas that have gained prominence in the national literature on science education. We have found that, although Bachelard's concepts are strongly interrelated, their discussion in science education has occurred in a compartmentalized manner, making it difficult and, in some cases, mischaracterizing the author's ideas.

KEYWORDS: Bachelard, rupture, dialectic, science teaching.

1 <https://orcid.org/0000-0003-4168-4181> Doutor em Ensino de Ciências pela Universidade de São Paulo (USP). Professor Adjunto da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Endereço para correspondência: Departamento de Metodologia de Ensino (DME), Rodovia Washington Luis, km 235, São Carlos, São Paulo, Brasil, CEP: 13565-905. E-mail: pessanha@ufscar.br.



1 Introdução

Já há alguns anos, a pesquisa em educação em ciências tem voltado o seu olhar para a filosofia da Ciência, como um caminho possível para compreender os processos de ensino e aprendizagem em ciências e, também, para lançar luz sobre o modo como a educação científica, tanto nos espaços formais quanto nos espaços não formais, tem contribuído com a popularização de visões adequadas ou inadequadas sobre o que é ciência e sobre o fazer científico (CAWTHRON; ROWELI, 1978; HODSON, 1985; NUSSBAUM, 1989; MARTIN; KASS; BROWER, 1990; LEDERMAN, 1992; VILLANI, 2001; PEREZ et al, 2001; CACHAPUZ et al, 2005).

Entre os autores da filosofia da ciência recorrentemente invocados na aproximação com a educação em ciências, podemos destacar Thomas Kuhn, Karl Popper, Paul Feyerabend, Imre Lakatos, Mario Bunge e Gastón Bachelard. Este último, a nosso ver, traz contribuições significativas para a compreensão da construção do conhecimento científico e, não raro, têm suas ideias subestimadas pela forma como são tratadas na literatura em educação em ciências.

As possíveis contribuições de Bachelard para a educação e a educação em ciências têm envolvido discussões em torno de aplicações ou relações pedagógicas mais gerais (ANDRADE; ZYLBERSZTANJ; FERRARI, 2002; EICHLER; 2009; BARBOSA; BULCÃO, 2004; SILVA, 2009; ARAÚJO; ARAÚJO; CHAVES, 2020), contribuições para se pensar a formação e a prática docente (CARVALHO FILHO, 2006; FONSECA, 2008; LÔBO, 2007), além de apropriações de noções bachelardianas específicas no processo de ensino e aprendizagem e na compreensão do fazer científico, linha essa seguida neste artigo.

Neste artigo, de natureza teórica, buscamos trazer uma discussão em torno de um olhar mais geral das ideias de Bachelard, explorando sua visão sobre o desenvolvimento da ciência e suas características, assim como sobre a própria natureza do conhecimento científico, vislumbrando possíveis impactos de determinadas noções na educação em ciências. Enquanto um ensaio teórico (MENEGETTI, 2011), não nos dedicamos à coleta e interpretação de dados como é característico de um estudo empírico. Em lugar disso, trazemos uma reflexão e análise ancorada nos pressupostos teóricos e ideias relacionadas com o nosso foco: a apropriação da obra de Bachelard na Educação em ciências. Conforme defendem Meneghetti (2011) e Bertero (2011), um ensaio teórico consiste em um gênero textual que representa uma forma legítima de produção de conhecimento e, ademais, tem sido uma forma escolhida para a exposição de “ideias, teorias e posições filosóficas recorrentemente utilizada na apresentação de ideias científicas” (BERTERO, 2011, p. 340).

Assumimos que, mais do que um gênero textual, o ensaio teórico é um caminho potencial para a apresentação fluida e organizada de pesquisas ou discussões teóricas que tratam de noções basilares de um campo de estudo ou, como é o nosso caso, de noções centrais de autores e seu uso em outro campo do conhecimento.



2 Bachelard: o filósofo da desilusão

O francês Gastón Bachelard se fez e produziu suas ideias na primeira metade do Século XX, vivenciando as diversas mudanças pelas quais a ciência daquela época passava, em especial a física e a química. Conforme destaca Lopes (1996, p. 250), a vida de Bachelard é marcada por mudanças bruscas:

[...] Trabalhou, assim que se fez bacharel, na administração dos Correios e Telégrafos, com o cuidado administrativo de pesar as cartas, vivência que lhe conferiu o traço empirista de seu perfil epistemológico para o conceito de massa, como destaca em *A Filosofia do Não*. Após ver frustrado, pela Primeira Guerra, seu interesse de se tornar engenheiro, ingressou no magistério secundário. Trabalhou, então, como professor de ciências e de filosofia em sua terra natal (Bar-sur-Aube). Aos quarenta e quatro anos publicou suas primeiras teses: *Ensaio sobre o conhecimento aproximado* e *Estudo sobre a evolução de um problema de física, a propagação térmica nos sólidos* (ainda não publicados em português). Em 1930, ingressou na Faculdade de Letras de Dijon e em 1940, na Sorbonne.

Essa multiplicidade de projetos em sua vida profissional tem seu paralelismo com a pluralidade de suas idéias filosóficas e com a vivacidade de um pensamento resistente às classificações e aos rótulos. (1996, p. 250).

Ainda que rotular a filosofia de Bachelard seja, como aponta a autora, um desafio, podemos reconhecer que Bachelard é um filósofo da ciência sutilmente demarcacionista (MELLADO; CARRECEDO, 1993). Bachelard não traz critérios universais para a demarcação de teorias científicas, como o faz filósofos como Popper, Lakatos e Bunge. Contudo, ele traz contribuições para reconhecer o que seria um pensamento científico: é no olhar para a história da ciência e para o pensamento científico que ele traz ideias que nos permitem perceber, ora a explícita diferença, ora a sutil diferença entre o pensamento científico e o pensamento comum.

Para Bachelard, na ciência há uma constante dinâmica de resistência e superação de erros. Assim, uma visão bachelardiana sobre a natureza da ciência envolve reconhecer que o pensamento científico é, antes de tudo, a superação ao conhecimento comum e a si mesmo, mediante rupturas. Ele traz uma valorização do erro e da retificação na ciência, não se dedicando a buscar explicar os processos de validação do conhecimento científico, como os principais filósofos da ciência demarcacionistas. Sua valorização do erro é o que leva Lopes (1996) a definir Bachelard como um filósofo da desilusão. Indo além, assumindo um significado etimológico, isto é, mais original, em especial do sufixo “des”, poderíamos dizer que Bachelard traz ideias que explicitam o que está fora da ilusão ou, em outras palavras, o que envolve a fuga dos enganos pelos sentidos.

Um ponto de partida que, para nós, nos parece adequado para discutir alguns dos fundamentos do filósofo da desilusão é a sua oposição ao positivismo, o que tratamos no próximo tópico.



3 A superação bachelardiana do positivismo: ruptura e fenomenotécnica

Entre as correntes filosóficas de grande influência no início do século XX havia o positivismo, que ocupava um lugar de destaque no ambiente intelectual francês (BULCÃO, 2009; CASTELÃO-LAWLESS, 1995). O positivismo sustenta uma visão continuísta da evolução da ciência, em que um conhecimento novo sempre é visto como completando um anterior, em um acúmulo de conhecimentos. Além disso, apoiando-se no determinismo e na objetividade, e com uma forte herança da tradição mecanicista, o positivismo explicita previsibilidade: uma vez descrito o objeto científico que é dado, ele pode ter sua dinâmica prevista. Ademais, com a influência dos logros do empirismo, no positivismo há a ideia de que o conhecimento científico é construído quase exclusivamente a partir da observação e da manipulação experimental de fenômenos que estão/são acessíveis aos sentidos.

Até os dias atuais, o positivismo tem influenciado a interpretação sobre a atividade científica e o conhecimento por ela produzido. No entanto, diferentes elementos do positivismo têm sido apontados como equivocados ou inadequados, especialmente quando se tenta aplicá-los para interpretar toda e qualquer área e período histórico da ciência.

A ciência que emerge no século XX apresenta uma série de dificuldades para o positivismo: a quântica, por exemplo, envolve um indeterminismo e a aceitação de um conhecimento de natureza probabilística que não poderiam ser entendidos em termos de uma leitura positivista em que há previsibilidade e uma evolução contínua de teorias anteriores. Com isso, além das novas teorias físicas não poderem ser interpretadas em termos de uma evolução “positivista” de teorias anteriores, a própria noção positivista da ciência como conhecimento seguro ficava prejudicada: há um rompimento com a ideia clássica sobre o conhecimento científico, uma vez que a ciência antes exclusivamente determinista, objetiva e previsível, agora possui um nível de indeterminismo e uma objetividade probabilística. Nesse sentido, Castelão-Lawless (1995, p. 45) afirma que as indeterminações, que as descobertas científicas sugeriram, causaram novas preocupações epistemológicas sobre o caráter do conhecimento científico e suas conexões com a realidade material, levando a uma necessidade de novas atitudes metafísicas na filosofia da ciência e a uma reavaliação dos modelos tradicionais da explicação científica e da mudança científica.

Para Bachelard, os novos caminhos assumidos pela ciência na primeira metade do século XX não poderiam ser explicados, nem pelo positivismo, nem por outras vertentes filosóficas clássicas, como no caso da radicalização do idealismo e do materialismo (BARBOSA; BULCÃO, 2004). Assim, o pensamento de Bachelard surge como uma contraposição à noção continuísta da evolução da ciência, à noção de uma realidade dada a qual a ciência deveria descrever, e às posturas filosóficas absolutas. Seu pensamento se monta baseado em uma ideia construtivista da ciência, reconhecendo rupturas, e destacando a dialética existente na relação entre sujeito e objeto, e entre razão e realidade.

Ao introduzir a noção de ruptura, Bachelard contrapõe-se de forma explícita a visão da evolução da ciência como contínua. Conforme afirma Bulcão (2009, p. 47), para Bachelard o progresso da ciência



se dá por “retificações de erros e por reorganizações do saber que rompem inteiramente com as teorias passadas”, e não como uma contínua complementação das teorias passadas. Como exemplo de ruptura, a mecânica quântica, anteriormente citada, se elabora na primeira metade do século XX em contraposição direta às ideias da Física Clássica do século XIX: na origem da mecânica quântica, a divisão clássica da matéria como partícula e da radiação como onda é um dos primeiros bastiões clássicos a ceder lugar ao conceito de dualidade onda-partícula. A Ciência do século XX viria a mostrar, com a noção de fótons, que a radiação poderia ser compreendida como tendo um comportamento corpuscular e, além disso, a matéria que antes era vista desde a perspectiva corpuscular é descrita pelo postulado de De Broglie em termos ondulatórios.

Cabe destacar que, para Bachelard, a ruptura não é uma negação total do passado, sendo mais caracterizado como um englobamento (BULCÃO, 2009, p. 198-199) ou “generalização dialética”. Isso fica claro nas próprias palavras expressas por Bachelard em sua obra intitulada “A Filosofia do Não”:

[...] A negação deve permanecer em contato com a formação primeira. Deve permitir uma generalização dialética. A generalização pelo não deve concluir aquilo que nega. De fato, todo o desenvolvimento do pensamento científico de há um século para cá provém de tais generalizações dialéticas com envolvimento daquilo que se nega. Assim a geometria não-euclidiana envolve a geometria euclidiana; a mecânica não-newtoniana envolve a mecânica newtoniana; a mecânica ondulatória envolve a mecânica relativista. No domínio da física, a constante de Planck h surge como um fator de pequena desobediência relativamente às regras da ciência do senso comum. Como já várias vezes observamos, basta anular h nas fórmulas da mecânica ondulatória para se obterem as fórmulas da mecânica clássica. A microfísica ou, por outras palavras, a não-física inclui, pois, a física. A física clássica é uma não-física particular correspondente ao valor zero atribuído a h (BACHELARD, 1978, p.83).

Nessa visão da evolução descontínua da ciência em que são verificadas rupturas, Bachelard (2008) reconhece o conhecimento científico como um conhecimento aproximado, isto é, com um caráter provisório e não absoluto. Nessa aproximação, Bachelard (1996) reconhece que o pensamento passa por diferentes estados: concreto, concreto-abstrato e abstrato. O estado concreto é aquele que direciona um espírito pré-científico, em que um conhecimento comum se elabora a partir da percepção mais direta mediada pelos sentidos. O estado concreto-abstrato marca a adoção da experiência física pelos esquemas geométricos (e adicionaríamos, algébricos), em que o espírito abstrai, em suas racionalizações, apoiando-se no que há de concreto e sensível. Em uma aproximação à história da ciência, poderíamos dizer que esse estado é característico dos que empreitaram a ciência moderna, em que racionalizações e experimentações, mediante métodos, permitiram a construção de conhecimentos aproximados da realidade material, ainda que mais afastados da experiência sensível. Já no estado abstrato, o espírito subtrai a intuição e a experiência imediata. Na história da ciência, este estado seria o característico daqueles cientistas que participaram do amadurecimento da ciência moderna e do surgimento da nova ciência do século XX, constituindo um novo espírito científico.

Ao interpretar a ciência do século XX, Bachelard percebe claras limitações no positivismo. Em suas palavras “[...] o positivismo puro já não pode justificar a força dedutiva em atuação no desenvolvimento



das teorias modernas”, afinal, ele “[...] nada tem para sentir essa estranha precisão de racionalidade que as aproximações de segunda ordem dão” (BACHELARD, 1977, p. 13). Bachelard (1977) até aceita o positivismo como gerador de explicações para o período da ciência em que a dedução racional pode ser facilmente percebida no experimento. Porém, uma aproximação de segunda ordem em que a percepção não é direta, algo característico da ciência do século XX, não pode ser descrita desde a óptica positivista.

Ao perceber relações entre os períodos da ciência e as explicações de vertentes filosóficas, como o positivismo e sua visão da ciência do século XIX, Bachelard apresenta um olhar englobante, não restrito, em que destaca uma necessidade não extremista na leitura filosófica da ciência. Sobre isso, Rheinberger afirma que Bachelard situou-se:

[...] para além das marcas concebidas da filosofia da ciência: para além do positivismo e do formalismo, o empirismo e o convencionalismo, realismo e idealismo, posições que ele julgou serem o resultado de abstrações inadmissíveis que não fazem justiça à complexidade das ciências contemporâneas. Ele não queria estar ao lado com qualquer uma destas tradições filosóficas. A fim de expressar a tensão dialética em sua própria abordagem, ele a chamou de “racionalismo aplicado” ou “materialismo técnico” (RHEINBERGER, 2005, p. 316-317, tradução nossa).

Essa dialética entre vertentes filosóficas é uma marca da epistemologia de Bachelard. Como exemplo, sobre o racionalismo e o empirismo e o pensamento científico emergente na primeira metade do século XX, Bachelard afirma:

Se pudéssemos então traduzir filosoficamente o duplo movimento que atualmente anima o pensamento científico, aperceber-nos-famos de que a alternância do a priori e do a posteriori é obrigatória, que o empirismo e o racionalismo estão ligados, no pensamento científico [...] Com efeito, um deles triunfa dando razão ao outro: o empirismo precisa de ser compreendido; o racionalismo precisa de ser aplicado. Um empirismo sem leis claras, sem leis coordenadas, sem leis dedutivas não pode ser pensado nem ensinado; um racionalismo sem provas palpáveis, sem aplicação à realidade imediata não pode convencer plenamente. O valor de uma lei empírica prova-se fazendo dela a base de um raciocínio. Legitima-se um raciocínio fazendo dele a base de uma experiência. (BACHELARD, 1978, p.4-5).

Em outras palavras, a construção do conhecimento científico não se daria pela indução a partir de dados coletados por um espírito desnudo e receptível à descoberta pelos experimentos e, tampouco, seria resultado de um processo dedutivo em que a razão pura levaria às conclusões e conjunturas. Em lugar disso, haveria uma dialética em que razão demandaria experimentação e materialização e esses, por sua vez, demandariam interpretações e racionalizações.

Sua epistemologia dialética também passa por uma profunda reflexão sobre a realidade e os objetos da ciência. Segundo Bachelard (1978), enquanto o realismo e o idealismo, em certa medida, permitem uma interpretação do conhecimento comum e do conhecimento oriundo da ciência moderna (anterior ao século XX), o extremismo dessas posições não é suficiente para explicar a nova ciência que surgia no início do século XX.



Antes de nos determos à insuficiência de explicação da ciência do século XX por um extremismo dessas vertentes filosóficas, julgamos necessário diferenciá-las e, ao mesmo tempo, defini-las, ainda que essa diferenciação seja bem conhecida e descrita em diversos textos filosóficos. O ponto principal de divergência entre o realismo e o idealismo está na primazia ou da realidade objetiva, ou das ideias. Enquanto, para o realismo, o dado primordial para constituir o conhecimento situa-se na realidade objetiva do mundo – ou seja, nos objetos que povoam o mundo externo à mente – no idealismo o mundo exterior à mente é apenas uma imagem do mundo das ideias e, portanto, é conferida primazia às ideias, ou seja, ao subjetivo e não ao objetivo. O realismo possui ainda uma relação com a corrente filosófica conhecida como “materialismo”. Uma vez que o materialismo encara a realidade como fora do plano das ideias, ele é uma forma de realismo. Destaca-se, no entanto, que para o materialismo a realidade seria somente a realidade material ou o que pode ser materializado. Em outras palavras, para o materialismo a substância única da realidade é a matéria, que é independente do sujeito. Dessa afirmativa pode-se concluir facilmente que nem todo realista é materialista, mas todo materialista é realista, afinal o realismo só diz respeito à primazia da realidade objetiva e não especifica a realidade como sendo exclusivamente material. Dessas definições, podemos afirmar que o positivismo tem um componente materialista, pois o objeto científico dado é um objeto material ou materializado que poderá ser investigado. No entanto, podemos dizer também que o próprio positivismo já rompe com o extremismo ou com a exclusividade do realismo ou do materialismo. Para o positivismo, ao mesmo tempo em que o objeto científico real é aceito como dado e seu estudo é possível pela experimentação (o que levaria o positivismo a ser, em certa medida, realista), faz-se também uso de uma racionalização em que, por processos lógicos, se pode prever algo e definir a experimentação mais adequada para capturar o seu significado mais objetivo (o que levaria o positivismo às proximidades de um idealismo).

Como dissemos, Bachelard se opõe a essas diferentes vertentes para explicar a ciência contemporânea, mas ao mesmo tempo as engloba em uma dialética que possui como um dos pontos centrais os objetos científicos e a racionalidade. Indo além, quando se trata da ciência contemporânea, para Bachelard não mais se reproduz uma realidade, mas uma nova realidade é inventada. O objeto científico não é oferecido à percepção como algo imediato, mas é o resultado de um projeto, de um modelo teórico que leva o cientista a uma realidade. Porém, o mesmo projeto é elaborado e montado baseando-se na realidade construída. É um processo pelo qual a objetividade não é oferecida, mas construída e conquistada (BARBOSA, BULCÃO, 2004).

Como exemplo, partículas subatômicas ou o comportamento corpuscular da luz não são diretamente e naturalmente acessíveis aos sentidos, mas são construídos enquanto uma realidade tecnicamente acessível. Trata-se, portanto, de uma realidade científica duplamente construída, pela técnica e pela teoria, pela racionalização e pela materialização. Assim, torna-se evidente no pensamento bachelardiano a dialética necessária entre as vertentes filosóficas: há uma realidade materialista, ainda que seja construída mediante a racionalização, que por sua vez, necessita da aplicação para ser coerente, ou seja, necessita de uma materialização. A materialização, por sua vez, alimenta a racionalização. Logo, o racionalismo ou o realismo não ocupam um papel fixo a priori, mas há um diálogo que não é propriamente determinado pela



razão nem por um objeto dado, mas determinado pela interação entre eles. Essa dialética leva Bachelard a interpretar a ciência do século XX como um “Materialismo racional” ou um “Racionalismo aplicado”, títulos de dois de seus livros.

O processo dialético entre razão e realidade material ainda emprega algo que para Bachelard assume relevância: a técnica. Na ciência do século XX busca-se, mediante racionalizações e técnicas uma realidade e uma fenomenologia. Os equipamentos empregados na ciência contemporânea, especialmente no mundo atômico e subatômico, permitem chegar indiretamente a um fenômeno que é racionalmente previsto e que é tecnicamente construído pelos próprios equipamentos. Não se está mais lidando com uma “realidade natural”, mas com o produto das técnicas, sendo estas por sua vez, resultado de uma aplicação teórica.

Assim, por um conhecimento tecnicamente e teoricamente instruído, a ciência do século XX deixa de ser explicada pelos sentidos e passa a ser explicada por seus aparelhos. Ademais, a realidade deixa de ser dada para se tornar uma realidade construída, mas ainda assim mantém-se como uma realidade científica. Conforme afirma Lopes (1994, p. 338) “[...] o fenômeno científico é, portanto, construído pela dupla interpretação, instrumental e teórica, uma aplicada à outra”. Diferenciando da realidade fenomênica dada e diretamente acessível, Bachelard define a realidade construída na ciência contemporânea, mediante racionalizações e técnicas, como uma realidade “fenomenotécnica”. Segundo ele, e indo ao encontro do que já expusemos, na ciência do século XX:

É preciso haver outros conceitos além dos conceitos “visuais” para montar uma técnica do agir cientificamente-no-mundo e para promover à existência, mediante uma fenomenotécnica, fenômenos que não estão naturalmente-na-natureza. Só por uma desmaterialização da experiência comum se pode atingir um realismo da técnica científica (BACHELARD, 1977: 160).

Assim, a realidade fenomenotécnica, que é uma consequência de uma inter-relação próxima entre técnica e conhecimento, consiste em uma instrução múltipla em que fenômeno e instrumento, objeto e espírito científico, conceito e método estão todos unidos (RHEINBERGER, 2005, p. 320).

Ao longo de sua obra, Bachelard apresenta alguns exemplos diretamente relacionados com a noção de fenomenotécnica. Em “O Racionalismo Aplicado”, Bachelard (1977, p. 122-123) compara a realidade dada pela balança, de caráter fenomênico, com a realidade construída pelo espectroscópio de massa, de caráter fenomenotécnico. Enquanto na determinação dos pesos atômicos por Lavoisier há a técnica mais direta e suficiente da balança, no espectroscópio de massa, ao se selecionar e pesar isótopos, há uma técnica indireta que se baseia em campos elétricos e magnéticos. Assim, para Bachelard (1977, p. 122), a ciência de Lavoisier está “[...] em ligação contínua com os aspectos imediatos da experiência usual”, enquanto que, no espectroscópio de massa, em que se acrescenta um “eletrismo” ao materialismo e como os fenômenos elétricos dos átomos estão ocultos, faz-se necessário “[...] instrumentá-los numa aparelhagem que não tem significação direta na vida comum”. Bachelard (1977, p. 123), enfatizando a realidade construída mediante a técnica, destaca ainda que “As trajetórias que permitem separar os isótopos no espectroscópio de massa não existem na natureza; é preciso produzi-las tecnicamente”. É uma



existência realizada pela técnica, portanto, constituindo-se não como um fenômeno natural, mas como uma fenomenotécnica.

São muitos os fenômenos descritos na Física e na Química do século XX instrumentalizados em uma aparelhagem, isto é, que não existem naturalmente ou não estão acessíveis naturalmente aos sentidos, sendo realizados tecnicamente e constituindo uma realidade fenomenotécnica: colisão de partículas subatômicas ou íons em altas velocidades no interior de aceleradores de partículas; centelhamento de partículas alfa ao encontrar-se com o sulfeto de zinco após um espalhamento tecnicamente elaborado (Experimento de Geiger-Marsden); difração de raios X com o uso de estruturas cristalinas; entre outros.

Pela relação próxima entre a realidade construída e a tecnologia empregada na ciência contemporânea, o conhecimento fenomenotécnico envolve ainda uma indistinção clara entre estes. Nesse sentido, Castelão-Lawless (1995, p.51) afirma que na ciência do século XX, uma ciência que gera conhecimento fenomenotécnico, em que os instrumentos são materializados em teorias, não há uma diferença qualitativa entre os produtos da ciência e da tecnologia científica. Assim, o conceito de fenomenotécnica, por mais abstrato que possa parecer, traz à tona um aspecto relevante para a explicação científica que marca a ciência contemporânea: explicar os fenômenos oriundos da fenomenotécnica passa por explicar, também, os equipamentos e técnicas que originaram esses fenômenos.

3.1 Ruptura e fenomenotécnica na educação em ciências

A noção bachelardiana de ruptura é, frequentemente, tratada de forma indireta na literatura em educação em ciências. A noção tem sido associada, muitas vezes como sinônimo, aos obstáculos epistemológicos, demarcando a descontinuidade que há entre as construções do conhecimento comum, do conhecimento da ciência moderna e do conhecimento da nova ciência que emerge no século XX. Contudo, a ruptura epistemológica perpassa toda a obra filosófica bachelardiana. A ruptura está presente em sua crítica ao positivismo, em sua visão histórica da ciência, em sua visão de um racionalismo dialético e da fenomenotécnica, na discussão sobre os erros e a negação em ciências, etc.

Nesse sentido, percebemos que uma contribuição principal da noção de ruptura para se pensar a educação em ciências reside em reconhecer a descontinuidade construtivista, em meio aos processos científicos e pedagógicos. O construtivismo pedagógico de Bachelard (SILVA, 2009) nos remete a afirmar que, por um lado, a educação em ciências pode se apropriar (e tem se apropriado) da própria visão de ciência bachelardiana, permitindo que se reconheça, em sala de aula, a não linearidade histórica e de pensamento na construção do conhecimento científico, representada na ruptura epistemológica. Trata-se de uma contribuição em torno de uma imagem mais apropriada de ciências. Por outro lado, a educação em ciências pode incorporar o cuidado bachelardiano na interpretação dos meandros da construção do conhecimento comum e científico, permitindo a professores e alunos uma melhor compreensão e reconhecimento dos erros, entraves e caminhos da aprendizagem. Esse parece ter sido, inclusive, uma



das principais influências, direta e indireta, das ideias bachelardianas na educação, em especial por seu impacto na didática francesa que, por sua vez, influenciou consideravelmente a didática da ciência.

Já a noção de fenomenotécnica, na área de educação em ciências tem sido tratada de forma destacadamente mais incipiente e sutil em relação a outras noções bachelardianas. Na literatura nacional em educação em ciências, identificamos poucos trabalhos que utilizam a noção (por exemplo, ver MALUF, 2006; GONZAGA, 2022).

Conforme discutimos, a fenomenotécnica envolve uma imagem da ciência contemporânea como relacionada, de forma inseparável, com a técnica e a tecnologia, isto é, com os equipamentos que realizam os fenômenos previstos e estudados racionalmente. É importante destacar que essa relação não se estabelece como uma hierarquização ou causa-consequência, como muitas vezes é tratada a discussão sobre ciência e tecnologia. É uma relação que ocorre, sobretudo, enquanto um emaranhado dialético.

Um desdobramento, para nós, mais imediato para se pensar os processos de ensino e aprendizagem sobre a ciência é reconhecer que, em especial para o ensino dos conteúdos da Física e da Química do Século XX, a explicação científica deve vir acompanhada da explicação das técnicas e dos equipamentos. Em trabalhos anteriores (PESSANHA; PIETROCOLA, 2016; 2017) destacamos essa necessidade, ao discutir o ensino sobre modelos atômicos, física de partículas elementares e aceleradores de partículas.

4 A dialética bachelardiana e o perfil epistemológico

A necessária dialética entre vertentes filosóficas na compreensão do fazer científico é discutida por Bachelard não somente em relação à ciência de forma mais geral e histórica, que indiretamente se remete ao coletivo, mas também a nível individual e psicológico. Isso está representado na noção de perfil epistemológico.

Bachelard (1979) afirma que, ao buscar entender e lidar com o mundo, o espírito científico não se guiaria unicamente por uma vertente filosófica, por exemplo realista ou racionalista, mas teria um perfil mental pelo qual a ação psicológica incorporaria diferentes linhas filosóficas na construção do conhecimento. Nesse perfil mental, nomeado pelo autor como perfil epistemológico, haveria cinco diferentes linhas filosóficas que orientariam os usos pessoais de um conceito: o realismo ingênuo; o empirismo claro e positivista; o racionalismo newtoniano ou kantiano; e o racionalismo completo ou dialético.

Um ponto relevante da noção de perfil epistemológico, conforme as palavras do próprio autor (BACHELARD, 1979, p. 25) é que a noção deve "... sempre referir-se a um conceito designado, de ele apenas ser válido para um espírito particular que se examina num estádio particular da sua cultura". Em outras palavras, para cada conceito, por exemplo o de massa ou o de energia, cada pessoa teria seu perfil, com um padrão, que seria fruto da influência de seu contexto sociocultural e, de certa forma, emergindo de sua vivência no mundo. O autor representa (Figura 1) seus próprios perfis epistemológicos



para os conceitos de massa e de energia, por gráficos de barras, ainda que sem especificar qualquer escala quantitativa:

Figura 1 – Perfis epistemológicos das noções pessoais, de Bachelard, para o conceito de massa, à esquerda, e para o conceito de energia, à direita.



Fonte: adaptado de Bachelard (1979, p. 25-27)

Em seu perfil epistemológico para o conceito de massa, Bachelard atribui grande relevância à perspectiva racionalista derivada da mecânica clássica, influenciado por sua experiência enquanto docente de física elementar. Além disso, sua vivência prática no uso da balança, em especial por seu trabalho em química e por seu trabalho na pesagem de cartas dos correios, lhe entregaram uma interpretação empirista ligada ao cuidado das medidas. Em menor influência, na construção de seu perfil epistemológico, há o realismo que, de forma mais livre, lhe entregara percepções mais diretas da realidade. Por fim, embora sendo um filósofo que, para nós, seria um representante de um racionalismo discursivo ou dialético, seu perfil epistemológico teria menor influência dessa linha filosófica, a qual ainda assim existiria por seu contato com a mecânica relativista e a mecânica de Dirac. Já para o conceito de energia, o perfil epistemológico pessoal de Bachelard é influenciado de uma forma mais semelhante pelo racionalismo da mecânica clássica, pelo racionalismo completo da mecânica relativística e, ainda, por um realismo ingênuo. O realismo ingênuo sobrevive em seu perfil para o conceito de energia pois, nas palavras do próprio autor (p. 27), “... subsiste em nós um conhecimento confuso de energia, conhecimento este formado sob a inspiração de um realismo ingênuo”.

4.1 A apropriação da noção de perfil conceitual pela pesquisa em educação em ciências

Em âmbito nacional, em especial a partir do trabalho de Mortimer (1996), recorrentemente, em especial nas décadas de 1990 e 2000, a literatura em ensino de ciências tem aplicado a noção de perfil epistemológico no entendimento da aprendizagem, ainda que renomeando-a, no âmbito do ensino, para perfil conceitual (SILVA JÚNIOR; TENÓRIO; BASTOS, 2007; TRINTIN; GOMES, 2018; DORIGON et al, 2019; CEDRAN; SANTIN FILHO, 2019; MELO; AMANTES, 2021). Compreendemos que o uso da noção de perfil epistemológico tem se apresentado como especialmente relevante para compreender, por exemplo, a permanência de visões pouco apropriadas pelo estudante, mesmo após um estudo de



um conteúdo científico-escolar em que os resultados individuais de aprendizagem parecem terem sido significativos.

Não nos estenderemos na discussão da noção de perfil epistemológico e sua aplicação na educação em ciências como “perfil conceitual”, por entendermos que, entre as apropriações das ideias de Bachelard, é para essa noção que parece ter havido uma maior fidedignidade. Ressaltamos, no entanto, que a compreensão da noção de perfil epistemológico deve ser, não como envolvendo uma ação consciente e filosoficamente orientada, em nível psíquico, por um domínio teórico das frentes filosóficas. Em outras palavras, trata-se de um uso inconsciente de olhares fundamentados e/ou explicados pelas frentes filosóficas, olhares estes que se constroem na própria vivência construtiva de conhecimentos, a nível coletivo ou individual de cientistas ou estudantes. Ademais, destacamos que há, no uso inconsciente de olhares guiados pelas frentes filosóficas, conforme destaca o próprio Bachelard, desarmonias entre os olhares segundo as linhas filosóficas, de modo que, durante a construção do conhecimento, uma zona de um perfil epistemológico pode se opor a outra zona. Entendemos que isso se deve ao fato de haver formas características construção de conhecimento em cada linha filosófica, o que é melhor explicado por outro conceito cunhado por Bachelard e o qual apresentamos no próximo tópico: obstáculos epistemológicos.

5 Ruptura e obstáculos epistemológicos

A noção de ruptura está presente não somente nos englobamentos, mediante a negação, e na compreensão dos estados do espírito científico (concreto, concreto-abstrato e abstrato) e em suas aproximações de primeira e segunda ordem do conhecimento científico. A noção de ruptura em Bachelard é, também, o aspecto central no entendimento dos obstáculos epistemológicos e de sua superação.

Um obstáculo epistemológico, que assim como o perfil epistemológico deve ser entendido como atuando em um nível mental e individualizado, está relacionado com uma dificuldade em superar formas já conhecidas de construção de conhecimento. No lidar com a realidade, colocamos em ação, de forma intuitiva ou mais elaborada (no caso da construção científica), formas de construção de conhecimento que nos permitem interpretar o mundo que nos cerca. Seja na experiência cotidiana ou na vivência na ciência, temos repertórios envolvendo o uso dos sentidos, do pensamento e de técnicas que nos levam a conhecimentos.

O obstáculo epistemológico, na perspectiva de Bachelard, seria uma forma de construção de conhecimento que, por já ter sido eficiente antes, é naturalmente empregada em novas situações para as quais não seriam adequadas, impedindo a continuidade da construção de conhecimento. Nesse caso, atuam não mais como um motor para a construção de conhecimentos, mas como freios. Essas formas de conhecer passam, assim, a atuar como obstáculos epistemológicos. Para superá-los, há a necessidade de novas formas de construção de conhecimento pois, mantendo as anteriores para a nova situação, há a estagnação. A superação do obstáculo epistemológico coincide, em um nível coletivo, com uma evolução na ciência, mediante uma ruptura entre modos de se fazer ciência.



Para Bachelard, os obstáculos epistemológicos não seriam externos à ciência (ou à vivência cotidiana), mas são inerentes ao próprio ato de conhecer:

[...] 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, lentsidões e conflitos (BACHELARD, 1996, p.17).

Assim, não são ações externas ao conhecimento, mas o próprio conhecimento e as formas com que estes são construídos que se estabelecem como obstáculos epistemológicos. Como esse obstáculo envolve o conhecido e o modo como se tornou conhecido, é possível concluir que basta que se busque construir conhecimento para que ocorra a possível ação dos obstáculos epistemológicos. Há, desse modo, a necessidade de um contínuo trabalho de superação dos obstáculos epistemológicos.

Bachelard (1996), em um olhar histórico da pré-ciência e da ciência moderna, apresenta uma tipologia de obstáculos epistemológicos, os quais trazemos um resumo com alguns exemplos do próprio autor (Quadro 1):

Quadro 1 – Resumo dos tipos de obstáculos epistemológicos indicados por Bachelard

<p><u>Experiência primeira</u>: está relacionado ao contato mais direto e inicial com o fenômeno, em que se substitui a explicação científica por uma apreciação do fenômeno ou da imagem. O pensamento se apega mais à beleza do fenômeno ou a que é facilmente perceptível nele, e não a uma explicação dele. Assim, o conhecimento se constrói por uma descrição do atrativo que é facilmente perceptível. Por exemplo, na história da ciência, Poncelet (1769 apud BACHELARD, 1996, p. 31) ao escrever sobre o trovão, se apega a uma descrição sobre o medo e outros aspectos desagradáveis que o trovão provoca nas pessoas, e não ao que de fato seria e ocasionaria o fenômeno.</p>
<p><u>Conhecimento Geral</u>: trata-se de um conhecimento que se constrói prematuramente, muitas vezes como uma consequência do obstáculo da experiência primeira. Esse conhecimento é fechado e o espírito científico a ele submetido o vê como tão claro e certo que tem dificuldade no ato de continuar a conhecer: as perguntas são respondidas facilmente, com respostas únicas, fixas e vagas para qualquer questionamento e, ainda assim, com considerável precisão e coerência interna em relação ao próprio conhecimento geral. Bachelard classifica como um obstáculo do conhecimento geral a noção aristotélica sobre a queda dos corpos, em que, para buscar o seu lugar natural, corpos como as pedras caíam até o solo, e o vapor e a fumaça subiam. Há, nesse exemplo, uma resposta fácil sobre o porquê de um objeto cair ou subir, de um modo fiel e consistente com o ponto de vista do próprio conhecimento que a origina. Bachelard (1996, p.69) afirma que nada prejudicou tanto o desenvolvimento da ciência como este tipo obstáculo epistemológico. Segundo ele, o conhecimento geral dominou desde Aristóteles até Francis Bacon.</p>
<p><u>Obstáculo verbal</u>: consiste em substituir toda uma explicação e conjunto de ideias por uma única palavra ou imagem, constituindo-se assim como uma falsa explicação. É também o uso abusivo e não cauteloso das imagens familiares. A imagem familiar é utilizada como se fosse uma evidência clara, que não necessita ser explicada. Assim, ela ocupa um papel de metáfora, ocultando as semelhanças e/ou constrói todo um conjunto de ideias a partir de semelhanças entre a imagem análoga e o objeto de estudo. Bachelard exemplifica o obstáculo no uso da palavra “esponja” por Franklin (1752 apud BACHELARD, 1996, p. 94), que a empregava para explicar a diferença entre a “matéria elétrica” e a “matéria comum”. Segundo Bachelard, Franklin ficava somente no plano da esponja, sendo esta assumida como uma categoria empírica para gerar as suposições. Nesse exemplo, o uso da palavra “esponja” atuava como um obstáculo ao conhecer, por não serem utilizados nada mais que os elementos próprios do análogo.</p>



Conhecimento unitário e pragmático: está relacionado à generalidade das coisas, mas em um nível mais amplo que o obstáculo do conhecimento geral. O conhecimento unitário, ao considerar a natureza como única, estabelece que o que se utiliza para explicar o grande, pode-se utilizar para explicar o pequeno, sendo o contrário igualmente válido. Esta noção geral e unitária leva a conclusões precipitadas e com um mínimo esforço. Em um de seus exemplos, Bachelard comenta o entendimento de Fayol (1672 apud BACHELARD, 1996, p. 110), que a partir de uma compreensão unitária e pragmática do universo, afirmava que as mudanças dos reinos e religiões ocorreriam em função das mudanças dos planetas. Para Bachelard (1996, p.114) todo “[...] pragmatismo, pelo simples fato de ser um pensamento mutilado, acaba exagerando”. Em outro exemplo, Berthollet (1776 apud Bachelard, 1996, p. 114) afirmava que a transpiração suprimida na infância levaria a um aumento das vias urinárias, firmando assim um fluxo mais abundante. Nesse exemplo, o pensamento pragmático leva a uma conclusão lógica, porém precipitada, que não somente é exagerada, mas também absurda.

Obstáculo substancialista: consiste na atribuição de qualidades materiais ao objeto de estudo, sem que propriedades e características tenham sido, de alguma forma, inferidas e/ou medidas. Tais qualidades são muitas vezes íntimas e ocultas e conhecer o íntimo do objeto seria conhecer a essência do próprio objeto. É um estudo do íntimo e do profundo, mas que ao final releva conclusões superficiais. Como exemplo, Poleman (1721 apud BACHELARD, 1996, p. 124), ao falar do enxofre, afirmava que o azeite é capaz de dissolver de forma suave e natural o enxofre, levando o que está dentro para fora. Uma noção por detrás da afirmativa é que o íntimo do objeto, por possuir a sua essência, ao ser levado ao externo, purificaria o objeto.

Realismo: o real é interpretado de tal forma auto evidente, possuindo um valor em si mesmo que não precisaria ser discutido. Bachelard discute este obstáculo se remetendo à história dos fármacos e, entre os exemplos, cita um tratado do século XVIII de Geoffroy, no qual, partindo de um valor evidente relacionado às pedras preciosas, atribuía à esmeralda um poder de cura de hemorragias quando a pedra era utilizada como um remédio. Destaca-se também a defesa de Geoffroy contra os que dissessem que a esmeralda não seria dissolvida no estômago: ele afirmava que, tal como a brasa extrairia da pedra a sua cor, o calor natural e a linfa do estômago removeriam da pedra as partes sulfurosa e metálica que atuariam nos líquidos do corpo humano. Segundo Bachelard, a cor substantifica um valor do mineral. Uma possível descoloração das esmeraldas pela ação estomacal não seria mais que uma substituição “[...] do prazer que se tem ao contemplar o brilho verde e suave da esmeralda” (BACHELARD, 1996, p. 167). O apoio no valor agregado a um objeto para inferir características, como a da esmeralda como um fármaco, leva Bachelard a afirmar que todo realista é um avarento e todo avarento é um realista.

Obstáculo animista: atribui-se vida ao que não tem ou é concedido um valor maximizado à vida e aos seres vivos. Como exemplo, De Bruno (1785, p.15 apud BACHELARD, 1996, p. 188-189), ao descrever o comportamento do ímã, o fazia por analogias utilizando características próprias de seres vivos. De forma semelhante, imperfeições como a ferrugem são também definidas por De Bruno (1785, p.123 apud BACHELARD, 1996, p. 194) como uma doença ao qual o ferro estaria suscetível. Desse exemplo, percebemos que o obstáculo animista não somente ocorre quando se atribui vida aos seres inanimados para a explicação de fenômenos, mas também quando aos seres inanimados que são estudados atribui-se situações próprias dos seres vivos.

Mito da digestão: o estômago era compreendido como uma máquina eficiente, pois tritura alimentos sem ruídos, dissolve sem ser corrosivo, e funde sem ser fogo. A digestão e o corpo humano eram comparados, respectivamente, ao fogo e ao forno. Assim, caberia à química se instruir a partir dos processos digestivos, que trariam consigo a “química natural”. Não se reduzindo somente à comparação do estômago com uma máquina, o entendimento da digestão é estendido e aplicado ao entendimento do próprio universo, que também seria semelhante a um estômago que tritura e digere. Desde o mito da digestão, se concluía ainda que o alimento sólido e consistente seria o mais valioso, pois estaria ligado a um sentido de posse do estômago, pois é ele que sentiria fome para suprir o corpo e é o alimento sólido que extingue a fome. Já os líquidos suprem a sede, que era entendida como uma manifestação do corpo enfermo. Segundo Bachelard (1996, p.210), citando escritos do século XVII, enquanto a fome era entendida como natural, a sede era vista como algo contra a natureza, em que “os que estão febris têm sede, os convalescentes têm fome”. A influência do mito da digestão na ciência é exemplificada por Bachelard (1996, p. 216) com uma descrição presente na conhecida *Encyclopédie*, em que se comenta que para a preparação do aço, além do ferro, poderiam ser utilizadas partes de animais, que possuíam em si um valor por se tratarem de alimentos sólidos.

Libido: a sexualidade, sempre presente e ativa no inconsciente, é empregada na descrição de processos, fenômenos e partes de um objeto de estudo. Tratar o interior de materiais como ventre, corpos envolvidos em interações sendo classificados como ativos ou passivos, ou atribuir propriedades como a esterilidade a metais como o mercúrio, entre outros, são alguns dos exemplos de manifestação deste obstáculo destacados por Bachelard.



Conhecimento quantitativo: o conhecimento quantitativo seria considerado como livre de erro e tudo o que se poderia contar teria uma validade maior do que o que não pode ser quantificado. Bachelard traz alguns exemplos desse tipo de obstáculo, entre eles um relato de um cálculo datado do século XVIII, o qual deduz que a Terra teria se desprendido do Sol há exatos 74.832 anos do momento em que se afirmava isto. Indo além, o cálculo previa que em 93.291 anos a Terra se resfriaria de tal modo que impossibilitaria a vida (CURVIER, 1844 apud Bachelard, 1996, p. 190). Segundo Bachelard, tal predição tão exata é tão surpreendente como são vagas e particulares as leis físicas que levaram a este cálculo.

5.1 Os obstáculos epistemológicos na educação em ciências

A análise da atuação de obstáculos epistemológicos na educação em ciências foi uma das apropriações bachelardianas pioneiras na educação em ciências, tendo as primeiras publicações no início da década de 1990, quando o foco de pesquisa sobre a aprendizagem constituía a principal linha de pesquisa nesse campo do conhecimento. Mais recentemente, a discussão sobre os obstáculos epistemológicos na educação em ciências vem sendo resgatada (DIMOV; PECHLIYE; JESUS, 2014; FREITAS; CHASSOT, 2017; SILVEIRA et al, 2019; GONZÁLEZ-GALLI et al, 2022).

Contudo, há dois aspectos que nos parecem especialmente relevantes, que explicitam uma compreensão imprecisa da noção bachelardiana na educação em ciências: (i) assumir que o obstáculo que possui no nome a palavra “conhecimento” é próprio conhecimento; (ii) desconsiderar que a tipologia do autor é nomeada segundo casos históricos, desconsiderando que pode haver outros obstáculos não classificados pelo autor.

Sobre o primeiro aspecto (i), na leitura de Bachelard, percebemos que mesmo quando Bachelard utiliza a palavra “conhecimento” para definir um obstáculo epistemológico, não é o conhecimento em si que se constitui como obstáculo, mas sim o uso de um determinado conhecimento na construção de novos conhecimentos ou uma forma de conhecer que levará, como produto, a um determinado conhecimento que acaba nomeando o obstáculo. Por exemplo, o obstáculo do conhecimento geral indica uma forma de pensamento que leva a um conhecimento generalista. Assim, não é o produto do obstáculo (o conhecimento geral) o próprio obstáculo, mas sim a forma de pensar que o gerou. De modo semelhante, no caso do obstáculo do conhecimento unitário e pragmático, o obstáculo é a forma de construção de conhecimento em que o pensamento toma a unidade ou o pragmatismo como mecanismos. Por fim, o obstáculo do conhecimento quantitativo também não é o conhecimento em si: o obstáculo consiste no uso pouco cauteloso e com uma valorização exacerbada da quantificação. Na educação em ciências, não distinguir formas de conhecer do conhecimento gerado pode levar, por exemplo, a assumir que concepções alternativas seriam obstáculos epistemológicos, e não resultados desses. Há, nesse caso, um prejuízo na busca por caminhos para lidar com as concepções alternativas de alunos e na busca por possibilitar situações para a construção de ideias científicas.

Já sobre o segundo aspecto (ii), percebemos que há, em muitos casos na literatura em educação em ciências, levantamentos e análises de obstáculos epistemológicos de forma restrita à tipologia de Bachelard, sendo possível que muitos obstáculos epistemológicos atuantes nos processos educativos não sejam reconhecidos. Em trabalhos anteriores (PESSANHA, 2018; VIEIRA et al, 2023), apresentamos



uma tipologia de obstáculos epistemológicos que, a nosso ver, capta a essência da noção bachelardiana e, além disso, permite reconhecer a atuação de outros obstáculos, diferentes daqueles extraídos da análise histórica feita pelo epistemólogo. Na tipologia que propomos, há três tipos básicos de obstáculos:

1. Obstáculos da percepção direta – são os obstáculos que envolvem a percepção imediata da experiência cotidiana. São formas de conhecer que se apoiam no facilmente perceptível, sem um processo analítico (empírico e racionalmente orientado). Incluem-se nesta categoria as formas de conhecer próprias do senso comum que permeiam muitas das concepções espontâneas dos alunos.
2. Obstáculos da metáfora, da analogia e da imagem – são os obstáculos que surgem a partir de um uso inadequado ou inesperado das analogias, metáforas e de imagens na explicação e construção do conhecimento científico. Resultam de uma valorização inadequada de características do análogo, da figura metafórica ou de imagens conhecidas, os quais são utilizados para ilustrar ou explicar determinados aspectos de um objeto de estudo, mas não o objeto em sua integridade.
3. Obstáculos do raciocínio limitado ou incongruente - são formas de pensar limitadas ou ilógicas, que geram explicações insatisfatórias. Em alguns casos, o pensamento fica limitado a uma interpretação superficial e descritiva do observável, mas que leva a regras gerais. Em outros casos, o pensamento tende a extrapolar conclusões de uma situação limitada para outras situações, sem uma devida análise e/ou teste.

Destaca-se que essa tipologia é compatível e inclui a classificação de Bachelard: os obstáculos da percepção direta incluem o obstáculo da experiência primeira; os obstáculos da metáfora, da analogia e da imagem incluem o obstáculo verbal, o obstáculo substancialista, o obstáculo animista e o mito da digestão; os obstáculos do raciocínio limitado ou incongruente incluem o conhecimento geral, o obstáculo realista, o conhecimento unitário e pragmático e o conhecimento quantitativo.

Conforme já destacamos, entendemos que a literatura em educação em ciências tem se apropriado de forma limitada da obra de Bachelard, sendo a noção de obstáculos epistemológicos a mais utilizada, ora de forma adequada, ora de forma pouco adequada. A nosso ver, reconhecer que os obstáculos epistemológicos são formas de conhecer e, além disso, reconhecer que a análise da ação de obstáculos epistemológicos deve ir além da classificação apresentada por Bachelard, são aspectos fulcrais para potencializar o uso da noção na educação em ciências.

6 Algumas considerações finais

Na literatura nacional em educação em ciências, a apropriação e adaptação das ideias bachelardianas vem ocorrendo de forma mais recorrente desde a década de 1990. Contudo, as publicações têm trazido conceitos chave da obra bachelardiana, que são fortemente integrados, de modo compartimentalizado, dificultando e, em alguns casos, descaracterizando as ideias do autor.



Neste artigo, trouxemos uma discussão sobre as noções mais frequentemente utilizadas pela literatura em educação em ciências, buscando explicitar a inter-relação entre elas. Ao tratar das noções de ruptura epistemológica, fenomenotécnica, perfil epistemológico e obstáculos epistemológicos, buscamos ressaltar a natureza dialética do entendimento do fazer científico, o que a nosso ver impacta a compreensão do ensino e aprendizagem em ciências. Ademais, buscamos situar as noções tanto em um tratamento mais amplo envolvendo a compreensão do desenvolvimento e caracterização da ciência, quanto em um tratamento mais específico e individualista, a nível mental dos cientistas, educadores e educandos, enquanto agentes da construção do conhecimento científico movidos pelo espírito pré-científico, o espírito científico e o novo espírito científico.

Enquanto um artigo de natureza teórica, ainda que em torno de parte dos aspectos relevantes da obra bachelardiana, buscamos trazer à luz um olhar marcado, inevitavelmente, pela incompletude, dada a amplitude das ideias do autor. Ainda assim, esperamos que as ideias trazidas sejam instigadoras para se pensar os pressupostos e caminhos da apropriação que a educação em ciências tem feito da obra do epistemólogo francês.

Referências

ANDRADE, B. L.; ZYLBERSZTANJ, A.; FERRARI, N. As analogias e metáforas no ensino de ciências à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. **Ensaio – Pesquisas em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, p. 1-11, 2002.

ARAÚJO, A. F.; ARAÚJO, J. M.; CHAVES, I. M. Da “pedagogia do não” e do “cogito” do sonhador, em Gaston Bachelard: pensando uma educação para a imaginação. **Educação em Revista**, v. 36, p. 1-16, 2020.

BACHELARD, G. **O racionalismo aplicado**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1977.

BACHELARD, G. **A filosofia do não, O novo espírito científico, a poética do espaço**. Coleção ‘Os pensadores’. São Paulo: Abril Cultural, 1978.

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

BACHELARD, G. **Ensaio sobre o conhecimento aproximado**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2008.

BARBOSA, E.; BULCÃO, M. **Bachelard: pedagogia da razão, pedagogia da imaginação**. Petrópolis: Vozes, 2004.

BERTERO, C. O. Réplica 2 - O que é um ensaio-teórico? Réplica a Francis Kanashiro Meneghetti. **Revista de Administração Contemporânea (RAC)**. V. 15, n. 2, p. 320-332, 2011.



BULCÃO, M. **O racionalismo da ciência contemporânea: Introdução ao Pensamento de Gaston Bachelard**. Aparecida: Idéias & Letras, 2009, 232 p.

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. **A necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CARVALHO FILHO, J. E. C. Educação científica na perspectiva bachelardiana: ensino enquanto formação. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, n. 1, p. 8-31, 2006.

CASTELÃO-LAWLESS, T. Phenomenotechnique in Historical Perspective: Its Origins and Implications for Philosophy of Science, **Philosophy of Science**, Chicago, v. 62, n. 1, p. 44-59, 1995.

CAWTHRON, E.R.; ROWELL, J.A. Epistemology and science education. **Studies in Science Education**, New York, n. 5, p.31-59, 1978.

CEDRAN, J. C.; SANTIN FILHO, O. A estrutura dos compostos orgânicos em livros didáticos de nível superior: análise sob a perspectiva de Bachelard. **Revista Exitus**, v. 4, n. 9, p. 405-367, 2019

DIMOV, L. F.; PECHLIYE, M. M.; JESUS, R. C. Caracterização ontológica do conceito de fotossíntese e obstáculos epistemológicos e ontológicos relacionados com o ensino deste conceito. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 7-28, 2014.

DORIGON, L.; MIOLA, D.; CARVALHO, M. A. B.; DELLA JUSTINA, L. A. D.; LEITE, R. F. Perfil epistemológico para o conceito de transformações apresentado nos livros didáticos de química da 1ª série do ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 12, n. 1, p. 584-597, 2019.

EICHLER, M. L.; Acerca dos possíveis compromissos entre as obras de Gaston Bachelard e de Jean Piaget. **Ciência & Cognição**, v. 14, n. 1, p. 171-194, 2009.

FONSECA, D. M. A pedagogia científica de Bachelard: uma reflexão a favor da qualidade da prática e da pesquisa docente. **Educação e Pesquisa**, v. 34, n. 2, p. 361-370, 2008.

FREITAS, E.; CHASSOT, A. Obstáculos epistemológicos no uso de TIC no ensino de ciências. **Revista Areté**, v. 10, n. 22, p. 194-202, 2017.

GONZAGA, P. F. S. Razão e experiência na história da natureza da luz para alunos do Ensino Médio. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2022.

GONZÁLEZ-GALLI, L.M.; PÉREZ, G. M.; CUPO, B. A.; ALEGRE, C. K. Revisión y revalorización del concepto de obstáculo epistemológico para la enseñanza de las Ciencias Naturales. **Ciência & Educação**, v. 28, p. 1-17, 2022.

HODSON, D. Philosophy of science, science and science education. **Studies in Science Education**, New York, n.12, p.25-57, 1985.



LEDERMAN, N. G. Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29, p. 331-359, 1992.

LÔBO, S. F. O ensino de química e a formação do educador químico, sob o olhar bachelardiano. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 1, p. 89-100, 2007.

LOPES, A. R. C. A concepção de fenômeno no ensino de química brasileiro através dos livros didáticos. **Química Nova**, São Paulo, v. 17, n. 4, p. 338-341, 1994.

LOPES, A. R. C. Bachelard: o filósofo da desilusão. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v. 13, n. 3, p. 248-273, 1996.

MALUF, V. J. A contribuição da epistemologia de Gaston Bachelard para o ensino de ciências: uma razão aberta para a formação do novo espírito científico: o exemplo na astronomia. Tese (Doutorado em Educação Escolar) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, 2006.

MARTIN, B.; KASS, H.; BROWER, W. Authentic science: a diversity of meanings. **Science Education**, New York, v.74, n.5, p.541-554, 1990.

MELLADO, V.; CARRACEDO, D. Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. **Enseñanza de las ciencias**, v. 11, n. 3, p. 331-339, 1993.

MENEGHETTI, F. K. O que é um ensaio-teórico? **Revista de Administração Contemporânea (RAC)**. V. 15, n. 2, p. 320-332, 2011.

MELO, V. F.; AMANTES, A. Mapeando elementos do perfil epistemológico de densidade. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 17, n. 38, p. 153-172, 2021.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos?. **Investigações em ensino de ciências**, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

NUSSBAUM, J. Classroom conceptual change: philosophical perspectives. **International Journal of Science Education**, London, n. 11, p.530-540, 1989.

PÉREZ; D. G.; MONTORÓ, I. F.; ALÍS; J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA; J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. São Paulo, **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

PESSANHA, M.; PIETROCOLA, M. O ensino de estrutura da matéria e aceleradores de partículas: uma pesquisa baseada em design. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, p. 361-388, 2016.

PESSANHA, M.; PIETROCOLA, M. Particle Accelerators and Didactic Obstacles: A Teaching and Learning Experience in São Paulo and Cataluña. In: PIETROCOLA, M.; GURGEL, I. (Org.). **Crossing the Border of the Traditional Science Curriculum: Innovative Teaching and Learning in Basic Science Education**. 1ed. Rotterdam: Sense Publishers, 2017, p. 45-59.



PESSANHA, M. Obstáculos cognitivo-epistemológicos e modelos explicativos no estudo sobre a estrutura da matéria nas aulas de física. **Investigações em ensino de ciências**, v. 23, p. 383-405, 2018.

RHEINBERGER, H., Gaston Bachelard and the Notion of “Phenomenotechnique”. **Perspectives on Science**, Nova York, v. 13, n.3, p. 313-328, 2005.

SILVA, V. A. Ruptura epistemológica e construtivismo pedagógico em Gaston Bachelard. **Revista Tempos e Espaços em Educação**, v. 2, p. 69-80, 2009.

SILVA JÚNIOR, A. G.; TENÓRIO, A. C.; BASTOS, H. F. B. N. O perfil epistemológico do conceito de tempo a partir de sua representação social. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 2, p. 188-204, 2007.

SILVEIRA, F. A.; VASCONCELOS, A. K. P.; ALMEIDA, S. N.; SANTOS NETO, M. B. Investigação dos obstáculos epistemológicos no ensino de química: uma abordagem no tópico modelos atômicos. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista**, v. 9, n. 1, p. 31-46, 2019.

TRITIN, R. S.; GOMES, L. C. Perfis Epistemológicos dos Livros Didáticos de Física do PNLD de 2018. **Acta Scientiae**, v. 20, n. 2, 2018.

VIEIRA, M.; BEM, L.; ROCHA, E.; PENHA, B.; MASSONI, G.; PESSANHA, M. Obstáculos epistemológicos e a argumentação em vídeos de conteúdo terraplanista. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 6, p. 132-155, 2023.

VILLANI, A. Filosofia da Ciência e Ensino de Ciência: uma analogia. **Ciência & Educação**, v.7, n.2, p.169-181, 2001.