

Bachelard: A teoria mendeliana como exemplo de ruptura – A construção do conhecimento científico na escola

**Lourdes Aparecida Della Justina
Nadir Ferrari***

*Departamento de Biologia Celular, Embriologia e Genética – CCB – UFSC
CEP: 88010-970 Campus Universitário – Florianópolis SC
ccb1naf@ccb.ufsc.br

Aceito para publicação em 24/05/2000

Resumo

A filosofia da ciência e a epistemologia de Gaston Bachelard são de grande importância no estudo da construção do conhecimento científico, no que se refere à física, à química e à matemática, e contribuem também com o entendimento da evolução das ciências biológicas e com o ensino de biologia.

Em suas obras, Bachelard utiliza o conceito de ruptura em oposição à continuidade no processo de construção do conhecimento científico e o conceito de obstáculo epistemológico como um empecilho que deve ser superado para a aquisição de novos conceitos.

A teoria da herança mendeliana é um exemplo de ruptura, pois sua aceitação levou ao abandono das concepções de herança pré-existentes, particularmente a pangênese.

A impossibilidade de uma neutralidade científica, intrínseca a qualquer teoria e/ou epistemologia, vem sendo debatida na

ciência, na história, na filosofia contemporânea e em outros campos do saber e deve também ser debatida no ensino de ciências.

Unitermos: epistemologia bachelardiana, teoria de Mendel, ensino de ciências, ensino de biologia.

Summary

Gaston Bachelard's philosophy of science and epistemology are of great importance in the study of the history of scientific knowledge, in the areas of physics, chemistry and mathematics, and represent also a contribution to the understanding of both: the evolution of biological sciences and biology education. Nowadays, many scholars are directing their attention to his works.

The concept of rupture is used by Bachelard as opposed to continuity in the process of the construction of scientific knowledge. Epistemological obstacle, in its turn, is considered as a difficulty that must be overcome so that new concepts can be apprehended.

Mendel's theory of inheritance is one example of rupture, as its acceptance led to the rejection of previous conceptions, particularly of pangenesis.

The impossibility of scientific neutrality, intrinsic to any theory or epistemology, is currently discussed in contemporary science, history, philosophy, and other areas of knowledge. Thus, it must also be discussed in science education. The study of Bachelard's ideas contributes to the comprehension of the construction of knowledge, from both historical and educational points of view.

Key words: Bachelard's epistemology, Mendel's theory, science education.

Introdução

O filósofo da ciência e epistemólogo Gaston Bachelard nasceu em 27 de junho de 1884, em Bar-sur-Aube, Champanhe, França, e morreu em 16 de outubro de 1962, em Paris.

Sua vida, marcada por mudanças bruscas de trajetória, e sua produção intelectual foram, para alguns estudiosos de sua obra, influenciadas pelo ambiente rural da infância. Foi funcionário dos correios, enquanto pensava em ser engenheiro. Com a primeira guerra mundial, viu frustrado seu desejo de se tornar engenheiro e ingressou no magistério secundário aos 35 anos, lecionando ciências e filosofia, em sua cidade natal.

Em 1930 começou a lecionar na Faculdade de Letras de Dijon. Em novembro de 1940, foi convidado a assumir a direção do Instituto de História das Ciências e das Técnicas, na Universidade de Paris. Nesta época, a História das Ciências não tinha, nos cursos superiores da França, a mesma importância que em outros países; entretanto, o ensino de ciências era estreitamente relacionado com a Filosofia das Ciências (Canguilhem, 1994). No século XIX, a História das Ciências (gênero literário nascido nas academias de ciência do século XVIII) havia sido introduzida nos costumes e nas instituições culturais francesas através da escola filosófica positivista, fundada por August Comte.

Assim sendo, quando Bachelard chegou a Paris, vindo de Dijon, assumiu a direção de uma escola originada no positivismo. Nessa época já havia publicado várias obras, que revelavam uma epistemologia intrinsecamente histórica: *Lautréamont* de 1939, *La formation de l'esprit scientifique* de 1938, *La psychanalyse du feu* de 1949, *La dialectique de la durée* de 1936, *Le nouvel esprit scientifique* de 1946, *La valeur inductive de la relativité* de 1929.

Sua tese principal: *Essai sur la connaissance approchée*, era um estudo epistemológico no qual o autor tentava expor como os conceitos de realidade e de verdade deveriam receber um sentido

novo de uma “filosofia da imprecisão”. A tese complementar: *Étude sur l'évolution d'un problème de physique: la propagation thermique dans les solides*, era relacionada com a evolução de um problema da física, em uma perspectiva da história das ciências (Canguilhem, 1994).

Para Canguilhem, Bachelard é, ao mesmo tempo, epistemólogo e historiador das ciências:

É preciso compreender a originalidade da posição de Bachelard. Se, por um lado, ele não faz história das ciências, por outro lado, não cessa de fazê-la. Se a história das ciências consiste em recensear as variantes em edições sucessivas de um Tratado, Bachelard não é um historiador das ciências... Se a história das ciências consiste em evidenciar – e ao mesmo tempo tornar inteligível – a edificação difícil, contrariada, retomada e retificada, do saber, então a epistemologia de Bachelard é uma história das ciências sempre em ação. Daí a atenção que ele dá aos erros, aos horrores, às desordens, a tudo que o limite da história histórica representa e que a epistemologia histórica não contempla (Canguilhem, 1994, p.178).

Realmente, Bachelard (1996) afirma que a crítica sobre a produção dos conceitos só é possível quando relacionada com o contexto de sua produção histórica.

As idéias epistemológicas de Bachelard tornaram-se reconhecidas recentemente no Brasil. Isto certamente se deve ao fato de sua extensa obra haver sido recente e não completamente traduzida. Além disso, o caráter dual dos trabalhos de Bachelard – no campo da ciência e da epistemologia e no campo da poética – nem sempre é compreendido e contribui para o distanciamento dos pesquisadores frente à sua obra.

Bachelard, na sua dupla condição de cientista e poeta, tem uma vasta produção literária, impregnada de intenção pedagógica, e demonstra preocupação não apenas com as condições de

produção de conhecimento científico, mas também com os problemas de ensino-aprendizagem desse conhecimento. Por isso, é lamentável que sua obra, por muito tempo, tenha sido pouco utilizada pelos pesquisadores brasileiros.

O rico patrimônio categorial da epistemologia bachelardiana começa a ser encarado como importante contribuição no debate pedagógico, especialmente no que se refere aos aspectos didáticos e metodológicos, e muitos pesquisadores atualmente dirigem sua atenção para a obra de Bachelard (Santos, 1989; Lopes, 1993; Pereira, 1994; Mortimer, 2000; Auler, 1995; Lopes, 1996).

Bachelard se distingue da maioria dos filósofos da ciência, por trabalhar com questões epistemológicas tanto da física, quanto da matemática, e também da química. Ele não se refere especificamente à biologia, cujas questões epistemológicas, são contempladas por Canguilhem, seu seguidor.

Ao interpretar Comte, Bachelard tenta compreender a intenção das atitudes filosóficas freqüentemente criticadas ou censuradas, mas suas conclusões não são positivistas (Canguilhem, 1994).

Em sua obra: *La formation de l'esprit scientifique*, Gaston Bachelard se contrapõe ao meio positivista hegemônico, e se revela um inovador em termos de história das ciências, ao introduzir o conceito de *obstáculo epistemológico*. Segundo ele, a compreensão do progresso do conhecimento científico implica discutir o problema do obstáculo epistemológico: *retardos e perturbações que se incrustam no próprio ato de conhecer, (...) uma resistência do pensamento ao pensamento* (Bachelard, apud Japiassu, 1976, p.171).

O primeiro obstáculo a superar é o da opinião. A opinião sobre determinado assunto pressupõe conhecê-lo e formular sobre ele questões claras. Sem perguntas e problemas claros para buscar as respostas, um obstáculo epistemológico se incrusta no conhecimento não questionado.

Além de introduzir o conceito de obstáculo epistemológico, Bachelard explicita o conceito de ruptura como uma descontinuidade entre o conhecimento comum e o conhecimento científico, e também, para caracterizar dificuldades na construção do conhecimento científico. Estes dois conceitos são a base de discussão do conhecimento científico na sua epistemologia.

Alguns elementos da epistemologia bachelardiana são significativos para uma reflexão sobre a produção histórica do conhecimento científico, sobre a descontinuidade deste processo, a gradativa superação do empirismo e a inserção da ciência na cultura geral. Este artigo propõe uma leitura de Bachelard que evidencie sua contribuição para o entendimento da evolução das ciências biológicas e, conseqüentemente, com o ensino de biologia.

A construção do conhecimento científico

Ao expressar o conceito de obstáculo epistemológico, Bachelard aproxima a epistemologia e a história das ciências (Canguilhem, 1994). Ele teve consciência das rupturas na história das ciências e elaborou os conceitos filosóficos apropriados para explicá-la. Esta elaboração o levou a propor uma concepção das relações entre ciência e história das ciências que constitui ela em si uma ruptura com a concepção positivista.

Para Bachelard, a realidade se manifesta de forma abstrata na ciência moderna, que geometriza a realidade; o objeto da ciência é a construção abstrata, portanto não “figurável”. Toda cultura científica deve começar por uma catarse – a crítica e a desorganização dos erros iniciais proporcionados pela experiência sensível, baseada em generalizações empíricas e fundamentada naquilo que os sentidos captam.

Desse modo, a construção do conhecimento científico não se dá pela continuidade do senso comum. A experiência científica, é uma experiência que contradiz a experiência comum. Para se

alcançar a inteligência científica, via ensino, deve-se romper com o complexo impuro das primeiras intuições, uma vez que ao ingressar na escola o aluno traz, como bagagem, todo um conhecimento não formulado.

Frente ao real, o que se pensa saber claramente ofusca o que se deveria saber. Quando se apresenta ante a cultura científica, o espírito jamais é jovem. Até é muito velho, pois tem a idade de seus preconceitos (Bachelard, 1996, p.86).

O conhecimento científico avança através de rupturas e descontinuidades e não pelo acúmulo de informações, pela justaposição linear. Neste sentido, o avanço da ciência ocorre por revoluções e não por evolução. O conhecimento científico não é construído através do aprofundamento do senso comum, em continuidade com o mesmo. Pelo contrário, é resultante da ruptura com ele e com os procedimentos utilizados para sua constituição.

Bachelard enfatiza o conceito de ruptura, e constitui-se ele próprio em um exemplo de ruptura, pois rompeu com a concepção positivista da construção do conhecimento científico. Rompeu com Comte ao recusar a continuidade dos procedimentos intelectuais na (re)construção do conhecimento científico.

A filosofia de Bachelard se baseia em uma norma de retificação e não de continuidade que se exprime através de uma lei dos três estados. Comte por outro lado se fundamenta em uma lei de três estados que é uma lei de progresso.

Comte divide o progresso do ser humano em três etapas históricas: a *teológica* – recorre ao sobrenatural para explicar o que não pode ser explicado de outra forma; a *metafísica* – atribui os efeitos a causas abstratas não muito bem compreendidas; a *positiva* – entende as leis científicas que controlam o mundo (Everett, 1999).

No entanto, para Bachelard (1996), os três estados seguintes são muito mais exatos e específicos que as formas propostas por

Comte: o *concreto* – atenção voltada para as primeiras imagens do fenômeno; o *concreto-abstracto* – esquemas geométricos são acrescentados à experiência física; o *abstracto* – ocorre o desligamento da experiência imediata e são adotadas informações voluntariamente subtraídas à intuição do espaço real.

O erro assume uma função positiva na gênese do saber e as verdades são provisórias, passíveis de modificações (Bachelard, 1949). Neste sentido, o conhecimento científico avança quando retifica erros, associados às primeiras observações. Estes erros iniciais, frutos de uma elaboração do sistema cognitivo, se não psicanalisados, podem tornar-se obstáculos ao progresso do conhecimento, denominando-se obstáculos epistemológicos, dificultando a emergência do saber racional, do conhecimento científico. Em *A formação do espírito científico*, Bachelard discorre longamente sobre a psicanálise do *sentimento de ter*, que consiste, em *estabelecer o domínio da demonstração objetiva sobre as convicções meramente individuais*.

Segundo Bachelard, aceder à ciência é rejuvenescer espiritualmente, é aceitar uma brusca mutação que contradiz o passado. O avanço das ciências não ocorre senão pelas idéias novas e pela criatividade de pensamento para retificar erros.

Bachelard divide a história do pensamento científico em três grandes períodos: o *estado pré-científico* – compreende a Antigüidade Clássica e séculos XVI, XVII e XVIII; o *estado científico* – final do século XVIII, século XIX e início do século XX; o *novo espírito científico* – a partir de 1905, momento em que a Relatividade de Einstein deforma conceitos primordiais que eram tidos como fixados para sempre.

Embora a ruptura epistemológica bachelardiana interprete com fidelidade o modelo de racionalidade da ciência moderna, pesquisadores pós-modernos apontam que o senso comum apresenta positivamente não opositas à ciência, e surge o termo dupla ruptura (Santos, 1989). A primeira ruptura seria aquela que constituiu a

ciência moderna ao romper epistemologicamente com o senso comum, porém, deixando-o tal como estava antes do surgimento dela. A segunda ruptura supera a primeira, não para atingir um retorno a uma determinada situação anterior, mas sim para proceder a uma transformação, tanto do senso comum como da ciência. Esta dupla transformação pretende construir um “senso comum esclarecido” e uma “ciência prudente”, inserindo esta última numa totalidade que a transcende (Guimarães, manuscrito não publicado).

Ruptura na biologia: a herança mendeliana

...a história das ciências da vida é realmente uma história, isto é, uma sequência de rupturas e de invenções. Diríamos mesmo, de mutações, se não nos parecesse inconveniente decalcar a história das ciências biológicas da biologia. Diríamos mesmo de saltos dialéticos, se não temêssemos que suscitassem em nós um oportunismo intelectual (Canguilhem, 1977, p.102).

A *filosofia do novo espírito científico*, de Bachelard, mostra uma maneira própria de escrever a história das ciências, que vai além de uma coleção de biografias, ou uma tabela de doutrinas. Ela é mais uma história de *filiações conceituais* (Canguilhem, 1994), e esta filiação tem um *estatuto de descontinuidade*, tal como podemos exemplificar através da herança mendeliana.

A consolidação da teoria de Mendel representou, na biologia, uma ruptura com outras teorias existentes.

A ideologia da transmissão hereditária do século XVIII é ávida de observações, de relatos que versassem a produção dos híbridos animais ou vegetais, a aparição de monstruosidades. Esta ávida curiosidade tem diversos fins: decidir entre a pré-formação e a epigénese, entre o ovismo e o animalculismo; e, desse modo, encontrar soluções para problemas jurídicos de subordinação dos sexos, de paternidade, de pureza das linhagens, da legitimidade da aristocracia. (Canguilhem, 1977, p.38)

Na antiguidade, os agricultores já tinham a preocupação em cultivar plantas, criar animais, aprimorá-los para torná-los comestíveis ou domésticos, o que supõe a aquisição de uma grande experiência, e de alguma idéia sobre hereditariedade.

Uma das concepções pré-mendelianas acerca da hereditariedade, é a teoria da pré-formação (surgida no século XVIII), após a confirmação da existência de espermatozóides vivos no líquido seminal. Ela defendia a existência de um ser vivo em miniatura, no interior do espermatozóide (animalculismo) ou do óvulo (ovismo).

A teoria hegemônica à época da publicação do livro de Darwin *A evolução das espécies* – que também culminara numa ruptura na biologia – era a da pangênese. Esta teoria explicava a hereditariedade através das gêmulas, partículas representativas das várias regiões do corpo que comporiam as células sexuais – gametas. A pangênese explicava a herança dos caracteres adquiridos e o atavismo – inativação das gêmulas que ficariam dormentes durante algumas gerações (Freire-Maia, 1988). O próprio Darwin aceitava a pangênese e acreditava também na herança através da mistura de “elementos”. Mendel introduziu na biologia um novo conceito, o de herança particulada: os “elementos” ou “fatores”, que hoje chamamos genes, como únicos, indivisíveis, imiscíveis, que se recombinariam ao acaso e garantiriam a variabilidade genética (Cavalcanti, 1965).

Quando Mendel expôs os resultados de suas experiências, não teve a credibilidade merecida, pois não houve uma compreensão da importância de sua teoria.

Entre aqueles que no século XIX, até Mendel, se interessavam pela hereditariedade, há apenas uma ligeira diferença na escolha dos objetos da experiência, no que neles se observa e sobretudo no que se coloca de lado. E se a obra de Mendel permaneceu ignorada durante mais de trinta anos, foi por que nem os biólogos de profissão, nem os criadores, nem os horticultores, tinham condições de adotar seu ponto de vista (Jacob, 1983, p.21).

Comparando a biologia com as outras ciências naturais, constatamos que o progresso da física, por exemplo, consiste, precisamente, em ter conseguido separar o fenômeno das coisas em que ele se realiza, isolando, assim, estruturas parciais e coerentes. Para Baracho (1997), o problema que se coloca para a biologia é se esse tipo de abstração, que deu resultado na física, é permitido em todas as áreas, pois não se consegue delimitar o fenômeno vida, se há nos seres vivos estruturas parciais, que possam ser abstraídas da totalidade, e que não caiam no domínio da física e da química.

Embora a tendência reducionista considere que todas as características do organismo podem ser explicadas em termos de moléculas e de suas interações, a abordagem evolucionista argumenta que as propriedades de um ser vivo, seu comportamento, seus desempenhos, não podem ser explicados somente por estruturas moleculares, e a biologia não pode ser reduzida à física ou à química. (Jacob, 1983).

Na produção do conhecimento científico, cada nova teoria provoca uma ruptura com as teorias existentes e pode levar décadas para se tornar a mais aceita. O caso da herança mendeliana é um bom exemplo de como a produção do conhecimento científico ocorre de forma descontínua, através de rupturas, e com particularidades em cada uma das ciências naturais.

As rupturas caracterizam a produção do conhecimento científico e também sua aquisição, o que nos leva a afirmar que a abordagem bachelardiana explicita a natureza da ciência e enriquece o ensino de ciências.

A ciência na escola

A aprendizagem da ciência, e a alfabetização científica, pressupõem ruptura. Assim sendo, a escola necessita instituir o

“primado da reflexão”, onde os conceitos relacionados ao senso comum são confrontados com o conhecimento científico.

...a educação científica elementar costuma, em nossa época, interpor entre a natureza e o observador livros muito corretos, muito bem apresentados. Os livros de física, que há meio século são cuidadosamente copiados uns dos outros, fornecem aos alunos uma ciência socializada, imóvel, que, graças à estranha persistência do programa dos exames universitários, chega a passar como natural; mas não é; já não é natural. Já não é ciência da rua e do campo (Bachelard, 1996, p.30).

A crença na continuidade entre conhecimento comum e conhecimento científico, reforça esta continuidade e leva à suposição de que a ciência é uma atividade fácil, simples, extremamente acessível, nada mais que um refinamento do senso comum (Lopes, 1996).

Para o espírito científico, todo o conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico (Bachelard, 1996, p.18).

Na prática científica, o conhecimento é a reforma de uma intenção. Conhecemos sempre contra o conhecimento anterior, retificando o que se julga sabido e sedimentado. Por isso não existem verdades primeiras, apenas os primeiros erros: a verdade está em devir, como resposta a um questionamento.

Como professores, devemos ultrapassar os obstáculos epistemológicos. Aprender ciências implica apreender conceitos que constroem, colocar em crise conceitos da experiência comum. Isto não significa o estabelecimento de uma hierarquia axiológica entre o conhecimento comum e o conhecimento científico (Lopes, 1996).

Na medida em que o real científico se diferencia do real dado, o conhecimento comum, fundamentado no real dado, no

empirismo das primeiras impressões, é contraditório com o conhecimento científico.

Em sua obra *O racionalismo aplicado*, de 1949, Bachelard afirma que a onisciência dos pais, logo seguida da onisciência dos professores, instala um dogmatismo que é a negação da cultura (Auler, 1995). Os princípios epistemológicos de Bachelard remetem à reflexão sobre a colocação da ação pedagógica numa nova perspectiva, esta que acentua a (re)construção da ciência na escola, contrariamente à simples transmissão de verdades cristalizadas (Auler, 1995).

A função social da escola é a de dotar os indivíduos de conceitos que lhes permitam compreender e superar os limites do senso comum.

Os professores de ciências imaginam que o espírito científico começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto por ponto. Não levam em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana (Bachelard, 1996, p.23).

O papel social da escola é o de racionalizar o conhecimento produzido nas instâncias produtoras de conhecimento. A escola torna o conhecimento legível a todos os não-produtores do conhecimento científico. Na forma em que sai da produção cultural, o conhecimento é inacessível ao não-produtor. Isso porque o produto cultural só se dirige aos produtores culturais. A didática tem o papel de torná-lo mais acessível ao aluno, através da transposição didática – termo utilizado por Chevalard para designar as modificações sofridas pelo saber sábio até chegar ao saber a ensinar (Joshua e Dupin, 1993). Trata-se de um trabalho de reorganização e reestruturação do conhecimento.

Se formos além dos programas escolares até as realidades psicológicas, compreenderemos que o ensino de ciências tem de ser todo revisto; que as sociedades modernas não parecem ter integrado a ciência na cultura geral. A desculpa dada é que a ciência é difícil e que as ciências se especializam (...) Na obra da ciência só se pode amar o que se destrói; pode-se continuar o passado negando-o, pode-se venerar o mestre contradizendo-o. Ai, sim, a Escola prossegue ao longo da vida. Uma cultura presa ao momento escolar é a negação da cultura científica (Bachelard, 1996, p.309).

Bachelard coloca que só há ciência se a escola for permanente, e é esta escola que a ciência deve fundar. Neste caso, os interesses sociais estarão invertidos; a sociedade será feita para a escola e não a escola para a sociedade. O ser humano aperfeiçoa-se na medida em que pode ligar seu ponto de vista a concepções anteriores. Os novos conhecimentos que não se “acomodam” tendem a ser rejeitados.

...toda cultura científica deve começar (...) por uma catarse intelectual e afetiva. Resta depois a tarefa mais difícil: pôr a cultura científica em estado de mobilização permanente, substituir o saber firmado e estático por um conhecimento aberto dinâmico, dialetizar todas as variáveis experimentais, dar, enfim, à razão, razões de evoluir (Bachelard, 1983, p.131).

Sem abrir mão da experiência na construção científica, Bachelard defende uma abertura da razão. Uma criação científica baseada em uma idéia de razão humana mais aberta, por sua vez, terá que dar espaço às múltiplas formas de pensar.

A ciência é uma construção social. Ela possui critérios coletivos e setoriais às diferentes ciências. A importância, para o indivíduo, de um conceito novo, não depende apenas da idéia em si, mas da relação deste com conceitos adquiridos anteriormente.

Considerações finais

Bachelard coloca que somos a expressão, não de nosso conhecimento imediato, de nossas habilidades inatas, mas do constante e descontínuo processo de retificação que nosso espírito sofre no decorrer da existência. O que sabemos é fruto da ruptura com aquilo que julgávamos saber; o que somos é fruto da ruptura com o que julgávamos ser.

A impossibilidade de uma neutralidade científica, intrínseca a qualquer teoria e/ou epistemologia, vem sendo debatida na ciência, na história, na filosofia contemporânea, e em outros campos do saber e deve também ser debatida no ensino de ciências.

É preciso romper com o senso comum, em favor do conhecimento científico, mas os limites desta ruptura devem ser definidos. As questões culturais vinculadas e produzidas em outras instâncias sociais – constituidoras do senso comum – devem ser trabalhadas na escola. A alfabetização científica, de fato, nos diferentes graus de escolaridade, só é possível quando o indivíduo tem acesso aos conceitos das diferentes áreas da cultura, e sabe como este conhecimento foi construído historicamente.

Neste momento, em que educadores são confrontados por inúmeras tensões culturais e históricas, há pouco espaço para verdades últimas sobre suas ações pedagógicas e são oportunos os questionamentos sobre o ensino das ciências naturais (Guimarães, s.d.).

Os princípios epistemológicos de Bachelard têm sido utilizados para aprofundar os estudos em relação às rupturas necessárias para a transição dos conceitos espontâneos para os científicos. Um certo paralelismo entre a evolução de conceitos científicos na história e no indivíduo, também tem sido evidenciado. Não se pode afirmar, entretanto, que a ontogênese repete a filogênese, já que o contexto físico, social e cultural muda historicamente (Auler, 1995).

Agradecimentos

Aos professores doutores: José André P. Angotti, Arden Zylbersztajn e Vivian Leyser da Rosa, pelas valiosas críticas e sugestões.

Referências bibliográficas

- Auler, D. 1995. **A interdependência conteúdo-contexto-método no ensino de física: um exemplo de física térmica**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, 156 pp.
- Bachelard, G. 1949. **La psychanalyse du feu**. Gallimard, Paris, 221 pp.
- Bachelard, G. 1996. **A formação do espírito científico**. Contraponto, Rio de Janeiro, 313 pp.
- Baracho, I. 1997. **A estrutura dos processos biológicos**. CGE, São Paulo, 139 pp.
- Canguilhem, A. 1977. **Ideologia e racionalidade nas ciências da vida**. Edições 70, Lisboa, 126 pp.
- Canguilhem, A. 1994. **Études d'histoire et de philosophie des sciences**. J. Vrin, Paris, 430 pp.
- Cavalcanti, A. G. L. 1965. Mendel – sua vida, sua obra e consequências de sua descoberta. **Ciência e Cultura**, 17 (4): 424-436.
- Everett, G. **Comte and positivismo**. <http://landow.stg.brown.edu/victorian/religion/comte.html>, 10/11/1999.
- Freire-Maia, N. 1988. **Teoria da evolução: de Darwin à teoria sintética**. EDUSP, São Paulo, 415 pp.
- Jacob, F. 1983. **A lógica da vida: uma história da hereditariedade**. Graal, Rio de Janeiro, 328 pp.
- Japiassu, H. 1976. **Para ler Bachelard**. Francisco Alves, Rio de Janeiro, 177 pp.

- Joshua, S.; Dupin, J. J. 1993. **Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques**. PUF, Paris, 422 pp.
- Lopes, A. R. C. 1993. Contribuições de Gaston Bachelard ao ensino de ciências. **Enseñanza de las ciencias**, 11 (3): 324-330.
- Lopes, A. R. C. 1996. Bachelard: o filósofo da desilusão. **Caderno Catarinense do Ensino de Física**, 13: 248-273.
- Mortimer, E. F. **Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos?** <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/N1/2artigo.htm>, 16/05/00.
- Pereira, G. R. M. 1994. Didática e obstáculo pedagógico. **Educação e Realidade**, 2: 83-94.
- Santos, B. de S. 1989. **Introdução a uma ciência pós-moderna**. Graal, Rio de Janeiro, 176 pp.