

A FORMAÇÃO DO ESPÍRITO CIENTÍFICO NO ENSINO DE CIÊNCIAS

THE FORMATION OF SCIENTIFIC SPIRIT IN SCIENCE EDUCATION

José Vicente de Souza Aguiar
Universidade do Estado do Amazonas - UEA
jvicente@uea.edu.br

Ana Kerolaine Pinho Burlamaqui
Secretaria Municipal de Educação - SEMED/AM
kerolainebur@gmail.com

Resumo

Este artigo tem como objetivo compreender a formação do espírito científico e sua articulação com o ensino de ciências, ao entender que o conhecimento é fruto de um processo contínuo e inacabado, cujo movimento dialético possibilita construir, desconstruir e retificar. A pesquisa é de natureza teórica, realizada mediante a análises das obras *A formação do espírito científico* (1938/1996) e *O novo espírito científico* (1978) de Gaston Bachelard. Ressaltamos a importância de pensar o ensino de ciências com destaque para as discussões de fundamentação epistêmica, considerando que, na vida acadêmica, é necessário ter um espírito aberto, submetido a sucessivos processos de retificações das ideias, por meio do reconhecimento dos obstáculos epistemológicos, o que possibilita o dinamismo do espírito e o progresso da ciência.

Palavras chave: espírito científico, ensino de ciências, obstáculos epistemológicos, retificação.

Abstract

This article aims to understand the formation of scientific spirit and its articulation to science teaching, understanding that knowledge is the result of a continuous and unfinished process, whose dialectical movement allows for construction, deconstruction, and rectification. The research is of a theoretical nature, realized through the analysis of the works *The formation of scientific spirit* (1938/1996) and *The new scientific spirit* (1978) by Gaston Bachelard. We emphasize the importance of thinking about science teaching with emphasis on discussions of epistemic foundations, considering that in academic life, it is necessary to have an open spirit, subjected to successive processes of rectification of ideas, through the recognition of epistemological obstacles, which enables the dynamism of the spirit and the progress of science.

Key words: scientific spirit, science teaching, epistemological obstacles, rectification.

Introdução

A questão de pesquisa apresentada tem como escopo os conceitos de obstáculos epistemológicos, formação do espírito científico e suas articulações ao ensino de ciências, a partir das discussões centradas na filosofia da ciência em Bachelard (1938, 1978). Para o filósofo, o fazer científico solicita um espírito aberto, capaz de submetê-lo a sucessivos processos de retificações do pensamento, de modo a promover as superações dos obstáculos epistêmicos.

Em consonância a esse movimento da formação do espírito científico, entendemos que, na Educação Básica, em especial no ensino de ciências, as atividades docentes necessitam focar não apenas nas estratégias pedagógicas para ensinar os resultados das pesquisas, mas, sobretudo, despertar nos aprendentes a formação dos espíritos científicos, em outros casos, localizar os obstáculos epistemológicos e desenvolver estratégias para a promoção das rupturas.

[...] a tese filosófica que vamos sustentar: o espírito científico deve formar-se *contra* a Natureza, contra o que é, em nós e fora de nós, o impulso e a informação da Natureza, contra o arrebatamento natural, contra o fato colorido e corriqueiro. O espírito científico deve formar-se enquanto se reforma (BACHELARD, 1996, p. 29, grifo do autor).

O investimento na formação precisa envolver os alunos em atividades que possam propiciar a formação epistêmica, com destaque para a natureza filosófica da produção científica, logo das verdades que ela representa. Atitude que requer uma pedagogia científica na qual o estudante seja convidado a se expressar livremente, pronunciando pensamentos, hipóteses, manifestando dúvidas, mediante um ambiente favorável à reflexão e à prática, à cooperação, aos diálogos, às tentativas, aos erros e acertos. Assim, defendemos uma abordagem construtivista no ensino de ciências, subsidiados por reflexões teórico-metodológicas fundamentadas em Bachelard e em estudiosos como Astolfi (1999), Borges e Moraes (1998), Moraes *et al* (2003) que realizaram transposições da epistemologia histórica para o campo educacional, ao pensar o ensino de ciências.

Contextualização da pesquisa

A investigação foi desenvolvida com vista a entender como se constitui a articulação entre os obstáculos epistemológicos, a formação do pensamento científico e o ensino de ciências. No primeiro momento, realizamos a leitura das obras (1938, 1978) de modo a conhecer as categorias e conceitos utilizados à luz da filosofia da ciência de Bachelard e posteriormente empreendemos deslocamentos conceituais.

Gaston Bachelard e a formação do espírito científico

Gaston Bachelard (1884-1962) foi epistemólogo e professor, destinou seus estudos a investigar a natureza do conhecimento científico, buscando compreender a ciência em sua constituição sócio-histórica, em seus movimentos de rupturas epistêmicas e retificações, cuja

processualidade e inacabamento demandam um espírito aberto, capaz de submeter os seus pressupostos epistêmicos à reflexividade, ou seja, pôr suas verdades em questionamento.

O contexto da Revolução científica¹ do século XX, marcado pelo advento da Física Quântica e pela Teoria da Relatividade formulada por Albert Einstein (1879-1955), motivou profundas reflexões em Bachelard, fornecendo subsídios à fundamentação de sua epistemologia histórica e à criação dos conceitos de obstáculos epistemológicos e rupturas.

O termo epistemologia deriva da palavra grega *episteme*, “conhecimento ou ciência” e de sua junção ao sufixo *logos*, “estudo”, significando “estudo do conhecimento”. A epistemologia é uma das principais áreas da filosofia, responsável por investigar sobre o modo como o conhecimento é construído, seu progresso, descontinuidades, problemas e validade teórica. Em sua epistemologia histórica, Bachelard (1996) procedeu uma análise acerca do pensamento científico abstrato, cuja formação perpassa três momentos fundamentais.

O primeiro corresponde ao período pré-científico, da Antiguidade Clássica até o século XVIII, cuja visão concreta do mundo originou inúmeros obstáculos epistemológicos. A linguagem metafórica, repleta de imagens e generalizações representava impedimentos ao processo abstrativo. O segundo, período científico, compreende o fim do século XVIII ao início do XX. Neste decurso, buscou-se universalizar o método científico a partir da investigação e por meio da utilização dos procedimentos experimentais. O terceiro, o novo espírito científico, surge a partir do desenvolvimento da Teoria da Relatividade de Einstein (1905) e da Mecânica Quântica até os dias atuais, período marcado por avanços científicos e tecnológicos no qual “a razão multiplica suas objeções, dissocia e religa as noções fundamentais, propõe as abstrações mais audaciosas” (BACHELARD, 1996, p. 9).

O novo espírito científico requer uma adequação às formas de pensar, rompe com o senso comum e busca refletir acerca da realidade assimilada pela percepção, possui gênese e estruturas próprias. Dotado de potencialidades, é capaz de criar, produzir, retificar e inovar. A exemplo do pensamento científico, o espírito perpassa três estados no processo de formação individual:

Estado concreto, no qual o indivíduo forma suas opiniões a partir das primeiras imagens adquiridas acerca dos fenômenos investigados, também denominado conhecimento primeiro, constituído de suas experiências no mundo. O estado concreto-abstrato diz respeito às imagens que representam o fenômeno e está ligado às experiências anteriores em que o espírito é capaz de proceder generalizações e desvendar descobertas. Por último, o estado abstrato, simboliza a adoção de informações a partir de constatações. Nesse momento, o sujeito se torna capaz de observar e analisar problemas complexos e obtém novos meios de alcançar o conhecimento. Cabe destacar que esses estados não implicam sequenciamentos, mas podemos dizer que o pensamento científico não se faz, senão, por processos de avanços mediados por rupturas epistêmicas.

A tese defendida pelo filósofo visa à reformulação do conhecimento através das rupturas epistêmicas, de modo a possibilitar a dialética do pensamento e da ciência. Neste sentido, a retificação representa o conceito central da obra *A formação do espírito científico*, ao estabelecer uma ruptura com o passado, com os preconceitos e com o senso comum, movimento que possibilita o rejuvenescimento do espírito, a superação dos obstáculos e a abertura aos novos conhecimentos.

¹ Em Thomas Kuhn (1978, p. 125), o termo faz referência aos “episódios de desenvolvimento não-cumulativo, nos quais um paradigma mais antigo é total ou parcialmente substituído por um novo, incompatível com o anterior”.

A retificação é definida pela atitude dialética do espírito que possibilita atualizar, refutar ou reformular o arcabouço de conhecimentos construídos. Um exemplo deste processo ocorre quando observamos um texto escrito por nós a algum tempo atrás, ao retomá-lo, certamente surgem novas ideias e possibilidades de reajustes. Ao lê-lo, detectamos os limites compreensivos, o que revela o rejuvenescimento do pensamento.

Em Bachelard (1996), o conhecimento científico é construído por meio de aproximações, através da constante análise dos erros anteriores, um processo contínuo de retificações, movido pela superação dos obstáculos epistemológicos. Todavia, esse procedimento somente ocorre se o espírito estiver aberto, pois o conhecimento científico é para aqueles que aceitam o desafio de estar em constante processo de atualização e busca pelo novo, inquietando-se. Atitude que mantém a ciência viva e garante seu pleno funcionamento.

No processo formativo, a aproximação representa um elemento fundante à construção do pensamento, pois este exercício progressivo - não linear - torna o conhecimento possível. Mas, se este processo comporta imagens e obstáculos de diversas naturezas, torna-se necessário psicanalisá-lo, retirando qualquer forma utilitarista. Ao proceder desta forma, voltamos o espírito real para o artificial, o natural para o humano, o plano representativo para o abstrato.

Ao longo da formação do conhecimento científico, ocorrem crises relacionadas à desconstrução de ideias e de pensamentos que implicam em reorganizações do saber, no qual o conhecimento vulgar é substituído a partir de uma conversão de interesses e valores:

Ora, o espírito científico é essencialmente uma retificação do saber, um alargamento dos quadros do conhecimento. Ele julga seu passado histórico, condenando-o. Sua estrutura é a consciência de suas faltas históricas. Cientificamente, pensa-se o verdadeiro como retificação histórica dum longo erro, pensa-se a experiência como retificação da ilusão comum e primeira. Toda a vida intelectual da ciência atua dialeticamente sobre esta diferencial do conhecimento, na fronteira do desconhecido. A essência mesma da reflexão é compreender que não se havia compreendido. Os pensamentos não-baconianos, não-euclidianos, não-cartesianos são resumidos nas dialéticas históricas que apresentam a retificação dum erro, a extensão dum sistema, o complemento dum pensamento (BACHELARD, 1978, p. 176).

A ciência e as aprendizagens científicas progredem através deste movimento de mobilização do espírito, assim, a verdade não é definitiva, mas circunstancial, situada no tempo histórico. Esse pressuposto bachelardiano sugere que se tenha uma prática pedagógica em constante processo de retificação e vigilância epistemológica, a ponderar que a formação do espírito científico é setorial. Está disposta a questionar e retificar seus princípios, suas verdades, solicita criatividade, dinamicidade, espírito de dúvidas, dialética que rompe dualismos e instaura uma filosofia de dois polos, capaz de dialogar com o sujeito e o objeto, com o empirismo e o racionalismo.

Obstáculos epistemológicos à construção do pensamento científico

Os obstáculos epistemológicos representam formas de pensamento rígidas e acríticas, cujo conforto intelectual estabeleceu suas bases, causando estagnação e regressão do pensamento. Essa inércia, impede a ciência de progredir. No caso educacional, dificultam a compreensão

dos alunos e a construção de novas aprendizagens. Portanto, o conceito pode ser investigado no desenvolvimento histórico do pensamento científico e na prática da educação.

Quando se procuram as condições psicológicas do progresso da ciência, logo se chega à convicção de que é em termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico deve ser colocado. E não se trata de considerar obstáculos externos, como a complexidade e a fugacidade dos fenômenos, em 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. É aí que mostraremos causas de estagnação e até de regressão, detectaremos causas de inércia às quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos (BACHELARD, 1996, p. 17).

Diversos obstáculos se apresentam como entraves à formação do espírito científico, dentre eles estão: a experiência primeira, obstáculo generalizante, obstáculo verbal, obstáculo do conhecimento unitário e pragmático, obstáculo substancialista, obstáculo realista e obstáculo animista. De modo a possibilitar suas compreensões, apresentamos esboços de suas naturezas.

A **experiência primeira** corresponde a forma de conhecimento imagética, cuja apreensão das informações é realizada a partir de explicações imprecisas, sem o necessário aprofundamento. O espírito se satisfaz com as primeiras impressões, visto que há mais apego pela *beleza do experimento* do que pela sua *explicação científica*. Na educação, a experiência primeira representa uma certeza *a priori*, de natureza inconsciente e inquestionável, embora, carregada de erros:

[...] as experiências muito marcantes, cheias de imagens, são falsos centros de interesse. É indispensável que o professor passe continuamente da mesa de experiências para a lousa, a fim de extrair o mais depressa possível o abstrato do concreto (BACHELARD, 1996, p. 50).

Nos processos formativos e de produção de conhecimentos, é necessário superar as impressões advindas e recuperar a crítica à procura da verdade, ao invés de proceder uma adesão imediata às primeiras concepções, em busca de uma atitude reflexiva sobre a produção destes saberes. Nessa fase, o encantamento do experiente é mais profundo do que a explicação científica do procedimento que levou a sua realização.

Em decorrência da experiência primeira, funda-se o **obstáculo generalizante**, como resultado do estado de *conformidade* instituído pelo espírito, o que dificulta a busca pelos estudos aprofundados e conduz ao raciocínio indutivo, repleto de generalizações precipitadas e, conseqüentemente, à estagnação do conhecimento. Segundo Bachelard (1996, p. 69) “nada prejudicou tanto o progresso do conhecimento científico quanto a falsa doutrina do geral”.

Transposto para o ensino, este obstáculo conduz a conhecimentos de natureza imprecisa e genérica, pois o estudante constrói seus saberes demasiadamente depressa, fortalecendo a concepção de que diferentes fenômenos podem ser compreendidos a partir da mesma perspectiva.

O ato de conhecer não possui formas simplistas e acabadas. Se realizado com facilidade, possivelmente, esteja à mercê do plano ilusório, visto que o prazer intelectual pela

generalização apressada, ameaça o pensamento, carecendo de certa vigilância epistemológica. Em outros termos, o espírito precisa ser impactado e vivenciar o processo de superação dos obstáculos, condição que o possibilita partir para um plano real, rumo à abstração.

O **obstáculo verbal** simboliza certa tendência em associar uma palavra concreta a outra de natureza abstrata, condição ligada ao pensamento, que envolve a exposição dos hábitos de natureza verbal a sua excessiva adjetivação. Bachelard (1996) utiliza o exemplo da esponja para ilustrar este obstáculo, uma vez que devido sua capacidade de filtrar, ela expressa variados fenômenos e caracteriza o empirismo ingênuo.

A imagem expõe complicações e faz com que o espírito tenha dificuldade para esquivar-se, pois é através das imagens e palavras que constituímos a explicação. Deste modo, o emprego de analogias e metáforas requer vigilância epistemológica, visto que a inadequação destes recursos pode gerar obstáculos epistêmicos. Para evitar que isso ocorra, seu uso é indicado somente após à formulação da compreensão teórica.

O espírito científico precisa se opor às imagens, buscando retirar as analogias e metáforas através do processo de psicanálise, “[...] não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana” (BACHELARD, 1996, p. 23).

Com o **obstáculo do conhecimento unitário e pragmático** ocorre a conformação do pensamento segundo uma filosofia unificadora, a inconsciência torna a experiência inerte, o espírito vê na unidade um princípio alcançado sem maiores esforços. A natureza é concebida como única, logo é possível explicar diferentes fenômenos pelo mesmo axioma.

No que concerne o ensino de ciências, nosso desafio é extrapolar o ensino das respostas e das explicações simplistas, com intuito de favorecer a criatividade e o ensino das perguntas, mediante a formação do pensamento crítico, associativo, capaz de pensar sob diferentes perspectivas.

A utilização despreocupada de analogias e metáforas pode provocar a fuga das ideias e limitar a abstração do pensamento. “O perigo das metáforas imediatas para a formação do espírito científico é que nem sempre são imagens passageiras; levam a um pensamento autônomo; tendem a completar-se, a concluir-se no reino da imagem” (BACHELARD, 1996, p.101), já o aspecto pragmático é referente à força da indução utilitarista que possui tendência a procurar por uma função, um objetivo, algo que explique o determinado fenômeno.

O **obstáculo substancialista** é dotado de uma falsa pista, cujos problemas suscitam experiências definidas por intuições vagas. A partir do momento que o espírito aceita o caráter substancial de um fenômeno, insere na experiência uma imensidão de imagens. Ocorre que o espírito:

Atribui à substância qualidades diversas, tanto a qualidade superficial como a qualidade profunda, tanto a qualidade manifesta como a qualidade oculta. Seria possível falar de um substancialismo do oculto, de um substancialismo do íntimo, de um substancialismo da qualidade evidente (BACHELARD, 1996, p.120).

No ensino, a atribuição de características às substâncias instaura um sentido polissêmico que pode conduzir a interpretações errôneas, cujos fenômenos fogem da crítica por seu aspecto

geral, sendo por este motivo um dos obstáculos mais difíceis de superar, pois apoia-se a uma filosofia fácil, ainda que necessite de uma explicação rigorosa.

O **obstáculo realista** decorre do sentimento de posse e obtenção de lucratividade. O argumento realista possui expressivo peso contra o que não é, estabelece uma aproximação limitada somente no alcance do campo concreto, fator que obstaculiza e impede a ultrapassagem do conceito por não desprender tempo e reflexividade direcionados à atividade de abstração. Comumente, apresenta imagens e analogias para descrever o real, isto é, o realismo considera a verdade incontestável.

Para Bachelard (1996), todo avarento é realista, uma vez que transforma o objeto em fonte de prazer, a mente é deslumbrada com a presença do real, fundamentada pelas impressões pessoais. Em consequência disto, recusa novos ensinamentos e retificações. Portanto, seja na ciência ou no ensino, é preciso romper a visão realista, construir um espírito suscetível a rupturas.

O **obstáculo animista** se constitui a partir do uso de atributos antropomórficos na explicação de fenômenos. No ensino, ao proceder desta forma, o docente relaciona questões vitais a objetos inanimados, corroborando a construção de uma visualização grosseira e equivocada que culmina em entraves na aprendizagem. Há de se ponderar que a desconstrução de uma ideia ou conceito ensinados erroneamente representa um desafio, afinal, a inércia e o conforto intelectual são cômodos. Todavia, o espírito científico solicita esta dialética.

Através desta perspectiva, Bachelard (1996) tece críticas ao conhecimento mal definido, o que caracteriza o pensamento pré-científico. E afirma, “Aceder à ciência é rejuvenescer espiritualmente, é aceitar uma brusca mutação que contradiz o passado” (BACHELARD, 1996, p. 18). Dois capítulos da obra *A formação do espírito científico* são destinados a descrever e exemplificar a atração dos cientistas pela dedução por meio de fantasias animistas que consideravam apenas elementos orgânicos, sendo eles **O mito da digestão** e a **Libido do conhecimento objetivo**.

Os obstáculos epistemológicos estão interligados e podem coexistir, contudo, a base rígida, inconsciente, obstrui as aprendizagens e reivindicam intervenções pedagógicas específicas com vista a desestabilizá-los e retificá-los, fruto de um esforço didático-epistêmico. Movimento difícil, porém, necessário. Contudo, é preciso reconhecer que, na prática do ensino de ciências, existem obstáculos para além do campo epistêmico, identificados em domínios didáticos e psicológicos, como demonstram os estudos de Astolfi (1999), estudioso de Bachelard.

Uma prática pedagógica direcionada aos obstáculos exige momentos de trabalho *in loco*, no qual o docente seja capaz de desacelerar e empenhar esforços a identificá-los, promovendo rupturas e a superação dos obstáculos. O ato de superá-los permite caminhar, em contraposição, negligenciá-los, obstrui o pensamento e causa prejuízos a aprendizagem (ASTOLFI, 1999).

Em Bachelard (1996), o processo de psicanálise² permite interpretar os conhecimentos construídos pelo indivíduo a partir do esforço intelectual para afastar as fantasias da produção do conhecimento, uma vez que o excesso de imagens pode motivar experiências marcantes, embora sejam falsos centros de interesses.

² O termo psicanálise fundamentado pelo autor possui como referência os estudos de Freud, bem como o tratamento realizado para diminuir os problemas pertencentes à *psiquê*, no qual a interpretação da transferência e da resistência com análise de livre associação é o principal método utilizado.

A pedagogia científica de Bachelard

No campo educacional, a pedagogia científica de Bachelard empreende um movimento formativo contínuo e inacabado, tanto por parte do professor quanto do aluno, com vista a construir, desconstruir e retificar o pensamento ao longo da vida, atitude que demanda flexibilidade, rigor e abertura do espírito.

Bachelard (1996) fundamenta uma abordagem construtivista pedagógica da ciência e do ensino, exemplificando mediante episódios históricos que a construção de conhecimentos naturalmente comporta desvios, erros e rupturas. A pedagogia científica bachelardiana se apresenta como possibilidade de pensar o fazer docente, enraizada nas concepções filosóficas e nas teorias do conhecimento. Assim, para Moraes *et al* (2003, p. 33):

[...] a construção do “ser professor” também pode ser vista como uma caminhada epistemológica. Além do que, um professor que tem uma postura epistemológica tem mais condições de discernir sobre o ensino mais adequado de um menos adequado, tem melhores condições de avaliar o processo de construção dos alunos e o próprio processo de ensino e tem mais chances de ter mais clareza sobre o significado de ensinar e de aprender ciências.

O olhar epistemológico clarifica a reflexão pedagógica sobre os processos de ensino-aprendizagem ancorados nas condições de produção do conhecimento, ao reconhecer a processualidade, a mobilização do espírito, as descontinuidades. O professor não direciona seu pensar epistêmico apenas aos conteúdos ensinados, mas o redireciona às formas como exercem o ato de pensar o ensinar e o aprender.

O professor que adota uma postura epistemológica questiona suas verdades, saberes e práticas, reorienta sua práxis a partir das dificuldades e interesses dos estudantes, em objeção a posturas rígidas que concebem a atividade de ensino *a priori*, como no ensino tradicional. Bachelard (1996) teceu críticas à atividade de ensino que se limita à reprodução e ao compartilhamento de uma visão reducionista ou distorcida da ciência como produtora de verdades universais, isenta de erros:

[...] ao diminuir a dificuldade dos problemas de física, ao implantar, em certos casos, até um ensino de física sem problemas, feito só de perguntas orais, desconhecem o real sentido do espírito científico (BACHELARD, 1996, p. 50).

Bachelard defende que a aprendizagem científica demanda o rompimento com os conhecimentos primeiros, o que consiste na superação dos obstáculos epistemológicos. Portanto, o papel da escola está para além da mera transmissão de conteúdos, no sentido de oferecer a possibilidade de o aluno pensar abertamente, questionar verdades, pôr em exercício a dúvida e, na proporção de sua formação intelectual, produzir conhecimentos. Em qualquer nível de ensino, os alunos, ou precisam ser iniciados a conhecer os percursos das produções dos conhecimentos, ou desenvolver pesquisas de modo que tenham o domínio dos procedimentos teóricos e metodológicos que levaram a determinados resultados científicos.

Gostaríamos de destacar dois movimentos no campo educacional, o primeiro em que os alunos são levados a conhecer os resultados das pesquisas, cujas posturas corresponderiam à condição de consumidores das produções. O segundo, sugerido por Bachelard (1996), visa

conhecer os processos de produção do conhecimento, cujos alunos podem ser estimulados a serem produtores da ciência, afinal “o ensino das descobertas ao longo da história científica pode ser de grande ajuda. Para ensinar o aluno a inventar, é bom mostrar-lhe o que ele pode descobrir” (BACHELARD, 1996, p. 303).

Na prática pedagógico-científica, o professor pode ser alguém que estimula, questiona, sobretudo, promove rupturas e retificações, atitudes que favorecem o criar, o criticar, o produzir e o pesquisar, com vista a substituir a curiosidade espontânea pela curiosidade epistêmica, desenvolvendo a autonomia intelectual. Em concordância com Bachelard (1996, p. 289), reconhecemos:

Sem dúvidas, seria mais simples ensinar só o resultado. Mas o ensino dos resultados da ciência nunca é um ensino científico. Se não for explicada a linha de produção espiritual que levou ao resultado, pode-se ter certeza de que o aluno vai associar o resultado a suas imagens mais conhecidas. É preciso “que ele compreenda”. Só se consegue guardar o que se compreende. O aluno compreende do seu jeito.

Os alunos possuem conhecimentos prévios e experiências que podem ser utilizados em sala de aula. Por mais imprecisos ou gerais, é importante trazê-los para discussão, problematizá-los e, a partir disto, desestabilizar ideias e conceitos, atividade que demanda tempo, assim como a construção dos conhecimentos científicos. Nesta perspectiva, defendemos uma atividade de ensino demorada, significativa, que proporcione bons encontros com os espaços educativos e aprendizagens científicas. Isto é, para além da simples visitação de conteúdos.

A história das ciências nos faz pensar [...]. Quantos séculos podem ser necessários para elaborar um conhecimento! Mesmo que não seja necessário um tempo igualmente longo na sala de aula [...] A própria história mostra o avanço dos conhecimentos por aproximações sucessivas, através de rupturas e retificações que integram as conquistas anteriores e alteram a visão do mundo (MORAES *et al*, 2003, p. 220).

O conhecimento científico e as aprendizagens científicas são fruto de movimentos de aproximação, de tentativas, erros e acertos, cujo processo não é possível abreviar. A ciência é fruto de transformações que compreendem a emergência do saber. Assim, o domínio epistemológico faz sentido para a escola como oportunidade de aprimoramento do espírito, para conhecer e racionalizar suas ações, que devem estar inseridas na formação e na educação.

É importante que o docente reconheça a provisoriidade do pensamento e suas lentidões, cujos processos de tentativas de aproximação favorecem a incidência de erros nos processos adotados, sejam de essência conceitual ou prática. Isso porque o ato de conhecer solicita liberdade criativa, longe de representar uma atividade automatizada.

Os erros representam elementos fundantes da ciência e do processo de ensino-aprendizagem, pois retiram o espírito do estado de inércia, correspondem a possibilidades de descobertas e construções, inerentes ao conhecimento. Não basta somente livrar o espírito dos erros, é preciso passar pelo processo de refinamento do qual serão retirados os erros mais capciosos. Essa pedagogia requer sociedades científicas capazes de fazer um esforço lógico e

psicológico, visto que o esforço está para além do âmbito epistêmico, incide no plano da existência do sujeito, solicita uma condição de suscetibilidade do ser na sua experiência no mundo vivido e na produção da ciência:

Ao retomar um passado cheio de erros, encontra-se a verdade num autêntico arrependimento intelectual. *No fundo, o ato de conhecer dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização [...]* (BACHELARD, 1996, p. 18, grifo nosso).

A progressão da ciência e das aprendizagens científicas depende intimamente da identificação dos erros e da ultrapassagem dos obstáculos epistemológicos a partir de sua refutação e descontinuidade, visto que “Psicologicamente não há verdade sem o erro retificado” (BACHELARD, 1996, p. 293). A formação do espírito científico não decorre apenas do acesso aos laboratórios, mas exige, sobretudo, um exercício de espiritualização.

Bachelard (1978, p. 79) defende “[...] seja em que nível for da educação, o psiquismo humano deve ser permanentemente remetido para a sua tarefa essencial de invenção, de atividade de abertura”. É na escola que esses potenciais se desenvolvem por meio de diferentes ideias que se entrelaçam em situações diárias. Logo, mais do que conhecer os resultados consagrados das pesquisas, a escola precisa envolver os estudantes no processo de aquisição de uma cultura científica, cuja finalidade é eminentemente sua. Uma vez que há dois regimes de conhecimentos, um adquirido na vida mediante as experiências do mundo vivido; outro no ambiente de escolarização. Esse último precisa ser cultivado pedagogicamente de modo a estimular o espírito científico.

Envolver os alunos em uma cultura científica corresponderia a prepará-los para entender que a ciência não responde por tudo e que ela é atravessada por campo de forças, além de reconhecer sua historicidade, rupturas, aproximações, retificações. Mas para isso, precisamos fundamentalmente incentivar a autonomia intelectual, valorizar o ensino das perguntas, cultivar os espíritos abertos para a ciência e para a vida.

Resta, então, a tarefa mais difícil: colocar a cultura científica em estado de mobilização permanente, substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico, dialetizar todas as variáveis experimentais, oferecer enfim à razão razões para evoluir. Tais observações podem, aliás, ser generalizadas: são mais visíveis no ensino de ciências, mas aplicam-se a qualquer esforço educativo (BACHELARD, 1996, p. 24).

A pedagogia científica exige a participação ativa dos estudantes a partir de diálogos, questionamentos, trocas de experiências e dúvidas. Ao professor cabe a mediação destes processos, o desafio de potencializar a curiosidade epistemológica e incentivar a autonomia. “O essencial é permitir que as crianças sejam autoras do seu conhecimento [...], enquanto o professor é o mediador capaz de incentivá-las e apoiá-las na construção de conhecimentos novos” (BORGES; MORAES, 1998, p. 26), em um ambiente dinâmico, de descobertas, desconstruções e retificações. Nesta perspectiva, Moraes *et al* (2003) destacam algumas atitudes construtivistas que favorecem a formação do espírito científico nos estudantes, tais

como atitude pesquisadora, atitude questionadora, flexibilidade, mediação, problematização, interdisciplinaridade e diálogo.

Considerações finais

A pesquisa evidencia a possibilidade de fundamentação da pedagogia bachelardiana no ensino de ciências, sobretudo, na prática do trabalho docente e nos processos de formação de professores/as, cuja aplicabilidade favorece à formação do espírito científico, mediante uma pedagogia da incerteza e do descontínuo, destinada tanto ao professor, quanto aos estudantes.

Um dos filósofos contemporâneos de maior expressividade, Bachelard, atribuiu sentido à ciência nascente que emergiu a partir do século XVI e prolongou-se até o século XVIII, levando-o a repensar concepções e formular conceitos como o de obstáculos epistemológicos, rupturas, substancialismo, animismo e imagismo. Bachelard propôs o rompimento com a ciência clássica positivista, partindo do princípio de que um novo objeto de estudo pode ser formulado através do avanço descontínuo e do rompimento de visões absolutas. Em oposição a qualquer atitude dogmática que torne o pensamento sensível e estéril.

Defendemos que a formação do espírito científico se constitui por meio das rupturas com o senso comum, com as experiências primeiras e com os juízos pré-estabelecidos. Para que isso ocorra, é preciso inconformismo intelectual, de modo a considerar as verdades como passageiras, pois na ciência, as verdades são históricas e sofrem deslocamentos. É através da produção e da retificação que o espírito se aproxima da verdade.

O princípio pedagógico bachelardiano visa ao espírito dinâmico, ativo, cuja Filosofia do *não* se apresenta contra as formas de acabamento, pois todo ensino está ligado ao fluxo e refluxo do empirismo e do racionalismo. Essa é uma alternativa fundamental para a ação psicológica, mediante a necessidade de inquietar a razão e buscar novos conhecimentos.

A abordagem construtivista pedagógica de Bachelard oferece o desafio de repensar os conhecimentos e o modo como estão sendo produzidos, enfatiza o papel do professor mediador na construção dos saberes do aluno, destacando a necessidade de repensar os erros para que não sejam vistos como atitude negativa. Assim, o filósofo sugere uma nova concepção de ensino, considerando o sujeito como participante ativo, para quem sejam apresentados os procedimentos investigativos usados para chegar a determinadas compreensões dos fenômenos, cujos resultados são inacabados, aproximados para o mundo da ciência.

Ademais, os estudos de Bachelard fundamentam a pesquisa no ensino de ciências em temáticas relacionadas ao erro, a exemplo de Pontes (2019), Burlamaqui (2021), acerca dos obstáculos epistemológicos em livros didáticos, Pereira (2017), Vicentini (2018) e na formação de professores Bernardes e Cunha (2021), Santos e Kiouranis (2021).

Agradecimentos e apoios

À agência de fomento Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo subsídio que viabilizou a pesquisa.

Referências

- ASTOLFI, J.P. **El “error”, un medio para enseñar.** Sevilla: Díada Editora, 1999.
- BACHELARD, G. **A Formação do Espírito Científico** (1938). Trad. Estela do Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BACHELARD, G. **O novo espírito científico.** Coleção Os Pensadores. São Paulo: Abril Cultural, 1978.
- BERNARDES, S. T. A.; CUNHA, V. G. R. Contribuições de Gaston Bachelard para pensarmos a formação docente em tempos de pandemia. **REVISTA UNIARAGUAIA**, p. 95-112, ago. 2021. Disponível em: <<http://www.fara.edu.br/sipe/index.php/REVISTAUNIARAGUAIA/article/view/1048>>. Acesso em: 21 fev. 2023.
- BORGES, R. M. R.; MORAES, R. **Educação em Ciências nas Séries Iniciais.** Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1998.
- BURLAMAQUI, A. K. P. **O tratamento epistêmico da ideia de erro na aprendizagem e no ensino de ciências.** 2022. 162 f. Dissertação (Mestrado em Educação e Ensino de Ciências na Amazônia) - Universidade do Estado do Amazonas, Manaus.
- KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas.** São Paulo: Editora Perspectiva S. A., 1978.
- MORAES, R. *et al.* **Construtivismo e ensino de ciências: Reflexões epistemológicas e metodológicas.** 2. ed. Porto Alegre: EDIPUC, 2003.
- PEREIRA, J. R. **A Física nos Anos Iniciais: Obstáculos Verbais em Livros Didáticos em uma perspectiva Bachelardiana.** 2017. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Instituto de Educação Matemática e Científica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2017.
- PONTES, J. C. **Identificação e caracterização do perfil de erros e dificuldades de aprendizagem nas questões de estatística e probabilidade das provas de matemática do ENEM nos anos de 2013 a 2016 dos aprovados na primeira chamada do SISU para ingressar na UFRN.** 2019. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal Rio Grande do Norte, 2019.
- SANTOS, D. M.; KIOURANIS, N. M. M. As contribuições da pedagogia científica de Bachelard na problematização das atividades experimentais na formação inicial em química. **Revista Debates Em Ensino De Química**, 6 (2), 334–344, 2021. Disponível em: <<https://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/2640>>. Acesso em: 25 fev. 2023.
- VICENTINI, T. V. M. F. **Estudo das abordagens do conhecimento, das representações mentais e dos obstáculos epistemológicos em livros didáticos de Química.** Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Escola de Ciências, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.