

OS PROBLEMAS FILOSÓFICOS DA CIÊNCIA MODERNA E A NOVA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: PERCURSOS PELA EPISTEMOLOGIA BACHELARDIANA

Teresa Castelão-Lawless¹

Resumo: Para Bachelard (1884-1962), a ciência gera valores que são depois utilizados na educação das crianças, e tanto na preparação dos estudantes da ciência como na dos cientistas. Este objectivo pedagógico alerta para as características normativas inerentes à prática científica, especialmente as que estão ligadas ao progresso do conhecimento científico aproximado. Mas a verdade, a adequação empírica, a abertura à novidade, e a fertilidade das teorias, que são todas critérios utilizados pelos cientistas na seleção das melhores teorias disponíveis, são valores epistémicos, mas não são propriamente valores empíricos pois também possuem um componente social. O presente trabalho desenvolve alguns aspectos normativos da epistemologia de Bachelard, e indica qual as suas relações com a educação científica contemporânea.

Palavras-chave: educação científica, intersubjectividade, socialização da verdade.

¹ Grand Valley State University- USA

É possível afirmar sem exagero que as obras epistemológicas de Gaston Bachelard podem ser consideradas como uma verdadeira revolução na filosofia das ciências físicas. Elas representam, pela primeira vez na história da filosofia, uma tentativa sistemática de compreender a modernidade em ciência através da procura de modelos explicativos e descritivos que lhe façam justiça. Assim, o positivismo, o empiricismo, o racionalismo, etc., nos seus estádios mais radicalizados, apenas dizem respeito a vistas parciais, incompletas, e as mais das vezes erróneas, daquilo que aconteceu às ciências do início do século 20. O que Bachelard propõe no seu trabalho é re-escrever a história das ciências para dela extrair não só um quadro fiel da evolução do conhecimento e do espírito científico ao longo do tempo, e da sua abertura ao futuro, e também extrair deles importantes lições sobre a aprendizagem e o ensino das ciências, bem como para a reconstrução da moralidade fora da comunidade dos cientistas.

O modelo teórico de Bachelard tem muitos nomes, incluindo ‘racionalismo aplicado’, ‘filosofia do não’, e ‘sur-racionalismo’. De qualquer dos modos, a ideia que perpassa este modelo metafísico é que a ciência moderna não poderia ter surgido na mente dos cientistas sem uma transformação radical nos modos de olhar para o mundo; sem uma transformação no que conta como racionalidade e como ciência; e sem uma crítica mordaz do espírito anquilosado que se fixa a partir da aceitação de meros dogmas como se eles fossem verdades adquiridas de uma vez por todas. De facto, as noções fundamentais da ciência de Newton foram consideradas no século 17 e nos séculos seguintes como tudo o que havia a dizer sobre o mundo físico. Por exemplo, as concepções absolutas de espaço e de tempo sobreviveram a

análise Kantiana, que as viu como categorias mentais fixas, e perfeitamente compatíveis com o nosso modo único de conhecer o mundo fenomênico. O ideal Laplaciano, i.e., que, se se conhecerem todas as condições antecedentes de um fenómeno, então pode-se predir com rigor tudo o que se segue, também foi de certo modo herdado pela filosofia da ciência de cariz realista e positivista. Por isso, não é surpreendente assistir aos esforços de filósofos como Comte, Duhem, e Meyerson para adequarem os seus modelos explicativos sobre a ciência moderna (especialmente a relatividade e a mecânica quântica) a estes ideais epistemológicos ultrapassados. Mas para Bachelard, as novas ciências iniciadas por Dirac, Einstein, Heisenberg, Bohr e outros obrigam a uma mudança radical de ideias sobre os poderes da razão, e a fixidez das teorias e dos quadros mentais. As geometrias não-euclidianas, que Einstein usou na matemática da relatividade, demonstram claramente que o nosso modo de pensar não é deterministicamente euclidiano senão a nível do senso comum. A descoberta da riqueza e da complexidade insuspeitada do espírito científico vai então levar Bachelard a reflectir sobre as pedagogias revolucionárias necessárias a uma educação (ou formação) para a ciência aberta.

Estes não foram os únicos problemas que Bachelard teve que enfrentar para de seguida clarificar as pressuposições epistemológicas e metodológicas da sua 'filosofia do não'. Outro dos problemas foi o de ter que destruir convincentemente uma concepção profundamente errónea que também adveio das ciências do século 17 e do dualismo cartesiano da época, e que depois acabou por contaminar as epistemologias e metafísicas do século 20. Esta concepção sustenta que o sujeito do conhecimento é independente do objecto a conhecer e que, portanto, a experiência e a observação

empírica do mundo ‘dizem’ aos cientistas quais são as teorias mais adequadas para representar e explicar a realidade. Esta foi aliás uma concepção frutífera para as ciências do século 17, pois ajudou-as a libertarem-se do animismo aristotélico, i.e., a crença de que os objectos possuem forças volitivas de acção, a favor do mecanicismo matemático de génios como Galileu, Newton, Boyle, e Hooke. Mas para o nível da realidade microscópica, atómica, e das partículas elementares, estas demarcações deixam de fazer sentido. E se elas não resultam muito bem a este nível, também acabam por não resultar quando se tenta descrever filosoficamente o que é que acontece no acto de conhecer a níveis superiores da realidade. Isto acontece porque, para Bachelard, nunca há uma separação nítida entre o sujeito e o objecto. De facto, as nossas observações e teorias estão sempre infectadas com os nossos valores epistémicos. Infectadas estão também as nossas epistemologias e as nossas metafísicas, as quais se deduzem quase todas da cultura e da nossa experiência quotidiana. O problema é que a interferência das crenças e das teorias anteriores nas nossas observações é uma parte constitutiva do acto de conhecer. Se elas não estivessem presentes de todo na mente, e se a mente estivesse ‘vazia’ até a experiência sensorial ocorrer, como queriam John Locke e David Hume, não seria sequer possível observar ou conhecer o que quer que fosse. Isso seria o mesmo do que conseguir observar sem cérebro, sem um espírito pensante, ou, para usar um termo que não é bachelardiano mas husserliano, sem ‘conteúdos intencionais’ do pensamento.

Tal como Kant dois séculos antes já o fizera, Bachelard afirma que o espírito possui estruturas próprias, incluindo não-empíricas, e que o acto de conhecimento começa precisamente com um modelo racional, que depois se

‘impõe’ à realidade dos fenómenos. Assim, embora a ciência seja um produto de uma dialéctica “cerrada” entre razão e experimentação, o começo é sempre do lado da razão ou da construção teórico-matemática. Kant também já assumira esta postura para o caso específico da moralidade, sendo que, para ele, também ela começa do lado das estruturas racionais e só depois se impõe ao real, de onde a moralidade parece ser extraída através da razão prática, e da expressão da lei moral na nossa noção de dever. Como veremos mais à frente, esta questão de raiz eminentemente kantiana é retomada por Bachelard quando este se dedica a reflectir sobre a questão da objectividade no mundo moral.

Claro que Bachelard não concorda com Kant que as estruturas racionais são fixas e imutáveis na mente, mas acredita que, tal como acontece com os conceitos em ciência, também os conceitos morais mudam à luz das observações. Em qualquer dos casos, para Bachelard as revoluções científicas também são revoluções conceptuais. Se os cientistas não compreendem ou não aceitam por inteiro os novos sentidos de termos familiares, ou o sentido verdadeiro dos novos termos, então até os próprios conceitos em ciência acabam por originar resistências à mudança na razão dos cientistas. O mesmo acontece quando as concepções morais antiquadas produzem obstáculos à renovação da moralidade.

Em obras como *La Formation de l'esprit scientifique* (1938), Bachelard deixou bem claro que à questão da falta de uma demarcação nítida entre o sujeito conhecedor e o objecto do conhecimento, se deve acrescentar a tese de que os mecanismos de interferência ao pensar científico aberto incluem ‘obstáculos epistemológicos’. Estes representam não só os elementos invisíveis ao espírito quer ele seja ou não científico, e que precisam por isso de ser identifica-

dos através da psicanálise, e, no caso da ciência moderna, através da fenomenologia, mas são eles também que constituem factores de resistência mental à mudança de níveis epistemológicos, de racionalidades, de experiências, de tecnologias, de teorias, e de metafísicas. Exemplos de obstáculos epistemológicos identificados por Bachelard na história da ciência incluem a experiência primeira, o animismo que já referimos, o substancialismo, o coisismo, etc. Se bem que eles tenham sido úteis em estágios mais iniciais do conhecimento científico, eles têm agora de ser rejeitados para darem lugar às novas metafísicas mais representativas das novas explicações dialécticas, i.e., empírico-rationais, da realidade. Como veremos adiante, os obstáculos mais primários não se encontram apenas na ciência dos séculos anteriores, mas permanecem imutáveis no inconsciente colectivo das crianças, no dos adolescentes, e também no de todos aqueles que, não precisando, de viver à custa das exigências metodológicas das ciências duras, com eles co-existem na vida quotidiana e nos devaneios da imaginação.

Os obstáculos epistemológicos não desaparecem quando se vai à escola. Os livros, as teorias, as experiências, os professores, e até a dinâmica entre os alunos e os professores podem contribuir para a regressão do conhecimento objectivo. Um exemplo dado por Bachelard relativamente a estes obstáculos epistemológicos em contextos tão inesperados encontra-se no *Matérialisme Rationnel* (1953), onde ele critica a regressão intelectual provocada pelos métodos pedagógicos das escolas de Maria Montessori. Nelas, a seu ver, as crianças são treinadas a acreditar que a química é fácil de aprender porque estar em continuidade com as primeiras impressões e com o conhecimento ingénuo do senso-comum. Como Bachelard aponta, Montessori “parece

dar à *lição das coisas* tão útil durante a infância (...) um papel demasiado persistente na cultura de um adolescente (...) A força de se pôr sempre “ao alcance das crianças” o professor infantiliza-se... Sem dúvida que para todo o conhecimento, as primeiras lições requerem proezas pedagógicas. Elas têm o direito de ser incompletas, esquemáticas. Mas não devem no entanto ser falsas...uma tal lição ensinada no início da adolescência seria um atraso da adolescência!”²

Outro problema que Bachelard passou muito tempo a identificar e a esclarecer, e que tem a ver com o ponto anterior sobre os obstáculos epistemológicos, é que a noção de objectividade em ciência tem que ser redefinida à luz das novas descobertas, das novas teorias, e dos novos modos de pensar a realidade. Se não se trata da adequação empírica directa entre um objecto ‘puro’ e um sujeito ‘puro’, mas sim da procura de um conhecimento científico resultante de uma construção tecnológica do real, então as condições da objectividade em ciência passam da ênfase dada a uma realidade ‘natural’ para a consciencialização da intersubjectividade e do consenso sobre aquilo que em cada estágio da ciência instrumentalizada deve ser aceite como temporariamente verdadeiro sobre a realidade. Em vez de verdade, de objectividade, de conhecimento absoluto, etc., os termos nos quais a nova filosofia das ciências de Bachelard é escrita incluem a fenomenotécnica, o conhecimento aproximado, a socialização da verdade, a dialéctica entre a razão e a experimentação, a incerteza, a probabilidade, e a abertura as possibilidades explicativas fornecida pela razão em “estado de mutação” constante.

A substituição que Bachelard fez do conceito de verdade em ciência pelo conceito de socialização da verdade, e

2 Bachelard, *Le Matérialisme rationnel*, Paris: P.U.F., 1953, p.30.

a da objectividade pelo do consenso intersubjectivo é bem explorada no *Rationalisme appliqué* (1949). Dado que um ‘facto’ só pode ser considerado científico quando é incorporado num ‘sistema de explicação’ que lhe atribui sentido, então não é difícil ver que essa integração do conhecimento tem que ser trabalhada pelos cientistas, e depende não só da sua capacidade para extrair resultados da tecnologia, da observação empírico-racional, e da matematização de ambas, mas ela depende igualmente da sua capacidade argumentativa, crítica, e retórica. Se o acesso às conclusões interpretativas sobre a realidade fosse directo, e se o objecto fosse neutro relativamente às nossas observações científicas, a retórica, e a “vigilância intelectual” de si e dos outros seriam desnecessárias. Tal como Bachelard afirma, “a vigilância é aplicada sobre um objecto mais ou menos bem designado, mas que, no mínimo, beneficia de um qualquer tipo de designação... .A vigilância está consciente de um sujeito que contém um objecto, e a consciência tão clara que o sujeito e o objecto se tornam precisos em conjunto” e não separadamente.³

Como já se apontou, em ciência não há dados directos, independentes, ou ‘naturais’. Toda a ciência é ‘construída’, e todo o conhecimento científico é ‘aproximado’. Sendo assim, os elementos necessários à construção surracional do real também incluem a utilização, por parte dos cientistas, de valores não-empíricos. A descoberta das melhores teorias disponíveis depende do consenso intersubjectivo, e portanto da resolução de conflitos e da discussão sobre “os valores de conhecimento” inerentes a cada teoria.⁴ Também são estes valores que ajudam a garantir a existência, na comunidade científica, de uma “responsabilidade de objectivação”⁵ que

3 Bachelard, *Le Rationalisme appliqué*. Paris: P.U.F., 1949, p. 78.

4 Ibid., p. 65.

5 Ibid., p.73.

corresponde à socialização da verdade. Exemplos destes critérios valorativos são a adequação empírica, a fertilidade, o poder explicativo, a clareza, a beleza, etc. Embora Bachelard não nomeie estes valores não-empíricos exactamente da mesma maneira que os filósofos da ciência a partir de Hempel e de Kuhn o fizeram, e óbvio que é exactamente a eles que se está a referir no seu trabalho de epistemólogo.

Dado que a reconstituição filosófica das ciências que se deduz das ciências revolucionárias do século 20 levanta todas as questões acima levantadas, e exige que se ‘pense’ em ciência, em prática científica, e em racionalidade de formas radicalmente distintas das filosofias do passado, então outro objecto de reflexão fundamental para Bachelard passa necessariamente pelo problema da educação científica. Por outras palavras, como é que se pode formar o espírito dos adolescentes e dos futuros cientistas de modo a que eles sejam treinados nas escolas do ensino secundário nas exigências da nova racionalidade, e da nova verdade científico-social? Como é que se ensina que a ciência é falível e inacabada, que a objectividade é intersubjectividade, que o espírito científico obriga a que se desafiem constantemente os dogmas e o *status quo* da ciência ‘feita’ pela comunidade dos cientistas? Como é que se pode treinar um aluno a aceitar a incerteza em ciência, bem como a relevância, para as escolhas teóricas e instrumentais, de valores que não podem ser de todo postulados empíricamente? Será que é possível ensinar que a liberdade de pensar tem que ser condicionada, para se poder levar o aluno a reconhecer e destruir obstáculos epistemológicos ao progresso de um pensamento que nunca vai deixar de ser meramente aproximado? E como se pode explicar que ‘aproximado’ não quer dizer ‘relativo’? E será que os alunos que não querem ser cientistas podem aprender nas aulas de

ciência alguma coisa de socialmente útil? Por outras palavras, será que é possível transferir os “valores de conhecimento”, ou os “valores de instrução”, como Bachelard também lhes chama, do conhecimento científico para contextos culturais mais vastos, incluindo a moralidade?

Muitas das respostas de Bachelard às perguntas sobre a educação para a ciência moderna não são senão argumentos a favor de uma educação sobre os problemas filosóficos levantados pelas novas ciências que temos vindo a descrever, e que aparecem desde logo na *Formation de l'esprit scientifique*. Este livro é o que poderíamos chamar um *Manifesto Surrecionalista* sobre a educação científica, incluindo a tese da responsabilidade moral do pedagogo em compreender profundamente a psicologia das crianças e dos adolescentes, de modo a poder lutar contra as raízes mágicas e mitológicas do inconsciente, e contra as concepções ingénuas ou antiquadas que povoam o espírito não-científico e se tornam obstáculos à compreensão da ciência. Assim, “toda a cultura científica deve começar (...) por uma catarse intelectual e afectiva. Resta de seguida a tarefa mais difícil: pôr a cultura científica num estado de mobilização permanente, substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico, dialectizar toas as variáveis experimentis, dar enfim à razão razões para ela evoluir.”⁶

Por outro lado, é no *Rationalisme appliqué* que Bachelard desenvolve o tema da importância da argumentação em ciência, e que advém da constatação de que, como já vimos, não há nunca uma distinção radical entre o sujeito e o objecto, e a noção de objectividade tem que ser substituída pela de consenso intersubjectivo. Mas, como referi num trabalho recente, a “dissolução da dicotomia facto/valor

⁶ Bachelard, *La Formation de l'esprit scientifique*. Paris: J. Vrin, 1938, pp. 18-19.

não quer dizer que a ciência seja ‘relativa’, pelo menos no sentido tradicional do termo, i.e., ‘tu tens a tua opinião, e eu tenho a minha, mas estamos os dois certos (pois tudo depende do contexto cultural).’ A ciência é sempre uma correção dos conhecimentos de passado, uma ‘rectificação de erros’ (como Bachelard lhe chama), e é sempre sobre a procura da explicação mais objectiva com base nas provas relevantes. Mas o progresso verdadeiro só é possível quando os cientistas descobrem os limites de aplicabilidade de teorias que até aí foram consideradas universalmente válidas. Se é o caso que a ciência só pode progredir quando a razão se abre ao carácter aproximado do conhecimento; se aquilo que os cientistas sabem pode mudar radicalmente no futuro; e que a mente pode sempre “multiplicar” as possibilidades racionais de explicação, então ensinar como a ciência é e como ela é construída, saber o que os cientistas fazem, e o que a prática científica implica, tornam-se essenciais para uma educação científica sólida, e socialmente útil.”⁷

As questões postas por Bachelard há mais de setenta anos sobre a necessidade premente de reformar a educação científica à luz da modernidade das ciências, não foram triviais na altura em que ele as postulou, e são-no ainda menos triviais na actualidade. A iliteracia científica continua a existir, e é cada vez mais perigosa para as sociedades avançadas e altamente tecnológicas como a nossa, pois leva à superstição e à inability da maioria das pessoas em distinguir entre ciência e não-ciência, entre ideologia e pensamento crítico. É evidente que ninguém espera que todos aqueles que vão à escola saiam de lá a saber os detalhes rebuscados

7 Castelão-Lawless, Teresa, “Obstacles and Axiological Criteria of Science: The Social Value of Scientific Practice in the Epistemology of Gaston Bachelard”, *Revista Colombiana de Educación* (aceite para publicação 2012)

da física teórica. Mas *os princípios filosóficos que subjazem as novas ciências são fundamentais*, pois só elas facilitam o exercício da cidadania ao fornecer instrumentos de reflexão que vão para além das ciências, incluindo através dos “valores de conhecimento” que Bachelard referiu na sua obra. Dois exemplos vindos dos Estados Unidos da América ajudam a ilustrar este ponto.

A American Association for the Advancement of Science (AAAS) publicou em 1999 o livro *Benchmarks for Science Literacy - Project 2061*, com o objectivo de aumentar a literacia científica dos alunos das escolas secundárias americanas. Os escritores desta obra argumentam que os currículos das ciências naturais e da matemática devem inculcar nos alunos determinados princípios sem os quais a literacia em ciência não é possível. Para os cientistas que trabalharam no projeto, as dimensões da literacia científica são as seguintes:

1. estar familiarizado com o mundo natural e reconhecer ao mesmo tempo a sua diversidade e a sua unidade;
2. compreender conceitos-chave e princípios científicos;
3. estar consciente de alguns dos modos importantes pelos quais a ciência, a matemática, e a tecnologia são interdependentes;
4. saber que a ciência, a matemática, e a tecnologia são empreendimentos humanos, e saber o que isso implica relativamente aos seus poderes e às suas limitações;
5. ter a capacidade para pensar de um modo científico;

6. usar o conhecimento e os modos de pensar científicos para fins individuais e sociais.⁸

Como se pode constatar, esta lista de critérios da educação científica inclui noções que Bachelard já esperava que os professores de ciência pudessem inculcar nos seus alunos. Por exemplo, também ele argumenta que nas aulas de ciência os alunos se deviam tornar conhecedores dos princípios que guiam a ciência moderna, da estreita relação entre a ciência, a matemática, e a tecnologia, que estas são áreas fundamentalmente humanas, com poderes e com limitações próprios, e que os alunos deviam aprender (e ser ensinados) a transferir estes saberes sobre a realidade física para domínios culturais mais vastos. É evidente que, para alcançar estes objectivos, o professor não deve só ensinar os conteúdos da ciência propriamente dita, mas também a filosofia da ciência. Com efeito, é só esta disciplina que põe a descoberto os novos valores da ciência, por exemplo, como já vimos, que o conhecimento é aproximado, que resulta de consenso intersubjectivo, que a prática da ciência é distinta das suas descrições teóricas e livrescas, e que os juízos científicos não se baseiam só em dados empíricos mas também em valores morais e culturais.

Mais recentemente, a *Science*, que é a revista oficial da mesma Associação, dedicou uma secção especial ao problema da literacia em ciência na América do Norte. Alguns dos autores dessa secção fazem considerações semelhantes às de Bachelard, e tal como no discurso bachelardiano relativamente ao ensino da ciência, também aqui estão ausentes termos como objectividade, verdade absoluta, dogma, autoridade, etc. Algumas das suas afirmações incluem as ideias

⁸ American Association for the Advancement of Science (dir.), *Benchmarks in Science Literacy – Project 2061*. New York: Oxford University Press, 1993, p. xvi.

seguintes:

- (a) “a ciência é sobre criar e interpretar dados. Mas também é sobre comunicar factos, ideias, e hipóteses. Os cientistas escrevem, debatem, visualizam, ouvem, e lêem sobre as suas especialidades diariamente.”⁹
- (b) “dado o falhanço dos métodos (de ensino) tradicionais, a pesquisa educacional tem explorado o contributo dos factores do discurso colaborativo e da argumentação na aprendizagem.”¹⁰
- (c) O mesmo autor de (b) acrescenta as seguintes palavras, que teriam sido queridas ao Bachelard na sua ‘fase’ mais intersubjectiva: a “educação científica (tem sido) notável pela ausência de argumento. (Mas) embora os instrutores e os professores possam oferecer muitas explicações, elas não são o mesmo do que argumentos. Oferecer uma explicação é presumir que ela é verdadeira. Em contraste, um argumento é a tentativa de estabelecer a verdade e ao mesmo tempo consiste numa afirmação que pode ser corroborada com data (razões, etc.)...os (melhores argumentos) requerem habilidade para comparar, contrastar, e distinguir diferentes linhas de pensamento...Típicamente, a pressa em apresentar as características mais vastas do campo científico faz com que os argumentos sejam excisados. Consequentemente, a ciência pode

9 Hines, Pamela J., Brad Wible, Melissa McCartney, “Learning to Read, Learning to Learn”, *Science*, Vol. 328, April 2010, p. 447.

10 Osborne, Jonathan, “Arguing to Learn in Science: The Role of Collaborative, Critical Discourse”, *Science*, Vol. 328, April 2010, pp. 463-466, p. 464.

parecer aos alunos um monolítico de factos, um discurso autoritativo onde a exploração discursiva das ideias, as suas implicações, e a sua importância estão ausentes....Os alunos emergem (das) aulas com ideias ingénuas e com concepções erradas sobre a natureza da ciência....(A)prender é frequentemente o produto da diferença entre os modelos intuitivos ou antigos que sustentamos, e as novas ideias que encontramos.”¹¹

- (d) “não há dúvida que aprender a escrever e a ler textos concisos técnicos e informativos, como o são os sumários da investigação nas aulas de ciência, é uma preparação essencial para quase toda a vida fora da escola.”¹²

A questão da possibilidade da transferência de valores científicos para contextos culturais mais vastos é resolvida num artigo pouco conhecido que resultou de uma apresentação feita por Bachelard num Congresso sobre Educação Moral, na Polónia, intitulado “Le valeur moral de l’éducation scientifique” (1934). Esta é a primeira vez que Bachelard tenta imbricar a moralidade na filosofia da ciência. Segundo ele, “o problema essencial da vida moral consiste em determinar, no ser humano, tomado como sujeito individual, uma actividade social e objectiva.”¹³ No *Rationalisme appliqué*, Bachelard desenvolve um pouco mais este tema e afirma que os valores da ciência são “menos elevados”¹⁴ do

11 Ibid.

12 Albert Bruce, “Prioritizing Science Education”, *Science*, Vol. 328, April 2010, p. 405.

13 Bachelard, “Valeur morale de l’éducation scientifique”, Didier, Gil. *Bachelard et la culture scientifique*. Paris: P.U.F., 1993, p. 7.

14 *Rationalisme appliqué*, p. 65.

que os valores da moralidade. No entanto, são os próprios valores da nova racionalidade científica que despertam para a constatação de que a moralidade objectiva (que é para Bachelard exemplificada pela moral kantiana), tem que ser modificada à luz da descoberta dos valores da inerentes à ciência moderna. Assim sendo, não há regras morais fixas.

Portanto, tal como não há dados empíricos ‘puros’ de que resultem factos científicos permanentes, também não há dados morais que correspondam a uma realidade moral imutável. Embora a moralidade seja, como a ciência, perfectível à luz da discussão e da crítica racional, ela não pode ser senão aproximada, inacabada, e aberta. Tal como no conhecimento científico, o conhecimento moral é para Bachelard intersubjectivo. Os valores não-empíricos produzem as melhores decisões e as melhores teorias em ciência, e são eles também que, se devidamente transferidos para contextos culturais mais vastos do que a cultura científica, possibilitam a evolução da moralidade. A responsabilidade dos professores de ciência enquanto filósofos da ciência, é a de utilizarem nas aulas, mesmo independentemente do conteúdo das ciências, as metodologias que advém dos valores não-empíricos da ciência, as quais deverão por sua vez, ajudar os alunos a realizar essa transferência normativa.

Bibliografia

ALBERTS, Bruce. “Prioritizing Science Education”, *Science*, Vol. 328, April 2010, p. 405.

American Association for the Advancement of Science, *Benchmarks for Scientific Literacy – Project 2061*. New York: Oxford University Press, 1993.

BACHELARD, G. “Le valeur morale de l’education scientifique” (1934), in Gil Didier, *Bachelard et la culture scientifique*. Paris: P.U.F., 1993.

BACHELARD, G. *La Formation de l’esprit scientifique: contribution à une psychanalyse de la connaissance scientifique*. Paris: J. Vrin, 1938.

BACHELARD, G. *Le Rationalisme appliqué*. Paris: P.U.F., 1949.

BACHELARD, G. *Le Matérialisme rationnel*. Paris: P.U.F., 1953.

CASTELÃO-LAWLESS, T. “Obstacles and Axiological Criteria of Science: The Social Value of Scientific Practice in the Epistemology of Gaston Bachelard”, in *Revista Colombiana de Educación* (manuscrito aceite para publicação, 2012)

GUYER, Paul (dir.) “Introduction: the starry heavens and the moral law”, in *The Cambridge Companion to Kant*. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.

HINES, Pamela J., Brad Wible, Melissa McCartney, “Learning to Read, Learning to Leran”, in *Science*, Vol. 328, April 2010, p. 447.

KANT, I. *Critique of Practical Reason* (1788). New York: Dover, 2004.

OSBORNE, Jonathan, “Arguing to Learn in Science: The Role of Collaborative, Critical Discourse”, *Science*, Vol. 328, April 2010, pp. 463-466.