

PEDAGOGIA ABERTA: O ENSINO DE CIÊNCIAS NO CONTEXTO DA CIÊNCIA CONTEMPORÂNEA A PARTIR DA EPISTEMOLOGIA BACHELARDIANA

OPEN PEDAGOGY: THE TEACHING OF SCIENCES IN THE CONTEXT OF THE CONTEMPORARY SCIENCE ACCORDING TO BACHELARD'S EPISTEMOLOGY

José Ernane Carneiro Carvalho Filho

**Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)
Escola Normal de Serrinha, e-mail: ernanefilho@bol.com.br**

RESUMO

A problemática do ensino de ciências na perspectiva bachelardiana está voltada para adequação deste às características da ciência atual: o processo contínuo de retificação, a ruptura com o senso comum e a feição abstrata da ciência hodierna. Neste sentido, o processo de ensino-aprendizagem deve estabelecer estratégias que realce tais características. Esta maneira de tratar o ensino está em consonância com as transformações sofridas pela ciência, especialmente a Física, no século XX. As referidas mudanças foram a ruptura com a ciência newtoniana de espaço e tempo absolutos, as dificuldades oriundas da Física Quântica quanto à possibilidade de localização e velocidade de uma partícula. Estas transformações, segundo Bachelard, exigiram uma nova metodologia diversa da utilizada até então, para serem capazes de atender às demandas da ciência contemporânea.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Ciências. Pedagogia Aberta. Perfil Conceitual. Ruptura. Retificação.

ABSTRACT

The teaching problem of sciences in the Bachelard's perspective is directed for adequation of the same to the characteristics of the current science: the continuous process of rectification, the rupture with common sense and the abstract feature of the modern science. In this sense, the learning-teaching process should establish strategies to emphasize such characteristics. This way to treat the teaching it is in consonance with the suffered transformations that have appeared in the science, especially the Physics, in the last century. The referred changes have been the rupture with Newtonian science of the absolute space and time, the difficulties that have arisen from the Quantum Physics in reference to the location possibility and velocity of a particle. These transformations, according to Bachelard, have implicated a new methodology distinct of the used until then, for they able to assist to the demands of the contemporary science.

KEYWORDS: Teaching of Sciences. Open pedagogy. Conceptual profile. Rupture. Rectification.

PEDAGOGIA ABERTA: o ensino de ciências no contexto da ciência contemporânea a partir da epistemologia bachelardiana

O problema do ensino de ciências é uma preocupação de diversos estudiosos e governos de várias partes do mundo, devido ao baixo interesse e rendimentos dos estudantes nesta área do saber. Bachelard, apesar de não ser um estudioso desta temática, contribuiu com uma série de reflexões na construção de um ensino de ciências mais rico e adequado às questões da ciência atual. Na perspectiva bachelardiana, a principal preocupação do ensino deve estar voltada para a característica da ciência atual: o processo contínuo de retificação, a ruptura com o senso comum e a feição abstrata da ciência hodierna. Desta forma, um ensino adequado é aquele que consegue atender as demandas da ciência atual.

A ciência do século XX passou por muitas transformações desde a publicação dos artigos da Teoria da Relatividade de Albert Einstein e das descobertas da Física Quântica. Esses avanços, notadamente na Física, provocaram uma ruptura com as concepções clássicas desta área do saber. A Teoria da Relatividade colocou em xeque as concepções tradicionais de tempo e espaço e demonstrou que a simultaneidade não pode ser determinada em condições absolutas como afirmava a Física newtoniana. Já a Física Quântica demonstrou que as noções de localização e velocidade a nível atômico não eram passíveis de uma determinação como no mundo macroscópico, ou seja, não é possível determinar, ao mesmo tempo, a localização e a velocidade de uma partícula com grande precisão.

Esta concepção de ciência, que nasce com as revoluções ocorridas na Física do século XX, exige uma mudança profunda na maneira como encaramos o mundo e na forma como educamos as pessoas. Uma educação nos modelos clássicos trabalha com a idéia de uma verdade definitiva, onde os estudantes apenas ouvem discursos de como funcionam as leis e fórmulas das ciências, não conseguindo dimensionar o que é ciência, não sendo capazes de compreendê-la e fazer uma análise crítica de seu processo de construção e atuação no mundo. O modelo tradicional de ensino não estava preocupado em dotar os estudantes de elementos capazes de fazê-los compreender o mecanismo da ciência atual, mas na simples reprodução de conhecimentos. A simples transmissão de conhecimentos, em uma classe, não cria condições para que os estudantes sejam capazes de apreender como se dão os fenômenos pesquisados pela ciência atual. Não é crível que se exija de um estudante que raciocine de acordo com os pressupostos de uma ciência pós-newtoniana, mas se ensine de maneira aristotélica ou newtoniana. O fazer educacional é que irá propiciar que os alunos sejam capazes de abarcar o mundo da ciência, se lhe ensinarmos de uma maneira adequada.

Para fazer frente a esta realidade da ciência atual, é necessário uma reviravolta no processo de ensino-aprendizagem, ao promover uma superação com os modelos convencionais de ensino. O ensino de ciências deve ter como finalidade preparar os estudantes para compreenderem como funciona, qual a finalidade e o impacto da produção científica na sociedade em que vive. Somente um ensino que supere o tradicional monólogo professor-aluno, que expõe verdades cristalizadas e, normalmente, ultrapassadas, é que terá alguma chance de alcançar a dimensão da ciência hodierna.

A ciência de nossos dias é de uma complexidade tão grande que só será compreensível, para uma pessoa, se ela estiver formada neste ambiente. Um exemplo bastante evidente desta complexidade é a dificuldade em entender o paradigma que orienta o processo educacional quanto ao estudo da eletricidade. H. A. Wilson, citado por Bachelard, afirma que

Pode-se indagar se prótons e elétrons devem ser considerados como partículas materiais carregadas de eletricidade. A resposta é que essa idéia não se justifica diante dos fatos. A operação de carregar um corpo com eletricidade negativa consiste em acrescentar elétrons a esses corpos, e um corpo está carregado positivamente ao se lhe suprimir elétrons, de modo a se lhe deixar um excesso de prótons. Assim, não podemos supor que um elétron esteja carregado negativamente visto que acrescentar um elétron a um

elétron daria dois elétrons. Elétrons e prótons são precisamente átomos de eletricidade, e tanto quanto se sabe hoje, eles são indivisíveis. Conhecemos apenas a eletricidade sob a forma de elétrons e de prótons, de sorte que não há sentido algum em falar-se dessas diferentes partículas como se consistissem de duas partes: eletricidade e matéria. (BACHELARD, 1977b, p. 52-53).

Fica evidente, portanto, que a complexidade da natureza se revela cada vez mais quando nos aprofundamos em seu estudo. A partir da citação acima, percebemos que não é possível transferir conceitos e explicações de um âmbito da realidade para outro. Quando procuramos entender o mundo quântico da Física, por exemplo, é adequado romper com todas as concepções que temos, para podermos compreender como se dão os fenômenos microscópicos.

Esta ciência rica em complexidade e inteiramente mutável exige uma mudança radical nos modelos de se ensinar ciências. Bachelard defende “uma espécie de pedagogia da ambigüidade para dar ao espírito científico a flexibilidade necessária à compreensão das novas doutrinas” (BACHELARD, 1968, p. 21). Isto significa que não teremos que ensinar uma verdade definitiva, mas demonstrar que há vários caminhos para se chegar a um dado conhecimento científico e que esse conhecimento não se constitui numa verdade final, porque os

Critérios postos pelo sistema educativo como verdades, acaba empobrecendo todo o trabalho de construção do conhecimento e o processo de formação do espírito científico, contrariando a proposta bachelardiana, segundo a qual, ‘o espírito científico tem de si formar deformando-se’. (BARRETO, 2002, p. 127).

Isto é, para que aconteça um aprendizado é preciso que o sujeito transforme as concepções que traz em seu espírito, para que consiga alcançar as dimensões do conhecimento. A apreensão do conhecimento só se dá se o sujeito estiver aberto para romper totalmente com as crenças, ou seja, deformar o que possui para adquirir um melhor entendimento sobre os fenômenos da natureza.

A idéia básica é promover uma prática pedagógica que evite a simples exposição de conteúdos, e prime pela construção do mesmo. Quando o professor procura estimular o estudante a encontrar o seu conhecimento, termina dando significado para aquele saber. Esta busca pelo saber desenvolve as potencialidades dos educandos e os tornam aptos a lidarem com um mundo em constante mutação.

A mutabilidade do saber humano é tão grande que ensiná-lo como verdades cristalizadas se constitui, no mínimo, um contra-senso, já que se sabe que ele será superado em algum momento do futuro. Neste sentido, se pergunta qual é a finalidade de se ensinar verdades que já estão em processo de superação? Será que o melhor não seria ensinar a procurar as respostas para problemas apresentados e, assim, dotar os estudantes de faculdades que os façam lidarem com o conhecimento que vai surgindo de forma ininterrupta. O importante, portanto, é aprender a lidar com o saber que surge e não em se apropriar dele sem saber o que fazer com ele. E, também, não é possível ensinar todo o conhecimento humano existente a uma pessoa, dada a amplitude a que ele chegou. Diante desta situação, o fundamental é proporcionar meios que a torne capaz de buscar o saber que precisa nas diversas circunstâncias de sua vida.

Nesta perspectiva, a proposta da epistemologia bachelardiana não é a de ensinar a busca por uma verdade definitiva, mas a de promover a superação dos obstáculos que impedem a aquisição do conhecimento. Esses obstáculos são empecilhos ao aprendizado. Para que ocorra uma eficiente aprendizagem é imprescindível que o educando supere todas as limitações que estão inerentes a seu ser. Sem isso não é possível aprender. Segundo Barbosa & Bulcão (2004, p. 53), “nós nos educamos através do mecanismo de afastar os obstáculos que se interpõem em nosso caminho durante o ato cognoscente, nós nos educamos através da perda de nossas ilusões, nós nos educamos através do ato consciente de afastar os erros”. O processo de aprendizagem se torna, na realidade, um fato psicológico, por exigir transformações psíquicas da pessoa, não apenas apropriação de saber, já que o maior ou menor número de conteúdos que se domina não se constitui numa garantia de aprendizado, porque o simples adquirir conhecimento não significa que iremos pensar de acordo com aquele modo de tratar a realidade. Porquanto, aprender não é

acúmulo de assuntos, mas basicamente numa mudança na constituição psíquica do sujeito que passa a entender a realidade a partir dos pressupostos científicos, que não são iguais aos do cotidiano.

Desta forma, fica evidente que a aprendizagem, na perspectiva bachelardiana, não se constitui num simples acúmulo de conhecimento, mas num amplo processo de superação dos obstáculos que dificultam a apropriação do saber. Porque, se o educando não promove uma catarse de seus pré-conceitos, não conseguirá assimilar o novo saber que se constitui, normalmente, numa negação do conhecimento anterior.

Diante disso, a idéia de Bachelard é a de desenvolver metodologias que facultem oportunidades aos estudantes de enfrentarem o saber constituído de uma outra forma e a superarem as antigas concepções que tinham sobre a natureza, desenvolvendo-lhes a capacidade de tentarem encontrar mais de uma resposta para uma mesma questão e por possíveis caminhos diferentes. É a defesa de mecanismos para

Erguer o psiquismo humano por meio de séries de conceitos (labirintos intelectuais) nas quais, essencialmente, os conceitos de cruzamento dariam pelo menos uma dupla perspectiva de conceitos utilizáveis. Chegado ao conceito de encruzilhada, o espírito não teria pois que escolher simplesmente entre uma interpretação verdadeira e útil por um lado e uma interpretação falsa e nociva por outro. Estaria em face de uma dualidade ou de uma pluralidade de interpretações. Deste modo será impossível toda a blocagem psíquica ao nível dos conceitos, ou melhor o conceito será essencialmente uma encruzilhada em que a liberdade metafórica tomará consciência de si própria. (BACHELARD, 1972, p. 180-181).

Esta possibilidade de escolha entre uma interpretação e outra é muito importante, porque desenvolve no espírito dos estudantes a capacidade crítica de julgar e definir aquilo que é mais conveniente e mais adequado numa pesquisa. É o momento onde o estudante põe toda a sua capacidade em ação para achar a melhor resposta para um dado problema, porque não há *a resposta*. No entanto, é indispensável ressaltar que não estamos defendendo a apropriação de qualquer conceito como sendo o correto. Não estamos afirmando a instauração de anarquia conceitual, mas simplesmente defendendo uma metodologia que estimule a criatividade dos estudantes, para que eles sejam os construtores de seu conhecimento e demonstrar-lhes que aquilo que entendemos como verdade na ciência é apenas um saber transitório, que foi alcançado por vários caminhos e com a superação de inúmeros erros.

Tal tomada de consciência é muito importante porque a ciência atual não trabalha com verdades definitivas, mas com conhecimentos que vão evoluindo através de uma intensa retificação. Este processo de retificação consiste no constante aprimoramento do conhecimento científico. Como não se constrói um saber definitivo sobre a realidade, dada a inesgotabilidade do real, é preciso que esta ciência sofra um contínuo processo de aprimoramento. Para que ocorra este aprimoramento, é importante que o saber constituído não seja tido como definitivo, mas como algo passível de permanente mudança. Esta é a tônica da ciência atual, a sua mutabilidade. Assim, o saber atual é fruto de um amplo processo de aprimoramento que nunca terá fim. Por isso,

A epistemologia bachelardiana caracteriza-se pela razão polêmica, inquietante e plural, que instiga a discussão e não o conformismo. Neste sentido, despreza a idéia de universalismo e as situações marcadas pelo consenso e pela linearidade, para arriscar-se pelos caminhos de uma racionalidade mutável, ilimitada e histórica. (BARRETO, 2002, p. 140).

Isto é a não defesa de um monismo, de uma suposta verdade que a educação deve realizar, mas é pela polêmica das idéias divergentes que emergirá um saber fruto do diálogo e da interação social. Não é possível conceber a produção do saber no isolamento, porque ele é fruto da troca de informações, do debate entre os estudantes. Dessa forma irá brotando o conhecimento considerado *como correto apenas naquele momento*, mas que será certamente retificado mais tarde. Por isso Bachelard sugere

Aos filósofos que desistam da ambição de achar um só ponto de vista, e ponto de vista

fixo, para julgar o conjunto de uma ciência tão vasta e tão cambiante como a Física. Para caracterizar essa filosofia das ciências, chegaremos então a certo pluralismo filosófico, único em condições de informar os elementos tão diversos da experiência e da teoria, tão distantes de estar todos no mesmo grau de maturidade filosófica. Definiremos a filosofia das ciências como uma filosofia dispersa, como *uma filosofia distribuída*. (BACHELARD, 1977b, p. 24).

Devido à natureza da ciência, em que os conceitos científicos não são iguais para todas as ciências, por estarem cada uma num grau de desenvolvimento diferenciado, isto é, um mesmo conceito não está no mesmo nível nas diversas ciências, não pode haver uma única explicação para o mesmo fenômeno, por não existir apenas uma maneira de interpretá-lo.

Para alcançar tal desiderato é indispensável seguir algumas orientações dadas por Bachelard. Segundo ele, para se conseguir um conhecimento científico adequado é conveniente que o estudante aprenda a “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” (BACHELARD, 2001, p. 24), ou seja, jamais pensar que há um limite para o saber.

O essencial é desenvolver na mente dos educandos a possibilidade de que sempre haverá um outro jeito de se alcançar um dado conhecimento da realidade e que muitas vezes existem mais de um modelo científico para descrever o mesmo fenômeno, e que esses modelos poderão estar emperrando o aparecimento de novas abordagens para a compreensão dos mesmos fenômenos a que esses modelos se referem. É importante destacar que o mundo da ciência é uma construção abstrata da natureza e não a sua reprodução exata. Neste sentido, o cientista não está preocupado em criar padrões iguais à natureza, mas em construir modelos que expliquem determinados fenômenos, e essa descrição pode ser feita de mais de uma maneira, porque é comum na ciência existir mais de um modelo que procure explicar um mesmo fenômeno natural. Não há, portanto, uma única interpretação da natureza.

A idéia bachelardiana de modelos explicativos da natureza encontra ressonância em pesquisadores brasileiros quanto a utilização de modelos tanto conceituais como mentais no processo de ensino-aprendizagem no campo da ciência. Para Marco Antonio Moreira as pessoas não captam o mundo como ele é, mas constroem modelos análogos aos da natureza, assim, no processo de ensino, o professor promove meios dos estudantes elaborarem seus modelos mentais de sistemas físicos. Segundo ele, “modelos conceituais são projetados como instrumentos para a compreensão ou para o ensino de sistemas físicos; modelos mentais são o que as pessoas realmente têm em suas cabeças e o que guia o uso que fazem das coisas” (MOREIRA, 1996, p. 4). Logo, tanto na ciência como no ensino trabalha-se com modelos que procuram da maneira mais fiel possível ser um análogo da natureza.

Assim, fica evidente que o professor não deve se esforçar para encontrar uma resposta definitiva para todos os problemas e nem apresentar um único caminho na busca das possíveis soluções para os problemas que foram sendo criados no processo de ensino-aprendizagem. A meta do ensino é criar possibilidades de iniciativas e oportunidades de se encontrar respostas, mas jamais em criar o mito do caminho único e da verdade definitiva. Portanto, a razão passa a ser tida como

Uma atividade psicológica essencialmente politrópica: procura revirar os problemas, variá-los, ligar uns aos outros, fazê-los proliferar. Para ser racionalizada, a experiência precisa ser inserida num jogo de *razões múltiplas*. (BACHELARD, 2001, p. 51).

Esta concepção está em consonância com a complexidade da ciência contemporânea. Como não é possível apreender toda a realidade, devido ao seu alto grau de complexidade, se faz necessário que o processo de aquisição do conhecimento caminhe lentamente e vá rompendo as suas próprias estruturas.

O rompimento com as estruturas anteriores se dá em vários níveis, inclusive no da linguagem, isto é, para se adentrar no mundo da ciência necessita-se conhecer toda uma linguagem apropriada para entender os conceitos científicos. Segundo Bachelard,

A linguagem científica é, por princípio, uma neolinguagem. Para sermos entendidos no mundo científico, é necessário falar cientificamente a linguagem científica, traduzindo os termos da linguagem comum em linguagem científica. (...) Sempre que uma palavra da antiga linguagem é posta, pelo pensamento científico, entre aspas, isto significa uma mudança de método de conhecimento relativamente a um novo domínio da experiência. Pode dizer-se que, do ponto de vista epistemológico, é o sinal de uma ruptura, de uma descontinuidade de sentido, de uma reforma do saber. (BACHELARD, 1990, p. 251-252).

Desta forma, a inserção no mundo científico exige uma mudança na linguagem do indivíduo, para que assimile os conceitos da ciência. Essa ruptura entre a linguagem comum e a linguagem científica se faz necessária, porque a definição que temos sobre uma dada palavra não são sinônimos entre o senso comum e a ciência, isto é, a utilização de uma mesma palavra no conhecimento imediato não tem o mesmo significado no mundo da ciência: há sempre uma diferença substancial entre o que um descreve e o outro. Um exemplo bastante ilustrativo deste fato é o da palavra inércia, que no cotidiano pode ser considerada como algo que está parado, imóvel; no entanto, na Física esta mesma palavra não tem o mesmo sentido. Para os físicos, esta palavra pode significar que um móvel pode estar em repouso ou movimento retilíneo uniforme, segundo a definição de Isaac Newton. Observa-se, portanto, que a palavra inércia tem sentidos muito diferentes daquele que é atribuído na vida comum das pessoas. Por isso, é imperativo existir uma ruptura entre o mundo em que se vive e o mundo científico, que não fala das mesmas coisas e usa as palavras de maneiras e significados diferentes.

A ruptura das estruturas do saber se dá quando ocorre um aprimoramento, ou mais exatamente, uma retificação do saber anterior. Essa retificação significa que aquela forma de tratar aquele fenômeno não estava correta e precisa de ajustes. No entanto, estes ajustes não significam que se chegou ao entendimento final sobre aquele fenômeno, mas que houve uma melhor compreensão. Sendo assim, não é possível a apreensão de um dado conceito científico em toda a sua amplitude, em um único momento. Por isso

Bachelard sugere a adoção do *pluralismo filosófico* de modo que cada problema, cada noção, tenha uma filosofia particular. Essa especificidade filosófica que ele chamou de *filosofia diferencial* decorreria dos diferentes graus de maturidade de cada conceito, de cada noção, em cada área da ciência. Essa *filosofia distribuída*, ou filosofia da ciência, diferentemente do monismo filosófico presente na sua época, caracteriza o pensamento científico pois, segundo Bachelard, uma única filosofia é insuficiente para dar conta do conhecimento científico. (LÔBO, 2002, 153-154).

Essa diferenciação fica clara quanto ao conceito de massa, já que ela pode variar de pessoa para pessoa, como de ciência para ciência. Na Química, o conceito de massa está mais ligado ao aspecto empírico, enquanto na Física está mais relacionado com uma face relacional, onde massa é resultado do quociente entre força e aceleração. Neste sentido, Mortimer (1996, p. 1) desenvolve, partindo de Bachelard, a noção de perfil conceitual que

Permite entender a evolução das idéias dos estudantes em sala de aula não como uma substituição de idéias alternativas por idéias científicas, mas como a evolução de um perfil de concepções, em que novas adquiridas no processo de ensino-aprendizagem passam a conviver com as idéias anteriores, sendo que cada uma delas podem ser empregada no contexto conveniente.

Percebe-se, portanto, que há um desacordo e uma semelhança entre Mortimer e Bachelard. Eles concordam que a definição de um perfil conceitual seria útil para identificar a situação do estudante no contexto da aprendizagem, no entanto Bachelard enfatiza a necessidade de uma ruptura total com o senso comum, enquanto Mortimer defende uma convivência entre os dois mundos.

Esta forma de encarar a produção científica é muito importante, porque passa a tratar os conceitos científicos produzidos não numa uniformidade, mas na sua diferenciação em relação a cada ciência.

Um ensino de ciências aberto para caminhos e conclusões diferentes vai estar em consonância com “a ciência contemporânea [que] troca a *descoberta* pela invenção construtiva, e

a investigação do real cede lugar a uma criação” (BARBOSA, 2002, p.149). É essa faceta do ensino de ciências, a criatividade, que deve ser valorizada em sala de aula. Uma educação que não estimule a criatividade dos estudantes não está promovendo uma eficiente educação científica, porque a ciência contemporânea é eminentemente criativa. Para citar um exemplo do caráter criativo dos modelos científicos, basta citar o conceito do átomo. Para Bachelard “o átomo é o tipo perfeito do ultra-objeto”, pois não se oferece à percepção, não se oferece como imagem; ‘o ultra-objeto é, mas exatamente, a não-imagem’. O átomo é fruto de um conhecimento coerente” (BARBOSA, 1996, p. 151). Esse conhecimento coerente, a que Bachelard se refere, é a capacidade que os cientistas têm de utilizar toda a sua imaginação na criação de conceitos para explicar os fenômenos sem poder tocá-los ou visualizá-los.

Neste aspecto, a História das ciências se torna de grande utilidade, por servir de exemplo para os estudantes compreenderem como o saber científico foi produzido através da história. É possível para o professor, com este recurso, demonstrar as situações-problema que levaram os cientistas a pensarem determinadas soluções, os percalços enfrentados na tentativa de resolver certas questões, o enfrentamento com colegas ou instituições que não viam com bons olhos o aparecimento de novas explicações sobre a realidade. Enfim, a História das ciências é um recurso inestimável porque “espera-se que (os alunos) considerem o fato de que há perguntas a serem feitas e que comecem a refletir não somente sobre as respostas para essas perguntas, mas, sobretudo, sobre quais as respostas válidas e que tipos de evidências poderiam sustentar essas respostas” (MATTHEWS, 1995, p.168).

Assim, os conceitos científicos não devem aparecer aos estudantes prontos e acabados, mas construídos num processo que envolva esforço, invenção e descoberta. Este modelo de ensino estimula a criatividade e permite a formação de indivíduos mais competentes para a compreensão da realidade científica atual.

Desta forma, não é possível ministrar um ensino de ciências que valorize a memorização dos conceitos, porque do “ensino científico da escola, retemos os fatos, esquecemos as razões, e é assim que a ‘cultura geral’ fica entregue ao empirismo da memória” (BACHELARD, 1977a, p. 145). A memorização dos conceitos se torna inútil, porque se sabe que os estudantes irão esquecer-los mais tarde. É importante que eles aprendam como utilizá-los e qual o seu significado. Uma educação só terá valor para o indivíduo se for significativa para ele. Esta significação para o estudante deverá ser despertada pelo professor, através de estratégias de ensino que levem os estudantes a perceberem a importância daquele saber e como foi construído pelos cientistas. Não é possível pensar um ensino por exposição, sem dar o sentido deste saber para a sociedade e para a própria ciência. Despertando o interesse do aluno, conseguirá fazê-lo perceber a utilidade do conhecimento, em que circunstâncias ele foi construído e para quê. É um ensino rico, porque promove uma interação com o sujeito do processo de ensino: o estudante.

No entanto, para se alcançar tal desiderato é vantajoso que se modifique a formação de professores comprometidos com tal proposta. Esses professores precisam estar imbuídos de uma visão de mundo que tenha rompido com a concepção realista. Professores não-realistas seriam aqueles capazes de encarar o conhecimento científico de maneira tal que não se enquadrasse nas visões tradicionais de localização e de identidade. A ciência atual trabalha com a idéia de que não é possível determinar a localização exata de um dado corpúsculo, por exemplo, e a sua dinâmica, como afirmava os antigos conceitos aristotélicos e newtonianos. E, também, não é possível determinar os atributos de uma dada substância, que lhe garante a sua identidade; isto é, não se pode dizer se a luz é onda ou partícula, ou seja, ela possui duas características distintas e antagônicas. Esta característica dos fenômenos, individualidade e especificidade só têm sentido na filosofia realista, logo, os professores precisam romper com tal concepção.

Assim,

Perante o pensamento humano apresentam-se agora outros objetos que, esses sim, não são estabilizáveis, que não teriam, em repouso, nenhuma propriedade e, conseqüentemente, nenhuma definição conceptual. Será pois necessário modificar o

jogo dos valores lógicos; em suma, é necessário determinar tantas lógicas quantos os tipos de objetos genéricos. (BACHELARD, 1972, p. 155-156).

Ora, essa característica da ciência atual exige que, para o professor formar estudantes capazes de entenderem essa realidade do mundo científico, é útil que eles pensem desta forma, e não da maneira tradicional. Por isso há a necessidade de se romper com o realismo.

Professores com esta formação poderão trabalhar na construção de uma concepção de realidade que leve os educandos a perceberem como se dá a construção do mundo científico. Esses educadores precisam pensar de uma forma que permite enxergar a ciência contemporânea da maneira como ela é. Neste sentido, os professores deverão estar formados por uma pedagogia que permita “aproveitar todas as variações do raciocínio, abandonando a idéia tradicional de uma razão absoluta e imutável” (BARRETO, 2002, 138), pois acredita-se que “a filosofia pluralista das noções científicas é uma garantia de fecundidade do ensino” (BACHELARD, 1977a, p. 26). A fecundidade do ensino defendida por Bachelard só será alcançada quando os professores estiverem imbuídos desta visão de mundo.

Não é possível construir um novo modelo de ensino-aprendizagem se não ocorrer um amplo processo de formação do professor. Os alunos não serão capazes de alcançar essa dimensão livre de busca do conhecimento, se não estiverem orientados por professores pluralistas. O papel do educador, nesta metodologia de ensino, se torna imprescindível, porque é ele que irá mobilizar todos os recursos disponíveis para que os estudantes consigam adentrar neste ambiente de conhecimento que transcende totalmente a sua realidade e exige um alto grau de abstração.

A abstração é um tema significativo, porque é através dela que os cientistas constroem a ciência contemporânea. Os modelos científicos atuais se constituem em explicações abstratas, por não corresponderem à realidade imediata e concreta em que se vive. Por isso Bachelard afirma que procura

Liberar suavemente o espírito dos alunos de seu apego a imagens privilegiadas. Eu os encaminho para as vias da abstração, esforçando-me para despertar o gosto pela abstração. Enfim, acho que o primeiro princípio da educação científica é, no reino intelectual, esse ascetismo que é o pensamento abstrato. Só ele pode levar-nos a dominar o conhecimento experimental. (BACHELARD, 2001, p. 292).

Esta visão sobre a abstração deve ser levada para a escola e desenvolvida junto aos estudantes, por ser um mecanismo essencial na compreensão da ciência hodierna. Não é possível ensinar ciências sem abstração, porque o saber é, basicamente, abstrato, no caso específico da Física, não se constituindo numa descrição exata da realidade.

O pluralismo na educação é a marca do avanço no processo de ensino-aprendizagem. Um ensino, que possua um conteúdo fechado, está ultrapassado e não estará contribuindo em nada na formação das novas gerações, porque não está habilitando os estudantes para entenderem o funcionamento da ciência atual. A ciência contemporânea não se constitui numa ampla acumulação de conteúdo, mas num certo modo de pensar, de posicionamento epistemológico. Por isso é que um ensino que não contribua para uma melhor compreensão da ciência é inócuo.

Neste tipo de educação, a relação professor-aluno transforma-se completamente, pois não há uma verdade definitiva a ser conquistada, mas a construção de um conhecimento através de pesquisas que se caracterizam pela constante retificação. Neste âmbito, a aprendizagem é fruto do diálogo entre o mestre e o discípulo, ou seja, o processo de construção do saber é resultado da interação social. Assim, deve haver uma troca constante entre o professor e aluno, porque

A pessoa afeita à cultura científica é um eterno estudante. A *escola* é o modelo mais elevado da vida social. Continuar sendo estudante deve ser o voto secreto de todo professor. Devido à própria natureza do pensamento científico em sua prodigiosa diferenciação, e devido à inevitável especialização, a cultura científica coloca incessantemente o verdadeiro cientista na situação de estudante. (...) De fato, os

cientistas freqüentam a escola uns dos outros. A dialética do mestre e aluno invertem-se sempre. No laboratório, um jovem pesquisador pode adquirir conhecimento tão avançado de certa área técnica ou tese que, na questão, torna-se mestre de seu mestre. Há nisso elementos de uma pedagogia dialogada da qual não se presume nem a força nem a novidade, se não se toma parte ativa numa comunidade científica. Desfazer essas relações psicológicas significa afastar-se da atividade atual, da atividade cotidiana da ciência. (BACHELARD, 1977a, p. 31).

Desta forma, fica claro que o papel do professor modifica-se completamente na perspectiva bachelardiana. O professor não é mais aquele que possui autoridade sem limites, por deter um conhecimento tido como verdadeiro. O professor torna-se um mediador entre o estudante e o conhecimento transitório da ciência. É um professor que está em constante aperfeiçoamento, para dar conta dos constantes avanços da ciência atual e ser capaz de promover mecanismos que possibilitem aos estudantes ascenderem a esta realidade nova da pedagogia contemporânea.

Também, o aluno não é mais aquele que não detém o conhecimento, mas um sujeito capaz de interagir com o professor, proporcionando o levantamento de questões que poderão ser debatidas em sala de aula e aprofundar o conhecimento científico. Não mais a visão de conhecimento definido e transmitido, pura e simplesmente, mas um saber que se constrói a cada aula, numa interação constante, porque “a constituição de uma racionalidade se faz num diálogo de mestre e discípulo” (BACHELARD, 1977a, p. 81).

Uma educação caracterizada pelo diálogo propicia o aparecimento de um novo tipo de aluno. Este aluno não pode ser caracterizado pela padronização típica do ensino tradicional. Neste tipo de modelo educacional, chega ao fim aquela idéia antiga de que o processo de ensino-aprendizagem deve promover a homogeneização dos educandos, isto é, uma classe deve padronizar o comportamento de todos os estudantes. Isto acontece porque há uma idéia arraigada de que

A racionalidade que regula o cotidiano educativo traz como pressuposto a idéia de linearidade do processo educacional, de uma evolução progressiva e padronizada de comportamentos. Esta ênfase comanda a previsibilidade das condutas quanto às respostas que os alunos devem apresentar, privilegiando-se padrões pré-estabelecidos e negligenciando-se o ‘diferente’, ainda que este possa oferecer uma nova possibilidade na forma de pensar. (BARRETO, 2002, p. 127).

Mas é a diferença a marca da proposta educacional de Bachelard, porque se a sua proposta admite que há vários caminhos e possíveis verdades, logo os estudantes não devem encontrar os mesmos caminhos e as mesmas respostas. Esta diferença é fundamental, porque ajuda no enriquecimento do diálogo na classe, ao permitir que a diferença gere debates sobre os resultados encontrados. Um processo de ensino nesta perspectiva é rico por admitir essencialmente os desencontros para demonstrar o quanto o caminho da aquisição do conhecimento humano pode trilhar pelos mais diversos roteiros. No entanto, pode-se afirmar, sem medo de errar, que

A escola contemporânea privilegia o uso de métodos que promoviam a homogeneização e a objetividade, orientando-se por mecanismos de poder que se estruturam por meio de instrumentos de controle e de avaliação de resultados. Nesta perspectiva, o aluno que consegue um resultado previsto pelo método, é avaliado como um aluno que ‘aprendeu’ aquilo que lhe foi ‘ensinado’. De acordo com Bachelard. (BARRETO, 2002, p. 135).

Enfim, homogeneizar os alunos de uma classe é cometer uma violência contra as individualidades de cada um e empobrecer a interação entre os sujeitos. Essa uniformização da educação acontece via avaliação, que é o meio que o professor dispõe para verificar se o que foi ensinado em sala de aula foi “corretamente” aprendido pelos estudantes. Só que o processo de avaliação, por ter um caráter uniforme, não consegue dar conta das diferenças existentes no ambiente escolar. É necessário recordar que Bachelard chama a atenção para o fato de que cada pessoa está num nível de compreensão dos conceitos científicos, isto é, nem todos os alunos da classe compreendem um dado conceito científico da mesma maneira, porque uns estão num

aspecto empirista, por exemplo, outros no racionalismo, e assim por diante. Desta forma, uma avaliação não consegue perceber se um determinado aluno conseguiu mudar a sua concepção sobre este ou aquele conceito científico. Por isso, a avaliação coletiva é inadequada para realizar uma análise do processo de aprendizagem, em sala de aula, por não levar em consideração as diferenças individuais.

Para entender o que Bachelard defenderia num processo de avaliação, seria a partir de uma evolução do processo de aquisição do conhecimento científico. Segundo ele, o conhecimento científico passa por três estados:

1º) O *estado concreto*, em que o espírito se entretém com as primeiras imagens do fenômeno e se apóia sobre uma literatura filosófica que exalta a Natureza, louvando curiosamente ao mesmo tempo a unidade do mundo e sua rica diversidade.

2º) O *estado concreto-abstrato*, em que o espírito acrescenta à experiência física esquemas geométricos e se apóia sobre uma filosofia da simplicidade.

3º) O *estado abstrato*, em que o espírito adota informações voluntariamente subtraídas à intuição do espaço real, voluntariamente desligadas da experiência imediata e até em polémica declarada com a realidade primeira, sempre impura, sempre informe. (BACHELARD, 2001, 11-12).

A partir da evolução, por que passa o processo de aquisição do conhecimento, é possível afirmar que um estudante que teria alcançado o seu objetivo no processo educacional seria aquele que tivesse atingido o terceiro estado, pois seria este onde a pessoa consegue acessar a abstração da ciência atual. Neste estágio, o aluno já conseguiu romper totalmente com o saber oriundo do senso comum e consegue pensar a partir das formulações teóricas do modelo científico atual, por ser neste estado que se dá a sua produção. Por isso, o processo avaliativo, na perspectiva bachelardiana, não pode ser tomado em seu caráter coletivo, mas individualizado, porque só assim conseguir-se-á determinar se um certo aluno conseguiu evoluir na concepção de determinados conceitos científicos.

Esta forma de avaliação é muito importante, porque iria determinar se o estudante conseguiu superar os obstáculos que impediam a apropriação do saber e alçou o estágio capaz de perceber os fenômenos naturais em toda a sua complexidade. Uma avaliação que não distinga as diferenças individuais dos estudantes é inócua, por não conseguir detectar se aquele aluno superou os empecilhos que obstruíam a aquisição do conhecimento.

Essa perspectiva de entender o processo avaliativo modifica a noção do erro no processo de ensino-aprendizagem. O erro é tido como o fracasso do estudante rumo ao conhecimento. Na epistemologia bachelardiana o erro tem um papel diverso. Para ela, o erro é o motor do conhecimento, por ser o instante em que há a percepção de que não houve aprendizagem, ou seja, um determinado conceito científico não foi compreendido como deveria. Este é o momento onde o professor interfere, buscando orientar o estudante a encontrar uma possível resposta para os equívocos cometidos. Neste sentido, o erro não é danoso, mas eficaz, porque provoca a busca por uma resposta correta. O professor deve aproveitar esse momento para enriquecer a aprendizagem e utilizar este erro para ilustrar o quanto é árduo a busca pelo conhecimento e que essa busca está cheia de equívocos e fracassos. Mas que esses fracassos são característicos de quem busca conhecer a constituição dos fenômenos. Logo,

Na perspectiva do racionalismo, toma-se o erro como função positiva, passando-se a considerar não mais uma única verdade, mas verdades múltiplas. Na perspectiva do ensino, esta noção sugere que o professor considere a possibilidade de rever conceitos, não necessariamente para extinguir o ‘velho’, mas permitindo sua retificação. (BARRETO, 2002, p. 137).

Com base no exposto, “o professor será aquele que faz *compreender* – e na cultura mais avançada em que o aluno já compreendeu – será ele quem fará *compreender melhor*” (BACHELARD, 1977a, p. 27). Este enfoque é fundamental, pois a “pedagogia proposta por Bachelard é uma pedagogia permanente que não se acomoda às descobertas, mas é também uma pedagogia da ruptura” (BARRETO, 2002, p. 138), já que entre “os dois pólos do *mundo destruído* e do *mundo construído*, ele propõe o *mundo retificado*” (BACHELARD, 1977a, p.

63).

Assim, o fulcro central da epistemologia de Bachelard é levar o educando ao imponderável do ilimitado, porque não há um saber fechado e estanque a ser encontrado ou descoberto, mas um constante aprimoramento daquilo que já temos numa ânsia infinita pela compreensão total, mesmo sabendo, talvez, que nunca a alcançaremos. Neste aspecto, educar é promover meios de retificação constante daquilo que já temos, em uma outra realidade mais rica e complexa. Conhecer é, portanto, resolver uma problemática. Resolução esta que encetam novas problemáticas e assim indefinidamente.

Esta perspectiva de ensino possibilita a emergência de um novo tipo de estudante, que seja capaz de ter autonomia para pensar e criticar todo o processo científico. Não se tornarão pessoas acomodadas, porque foram formadas na escola do diálogo, do questionamento; portanto, não aceitarão as descobertas científicas como verdades infalíveis, compreenderão os cientistas como homens que trabalham como tantos e alcançam seus sonhos ou fracassam. E pessoas formadas desta maneira serão muito mais úteis à sociedade, por estarem questionando o mundo em que vivem e exigindo um papel cada vez mais social para a ciência.

REFERÊNCIAS:

- BACHELARD, Gaston. *O novo espírito científico*. Trad. Juvenal Hahne Júnior. Rio de Janeiro: Edições Tempo Brasileiro Ltda, 1968.
- _____. *Filosofia do novo espírito científico*. Trad. Joaquim J. Moura Ramos. Lisboa: Editora Presença, 1972.
- _____. *O racionalismo aplicado*. Trad. Nathanael C. Caixeiro. Rio de Janeiro: Editora Zahar Editores, 1977a.
- _____. *A epistemologia*. Trad. Nathanael C. Caixeiro. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1977b.
- _____. *O materialismo racional*. Trad. João Gama. Lisboa: Edições 70, 1990.
- _____. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. 3. ed. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 2001.
- BARBOSA, Elyana. *Gaston Bachelard: o arauto da pós-modernidade*. 2. ed. Salvador: Editora da Universidade Federal da Bahia, 1996.
- _____. G. Bachelard e a perspectiva epistemológica. In: Rev. *Ideação* - número dedicado a Gaston Bachelard (Núcleo Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em Filosofia), Feira de Santana, n. 9, p. 17-22, jan. 2002.
- _____ & BULCÃO, Marly. *Bachelard: pedagogia da razão, pedagogia da imaginação*. Petrópolis: Vozes, 2004.
- BARRETO, Maria da C. Pedagogia da ruptura: o conhecimento como processo descontínuo. In: Rev. *Ideação* - número dedicado a Gaston Bachelard (Núcleo Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em Filosofia), Feira de Santana, n. 9, p. 125-142, jan. 2002.
- LÔBO, Soraia F. Crise no ensino de ciências: um olhar a partir da epistemologia bachelardiana. In: Rev. *Ideação* - número dedicado a Gaston Bachelard (Núcleo Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em Filosofia), Feira de Santana, n. 9, p. 143-157, jan. 2002.
- MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. Trad. Claudia Mesquita de Andrade. *Cadernos Catarinense de Ensino de Física*, V 12, n.3: p. 164-214, dez. 1995.
- MOREIRA, M. A. *Modelos Mentais, Investigações em Ensino de Ciências*, 1(3), 1996. Edição eletrônica em <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>.
- MORTIMER, E. F. *Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? Investigações em Ensino de Ciências*, 1(1), 1996. Edição eletrônica em <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>